

Stopové prvky v medu

Bc. Kristýna Zapletalová, DiS.



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna Zapletalová, DiS.**
Osobní číslo: **T17328**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stopové prvky v medu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.**
- 2. Provedte optimalizaci mineralizace medu.**
- 3. Koncentrace kovů především platiny stanovte pomocí ICP-MS.**
- 4. Naměřená a vypočtená data zpracujte a dosažené výsledky kriticky zhodnoťte.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné 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 diplomové práce:

Ing. Lenka Šenkárová, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2019

Termín odevzdání diplomové práce:

3. května 2019

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Med a včelí produkty jsou lidem známy po tisíce let. Včela medonosná patří mezi nejvýznamnější opylovače hmyzosnubných rostlin a med, který včely produkují, je považován za výživově hodnotnou potravinu. Jedním z cílů mé diplomové práce bylo zhruba popsat složení, získávání a využití medu a dalších včelích produktů. Hlavním cílem ovšem bylo stanovení vybraných stopových prvků, které se v medu vyskytují, a to pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Posuzovány byly čtyři druhy medu a další včelí produkty z jedné lokality. Zjištěné hodnoty byly porovnány s výsledky dalších dvou studií, které zahrnovaly medy z různých částí republiky i ze světa. Hodnoty byly také posouzeny z hlediska působení na lidské zdraví, a také byl zhodnocen vliv lokality původu medu na množství obsahu stopových prvků.

Klíčová slova: med, včelí produkty, stopové prvky, ICP-MS, toxické látky

ABSTRACT

Honey and bee products are known to people for thousands of years. Honeybee is one of the most important pollinators of insect plants and honey, produced by bees, is considered a nutritionally valuable food. One of the goals of my thesis was to roughly describe the composition, acquisition and use of honey and other bee products. The main goal, however, was to determine the selected trace elements that occur in honey by inductively coupled plasma mass spectrometry. Four types of honey and other bee products from one location were assessed. The values were compared with the results of two other studies that included honeys from various parts of the country and from the world. The values were also assessed for their effects on human health, and the influence of the honey locality on the amount of trace element content was also assessed.

Keywords: honey, bee products, trace elements, ICP-MS, toxic substances

Mé poděkování patří paní Ing. Lence Šenkárové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, rady a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Štěpánu Vinterovi, Ph.D. za pomoc v laboratoři a také mé rodině za jejich podporu a trpělivost během mého psaní diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VČELÍ PRODUKTY, JEJICH ZÍSKÁVÁNÍ A POUŽITÍ	12
1.1 MED.....	12
1.1.1 Druhy medu podle původu.....	13
1.1.2 Druhy medu podle způsobu získávání a úpravy	14
1.2 VOSK	15
1.3 PROPOLIS.....	15
1.4 PYL	16
1.5 MATERIÍ KAŠIČKA	17
1.6 VČELÍ JED	17
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MEDU	19
2.1 VODA.....	20
2.2 SACHARIDY	20
2.3 BÍLKOVINY	20
2.4 TUKY	21
2.5 ORGANICKÉ KYSELINY	21
2.6 VITAMINY	21
2.7 MINERÁLNÍ LÁTKY.....	22
2.8 BARVIVA	22
2.9 HYDROXYMETHYLFURFURAL (HMF).....	22
3 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MEDU	24
3.1 VIZKOZITA.....	24
3.2 KRYSTALIZACE	24
3.3 HUSTOTA.....	24
3.4 HYGROSKOPICITA	25
3.5 POVRCHOVÉ NAPĚTÍ.....	25
3.6 BARVA.....	26
4 MINERÁLNÍ LÁTKY	27
4.1 ROZDĚLENÍ MINERÁLNÍCH LÁTEK	27
4.1.1 Rozdělení minerálních látek v závislosti na jejich obsahu v organismu.....	27
4.1.2 Rozdělení minerálních látek v závislosti na jejich denní potřebě.....	28
4.2 ZKOUMANÉ PRVKY A JEJICH PŮSOBNÍ NA LIDSKÝ ORGANIZMUS.....	28
4.2.1 Hliník.....	28
4.2.2 Železo	29
4.2.3 Kadmium.....	29
4.2.4 Kobalt	30
4.2.5 Chrom.....	30
4.2.6 Měď	30
4.2.7 Mangan.....	31
4.2.8 Nikl.....	31

4.2.9	Olovo	31
4.2.10	Thalium	32
4.2.11	Zinek.....	32
4.2.12	Platina.....	32
5	METODA ICP-MS.....	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	36
6	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	37
6.1	PŮVOD VZORKŮ MEDU A JEJICH UCHOVÁNÍ	37
6.2	PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	39
6.3	PŘÍPRAVA VZORKŮ	39
6.4	METODA ICP-MS	39
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
7.1	VYHODNOCENÍ A SROVNÁNÍ ZJIŠTĚNÝCH KONCENTRACÍ PRVKŮ V MEDU	46
7.1.1	Železo	46
7.1.2	Kadmium.....	47
7.1.3	Kobalt	48
7.1.4	Chrom.....	49
7.1.5	Měď	50
7.1.6	Mangan.....	51
7.1.7	Nikl	52
7.1.8	Thalium	53
7.1.9	Zinek.....	54
7.1.10	Platina.....	55
7.1.11	Olovo	56
7.1.12	Hliník.....	56
7.2	MNOŽSTVÍ STOPOVÝCH PRVKŮ VE VOSKU A PROPOLISU	57
7.2.1	Včelí vosk.....	57
7.2.2	Propolis.....	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

Med, vosk, pyl, propolis, jed a mateří kašička jsou produkty nejmenšího domácího zvířete – včely medonosné (*Apis mellifera*). Už v dávných dobách lidé využívali tyto produkty (zejména med a vosk), které získávali nejprve od divokých včel, a později, když se naučili včelařit, od svých vlastních včelstev. Ta fungují jako tzv. superorganismus, nedělitelný celek, kde má každý z deseti tisíců jedinců svou funkci a poslání.

