

Stopové prvky v českém medu

Eva Filípková

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eva Filipková**
Osobní číslo: **T19890**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Stopové prvky v českém medu.**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.
2. Proveďte optimalizaci mineralizace medu.
3. Koncentrace kovů stanovte vhodnou metodou.
4. Naměřená a vypočtená data zpracujte a dosažené výsledky kriticky zhodnoťte.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] MADEJCZYK, Maria a Danuta BARALKIEWICZ, 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and FAAS/AES. *Analytica Chimica Acta*. ScienceDirect, 617(12), 11-17. ISSN 00032670
- [2] SILVA, Priscila Missio da et al., 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*. ScienceDirect, 196, 309-323. ISSN 0308-8146
- [3] BERNARD FRAY, Laurent a Martin KUSSMANN, 2010. *Mass spectrometry and nutrition research*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. ISBN 978-184-9730-365
- [4] Vědecké zdroje zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SciFinder Scholar, Medline aj.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Šenkárová, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 25. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, 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 na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na stanovení koncentrace stopových prvků v českých medech. V teoretické části je popsáno rozdělení medu a jeho složení. Dále jsou zde popsány stopové prvky a analytické metody pro stanovení stopových prvků. V praktické části je popsána příprava vzorků a naměřené výsledky. Všechny výsledky jsou zhodnoceny a porovnány s literaturou.

Klíčová slova: med, stopové prvky, atomová absorpční spektrometrie

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on determining the concentration of trace elements in Czech honey. The theoretical part describes the distribution of honey and its composition. Furthermore, trace elements and analytical methods for the determination of trace elements are described here. The practical part describes the preparation of samples and measured results. All results are evaluated and compared with the literature.

Keywords: honey, trace elements, atomic absorption spectrometry

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Lence Šenkárové, Ph.D., za cenné rady a také pomoc při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a svým přátelům za oporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 MED	10
1.1 VZNIK MEDU	10
1.2 DĚLENÍ MEDU	11
1.2.1 Biologický původ	11
1.2.2 Způsob získávání a úpravy.....	12
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MEDU	14
2.1 SACHARIDY.....	14
2.2 VODA	14
2.3 ORGANICKÉ KYSELINY	14
2.4 AMINOKYSELINY.....	15
2.5 VITAMÍNY.....	15
2.6 MINERÁLNÍ LÁTKY	15
2.7 BARVIVA	16
3 STOPOVÉ PRVKY	17
3.1 ARSEN	17
3.2 RTUŤ	18
3.3 OLOVO.....	18
3.4 KADMIUM.....	19
3.5 CHROM	19
3.6 ZINEK	19
3.7 MĚĎ	20
4 METODY ANALÝZY	21
4.1 METODY ROZKLADU.....	21
4.1.1 Mokrý rozklad	21
4.1.2 Suchý rozklad.....	22
4.2 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE (AAS)	22
4.2.1 Plamenová atomizace	22
4.2.2 Elektrotermická atomizace.....	23
4.2.3 Metoda studených par.....	23
4.3 HĚMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM	24
4.3.1 Princip instrumentace	24
4.3.2 Interference	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28

5.1	MINERALIZACE VZORKU.....	28
5.2	PŮVOD VZORKŮ	28
5.2.1	Med Snovídky	29
5.2.2	Med Záhorovice	29
5.2.3	Med Vsetín.....	30
5.2.4	Med Pitín.....	30
5.2.5	Med Bojkovice	31
5.2.6	Med Řecko	31
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	32
6.1	VYHODNOCENÍ.....	37
	ZÁVĚR.....	39
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ	44
	SEZNAM TABULEK	45

ÚVOD

Účinky medu byly známy již v dávné minulosti. V současné době je stále více využíván jak v potravinářství, tak i v kosmetickém průmyslu.

Med vzniká pilnou prací celého včelstva. Lze jej rozdělit podle původu na med květový (nektarový) a med lesní (medovicový). Samotné složení medu je závislé na jednotlivém druhu medu. Celkové složení může také ovlivnit lokalita umístění včelstva, ale i samotné rostliny, ze kterých včely sbírají nektar nebo medovici.

V medu, jako i u jiných potravin, je velmi důležité hlídat množství stopových prvků. V první řadě se jedná o prvky, které by mohly mít negativní dopad na lidské zdraví.

Cílem práce bylo stanovit stopové prvky v 8 vzorcích medu. Vzorky byly odebrány převážně z oblastí, kde se v blízkosti nacházejí louky, lesy a zemědělské plochy. Žádné oblasti sběru nebyl přítomen možný zdroj kontaminace, v podobě průmyslových budov. Pro porovnání byl použit zahraniční vzorek medu, a to konkrétně z Řecka.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MED

Samotný med slouží jako přírodní antioxidant, a to díky vysokému obsahu flavonoidů a fenolových kyselin. Tato přírodní surovina se skládá převážně z cukrů. Mezi další obsažené látky lze zařadit aminokyseliny, enzymy, vitamíny, organické kyseliny, minerály, karotenoidy a aromatické látky. [1], [4]

Historie medu spadá až do dávné minulosti. Lidé již ve středověku využívaly med jako jediné sladilo vyjma ovoce. V minulosti se v Praze konaly i medové trhy. [2]

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. je med charakterizován jako přírodní potravinu, která je složena především z glukózy, fruktózy, organických kyselin, enzymů a pevných částic. [3]

Využití medu je velmi rozsáhlé. Jak pro včely, tak i pro mnohé živočichy, včetně člověka, je med surovinou, která poskytuje energii buňkám. Správné fungování buněk je důležité pro životní funkce. Med se řadí mezi potraviny s vysokou energetickou hodnotou, a to díky vysokému obsahu cukrů. Naše tělo dokáže med využít téměř okamžitě. Děje se tak, protože jednoduché cukry jsou lépe vstřebatelné. Mezi vlastnosti medu patří, že se během přípravy a následného skladování nezkaží. Ke zkažení ovšem nedojde pouze tehdy, je-li med vhodně skladován. Je potřeba med skladovat ve vhodných nádobách a bez přístupu slunečního záření. [4], [5]

1.1 Vznik medu

Samotný med vzniká pečlivou prací včelstva. Celý proces vzniku medu je velice komplikovaný proces. Oproti většině jiných živočišných produktů, je produkce medu závislá na celém kolektivu včelstva, jelikož jedna včela sama med nevyrobí. Na výsledný produkt má vliv i prvotní rostlinný zdroj. [6], [7]

Při sběru včela vyhledává nektar a medovici a ukládá si je do medného váčku. Většinu obsahu donesou do úlu a pouze malé množství využije pro sebe. Jakmile včela přinese nasbíraný produkt do úlu, není ihned uložen. Včely si jej mezi sebou předávají, čímž dochází k zahuštění. Pomocí výměšku hltanových žláz také dochází ke štěpení složitějších sacharidů. Často se stává, že včely přinášejí nezahuštěný nektar, a proto je potřeba nektar zahustit. Včely si jej předávají formou kapek, kdy včela, která je přijímající, odsává kapku od včely předávající. [6]

Díky předávání nektaru mezi včelami se rozbíhá chemicko – fyzikální proces:

1. Obohacení o látky pocházející z hltanových a zřejmě i pyskových žláz včel dělnic
 - Enzymy – mezi nejvýznamnější enzymy patří invertáza, diastáza a glukózo-oxidáza. Enzymy jsou důležité zejména proto, že napomáhají při metabolických reakcích.
 - Aminokyseliny – v medu má největší zastoupení prolin, který je pro člověka významný zejména při tvorbě kolagenu. V medu představuje důležitou roli při spojování nektaru nebo medovice s enzymy.
 - Stopové prvky – vitamíny a tuky
2. Chemické změny – při této reakci dochází ke štěpení vyšších sacharidů na monosacharidy
3. Fyzikální proces – tento proces je velmi důležitý, jelikož dochází k vytvoření vysokého osmotického tlaku. V důsledku vysokého osmotického tlaku dochází k potlačení růstu mikroorganismů, čímž dochází ke konzervaci medu.
Dále také dochází k samotnému zahuštění medu, kdy včela zahustí med na 28–32 % vody. Celý proces zahuštění může trvat až 20 minut. [6]

1.2 Dělení medu

Jednotlivé druhy medů lze dělit podle několika hledisek. Med lze rozdělit podle biologického původu (květové, medovicové). Dále lze med dělit podle způsobu získávání a úpravy. [3]

1.2.1 Biologický původ

Jako květový med lze označit med, který pochází převážně z nektaru květů. Jako nektar se označuje sladká tekutina, která se vylučuje žláznatým pletivem. Samotné vylučování nektaru je ovlivněno jak okolními vlivy (teplota, sluneční záření, vlhkost, výživa půdy) tak i samotnou rostlinou. Nektar se skládá převážně z vody, kde se množství pohybuje mezi 15–95 %. Dále je v nektaru obsažen cukr, který se vyskytuje v průměrném množství 40 %. V čerstvém nektaru je nejvíce zastoupena sacharóza, glukóza a fruktóza. V nektaru se téměř nevyskytují dusíkaté látky a minerální látky, jsou zde zastoupeny pouze v malém množství. Vyskytují se zde také pevné příměsi, a to především pylová zrna nebo buňky rostlinných tkání. [6]