Člověk začal včelařit kvůli jednoduššímu získávání včelích produktů, ale hlavní význam včel spočívá především v jejich schopnosti opylovat rostliny, zejména pak užitkové plodiny, které člověk pěstuje. To přikládá včelám mimořádný ekonomický a ekologický význam a díky tomu je včela medonosná v Evropě třetím nejužitečnějším chovaným zvířetem.

Med a další včelí produkty jsou přírodní léčiva, která sice ustoupila moderní medicíně, ale stále mají pro člověka velkou hodnotu. Zejména med je mezi spotřebiteli vysoce ceněná potravinou díky svým nutričním vlastnostem. Hlavní součástí medu jsou jednoduché cukry a voda, ale obsahuje i bílkoviny, tuky, organické kyseliny, enzymy, vitaminy a minerální látky. Množství těchto látek pak rozhoduje o chuti, barvě či konzistenci medu. Medovicové medy jsou většinou tmavší než medy květové, protože obsahují vyšší podíl prospěšných látek (Tautz 2016; Titěra 2017; Haragsim 2016; Šefčík 2014).

Medovicové medy obsahují 5-8krát více popelovin než medy nektarové. Rozdíl mezi obsahem minerálních látek u jednotlivých druhů medu je vcelku zásadní, i když celkově je jich v medu jen velmi málo. Z těchto stopových prvků patří mezi nejdůležitější draslík, sodík, vápník, hořčík, fosfor, síra a chlor, které lze označit jako makroelementy. K minoritním stopovým prvkům patří např. hliník, měď, zinek, mangan, platina, železo a spousta dalších. Z toxických látek se v medu mohou vyskytnout olovo, kadmium, arsen, rtuť, kobalt, chrom, nikl, thalium nebo selen. Tyto těžké kovy mohou pocházet z přírodních či antropogenních zdrojů, a jejich množství se bude lišit v závislosti na botanickém a geografickém původu. I když jsou stopové prvky jen minoritní součástí medu, hrají nemalou roli při určování kvality medu (Haragsim 2016; Solyman et al. 2016).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VČELÍ PRODUKTY, JEJICH ZÍSKÁVÁNÍ A POUŽITÍ

Sílu přírodních látek ve včelích produktech, mezi které patří med, vosk, propolis, pyl, mateří kašička a včelí jed, lidé znali a široce využívali už v dávných dobách, kdy tyto produkty získávali od divoce žijících včel. Když se pak naučili včelařit, jejich získávání se stalo jednodušším, ale paradoxně se postupem doby kvůli rozvoji moderní medicíny a syntetických léčiv na většinu z nich, jako na zdroj osvědčeného přírodního léčiva, zapomnělo. V současnosti se včely chovají primárně pro opylování rostlin a získávání medu (Samleková, Dlab 2018).

I v dnešní uspěchané a hektické době se ale najde spousta lidí, kteří v případě potřeby vyhledávají alternativní léčebné postupy a využívají přírodní produkty. Mezi tyto léčebné postupy lze zařadit i tzv. apiterapii. Jedná se o léčbu člověka pomocí včel a jejich produktů, která může být použita jako léčba konkrétních problémů nebo jako prevence. Užívat produkty lze orální cestou, zevním použitím (medové masáže, kosmetika), aromaterapie (inhalace vzduchu ze včelího úlu) či aplikace včelího jedu žihadlem. Při aplikaci některých produktů, zejména jedu a propolisu, je třeba brát v potaz možné riziko alergické reakce (Wikipedie <https://cs.wikipedia.org/wiki/Apiterapie>).

1.1 Med

Med je nejvýznamnějším včelím produktem. Je složen z několika hlavních komponentů a mnoha dalších látek, které se v medu nachází ve velmi malém množství. Většinu látek v medu tvoří jednoduché cukry, a to zejména fruktóza a glukóza se zastoupením 38 % resp. 30 %. Dále je zde zastoupen disacharid sacharóza (2-10 %) a další sacharidy. Mezi další látky, které med obsahuje patří aminokyseliny, proteiny, lipidy, vitaminy a minerální látky, jejichž zastoupení se liší podle druhu medu. Díky rozvoji analytických metod bylo popsáno několik set specifických látek, které med obsahuje. Často jsou to složité organické látky, které produkují rostliny, nebo vznikají působením včelích enzymů při zpracování nektaru či medovice (Šefčík 2014; Titěra 2017). Tyto látky pocházející z rostlinných nebo organických zdrojů působí prospěšně na lidské zdraví, zatímco ty, které pochází z antropogenních zdrojů, mohou být toxické. Jsou to převážně těžké kovy, které se obecně vyskytují ve znečištěném životním prostředí (Solayman et al. 2016).

Významnou složkou medu je kromě sacharidů i voda (14-19 %). Dle české normy by obsah vody v medu neměl překročit hranici 18 %. Čím méně vody med obsahuje, tím je kvalitnější a více mikrobiálně stabilnější (Šefčík 2014; Titěra 2017).

Dle Vyhlášky č. 76/2003 Sb. se med člení podle původu a podle způsobu získávání a úpravy.

1.1.1 Druhy medu podle původu

Kvěťový med (nektarový)

Med pocházející zejména z nektaru květů.

Nektar, který včely posbírají a přinesou do úlu, obsahuje až 65 % vody. Tento sladký roztok by během několika dní zkvasil, kvůli rozmnožení přítomných kvasinek, ovšem úlové včely se postarají o jeho další zpracování. Nektar je včelami přenášen z buňky do buňky a je zahušťován výměšky včelích žláz (Šefčík 2014; Titěra 2017). Tyto biochemické látky pak v nektaru uvádí do chodu procesy přeměny, a to zejména přeměnu a štěpení sacharidů. Mimo jiné se do nektaru ze včelích slin dostávají další látky jako jsou kyseliny, bílkoviny a další enzymy. Ve finále má pak nízký obsah vody, vysoká koncentrace cukru a přítomnost inhibičních látek za následek to, že při vhodných skladovacích podmínkách nemůže med zkvasit nebo zplesnivět (Tautz, Steen 2018).

Medovicový med

Med pocházející zejména z výměšků hmyzu (Hemiptera) sajícího z rostlin na živých částech rostlin nebo ze sekretů živých částí rostlin.

Medovice je hustá lepkavá šťáva k jejímž největším producentům se řadí mšice a červci. Tito a další paraziti nabodávají listí či jehličí stromů a odsávají látky z rostlinného pletiva. Sacharózu spotřebovávají pro vlastní potřebu a glukózu a fruktózu pak vylučují ve formě sladkého roztoku, který sbírají včely (Šefčík 2014; Haragsim 2016). Medovicový med se od nektarového zpravidla liší tmavší barvou a také nižším obsahem vody. Větší rozdíly jsou i v chemickém složení, kdy např. obsah minerálních látek u nektarového medu je 0,2-0,5 g na 100 g medu a 0,6-2 g na 100 g u medovicového medu. Celkový obsah cukrů se příliš neliší (cca 80 g na 100 g medu) (Haragsim 2016; Titěra 2017).

1.1.2 Druhy medu podle způsobu získávání a úpravy

Vytočený med

Med získaný odstředováním odvíčkovaných bezplodových plástů.

Plástečkový med

Med uložený a zavíčkovaný včelami do bezplodových plástů čerstvě postavených na mezištěnách vyrobených výhradně ze včelího vosku nebo bez nich a prodávány v uzavřených celých plástech nebo dílech takových plástů.

Lisovaný med

Med získaný lisováním bezplodových plástů za použití mírného ohřevu do 45 °C nebo bez použití tepla.

Vykapaný med

Med získaný vykapáním odvíčkovaných bezplodových plástů.

Med s plástečky

Med, který obsahuje jeden nebo více kusů plástečkového medu.

Filtrovaný med

Med, který byl po získání upraven odstraněním cizích anorganických nebo organických látek takovým způsobem, že dochází k významnému odstranění pylu.

Pastový med

Med, který byl po získání upraven do pastovité konzistence a je tvořen směsí jemných krystalů.

Pekařský med (průmyslový med)

Med určený výhradně pro průmyslové použití nebo jako složka do jiných potravin; může mít cizí příchut' nebo pach, může vykazovat počínající kvašení nebo mohl být zahřát.

1.2 Vosk

Vosk produkují včely staré 10-17 dní, tzv. mladušky. Vzniká v jejich voskotvorných žlázách a po jeho vypocení na tzv. zrcadélka tuhne v průhledné šupinky. Včely vosk dále zpracovávají pomocí svých kusadel a slin na stavbu nového plástu. Včelí vosk je lidmi využíván tisíce let. Už ve starověku býval součástí některých léků, kosmetických přípravků či sloužil k výrobě svíček (Veverka 2018; Šefčík 2014). Vosk včely medonosné obsahuje téměř 300 různých složek, z toho asi 111 je těkavých (Tulloch 1980; Přidal 2007). Je to složitá směs uhlovodíků, esterů vyšších mastných kyselin, sterolů, barviv a aromatických látek (Titěra 2017). Kvůli nedostatku včelího vosku bohužel v posledních letech dochází k jeho častému falšování. Touto problematikou se zabývala L. Svečnjak z Chorvatska, která zkoumala 137 vzorků mezistěn a voskových koláčů odebraných v 15 zemích EU v letech 2016-2018. Zjistila, že více než 65 % vzorků vosku obsahovalo 5-93 % parafínu a dalších 7 % vzorků obsahovalo 19-31 % kyseliny stearové. Přitom vosk, který obsahuje více než 7,5 % kyseliny stearové, není vhodný pro použití ve včelařství (Veverka 2018). Vosk se získává především z plástů, které se na konci sezony vybírají z úlů a třídí. Z těch, které jsou staré, polámané nebo jinak poškozené, se vosk získává různými způsoby: tavení vosku suchou cestou (použití slunečního tavidla), zpracování vosku horkou vodou nebo zpracování vodní parou. Vyčištěný vosk se poté používá zejména k výrobě mezistěn, ale může být využit i k výrobě svíček, různých leštidel a impregnačních prostředků, ale své uplatnění má i v potravinářství, farmacii a kosmetice (Titěra 2017).

1.3 Propolis

Propolis je včelí tmel, který je člověku známý už tisíce let. Je to lepkavá, smolná látka s příjemnou vůní, různé barvy (Minedžajan, Richter 2010). Jeho složení je závislé na jeho původu, a je tedy značně proměnlivé. Bylo v něm prokázáno na 120-140 různých rostlinných látek, které ovšem nemusí být zastoupeny současně. Ze základních složek propolis obsahuje

50-80 % pryskyřice, 20-30 % včelího vosku a 12-40 % tříslovin. Dále pak éterické oleje, makro a mikroprvky, balzámy a další příměsi. Kromě těchto základních složek obsahuje i kyselinu skořicovou, skořicový alkohol, některé vitaminy a minerální látky. Z těch je to zejména železo, hliník, vápník, křemík, mangan a jiné mikroelementy. Propolis se využívá jako přírodní léčivo nejčastěji ve formě tinktury nebo masti. Prokazatelné léčebné vlastnosti dělají z propolisu látku s relativně neomezenými možnostmi použití. Bohužel propolis nemůže být používán jako uznaný léčebný prostředek vzhledem k tomu, že nemá své stálé složení. Od moderního léčiva je vyžadována jednoznačná standardizace, což u propolisu nelze zaručit. Je tedy brán jako domácí nebo přírodní léčivo (Samleková 2018). Propolis lze získat buď plánovitě či při čistících pracích, kdy je seškrabáván při každoročním čištění rámků a nástavků. Tento propolis ale obsahuje větší množství vosku, který lze odstranit tavením při asi 80 °C a tím jej z propolisu šetrně separovat. V současné době se propolis využívá i v humánní a veterinární medicíně a dochází tím k navýšení poptávky po něm. Při komerčním získávání propolisu je žádoucí, aby obsahoval co nejmenší množství vosku, a proto existují různá technická opatření, která tento požadavek splňují. Může to být např. sběr propolisu pomocí stropních destiček, pytlovina, Leikartova rámku, rámku s pletivem, mřížky apod. Včely u těchto zařízení vyplňují propolisem mezery, které by měly být maximálně do 3,5 mm (Minedžajan, Richter 2010).