Medovicí se rozumí sladká tekutina, která je vylučována stejnokřídlým hmyzem. Medovice vytváří na rostlinách kapky. Kapky následně zasychají a zanechají na rostlině lepkavý povlak. Mezi nejvýznamnější producenty medovice patří především mšice a červci, méně významní producenti jsou také mery. [6], [9]

Jako hlavním zdrojem medovice je rostlinná šťáva, která proudí sítkovicemi rostlin. Tuto tekutinu nasávají producenti medovice za využití ústních orgánů. Šťáva, která prochází do těla producentů, je ve velkém množství a obsahuje velmi málo živin. Živiny jsou také v nevhodném poměru, a proto musí projít přes speciálně upravený zažívací trakt, který obsahuje filtrační komoru. Tato komora upravuje mízu před samotným trávením. Je tvořena tenkou blankou, která odděluje hlavně jednoduché cukry a také přebytečnou vodu. Poté dále do žaludku už putuje pouze koncentrát, který má vyšší relativní podíl proteinů, a naopak nižší obsah cukrů a vody. Následně je takto upravený filtrát vyloučen do výkalového vaku, odkud se dostává z těla producenta ven na rostliny, kde je poté sbírají včely. [6], [9]

Co se týká složení, je medovice složitější látkou než nektar. Množství vody je závislé na době, po kterou je v kontaktu s vnějším prostředím. Například čerstvě vyloučená medovice obsahuje až 80 % vody a v sítkovici je obsah vody až 98 %. Další důležitou součástí medovice je cukr. Stejně jako u nektaru je zde hojně zastoupena sacharóza, glukóza a fruktóza. Dále jsou zde zastoupeny další sacharidy (např. maltosa) a také polysacharidy. V samotné medovici je zastoupena menší koncentrace aminokyselin, ale nachází se zde ve větším druhovém zastoupení. Mezi další látky, které lze v medovici nalézt, patří minerální látky, vitaminy a barviva. Optimální pH medovice je okolo hodnot 6,7 – 7,5. V medovici se vyskytuje jeden z nejznámějších a technologicky velmi významný sacharid. Jedná se o melecitózu, která urychluje krystalizaci medu. [6]

1.2.2 Způsob získávání a úpravy

Rozdělení medu podle tohoto kritéria je velmi důležité, jelikož jsou způsoby přesně definované ve vyhlášce č. 76/2003 Sb. [3]

- **Med pastový** – Jak už název napovídá, konzistence toho medu je pastovitá. Příprava toho medu spočívá v řízené krystalizaci. Tento proces probíhá ve speciálních pastovacích zařízeních, kdy mechanismus spočívá v promíchávání medu. Vzniklý produkt obsahuje směs jemných krystalů. Výsledná konzistence se nemění ani po delším skladování. [3], [7]

- **Med vytočený** – Tento druh medu je jeden z nejdostupnějších v obchodech. Principem pro získání toho medu je odvíčkování bezplodových plástů a jejich následné odstředění. Díky tomuto získání zůstane v medu většina přírodních látek. [3], [7]
- **Med plástečkový** – Plástečkový med je uložen a zavíčkovaný do bezplodových plástů. Tyto plásty jsou čerstvě postaveny na mezistěnách, které jsou vyrobeny ze včelího vosku. K dostání jsou poté buďto celé uzavřené plásty anebo jejich části. Tento med je k dostání spíše přímo od včelaře. [3], [8]
- **Med vykapaný** – Odvíčkování bezplodových plástů se nechají samovolně vykapat. Tento proces je po časové stránce velmi dlouhý. Ovšem výsledný med je vysoce kvalitní. [3][8]
- **Med s plástečky** – Tento med obsahuje kousky plástečkového medu. Může obsahovat buď jeden nebo více kousků. [3]
- **Med lisovaný** – Principem získání toho medu je vylisování bezplodových plástů. Je možno postupovat za studena anebo je možno využít mírný ohřev (45 °C). Při využití tepla na lisování může dojít ke ztrátě přírodních látek, které jsou v medu obsaženy. [3], [7]
- **Med filtrovaný** – Výsledný produkt je upraven tak, že jsou z něj odstraněny cizí látky. Jedná se především o organické sloučeniny, anorganické sloučeniny a mechanické nečistoty. Touto metodou se odstraní velké množství pylu, tudíž je poté složitější zjistit jeho původ. [3][7]
- **Med pekařský** – Tento druh medu je určen převážně pro průmyslové zpracování. Pekařský med může obsahovat vyšší množství vody, čímž snadněji podléhá zkvašení. Dále také může obsahovat medovicový med, který má vyšší podíl melecitózy. Na obalu toho medu je nutné, aby bylo uvedeno, že je určen pro průmyslové zpracování. [9]

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MEDU

Med jako takový se skládá především z vody, cukrů a dalších látek. [11]

2.1 Sacharidy

V medu je obsaženo velké množství sacharidů, a to především monosacharidů, které jsou zde zastoupeny přibližně ze 75 %. Dále se zde vyskytují disacharidy, které jsou zastoupeny v menším množství. Jedná se přibližně o 10–15 %. Ve většině medů převažuje fruktóza nad glukózou. Větší přítomnost fruktózy lze ověřit polarimetrem, jelikož se bude stáčet rovina polarizovaného světla doleva. [9]

Obsah složitějších sacharidů (vyšších cukrů) se pohybuje okolo 10 %. Tyto cukry se vyskytují především v medovicových medech. V nektarových medech se vykytuje daleko menší množství těchto cukrů, pouze kolem 2–3 %. Přítomnost složitějších cukrů může být primární, a to přímo z medovice, anebo vznikem v medu, působením enzymů. [1], [6], [9]

Mezi nejčastější trisacharid patří melecitóza. Tento sacharid způsobuje cukernatění již v plástech. Často se med s melecitózou označuje jako „cementový med“. Melecitóza se primárně nevyskytuje v sítkovicích rostlin. Do medovice se dostane z trávicího traktu producentů, díky působení invertáz. [6], [9]

2.2 Voda

Mezi další velmi důležitou složku medu patří voda. U vody je důležité hlídat její množství, jelikož při větším obsahu může docházet ke kvašení medu. Pokud je v medu obsaženo více jak 21 % vody, není takový med vhodný ke skladování. S takovým podílem vody se většinou jedná o medy nezralé. Nejčastěji se jedná o medovicové medy s vysokým obsahem melecitózy, jelikož se snaží včelaři předejít krystalování v plástech. Podle české legislativy, může být podíl vody v květovém a medovicovém medu nejvýše 20 %. U pekařského medu je to nejvýše 23 %. [3], [6]

2.3 Organické kyseliny

Přítomnost organických kyselin ovlivňuje především chuť a vůni medu. Tyto kyseliny jsou obsaženy ve všech druzích medu. Mezi jednu ze základních kyselin patří kyseliny glukonová, která vzniká díky působení enzym glukózooxidázy. Kyselina glukonová se v medu

vyskytuje převážně ve formě laktonů, což jsou cyklické estery od karboxylových kyselin, ať už nasycených nebo nenasycených. [9][11][13]

Ve větším množství se zde vyskytují kyseliny jantarová, jablečná a citrónová. V menší koncentraci zde nalezneme také kyseliny octovou, máselnou, mléčnou, mravenčí a glykolovou. Pro udání celkové kyselosti medu se používá hodnota pH. Průměrná hodnota pH u nektarových medů se pohybuje okolo 3,4. U medovicových medů může být hodnota až 6,1. [9], [11]

Přítomnost kyselin má význam při tvorbě 5-hydroxymethylfurfuralu, který je indikátorem tepelného zpracování. Ve vyhlášce č. 76/2003 je uvedeno maximální množství HMF. Pro květové a medovicové medy je nejvyšší přípustná hodnota 40 mg/kg. Pokud jsou medy dovezeny z regionů, kde je tropické klima, musí být hodnota HMF nejvýše 80 mg/kg. HMF je také znakem kvality medu a také pravosti. [3][13][11]

2.4 Aminokyseliny

Stejně jako organické kyseliny se aminokyseliny podílejí na samotné chuti medu. AMK se také využívají při určování geografického původu medu. Jako nejčastější aminokyselina se v medu vyskytuje prolin, který ovšem vlivem skladování klesá. Nejspíše reaguje s cukry, případně s HMF. [9][11][13]

2.5 Vitamíny

V medu je zastoupeno pouze malé množství vitamínů, a to zejména vitamíny skupiny B. Tato skupina vitamínů se nachází v pylových zrnech. Jako další zde lze naléznout vitamín C, který je téměř ve všech druzích medu. Ovšem stanovení tohoto vitamínu je velmi obtížné, jelikož je velmi citlivý. [1]

U filtrovaných medů dochází ke snížení obsahu vitamínů, jelikož se odfiltruje téměř veškeré množství pylu. [1][13]

2.6 Minerální látky

Celkový obsah minerálů se liší u nektarových a medovicových medů. U medovicových medů je vyšší zastoupení těchto látek. Obsah u květových medů se pohybuje od 0,04 % a u medovicových do 0,2 %. Většina minerálních látek je přírodního původu, to znamená, že podíl těchto látek je ovlivněn typem půdy, ve které roste daná rostlina. Mezi nejvíce zastoupený prvek se řadí draslík, kdy podle dostupné literatury je jeho celkové množství až

třetina veškerého obsahu minerálů. Dále zde lze nalézt vápník, hořčík, sodík, síru a fosfor. Co se týká stopových prvků, nejvíce je obsaženo železo, měď, zinek a mangan. Funkce minerálů je důležitá zejména pro příznivé účinky na kardiovaskulární systém a dále působí jako katalyzátory při biochemických reakcích. U minerálních látek nedochází ke ztrátě vlivem tepla, světla, pH, jako k tomu dochází například u vitamínů. [1], [11]

2.7 Barviva

V samotném medu je možné najít 11–13 druhů barviv, které se řadí mezi flavonoidy, antokyany a také mezi produkty, které vznikají degradací cukrů. V medu převládají barviva na přírodní bázi. Často se stává, že je v medu obsaženo více barviv, než odpovídá jeho biologickému původu. Je to způsobeno tím, že barviva prostupují do vosku a následně zase zpátky do medu. [9], [13]

V medu také vzniká část barviv díky reakci aminokyselin s cukry. Tím vznikají melanoidy, které tmavnou vlivem skladování. Tmavé zbarvení může také způsobit použití nevhodných nádob na med. [13]

Další zbarvení medu může být ovlivněno přítomností HMF, který vzniká degradací cukrů. Samotný HMF je bezbarvá látka, která za přístupu kyslíku hnědne. V souvislosti s ostatními složky medu vzniká žlutohnědé zbarvení. [14]

3 STOPOVÉ PRVKY

V medu se může vyskytovat celá řada stopových prvků. Mezi kovy se řadí kolem 80 prvků z periodické soustavy. Je velmi důležité hlídat jejich obsah, jelikož mohou způsobovat zdravotní obtíže. Přibližně 40 % se řadí mezi toxické kovy (těžké kovy). Těžkým kovem se rozumí takový prvek, jehož hustota převyšuje 5 g.cm^{-3} . Což ovšem není zcela přesné, jelikož pro některé látky to zcela neplatí. Obecně lze mezi těžké kovy zařadit arsen, chrom, měď, zinek, kadmium, nikl, rtuť a olovo. V přírodě se mohou tyto kovy dostávat do ekosystémů i živých organismů. [15]

Jako zdroj kontaminace se nejčastěji uvádějí průmyslové oblasti. Pro med ovšem nebyly stanoveny limitní hodnoty těžkých kovů. Světová zdravotnická organizace (WHO) ve spolupráci s Organizací pro výživu a zemědělství (FAO) vytvořily přijatelné hodnoty těchto kovů. Pro arsen se jedná o hodnotu $15 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$, pro rtuť $5 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$, pro olovo $25 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ a pro kadmium $7 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$. Je proto velmi důležité sledovat množství těžkých kovů, jelikož mohou způsobovat zdravotní problémy a také mohou mít negativní vliv na životní prostředí. [1][15]

3.1 Arsen

Arsen (As) se řadí do skupiny V.A a 4. periody. Sloučeniny tohoto prvku se řadí mezi velmi toxické, ať už akutně nebo chronicky. K dostání na rostliny, příp. do samotných potravin, dochází v důsledku používání pesticidů. Do životního prostředí se mohou také dostat při získávání kovů. Vyskytuje se zejména v rudách mědi, stříbra, niklu, antimonu, kobaltu, železa a olova. [15][16][17][18]

Arsen a jeho sloučeniny mají vysokou kumulativní schopnost. Hromadí se především v ledvinách a játrech. Dále se také mohou hromadit na nehtech, vlasech a kůži. Sloučeniny arsenu dokáží prostoupit i přes bariéru placenty, a tím mohou přivodit teratogenní poškození plodu. Samotnou otravu lze poznat pouhým okem, jelikož dochází k rohovatění kůže a také k zabarvení (šedozelelé). [15][18]

Všeobecně jsou více toxické anorganické sloučeniny oproti organickým a trojmocný arsen vykazuje větší toxicitu než pětimocný arsen. Arsen je rovněž velmi toxický pro rostliny. Do rostlin se může dostat v důsledku opakovaného použití pesticidů, které obsahují arsen. Následně způsobuje nižší úrodu na dané půdě. Pro včely představuje arsen také vysoké nebezpečí, což se poté může projevit i na medu. [15][16]

3.2 Rtut'

Rtut' (Hg) se řadí mezi toxické kovy a je to jeden z nejdéle známých toxinů. V periodické soustavě prvků se nachází ve skupině II.B a v 6. periodě. Teplota tání toho prvku se pohybuje okolo 40 °C, což znamená, že v laboratorním prostředí ho lze vidět jako tekutina s kovovým odleskem. Toxicita se liší podle druhu rtuti. Jedná se především o kovovou rtut', anorganické a organické sloučeniny rtuti, páry rtuti. Rtut' má také velmi vysokou afinitu k síře. V organismu se rtut' dokáže navázat na albumin a hemoglobin, čímž závažně poškozuje krevní buňky. [16], [18]

Mezi nejméně toxické se řadí anorganické sloučeniny, přičemž jednomocná rtut' je méně nebezpečná oproti rtuti dvojjavné. Děti mají u těchto sloučenin vyšší vnímavost. Může u nich propuknout tzv. růžová nemoc, která se vyznačuje především typicky zbarvenou kůží. Anorganické sloučeniny mohou také narušit funkci ledvin. Více nebezpečné se stávají v důsledku působení mikroorganismů, jelikož MO je dokáží přetvořit na toxickejší organické sloučeniny. [15]

Nejvíce toxickou sloučeninou rtuti je methylrtut'. K jeho vzniku dochází díky působení bakterií, které jsou v anaerobním prostředí. Tato sloučenina je rozpustná jak ve vodě, tak i v tucích. Vyskytuje se například v sedimentech vod. Do lidského organismu se dostane po požití rybího masa, jelikož ryby jsou velmi častým zdrojem methylrtuti. Methylrtut' se řadí mezi embryotoxické a mutagenní látky. Je velmi toxická pro těhotné ženy a může způsobit až potrat plodu. U dětí může následně vyvolat poruchu smyslových funkcí. [15][18]

Jak již bylo zmíněno výše, v přírodě se sloučeniny vyskytují zejména ve vodním prostředí. V půdě je rtut' převážně vázána do stabilnějších komplexů, tudíž se do rostlin téměř nedostanou. [15][16]

3.3 Olovo

Olovo (Pb) se řadí do skupiny IV.A a 6. periody. Díky jeho chronickým účinkům se řadí mezi velmi nebezpečné jedy. Stejně jako u rtuti se jedná o jeden z nejdéle známých toxických prvků. Téměř veškeré množství, které se dostane do organismu, se hromadí v kostech. To znamená, že nahromaděné olovo má nežádoucí účinek při krvetvorbě. Olovo dokáže prostopovat i přes placentu a dále také působí embryotoxicky a teratogenně. Mezi hlavní producenty olova patří těžba a zpracování rud nebo se také uvolňuje z nátěrů, které obsahují olovo. [16][18]

3.4 Kadmium

Kadmium (Cd) se řadí do skupiny II.B a 5. periody. V průmyslu se využívá zejména díky jeho odolnosti na koroze. Jak samotné kadmium, tak i jeho soli jsou velmi toxické. V lidském organismu se kadmium kumuluje především v játrech a ledvinách. Při nadměrném příjmu tohoto těžkého kovu se může projevit i nemoc itai-itai (bolí, bolí). Tato nemoc může vést až ke zborcení kostí. [15][19]

Kadmium lze nalézt v přírodě jako přirozený stopový prvek. V některých rostlinách se může koncentrace kadmia mnohonásobně zvýšit. Mezi takové rostliny se řadí také tabák, což vede k výskytu kadmia také v cigaretovém kouři. Dále také u vyšších hub dochází ke značnému shromažďování kadmia. Vymytím se mohou soli kadmia dostat až do vodního prostředí, kde se může hromadit v tělech některých mořských živočichů. [15][19]

3.5 Chrom

Chrom (Cr) lze zařadit do podskupiny VI.B a 4. periody. Jeho toxicita je vyšší u šestimocného chromu, který je karcinogenní, mutagenní a také způsobuje alergie. Na rozdíl od Cr^{6+} je trojmocný chrom esenciální. Skoro netoxický je poté dvojmocný a trojmocný chrom. [15][16][19]

Pro životní prostředí je chrom jeden z podstatných kontaminantů, a to především jeho šestimocná forma. Pro řadu rostlin je tato forma velmi toxická a v důsledku kontaminace klesá i úrodnost půd. Některé rostliny (např. obilí) dokáží zadržet chrom již ve svých kořenech a chrom se nedostane do částí rostlin, které slouží ke konzumaci. [15][16]

3.6 Zinek

Zinek (Zn) nalezneme ve skupině II.B a ve 4. periodě. Zinek jako takový se přirozeně vyskytuje v lidském organismu. Je nezbytný především pro syntézu DNA a v těhotenství může jeho nedostatek způsobit u plodu například rozštěp páteře. Dříve byly využívány dithiokarbamáty zinku při léčbě alkoholismu (antabusový efekt). V současné době se již nevyužívají, jelikož je podezření na karcinogenitu. [16][19]

Samotný zinek je téměř netoxický, ovšem jeho rozpustné soli jsou již toxické. Soli zinku mohou způsobit poleptání sliznic. V medicíně se můžeme setkat s oxidem zinečnatým, který

se přidává například do mastí. Ovšem při požití většího množství působí nevolnost a zvracení. Nemoc, při níž se člověk nadýchá výparů oxidu zinečnatého, se nazývá nemoc slévačů. [15][19]