1.4 Pyl

Pyl, který včelaři získávají od svých včelstev, lze rozdělit na rouskový pyl a tzv. pergu.

Rouskový pyl je takový, který včely přinesou do úlu na zadních nožičkách. Včelám slouží jako potrava s množstvím bílkovin a vitaminů a umožňuje tvorbu včelího jedu, vosku a mateří kašičky. Pro člověka je rouskové zrno těžko trávitelné, a proto se jeho struktura narušuje tím, že se pyl smíchá s medem a konzumuje se až po proběhlé fermentaci, v tomto případě mléčném kvašení. Poté se bílkoviny a vitaminy z pylu stávají využitelné pro člověka (Samleková 2018). Rouskový pyl se získává tak, že se umístí tzv. polochyty do česna úlu nebo do podmetu. Včely pak prolézají polochytovou mřížkou a rousky propadávají sítkou do zásobníku, ze kterého se pak vybírají (Titěra 2017).

Perga neboli plástový pyl se od rouskového pylu odlišuje v několika směrech. Včely pylová zrnka udusávají do plástu spolu s enzymy, probiotickými bakteriemi a kvasinkami, které pak

pomáhají narušit jejich strukturu. Bez přístupu vzduchu v plástech probíhá kvašení, které má za následek snadné vstřebání živin ze získaného pylu. Využitelnost těchto látek je asi 4x větší než u rouskového pylu. Pyl perga obsahuje 20-49 % bílkovin, 25-48 % jednoduchých i složených sacharidů, 3-14 % tuků, dále hormony, enzymy a minerální látky. Z prvků jsou zde zastoupeny např. železo, zinek, měď, fosfor, vápník, hořčík, draslík nebo síra. Významný je i obsah vitaminů, a to vitaminy skupiny B, dále C, D, E a karoteny. (Samleková 2018). Získávání plástového pylu je daleko pracnější než pylu rouskového. Z jednotlivých buněk se pyl získává „vypichováním“ a plást již poté není použitelný. Pokud se jedná o pyl v tzv. panenském plástu, lze pylové buňky seřezat i s voskovými stěnami (v tomto případě pak perga obsahuje cca 2 % vosku) (Titěra 2017).

1.5 Mateří kašička

Mateří kašička je bílý kašovitý výměšek včelích dělnic, který slouží ke krmení matky a trubčího a dělničího plodu. Hlavní složkou mateří kašičky je voda, a to 62-68 %. V sušině jsou obsaženy důležité složky výživy, a to bílkoviny a aminokyseliny, tuky, nukleotidy, vitaminy (relativně malé množství) i cukry. Do asi 1 % minerálních látek, které obsahuje, patří draslík, vápník, sodík, zinek, železo, měď, mangan a další. Kašička vzniká v žaludku včel, kde pukají pylová zrna a vznikají tak uvedené živiny. Tyto látky jsou pak dopraveny do hltanových žláz, kde jsou vylučovány ve formě kašičky a pomocí sosáku předány matce či včelím larvám. V humánní medicíně se mateří kašička využívá na podporu imunitního systému. Lze ji užívat v nativní (neupravené) formě, lyofilizovanou v ampulích, ve formě pilulek či dražé, ve směsích s medem, pylem i propolisem, a také v alkoholu nebo medovině.

K získání mateří kašičky je třeba do úlu vložit matečnickové misky, do kterých byly vloženy larvy z dělničích buněk. Každý třetí den se pak larvy vyjmou a mateří kašička, kterou včely larvy krmí, je z matečnickových buněk odsáta nebo jinak vybrána (Titěra 2017; Šefčík 2014).

1.6 Včelí jed

Jed je látka, kterou do těla oběti dokáží vpravit všechny druhy čeledi blanokřídlých (Hymenoptera). Mezi nejznámější zástupce patří vosy, sršni, čmeláci a včely.

Včelí jed je bezbarvá kapalina, která na vzduchu rychle krystalizuje do šedých krystalků. Jeho hlavní složkou jsou nízkomolekulární a vysokomolekulární peptidy, fyziologicky aktivní aminy histamin, dopamin a noradrenalin, kyselina aminomáselná a cukry. Reakcí na včelí bodnutí je bolest, otok, svědění, bušení srdce, malátnost a možné přechodné poruchy vidění. Včelí jed má i silné hemolytické účinky a způsobuje rozpad červených krvinek. Používá se ovšem i v tradiční medicíně, kdy se aplikuje např. při různých formách revmatismu, astma, bolestech nervového původu, epilepsii, zánětu svalů a tepen a u spousty dalších nemocí. Samozřejmě by měla být aplikace jedu odborníkem a také by měl být brán možný výskyt alergie na včelí jed (Titěra 2017; Samleková, Dlab 2019).

Technické zařízení k získávání včelího jedu je složeno z generátoru elektrického signálu a z bodacích rámců. Podráždění včely elektrickým proudem má za následek bodnutí žihadla do gumové podložky natažené v rámu. Pokud je podložka tenká, včela si žihadlo nevytrhne a dojde jen k vylití jedu na sklo pod podložkou. Jestliže je ale gumová podložka silnější, žihadlo se v ní zachytí a zůstane zabodnuté na ploše rámu. Po zaschnutí se jed buď seškrábne ze skla, nebo se vydrolí žihadla s jedem z gumové podložky. Tyto úkony je třeba provádět v rukavicovém boxu, popř. použít ochranu zraku a respirátor (Titěra 2017; Přidal 2003).

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MEDU

Med je komplex organických a anorganických látek, které jsou v něm zastoupeny v různém množství. Mezi hlavní komponenty patří voda a cukry (zejména jednoduché). Mnoho dalších látek, jako jsou bílkoviny, tuky, vitaminy, minerální látky, kyseliny apod. jsou v medu přítomny ve velmi malém množství. Složení medu závisí na přírodních i na antropogenních faktorech, a také na botanickém a geografickém původu. Jak již bylo zmíněno v úvodu, i přesto, že jsou minerální látky a těžké kovy v medu zastoupeny v minimálním množství, hrají významnou roli při určování kvality medu (Titěra 2017; Solayman et al. 2016).