3.7 Měď

Měď (Cu) se nachází ve skupině I.B a ve 4. periodě. Stejně jako zinek, je v malých koncentracích důležitý pro správné fungování organismů. Měď je důležitá zejména pro správné fungování metabolismu železa. Při nedostatku může docházet ke špatné syntéze hemoglobinu. I u mědi jsou více toxické především soli. Jejich inhalace způsobuje, stejně jako u zinku, horečku slévačů. [16][19]

Jak pro zvířata, tak i pro většinu rostlin, je měď pouze mírně toxická. Výrazná toxicita je prokázána pro nižší organismy (plísně, bakterie). Z tohoto důvodu se používá síran měďnatý ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) jako jeden z fungicidních prostředků. [15]

4 METODY ANALÝZY

Pomocí analytických metod lze stanovit množství prvků ve vybraném vzorku. Velmi důležité je vybrat vhodnou metodu ke stanovení vybraných prvků. Ve většině případů je nutné daný vzorek převést do formy roztoku. Někdy může být vzorek rozpustný již ve studené vodě. Pokud je pouze částečně rozpustný, je třeba použít k rozložení kyseliny nebo hydroxidy. Jestliže se jedná o materiál nerozpustný ve vodě, musí být vhodnou metodou rozložen na přijatelnou formu pro analytické metody. [20][22]

4.1 Metody rozkladu

Pomocí rozkladu vzorku lze dosáhnout lepší formy vzorku k dalším analytickým metodám. Rozklady vzorků mohou probíhat jak mokrou cestou, tak i suchou. K samotné analýze se poté odebírá celé množství vzorku nebo jeho přiměřené množství po kvantitativním převedení do odměrných baněk. [20][21][22]

4.1.1 Mokřý rozklad

Tento rozklad probíhá za přítomnosti koncentrovaných kyselin. Je také za potřeby vyšší teploty a atmosférického tlaku. Principem této metody je výměna aniontu, který tvoří nerozpustnou sůl, za vhodnější aniont. [20]

Mokřý rozklad může probíhat dvěma způsoby, a to buď v otevřeném nebo uzavřeném systému. Při rozkladu v otevřeném systému se využívá klasického laboratorního nádobí. Jako zdroj tepla se využívá například písková lázeň. Rozklad v otevřeném systému je časově velmi náročný, jelikož se musí nejprve nahřát samotná aparatura. Po dokončení rozkladu se musí celá aparatura ochladit na laboratorní teplotu. Naopak u rozkladu v uzavřeném systému dochází k minimalizaci ztrát těkavých prvků a také lze lépe zamezit znečištění vzorku z okolních zdrojů. Dále se také snižuje množství použitých reakčních činidel. [21][23]

Specifickým způsobem je mokřý rozklad za zvýšeného tlaku a pomocí mikrovlnného ohřevu. Nádobky k tomuto rozkladu jsou vyrobeny z odolného materiálu, nejčastěji se jedná o teflon. Tímto způsobem lze rozložit jak vzorky organické, tak i anorganické. Jako činidlo se využívá buďto samotná koncentrovaná kyselina dusičná nebo kyselina dusičná spolu s peroxidem vodíku. [20][23][27]

Mezi nejčastější oxidační činidla se řadí kyselina dusičná (HNO_3), která se využívá zejména s dalšími minerálními kyselinami. Kyselina dusičná se používá převážně k rozložení kovů, slitin a také některých rud. [22][27]

4.1.2 Suchý rozklad

Tento způsob se řadí mezi jeden z nejstarších metod k rozložení jak biologických, tak organických materiálů. Mezi jedno z nejpoužívanějších rozpouštědel se řadí kyselina chlorovodíková. Nejčastěji se k suchému rozkladu využívá metoda tavení, kdy tavení lze rozdělit na kyselé, alkalické, oxidační, redukční nebo jejich kombinace. Jelikož se při tomto rozkladu dostane do vzorku vysoké množství solí, může způsobovat komplikace při analytických metodách. Samotné tavení probíhá v nádobkách, které jsou nejčastěji vyrobeny z platiny. Výsledkem tavení je převedení celého vzorku na rozpustnou formu. [20], [21][22]

Mezi další metody suchého rozkladu lze zařadit žihání, sintraci nebo pražení. Při žihání dochází k odstranění těkavých látek, jako například voda a poté se proces nazývá dehydratací. Sintrací (slinováním) se rozumí rozklad vzorku za použití vhodného činidla. Činidlo musí být vybráno tak, aby nedošlo k roztavení vzorku. Jedním z posledních způsobů je pražení, kdy dochází k zahřátí směsi za přístupu kyslíku. Ke směsi se nepřidává žádné činidlo, aby nedošlo k tavení nebo sintraci. [20][23]

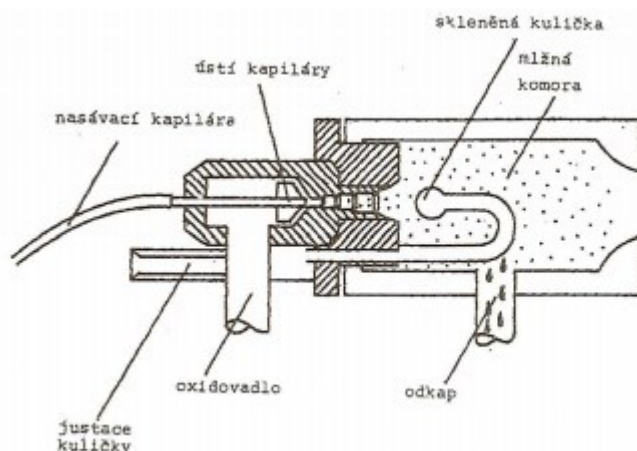
4.2 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Principem této metody je měření absorpce elektromagnetického záření ve viditelné a ultrafialové části spektra. Pro AAS je zapotřebí vysoké teploty, v některých případech až 3000 K (2726,85 °C). Zkoumané prvky mohou absorbovat pouze takové záření, které samy dokážou vyzařovat. Je velmi důležité, kontrolovat množství stopových prvků, jelikož některé mohou být toxické pro lidský organismus. [23][24][29]

4.2.1 Plamenová atomizace

Při této metodě se využívá kombinace acetylen-kyslík, kdy acetylen je palivo a kyslík je oxidovadlo. Místo kyslíku lze také využít oxid dusný. Teplota reakce závisí na použitém druhu oxidovadla. U obou typů se musí použít již předem promíchaná směs plynů. Aby bylo možné vzorek správně detekovat, je třeba jej přeměnit na formu jemného aerosolu, který je

následně veden do plamenu. Vzorek je do přístroje přiváděn přes tenkou nasávací kapiláru. K celému procesu se využívá pneumatický zmlžovač (obr. 1). [23][29]



Obrázek 1 Pneumatický zmlžovač [23]

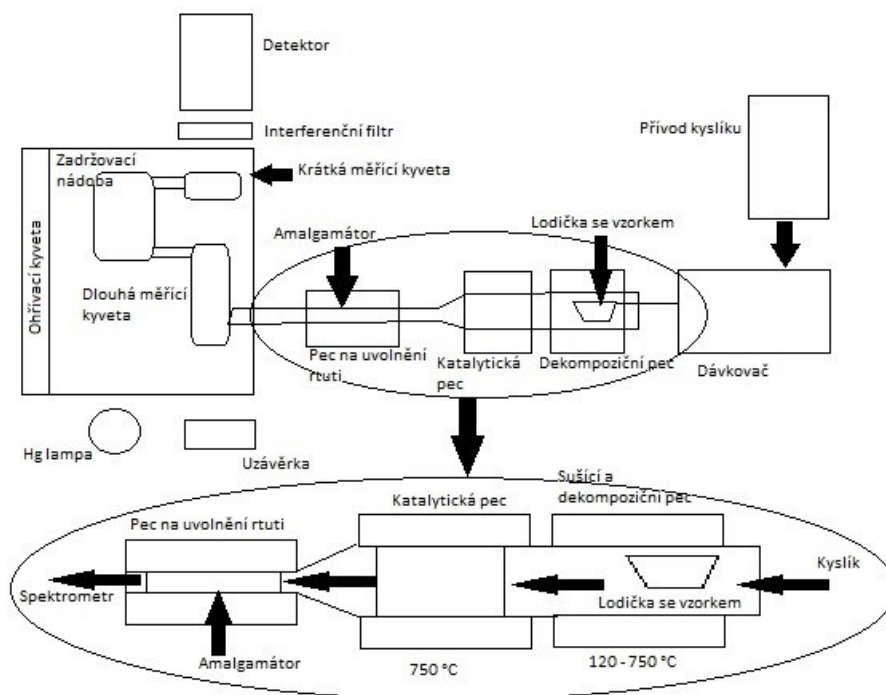
4.2.2 Elektrotermická atomizace

K této metodě se využívá elektrotermický atomizátor. Grafitový atomizátor, který má tvar trubičky, je usazen do grafitových kónusů. Tento celek je upevněn do kovových držáků. K atomizaci se využívá potřebné teploty, kterou dosáhneme použitím elektrického proudu. Jelikož se do kyvety nesmí dostat vzduch, pracuje přístroj v inertní atmosféře. K vytvoření inertní atmosféry se využívá argonu nebo dusíku. [23][24]