Tabulka 1: Průměrné složení medu (hodnoty na 100 g medu) (Titěra 2017)

Složka	Kvěťový (nektarový) med		Medovicový med	
	průměr	min-max	průměr	min-max
Voda	17,2	15-20	16,3	15-20
Jednoduché cukry				
Fruktóza	38,2	30-45	31,8	28-40
Glukóza	31,3	24-40	26,1	19-32
Disacharidy				
Sacharóza	0,7	0,1-4,7	0,5	0,1-4,7
Ostatní (maltóza, turanóza aj.)	5,0	2,0-8,0	4,0	1,0-6,0
Trisacharidy				
Melecitóza	0,1		4,0	0,3-22,0
Erlóza	0,8	0,6-6,0	1,0	0,1-6,0
Ostatní	0,5	0,5-1,0	3,0	0,1-6,0
Vyšší cukry	3,1		10,1	
Cukry celkem	79,7		80,5	
Minerální látky	0,2	0,2-0,5	0,9	0,6-2,0
Aminokyseliny, proteiny	0,3	0,2-0,4	0,6	0,4-0,7
Kyseliny	0,5	0,2-0,8	1,1	0,8-1,5
Hodnota pH	3,9	3,5-4,5	5,2	4,5-6,5

2.1 Voda

Jedním z nejdůležitějších úkolů včel, které v úle zajišťují přeměnu nektaru na med, je snížit obsah vody v nektaru přineseném včelami „sběračkami“. Úlové včely ukládají nektar do buněk v plástu a jeho neustálým přenášením z buňky do buňky vytváří tenké vrstvičky, čímž zajišťují významné plochy pro odpar vody. Navíc, jak již bylo zmíněno, se touto činností dostávají do nektaru další látky ze včelích slin, které také přispívají k jeho zahušťování. „Zralý“ med má pak v ideálním případě obsah vody nižší než 18 % (Tautz, Steen 2018). Tuto hodnotu udává česká státní norma jakosti Českého svazu včelařů č. ČSV 1/1999 Český med. Dle Evropské normy – směrnice rady č. 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 je povoleno množství vody 20 %. Obsah vody v medu se stanovuje pomocí refraktometru, ideálně při 20 °C (Titěra 2017).

2.2 Sacharidy

Monosacharidy tvoří asi 95 % látek v medu. Poměr dvou základních cukrů, fruktózy a glukózy, je charakteristický pro jednodruhové medy, a také určuje sklon a rychlost krystalizace medu. V malém množství jsou v medu zastoupeny i jiné jednoduché cukry, stejně jako cukry složitější. Např. sacharózy je v medu většinou kolem 1 %. Pokud je její množství vyšší, než stanoví norma (5 %), lze usuzovat, že se jedná o pozůstatek ze zimního krmení včel nebo o záměrné přidání cukru do medu (Titěra 2017).

Co se týče srovnání medu nektarového a medovicového, poměr cukrů v nich se příliš neliší. Ovšem celkové množství glukózy a fruktózy bývá u medovicových medů nižší. Pozornost si zasluhuje také trisacharid melecitóza, který se v medovici často vyskytuje. Vzniká díky činnosti enzymů v trávicím ústrojí mšic a do medu se dostává v medovici. Způsobuje rychlou krystalizaci medu a včelám způsobuje problémy s jeho trávením na jednoduché cukry (Haragsim 2016).

2.3 Bílkoviny

Bílkovinné látky nacházející se v medu mohou být rostlinného původu nebo pocházet přímo od včel. Ty, které převažují, pocházejí od včel a většinou jsou ve formě enzymů. Jsou vylučovány slinnými žlázami včel dělnic a mezi tyto enzymy se řadí např. α - a β -glukozidáza

(invertáza), α - a β -amyláza (diastáza) a glukózooxidáza. Vzhledem k citlivosti enzymů na přehřátí a nevhodné skladování medu, se podle jejich aktivity posuzuje i kvalita medu. Z aminokyselin převládá v medu prolin, další volné aminokyseliny jsou zastoupeny podle rostlinného původu medu. Druh a množství bílkovin v medu se liší i v závislosti na druhu včel a na podmínkách životního prostředí (Chua Lee Suan et al. 2013; Titěra, 2017).

2.4 Tuky

V medu je obsaženo jen nepatrné množství tuků, a to asi 150 mg v 1 kg medu. Kromě mastných kyselin med obsahuje v malých množstvích i triglyceridy, steroly, vosky, estery cholesterolu, mastné alkoholy, dihydroxy a trihydroxysloučeniny. Do medu se pravděpodobně dostávají z mateří kašičky a jiných žlázových produktů mladých včel, které med zpracovávají (Kapoulas et al. 1977; Titěra 2017).

2.5 Organické kyseliny

Přestože organické kyseliny představují méně než 0,5 % složek medu, významně přispívají k jeho organoleptickým, fyzikálním a chemickým vlastnostem, ovlivňují jeho stabilitu a dávají mu řadu cenných vlastností (některé z těchto kyselin řadíme k přirozeným antioxidantům). Nejdůležitější kyselinou v medu je kyselina galakturonová, dále pak med obsahuje např. kyselinu citronovou, jablečnou, jantarovou, octovou, mravenčí atd. Množství kyselin může vzrůstat vlivem kvašení nezralého medu a lze je také použít pro určení původu medu z botanického či geografického hlediska (Mato et al. 2007; Titěra 2017).

2.6 Vitaminy

V medu jsou zastoupeny pouze vitaminy rozpustné ve vodě. Konkrétně jsou to vitaminy skupiny B, a to B1, B2, B3, B5 a B6, a také vitamin C (Titěra 2017). Jiné zdroje ovšem uvádí odlišnou kombinaci, jako např. studie od M. Ciulu a kol. z roku 2011, a to vitaminy B2, B3, B5, B9 a C. Nicméně množství vitaminů je v medu velmi nízké, takže pro člověka je med pouze doplňkovým zdrojem klasických vitaminů (Titěra 2017).