4.2.3 Metoda studených par

Metodou studených se par se stanovuje přítomnost rtuti ve vzorku. Při laboratorní teplotě má rtuť dostatečnou tenzi par, což znamená, že lze měřit úbytek záření, které odpovídá koncentraci volných atomů rtuti. V kapalně fázi je dvojmocná rtuť redukována na elementární rtuť. K redukci dojde v důsledku působení chloridem cínatým nebo borohydridem sodným. Vzniklé páry elementární rtuti se vytěsňují proudem inertního plynu a následně se vysuší vrstvou chloridu vápenatého nebo chloristanem zinečnatým. V kyvetě, o délce 10–20 cm, se zaznamenává průběh absorbance. [31][32]

Tato metoda je mnohem citlivější než plamenová AAS. Pokud se stanovuje celková rtuť, je zapotřebí ji rozložit po redukci. Aby proběhla redukce rtuti, je potřeba ji analyzovat v iontové formě. Té lze dosáhnout pomocí mineralizace. Problémem při analýze může být znečištění přístroje nebo sorpce rtuti. [33]



Obrázek 2 Schéma stanovení rtuti v přístroji AMA 254

Ke stanovení rtuti se využívá přístroj AMA 254, který slouží primárně pouze na rtuť. Rtuť lze stanovit jak z pevných, tak z kapalných vzorků. Není tedy potřeba mineralizace vzorku. [32]

4.3 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Obecně má tato metoda velké množství výhod. Využívá se v celé řadě oborů. Metodou ICP-MS se stanovuje celkové množství kovů ve vzorku. Mimo to se dá také využít jako selektivní detektor, kdy je přístroj propojen vysokoúčinným kapalinovým chromatografem. [25][30]

4.3.1 Princip instrumentace

Přístroj nejprve nasaje zkoumaný vzorek a pomocí koncentrického nebo pravoúhlého zmlžovače se vytvoří aerosol. Aerosol je vytvořen pomocí pracovního plnu – argonu, který vytéká

z trysky a má vyšší rychlost, než je rychlost prouděné kapaliny. Jelikož je ve vzniklém aerosolu velký podíl částic, je třeba částice zmenšit. Ke zmenšení částic slouží mlžné komory. Nejčastěji se využívá dvouplášťová Scottova mlžná komora. [25]

Křemenný nebo korundový injektor přivádí aerosol do plazmové hlavice. Argon, který proudí vnější křemennou trubicí, chrání samotné stěny trubice a dále je také zdrojem argonu pro plazma. Ve vnitřní křemenné trubicí má argon za úkol chránit špičku injektoru před horkým plazmatem. V plazmatu je zapotřebí energie, která je dodávána vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem, které je vytvářeno pomocí závitů indukční cívky. [25]

Jako další dochází k expanzi plazmatu do oblasti, kde se tlak pohybuje v řádu stovek pascalů. K expanzi dochází skrz otvor prvního kónusu (sampleru). Potřebného tlaku je dosaženo pomocí mechanické pumpy. Do samotného hmotnostního spektrometru prochází ionty skrz otvor druhého kónusu. Zde dojde k vytvoření iontového paprsku, který je usměrněn iontovou optikou do iontového filtru. Dojde k vytvoření tlaku, při kterém je střední volná dráha iontů delší než délka kvadrupólového analyzátoru. Takový tlak je vytvořen díky kombinaci mechanické a turbomolekulární pumpy. [25][28]

4.3.2 Interference

Interferenci lze rozdělit do dvou kategorií. První je spektrální interference a druhá nespektrální interference. V průběhu interference dochází k různým dějům, které mohou následně ovlivnit průběh měření. [25]

Mezi spektrální interferenci lze zařadit izobarický překryv, tvorbu polyatomických iontů, tvorbu oxidových a hydroxidových iontů a tvorbu dvojnásobně nabitých iontů. Veškeré spektrální interference lze určitým způsobem potlačit. K potlačení dojde například po přidání dalšího plynu do plazmatu nebo také přidání pomocného činidla přímo do vzorku. [25][26]

K odstranění interferencí oxidovými a polyatomickými ionty je spektrometr vybaven kolizní nebo reakční celou, které se nachází mezi iontovou optikou, Tady se vyskytuje další kvadrupól, který řídí tok iontů. [26]

Nespektrální interferenci lze rozdělit na dva typy. Mezi první se řadí vliv celkového množství rozpuštěných tuhých látek ve vzorku. Toto množství způsobuje, že dojde k zablokování vstupních kónusů. Druhý typ je způsoben ovlivněním ionizačních rovnovah, na které působí

matriční prvky. Toto se následně řeší rozředěním vzorku, použitím vhodného standardu, pomocí modelových kalibračních roztoků nebo jejich kombinací. [25][26]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

K vypracování praktické části bylo použito vhodné laboratorní nádobí a byla dodržena bezpečnost práce v laboratoři. K vypracování této práce byly použity metody plamenové atomové absorpční spektrometrie, elektrotermické atomizace a stanovení rtuti metodou studených par.

5.1 Mineralizace vzorku

V této práci byl použit mikrovlnný rozklad na tzv. mokré cestě, kdy byla použita kyselina dusičná a peroxid vodíku. Zkoumané vzorky byly naváženy v potřebném množství a následně k nim bylo přidáno 0,5 ml H_2O_2 a 2,5 ml HNO_3 . Při každé mineralizaci byl připraven i slepý pokus a dále také kontrolní vzorek. Ten byl připraven smísením H_2O_2 a HNO_3 a referenčního vzorku, což byla CRM řasa, kterou se kontroluje jakost.

Mikrovlnný rozklad probíhal v 6 mineralizačních (teflonových) kelímků. V prvním kelímku byl připraven slepý vzorek, kdy bylo smícháno 2,5 ml kyseliny dusičné s 0,5 ml peroxidu vodíku. Do druhého kelímku byl připraven kontrolní vzorek, smísením 2,5 ml kyseliny dusičné a 0,5 ml peroxidu vodíku a bylo přidáno 0,1 g zelené řasy, která slouží jako referenční materiál. Slepý vzorek se připravuje z důvodu kontroly čistoty použitých chemikálií a kontrolní vzorek z důvodu kontroly správnosti rozkladu. Do posledních 4 kelímků byly naváženy vzorky medu o hmotnosti 0,2 – 0,3 g. Ke vzorkům byla opět přidána kyselina dusičná a peroxid vodíku, v množství jako u předchozích kelímků. K navažování vzorků byla použita plastová lžička, aby nedošlo ke kontaminaci kovy.

Samotná mineralizace byla provedena podle softwarově řízeného vícekrokového rozkladného programu. Po dokončení mineralizace došlo k vychlazení kelímků na laboratorní teplotu. Následně byly vzorky kvantitativně převedeny do 50 ml odměrných baněk. K doplnění po rysku byla použita demineralizovaná voda. Takto připravené vzorky byly uloženy v lednici do doby analýzy.

5.2 Původ vzorků

K vypracování bakalářské práce bylo použito celkově 8 vzorků medu, kdy jeden vzorek byl původem z Řecka. Všechny vzorky byly získány přímo od včelařů. Při měření byl také použit jeden neznámý vzorek, který nese označení Med 2018.

5.2.1 Med Snovídky

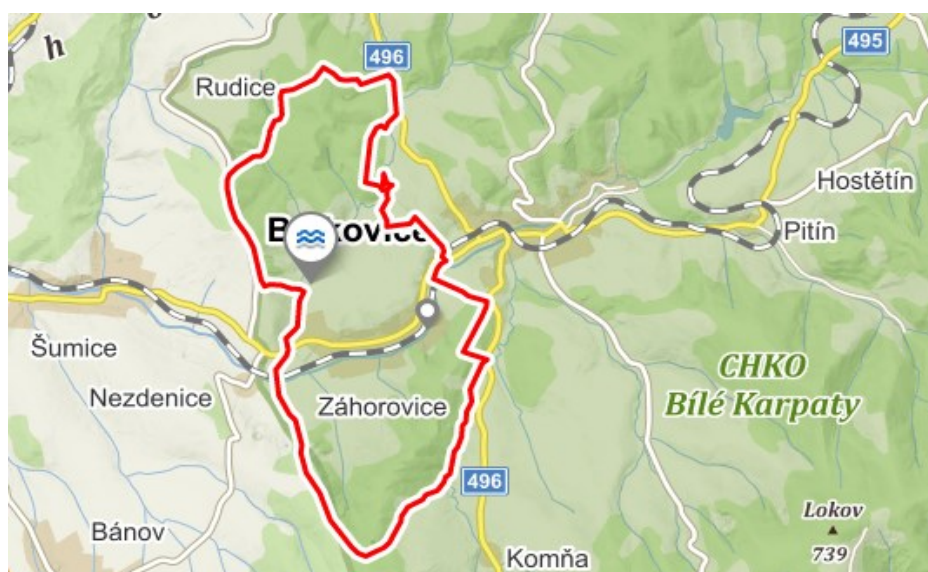
V okolí místa sběru se nacházejí především zemědělské plochy. Dále se zde nachází Žďánický les, který je v doletové vzdálenosti. Včely jsou umístěny na zahradě rodinného domu, tudíž v doletové vzdálenosti se také hojně nacházejí zahrady.



Obrázek 3 Lokalita sběru medu – Snovídky

5.2.2 Med Záhorovice

Obec Záhorovice se nachází v oblasti CHKO Bílé Karpaty. V okolí místa sběru se nacházejí zemědělské plochy. Z této lokality byly odebrány dva vzorky. Jednalo o vzorek lipového medu a medu květového.