2.7 Minerální látky

Med obsahuje minerální látky pouze ve velmi malých množstvích. Jedná se o široké spektrum prvků, které, jako takové, mají velký význam pro zdraví člověka. Obzvlášť medovicový med tvoří ucelený soubor zdraví prospěšných látek (Haragsim 2017; Titěra 2017).

Minerální látky lze rozdělit do tří skupin:

- hlavní prvky – makroelementy
- ostatní prvky – stopové prvky
- těžké kovy – toxické látky (Soleyman et al. 2016)

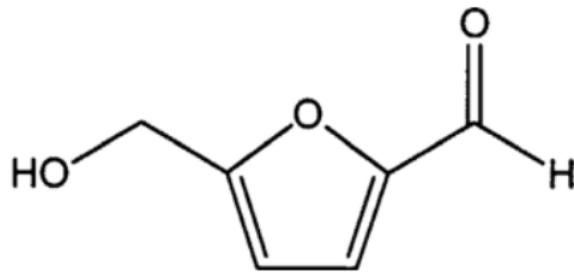
Více o stopových prvcích v kapitole 4.

2.8 Barviva

Rostlinná barviva, která v medu převládají, pochází z medných a pylových zásob. Po jejich uložení do voskových plástů přechází barviva jako kvercin a rutin do vosku a z něj potom zpět do medu. Z dalších barviv jsou v medu přítomny flavonoidy, karotenoidy, antokyany a produkty degradace cukrů (Přidal 2003).

2.9 Hydroxymethylfurfural (HMF)

HMF je poměrně složitá látka, která vzniká zahříváním jednoduchých cukrů v kyselém prostředí. Množství HMF je kritérium, které prokazuje shodu medu s platnými právními předpisy. Zvýšené koncentrace HMF značí nesprávné zacházení s medem, konkrétně nešetrné zahřívání na vysokou teplotu nebo skladování ve špatných podmínkách. Hodnotu HMF pod 10 mg na 1 kg medu mají obvykle medy nezahřívané, při šetrném zahřívání by hodnota neměla stoupnout nad 40 mg (evropská norma), resp. 30 mg (norma Český med) v 1 kg (Titěra 2017; Zapalla et al. 2005).



Obrázek 1: 5-hydroxymethylfurfural (Shapla et al. 2018)

3 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MEDU

3.1 Viskozita

Viskozita medu je závislá především na obsahu vody, teplotě a chemickém složení. Neméně důležitý je druh rostlin, ze kterých med pochází. Typicky silně viskózní medy jsou medy vřesové, které lze z plástů získat vytlačováním pomocí válečků s hroty, a naopak tekutější bývají např. medy akátové. Viskozita se snižuje s rostoucím obsahem vody a s rostoucí teplotou. Kvůli lepšímu zpracování a plnění do spotřebitelských obalů se proto med mírně zahřívá. Teplota nesmí být příliš vysoká a ohřev dlouhodobý, aby nedošlo ke snížení kvality medu (Titěra 2017).

3.2 Krystalizace

Krystalizace medu je přirozený proces, takže převážná většina medů po určité době zkrystalizuje. Vytváří se v něm jemné či hrubší krystalky, čímž med získá kašovitou, pastovitou nebo tuhou konzistenci. Rychlost krystalizace a vzhled zkrystalizovaného medu se liší podle jeho rostlinného původu. Mezi rychle tuhnoucí medy patří např. řepkový, pampeliškový, jetelový či slunečnicový, a mezi dlouho tekuté lze zařadit akátový, svazenkový nebo kaštanový. Důležitým faktorem, který ovlivňuje rychlost krystalizace, je i teplota. Krystalizace téměř neprobíhá při teplotě vyšší než 25 °C nebo naopak při teplotě nižší než 5 °C. Nejrychleji med krystalizuje při 14 °C. Samovolné krystalizaci lze zabránit pastováním medu. Ten získá krémovou konzistenci díky velikosti krystalků asi 10 mikrometrů. Velmi tuhé medy se ztekucují zahříváním, a to nejlépe ve vodní lázni s teplotou do 50 °C (Titěra 2017).

3.3 Hustota

Hustota úzce souvisí s obsahem vody v medu. Její množství by mělo být mezi 13-20 % a obecně lze říci, že čím méně vody med obsahuje, tím je kvalitnější. Med s obsahem vody nad 20 % má sníženou samoúdržnost a je náchylnější ke kvašení. Jak již bylo zmíněno, obsah vody se stanovuje refraktometricky, popř. jej můžeme stanovit přesným zvážením známého objemu medu. Množství v gramech vydělíme objemem a podle vypočtené hodnoty zjistíme z tabulky obsah vody v medu (Titěra 2017).

Tabulka 2: *Specifická hmotnost a index lomu v závislosti na obsahu vody (Titěra 2017)*

Obsah vody (%)	Specifická hmotnost (g/cm³)	Index lomu
13	1,446	1,5044
14	1,440	1,5018
15	1,435	1,4992
16	1,430	1,4966
17	1,424	1,4940
18	1,417	1,4915
19	1,410	1,4890
20	1,403	1,4865
21	1,395	1,4840

3.4 Hygroskopicita

Stěžejní pro dlouhou údržnost medu je jeho uchovávání v suchém prostředí. V opačném případě hrozí nebezpečí, že med bude přijímat vzdušnou vlhkost z okolního prostředí a tím bude řádnout. Vytvoří se tak vhodné podmínky pro působení mikroorganismů, med může začít kvasit a tím dojde k jeho znehodnocení. Je tedy důležité skladovat med v dobře uzavřených sklenicích či jiných vhodných nádobách (Titěra 2017).

3.5 Povrchové napětí

I přes svou vysokou hustotu med snadno proniká i sebemenšími netěsnostmi obalů a stáčecích ventilů. To je způsobeno jeho nízkým povrchovým napětím. Tato vlastnost je spolu s viskozitou zodpovědná za vytváření charakteristické pěny na povrchu medu, která obsahuje zejména bílkoviny, pylová zrna a různé nečistoty. Zároveň je nízké povrchové napětí medu vítanou vlastností v kosmetickém průmyslu, kdy jako hydratační medium dobře proniká do pórů pokožky (Titěra 2017).

3.6 Barva

Pro spotřebitele je barva medu jednou z nejdůležitějších sensorických vlastností. Udává se ve stupnici podle Pfunda a na stupnici v milimetrech nabývá hodnot od 0 do 140 mm. Ty lze rozdělit do sedmi barev: ≤ 8 mm (bílá voda), 9-16 mm (extra bílá), 17-34 mm (bílá), 35-50 mm (extra světlý jantar), 51-85 (světle oranžová), 86-114 (oranžová) a >114 mm (tmavá). Barva medu se liší podle druhu rostlin, ze kterých byl získán nektar či medovice, i podle geografických oblastí. Dále na ni má vliv obsah minerálů a pylu, a také teplota, doba skladování či případná krystalizace (Szabo 2016; Gámbaro 2016).



Obrázek 2: Stupnice podle Pfunda (<http://bee-curious.blogspot.com>)

4 MINERÁLNÍ LÁTKY

Minerální látky jsou důležitou složkou lidské výživy a jsou součástí všech buněk a tkání lidského těla, ve kterých plní různé funkce. Některé z nich jsou pro organismus esenciální, tedy pro život nezbytné a nepostradatelné. Minerální látky jsou důležitou složkou lidské výživy. Jejich energetická hodnota je nulová, ale mohou mít např. stavební funkci (tvorba tkání, růst orgánů), mohou fungovat jako katalyzátory různých biochemických reakcí, účastnit se metabolických procesů, podílet se na vedení nervových vzruchů a jiných fyziologických činnostech.

Jejich účinky ovšem závisí na jejich množství. Jako příklad lze uvést toxické prvky arsen, rtuť, antimon či kadmium, které v nízkých koncentracích mohou v těle působit jako lék se sanogenetickým účinkem a dále prvky jako sodík, draslík, vápník, železo, hořčík, které mohou mít ve vysokých dávkách závažné toxické účinky. Pro každý prvek existuje optimální rozsah koncentrací tak, aby bylo docíleno správného plnění životních funkcí. Při nedostatku nebo nadměrné akumulaci prvků mohou být např. narušeny enzymatické funkce, kdy prvky a jejich sloučeniny mohou působit jako aktivátory nebo inhibitory některých enzymů a mohou sehrát roli při vývoji a léčbě různých nemocí (Skalnaya et Skalny 2018).

4.1 Rozdělení minerálních látek

Ohledně systemizace chemických prvků, důležitých pro lidské tělo, existuje několik klasifikací.

4.1.1 Rozdělení minerálních látek v závislosti na jejich obsahu v organismu

Jedno ze zásadních rozdělení chemických prvků je jejich rozčlenění do skupin v závislosti na jejich obsahu v organismu savců a lidí.

Do první skupiny spadají tzv. makroprvky, jejichž koncentrace v těle přesahuje 0,01 %. Patří sem kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník, fosfor, draslík, síra, chlor a hořčík. Vztaženo na lidskou hmotnost 70 kg je rozptyl těchto prvků od několika gramů (hořčík) po více než 40 kg (kyslík).

Druhá a třetí skupina zahrnuje stopové prvky, resp. ultra stopové prvky, kterých je v organismu méně než 0,01 %. Množství stopových prvků se pohybuje od stovek miligramů do několika gramů a ultra stopové prvky jsou v množství miligramů až mikrogramů.

Některé prvky se řadí mezi toxické (hliník, kadmium, olovo, rtuť, beryllium, baryum, bismut, thalium), popř. potenciálně toxické (zlato, stříbro, cín, titan, telur, uran atd.). Vystavení organismu těmto prvkům může vyvolat intoxikační syndrom a způsobit toxikopatii (Skalnaya et Skalny 2018).

4.1.2 Rozdělení minerálních látek v závislosti na jejich denní potřebě

Podle denní potřeby se minerální látky dělí na makroelementy, mikroelementy a stopové prvky.

Nejzásadnější roli pro člověka mají makroelementy, jejichž denní potřeba je vyšší než 100 mg/den. Patří mezi ně sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, síra a chlor.

K látkám, řadícím se mezi mikroelementy, patří železo, zinek, měď, selen, jód, chrom, mangan a další. Jejich potřeba je menší než 100 mg/den.

Stopové prvky, které jsou potřeba pouze v mikrogramech a nejsou považovány za esenciální, jsou např. arsen, hliník, bór, molybden, nikl, křemík, vanad, brom, fluor, olovo, cín atd. Pro většinu z nich dosud nebyl stanovena jejich minimální denní potřeba (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76795.aspx>).

Je třeba podotknout, že dělení minerálních látek se v různých zdrojích liší. První skupina tzv. makroprvků (makroelementů) se většinou ve všech člancích shoduje jak označením, tak přiřazenými chemickými prvky. Ovšem další skupiny označené jako mikroprvky (mikroelementy), stopové prvky, ultra stopové prvky, toxické látky se navzájem překrývají, stejně tak jako se mezi nimi prolínají přiřazené chemické prvky.

4.2 Zkoumané prvky a jejich působení na lidský organizmus

4.2.1 Hliník

Hliník je třetím nejrozšířenějším prvkem zemské kůry a přirozeně se vyskytuje v životním prostředí, potravinách a pitné vodě. Vyskytuje se také ve zpracovaných potravinách a v materiálech a předmětech jako jsou např. některé obaly na potraviny, kuchyňské nádobí, hliníkové fólie, kosmetické výrobky či léčiva. Biologicky dostupné je asi 0,1 % perorálně požitého hliníku. Přípustný týdenní příjem stanovený Evropským úřadem pro bezpečnost

potravin 1 mg hliníku na kg tělesné hmotnosti u dospělého jedince o hmotnosti 60 kg. Což činí asi 143 μg za den. Překročení těchto hodnot neznamena, že existuje akutní zdravotní riziko, ovšem dlouhodobá expozice hliníku může negativně ovlivnit reprodukční a nervový systém (Klotz et al. 2017; <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92123.aspx>).