Obrázek 4 Lokalita sběru medu – Záhorovice

5.2.3 Med Vsetín

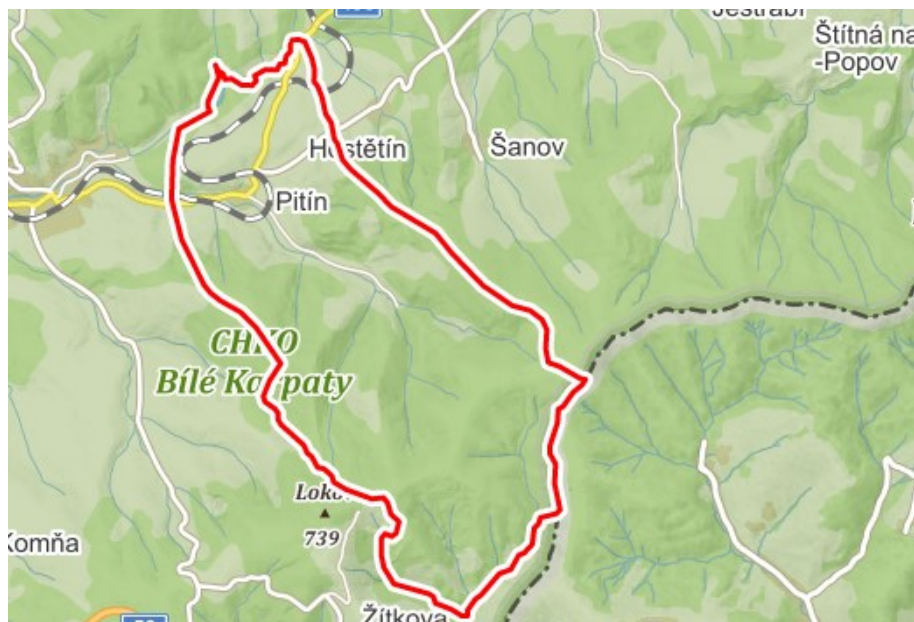
V okolí obce Vsetín se nachází CHKO Beskydy. Z této oblasti byl odebrán lipový med. V okolí se nacházejí hojně lesy a louky.



Obrázek 5 Lokalita sběru medu – Vsetín

5.2.4 Med Pitín

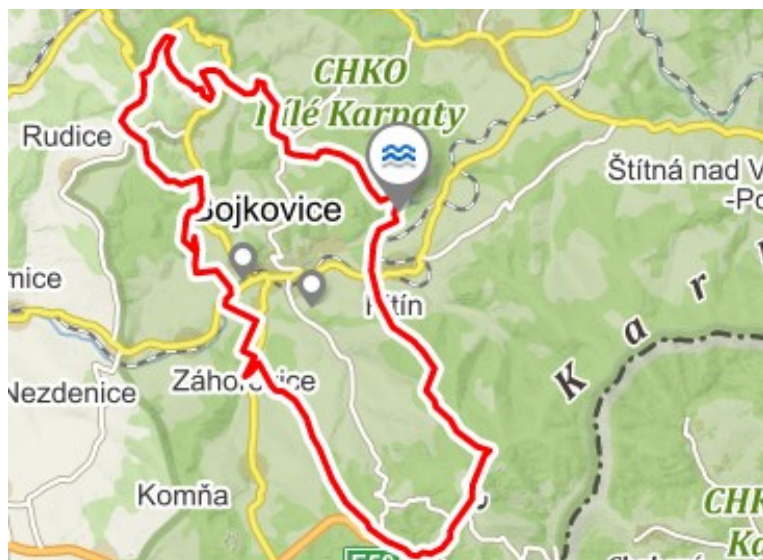
Obec Pitín se nachází v oblasti CHKO Bílé Karpaty. V okolí se také nacházejí rozlehlé louky a lesy.



Obrázek 6 Lokalita sběru medu – Pitín

5.2.5 Med Bojkovice

Město Bojkovice se nachází se v lokalitě CHKO Bílé Karpaty. V okolí se nacházejí jak lesy, tak zemědělské plochy. Z této oblasti byl použit med lipový.



Obrázek 7 Lokalita sběru medu – Bojkovice

5.2.6 Med Řecko

Poslední vzorek medu byl přivezen z Řeckého města Sivota, které se nachází v okrese Igoumenitsa. V blízkosti města se nacházejí převážně zemědělské plochy. Stromy se zde vyskytují převážně citrusové. Med byl použit k porovnání s českými medy.



Obrázek 8 Lokalita sběru medu – Řecko

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pomocí již výše zmíněných metod bylo měřeno celkově 6 stopových prvků. Jejich přehled je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Přehled měřených prvků

Prvek	Měřený izotop
Železo	Fe
Zinek	Zn
Mangan	Mn
Měď	Cu
Kadmium	Cd
Rtut	Hg

Z důvodu přehlednosti jsou použita číselná označení vzorků, které jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka 2 Označení vzorků

Vzorek	Označení
Snovídky	1
Záhorovice lipový	2
Záhorovice květový	3
Vsetín	4
Pitín	5
Bojkovice	6
Řecko	7
Med 2018	8

Po mineralizaci byly vzorky použity k jednotlivému měření. Pro měření železa, zinku, manganu, mědi a kadmia byla použita metoda plamenové atomové absorpční spektrometrie. Dále bylo měřeno kadmium a měď za využití elektrotermické atomizace. V neposlední řadě byla měřena rtuť pomocí metody studených par.

Výsledné koncentrace, které byly naměřeny, byly přepočteny na jednotky mg.kg^{-1} . Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 3–5.

Tabulka 3 Naměřené koncentrace při plamenové atomové absorpční spektrometrii

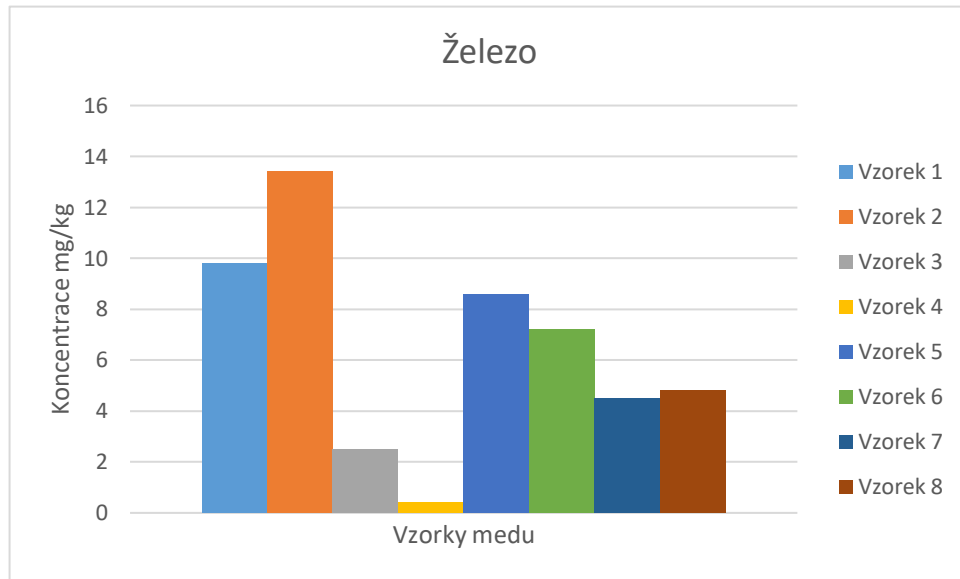
Vzorek	Koncentrace [mg.kg^{-1}]				
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd
1	9,8	0,9	7,9	Nedetekováno	Nedetekováno
2	13,4	2,6	Nedetekováno	Nedetekováno	Nedetekováno
3	2,5	1,2	0,9	Nedetekováno	Nedetekováno
4	0,4	2,4	1,9	Nedetekováno	Nedetekováno
5	8,6	20,8	3,7	Nedetekováno	Nedetekováno
6	7,2	3,4	1,1	Nedetekováno	Nedetekováno
7	4,5	0,4	Nedetekováno	Nedetekováno	Nedetekováno
8	4,8	2,1	2,7	Nedetekováno	Nedetekováno

Tabulka 4 Naměřené koncentrace při elektrotermické atomizaci

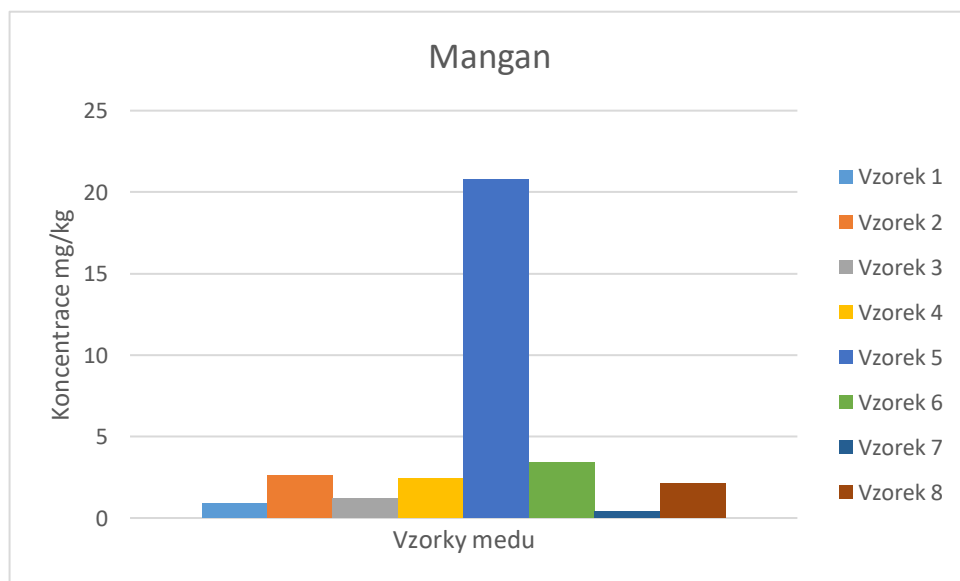
Vzorek	Koncentrace [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	
	Cu	Cd
1	56,1	Nedetekováno
2	Nedetekováno	Nedetekováno
3	1021,1	Nedetekováno
4	631,1	Nedetekováno
5	1173,7	Nedetekováno
6	1284,8	Nedetekováno
7	67,3	Nedetekováno
8	974,9	Nedetekováno

Tabulka 5 Naměřené koncentrace rtuti

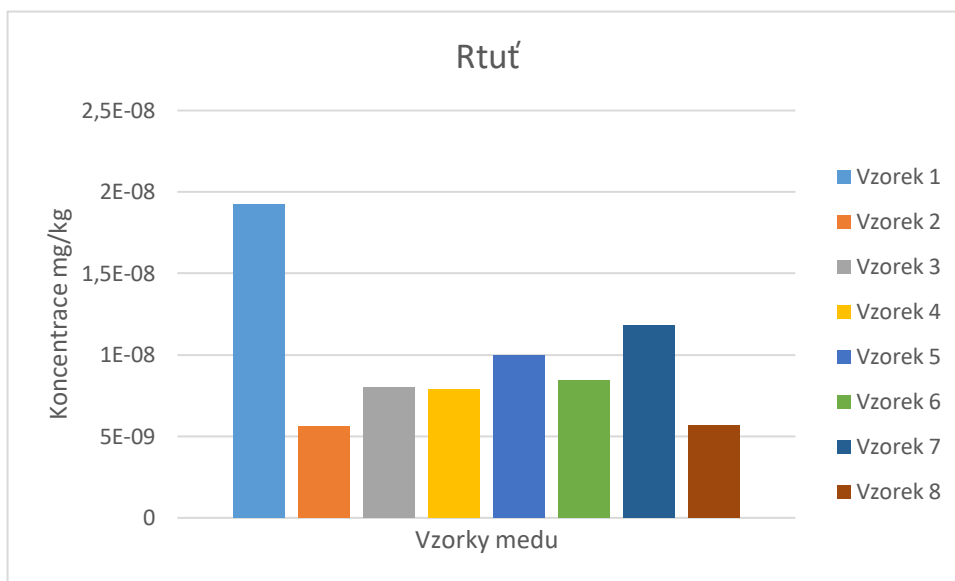
Vzorek	Koncentrace [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]
1	$1,9\cdot 10^{-8}$
2	$1,2\cdot 10^{-8}$
3	$8,4\cdot 10^{-9}$
4	$8,0\cdot 10^{-9}$
5	$5,6\cdot 10^{-9}$
6	$7,9\cdot 10^{-9}$
7	$9,9\cdot 10^{-9}$
8	$5,7\cdot 10^{-9}$



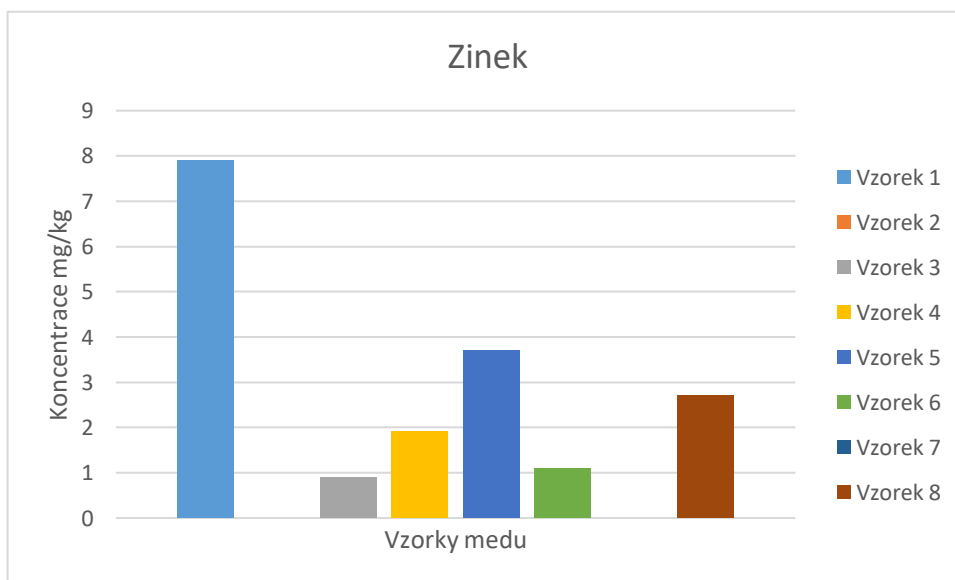
Obrázek 9 Koncentrace železa ve vzorcích medu



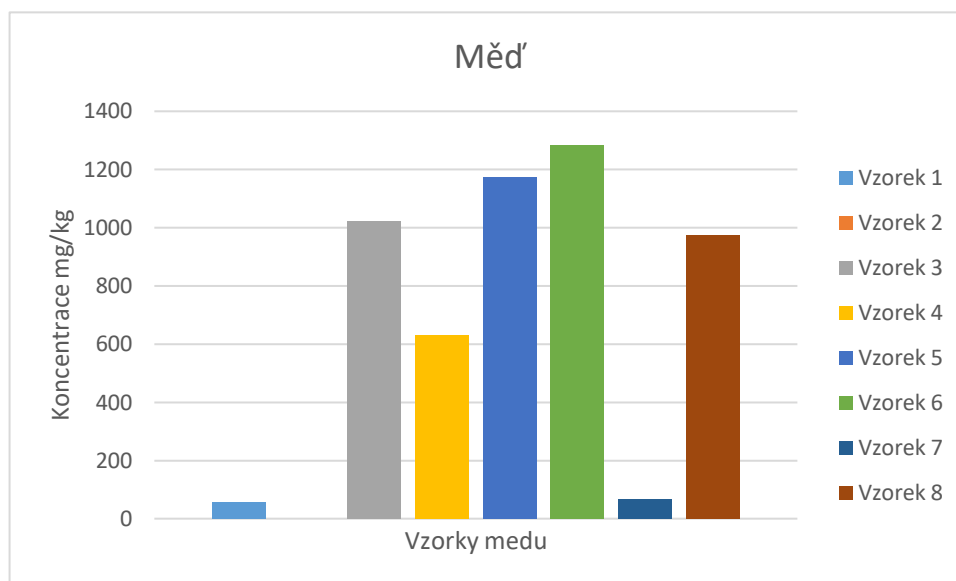
Obrázek 10 Koncentrace manganu ve vzorcích medu



Obrázek 11 Koncentrace rtuti v pevných vzorcích medu



Obrázek 12 Koncentrace zinku ve vzorcích medu



Obrázek 13 Koncentrace mědi ve vzorcích medu

6.1 Vyhodnocení

Jako první bylo stanovováno železo, při vlnové délce 248 nm, které se v medu běžně vyskytuje. Koncentrace se pohybovala v rozmezí 0,4 – 13,4 mg.kg⁻¹ (obrázek č. 9). Dle publikace Madejczyk a Baralkiewicz, 2008 se v medu vyskytuje železo v koncentraci 1,0 – 16,1 mg.kg⁻¹. Výsledky se téměř shodovaly se danou publikací. Železo bylo také měřeno při vlnové délce 371 nm, zde ovšem nebyly naměřeny žádné výsledky. Bylo zhodnoceno, že vlnové délka 371 nm není vhodná pro stanovení přítomnosti železa ve vzorcích.

Dále se stanovovala přítomnost manganu při vlnové délce 279 nm, kdy naměřená koncentrace byla od 0,4 do 20,8 mg.kg⁻¹ (obrázek č. 10). Ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008 je uvedena koncentrace pro mangan v rozmezí 0,02 – 7,37 mg.kg⁻¹. V tomto případě se neshodoval pouze vzorek č. 5, kdy došlo pravděpodobně k nežádoucí kontaminaci.

V další řadě se stanovovala přítomnost zinku při vlnové délce 213 nm. Koncentrace byla naměřena v rozmezí 0 – 7,9 mg.kg⁻¹ (obrázek č. 11). Pouze u dvou vzorků nebyl zinek detekován (tabulka č. 3). V již výše zmíněné studii, byla naměřena koncentrace v rozmezí 0,13 – 9,93 mg.kg⁻¹. Naměřené výsledky byly porovnány a hodnoty se shodovaly.

Jako poslední bylo metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie stanovováno kadmium a měď. Oba zmíněné prvky nebyly detekovány u žádného medu (tabulka č. 3).

Pomocí elektrotermické atomizace byla stanovována měď, při vlnové délce 327 nm, a kadmium, při vlnové délce 228 nm. Koncentrace mědi se pohybovala v rozmezí 0 – 1284,8 mg.kg⁻¹. Podle studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008 by se koncentrace měla pohybovat v rozmezí 0,26 – 1,82 mg.kg⁻¹, což nesplňovalo celkem 7 vzorků. K nevyhovujícím výsledkům došlo pravděpodobně v důsledku volby nesprávného objemu vzorků. Dále také mohlo dojít ke znečištění přístroje. U jednoho vzorku nebyla měď vůbec detekována (tabulka č. 4). Kadmium nebylo detekováno u žádného vzorku.

V neposlední řadě byla stanovována přítomnost rtuti, která byla měřena z mineralizovaného vzorku a přímo ze vzorku medu. Mineralizované vzorky nebyly příliš vhodné. Jelikož je rtuť těkavá, došlo ke ztrátě ještě před samotným měřením. Obsah rtuti v medech by se měl pohybovat do 0,005 mg.kg⁻¹. Při měření pevných vzorků byla koncentrace od 5,6*10⁻⁹ do 1,9*10⁻⁸ mg.kg⁻¹. Zde všechny vzorky odpovídaly povolenému množství.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo určit koncentrace jednotlivých prvků ve vzorcích medu. Většina vzorků byla odebrána z CHKO a z prostředí, kde se v blízkosti nenacházejí větší zastavěné plochy. Pro porovnání byl také použit zahraniční vzorek medu, jednalo se o řecký med. V medech bylo provedeno stanovení prvků, konkrétně železa, manganu, zinku, mědi, kadmia a rtuti.

Jelikož med jako takový je nevhodný k analýze, došlo nejprve k rozkladu vzorků. Poté byla provedena analýza pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie, elektrotermické atomizace a metody studených par.

Jako nejvíce zastoupené prvky byly analyzovány železo, mangan a zinek. Tyto prvky se vyskytují v přírodě velmi často. Železo bylo naměřeno v koncentraci $0,4 - 13,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, mangan v rozmezí $0,4 - 20,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ a zinek v rozmezí $0 - 7,9 \text{ mg.kg}^{-1}$. Dále se v přírodě přirozeně vyskytuje měď, která byla naměřena v koncentraci od 0 do $1284,8 \text{ mg.kg}^{-1}$. U mědi došlo pravděpodobně ke kontaminaci, jelikož hodnoty byly příliš vysoké a u metody plamenové atomizace nebyla měď detekována.

Mezi nejvíce hlídané prvky se řadí kadmium a rtuť. Pro tyto prvky byla stanovena limitní koncentrace. Konkrétně u kadmia se jedná o hodnotu $0,007 \text{ mg.kg}^{-1}$ a u rtuti o hodnotu $0,005 \text{ mg.kg}^{-1}$. Kadmium nebylo naměřeno u žádného vzorku. Rtuť byla naměřena pouze u pevného vzorku medu. Tady byla koncentrace v rozmezí $5,6 \cdot 10^{-9} - 1,9 \cdot 10^{-8}$, což splnilo limitní hodnotu.

Dle získaných výsledků lze zkonstatovat, že hodnoty se příliš nelišily od již naměřených výsledků. Lze tedy říci, že zkoumané medy nejsou zdravotně závadné a jsou tedy vhodné ke konzumaci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SILVA, Priscila Missio da et al., 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chemistry. ScienceDirect, 196, 309-323. ISSN 0308-8146.
- [2] Historie medu [online] [cit. 2021-02-07] Dostupné na <http://jahan.cz/historie-medu>
- [3] Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony.
- [4] ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. Chemie potravin. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:88719f50-5b70-11e4-8b11-005056827e51>
- [5] BLÁHOVÁ, K. Užitečné rady Med. 1. vydání. Praha: Sun, 2010, 79 s, ISBN 978-80-7371-342-3.
- [6] PŘIDAL, A. 2003. Včelí produkty. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 95 s. ISBN 80-7157-717-0
- [7] ČERMÁKOVÁ, Tatiana, Róbert CHLEBO a Milena HUSÁRIKOVÁ. Kniha o medu. Bratislava: Vydavatelství Eastone books, 2010, ISBN: 978-80-8109-132-2
- [8] KNOLLER, Rasso. Knížka o medu. 2. vydání. Praha: Granit, 1999. ISBN:80-85805-80-4
- [9] Med: druhy, vlastnosti, označování. Informační centrum bezpečnosti potravin [online]. Brno [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/med-druhy-vlastnosti-oznacovani.aspx>
- [10] VESELÝ, Vladimír a Aleš KOMÁR, 2003. Včelařství. Praha: Brázda. ISBN 80-209-0320-8
- [11] Včelařství – cvičení. Mendelova univerzita [online]. Brno [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2560&typ=html
- [12] ČAVOJSKÝ, V., 1981. Včelařstvo. Bratislava: Příroda. ISBN 64-092-81.

- [13] DOBROVODA, Ivan, 1986. Včelie produkty a zdravie. Bratislava: Príroda. ISBN 64-109-86.
- [14] Včelařství – cvičení. Mendelova univerzita [online]. Brno [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2558&typ=html
- [15] KAFKA, Zdeněk a Jana PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. Chemické listy. 96, 611-617.
- [16] TICHÝ, Miloň. Toxikologie pro chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184-625-2.
- [17] KAMENÍČEK, Jiří a Univerzita Palackého. Anorganická chemie. Olomouc: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 80-244-1290-X.
- [18] BENCKO, Vladimír, Miroslav CIKRT, Jaroslav LENER a Jaroslav TEISINGER. Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka. Praha: Avicenum, 1984
- [19] KUPEC, Jan a Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Toxikologie. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004. ISBN 80-7318-216-5
- [20] BARTOŠ, Martin et al., 2004. ANALYTICKÁ CHEMIE I. Pardubice. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Katedra analytické chemie.
- [21] MADERA, Pavel a Eva ČURDOVÁ, 1997. Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků. Chemické listy. 91, 227-236.
- [22] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. Analýza potravin. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [23] KŘÍŽENECKÁ, Sylvie, 2007. Základy analytické chemie. Ústí nad Labem. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí.
- [24] ŠTERN, Petr. Základy instrumentální analýzy v klinické biochemii [online]. Praha [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://www1.lf1.cuni.cz/~kocna/biochem/text11.htm>
- [25] MESTEK, Oto, 2010. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: pracovní text pro Podzemní výukové středisko JOSEF. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

- [26] MICHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK, Využití hmotností spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, (98), 123-130
- [27] MADEJCZYK, Maria a Danuta BARALKIEWICZ, 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and FAAS/AES. *Analytica Chimica Acta. ScienceDirect*, 617(12), 11-17. ISSN 00032670.
- [28] BERNARD FRAY, Laurent a Martin KUSSMANN, 2010. Mass spectrometry and nutrition research. Cambridge: Royal Society of Chemistry. ISBN 978-184-9730-365
- [29] Amjad, Zahid Demadis, Konstantinos D.. (2015). *Mineral Scales and Deposits - Scientific and Technological Approaches*. Elsevier. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMSDSTA04/mineral-scales-deposits/mineral-scales-deposits>
- [30] Poole, Colin F. Fanali, Salvatore Haddad, Paul R. Poole, Colin F. Riekkola, Marja-Liisa. (2017). *Liquid Chromatography - Applications, Volume 2 (2nd Edition)*. Elsevier. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLCAVE004/liquid-chromatography/liquid-chromatography>
- [31] Postawa, Adam. (2012). *Best Practice Guide on the Sampling and Monitoring of Metals in Drinking Water*. IWA Publishing. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpBPGSMMDO/best-practice-guide-sampling/best-practice-guide-sampling>
- [32] Kishore Nadkarni, R.A.. (2011). *Spectroscopic Analysis of Petroleum Products and Lubricants*. ASTM International. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSAPPL00B/spectroscopic-analysis/spectroscopic-analysis>
- [33] Radojević, Miroslav Bashkin, Vladimir N.. (2006). *Practical Environmental Analysis (2nd Edition)*. Royal Society of Chemistry. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPEAE000D/practical-environmental/practical-environmenta>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HMF 5-hydroxymethylfurfural

AMK Aminokyselina

MO Mikroorganismus

AAS Atomová absorpční spektrometrie

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pneumatický zmlžovač	23
Obrázek 2 Schéma stanovení rtuti v přístroji AMA 254.....	24
Obrázek 3 Lokalita sběru medu – Snovídky.....	29
Obrázek 4 Lokalita sběru medu – Záhorovice.....	29
Obrázek 5 Lokalita sběru medu – Vsetín	30
Obrázek 6 Lokalita sběru medu – Pitín.....	30
Obrázek 7 Lokalita sběru medu – Bojkovice.....	31
Obrázek 8 Lokalita sběru medu – Řecko.....	31
Obrázek 9 Koncentrace železa ve vzorcích medu.....	35
Obrázek 10 Koncentrace manganu ve vzorcích medu	35
Obrázek 11 Koncentrace rtuti v pevných vzorcích medu.....	36
Obrázek 12 Koncentrace zinku ve vzorcích medu.....	36
Obrázek 13 Koncentrace mědi ve vzorcích medu.....	37

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled měření prvků	32
Tabulka 2 Označení vzorků	32
Tabulka 3 Naměřené koncentrace při plamenové atomové absorpční spektrometrii	33
Tabulka 4 Naměřené koncentrace při elektrotermické atomizaci.....	34
Tabulka 5 Naměřené koncentrace rtuti.....	34