4.2.2 Železo

Železo je esenciální, v organismu hojně zastoupený prvek, který se podílí na mnoha životních funkcích. Podílí se na transportu kyslíku v těle, na energetickém a buněčném metabolismu, mitochondriálním dýchání, syntéze DNA či růstu buněk. Dospělý lidský organismus obsahuje přibližně 3-5 g železa a téměř dvě třetiny jeho celkového množství je součástí hemoglobinu. Optimální denní příjem železa je 10-20 mg, toxická hodnota činí 200 mg. Nadměrné množství železa může poškodit játra, srdce a další orgány a jeho přebytek také snižuje schopnost organismu absorbovat měď a zinek (Skalnaya et al. 2018). Nejvyšší přípustné množství železa v potravinách není stanoveno (Velíšek 1999).

4.2.3 Kadmium

Kadmium je prvek, který patří mezi těžké kovy. Jeho množství v životním prostředí ovlivňuje lidská činnost spojená např. s využíváním fosilních paliv, používáním hnojiv či spalování odpadů. Ze splaškových kalů se kadmium dostává do zemědělské půdy, ze které je poté absorbováno rostlinami, které hrají důležitou roli v potravním řetězci. Rostliny přijímají kadmium prostřednictvím kořenového systému, tudíž je potom nemožné jeho obsah v rostlině snížit např. praním. To lze jen v případě, pokud se kadmium šíří vzduchem a usazuje na povrchu rostlin, což se ovšem děje v mnohem menší míře.

Akutní otrava se projevuje nevolností, zvracením a bolestí hlavy. Chronické otravy, kdy se kadmium postupně ukládá v orgánech, mohou vést k rakovině (je prokazatelně karcinogenní) a mohou také způsobit poškození ledvin a jater, osteoporózu, anémii a zvyšují i riziko srdečních a cévních onemocnění (Rafati Rahimzadeh M. et al. 2017; <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76662.aspx>).

4.2.4 Kobalt

Kobalt je esenciální stopový prvek, který je kumulován převážně v játrech, ledvinách, slinivce břišní, srdci, kosterním svalstvu a kostech. Většina kobaltu v organismu je přítomno ve struktuře vitamínu B12, jenž se podílí na krve tvorbě. V lidském těle je průměrný obsah kobaltu okolo 15 mg. Jeho optimální denní příjem je asi 0,3 mg. Pravděpodobnost otravy kobaltem z potravin je velmi nízká (Skalnaya et Skalny 2018).

4.2.5 Chrom

Chrom je stopový prvek, který plní v lidském těle důležité funkce. Těmi mohou být například: podpora správného metabolismu cukrů a tuků, regulace a stabilizace hladiny krevního cukru, urychlování syntézy bílkovin či aktivace některých enzymů. Je ovšem třeba rozlišovat, v jakém množství se chrom do těla dostává. Zatímco trojmocný chrom byl uznán jako esenciální prvek, šestimocný chrom působí na organismus toxicky. Sloučeniny šestimocného chromu mohou způsobovat např. poruchy růstu nebo poškození jater a ledvin. Toxické účinky trojmocných sloučenin se projevují až při mimořádně vysokých dávkách (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92245.aspx>).

Celkový obsah chromu v lidském těle je asi 6 mg, přičemž jeho nejvyšší hladiny jsou v ledvinách, játrech, střevech, štítné žláze, kostech a chrupavkách. Optimální denní příjem chromu je 50-200 µg/den. Dávka trojmocného chromu, která může vyvolat otravu, činí 50 mg (Skalnaya et Skalny 2018).

4.2.6 Měď

Měď je esenciální stopový prvek, který je strukturální součástí mnoha enzymů, jenž se podílí na regulaci metabolismu, tkáňovém dýchání, biosyntéze hormonů a jako kofaktor pomáhá podporovat absorpci železa. Nedostatek mědi má četné nepříznivé účinky na zdraví. V medicíně je používána po dlouhou dobu a je využívána ve formě různých sloučenin s jinými prvky např. pro léčbu anémie či hypotrofie nebo jako antimikrobiální činidlo.

Celkový obsah mědi v lidském těle s průměrnou hmotností je 100-150 mg, přičemž optimální denní příjem je 2-3 mg. Nutriční deficit se může projevit při příjmu menším než

1 mg/den, a naopak vysoký příjem mědi, 200-250 mg, způsobuje otravu organismu. Přirozeně se měď vyskytuje hlavně v mozku, játrech a srdečním svalu (Skalnaya et Skalny 2018).

4.2.7 Mangan

Mangan se také řadí mezi pro člověka esenciální prvky. Je to tzv. bioelement, kdy jako kofaktor plní funkci v různých enzymatických procesech v mozku, podílí se na fungování antioxidantních, imunitních a reprodukčních systémů a také detoxikačních procesech. Mangan se hojně vyskytuje v kostech, slinivce, ledvinách, nadledvinkách a zejména v játrech, kde probíhá jeho metabolismus. Nadměrný příjem manganu má toxické účinky zejména na centrální nervovou soustavu, které mohou vést až k neurologickým onemocněním. Hladina toxicity je asi 40 mg/den. Celkové množství manganu v lidském těle je 10-20 mg a optimální denní dávka činí 3–5 mg (Skalnaya et Skalny 2018).

4.2.8 Nikl

Nikl je pro organismus esenciálním prvkem. Je obsažen v DNA a RNA, působí při krvácení, aktivuje enzymy, účastní se látkové výměny sacharidů. Je ovšem také nejčastějším původcem kontaktních alergií a ve vyšších koncentracích má toxické účinky. Hlavním orálně přijímaným zdrojem niklu je kohoutková voda a kuchyňské náčiní. Jeho množství v potravinách závisí na znečištění ovzduší, složení půdy i stáří rostlin (čím je rostlina starší, tím více niklu obsahuje) (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92068.aspx>).

4.2.9 Olovo

Olovo patří mezi těžké kovy a spolu s kadmíem se jedná o prvky nejvíce sledované a kontrolované. Také olovo se do prostředí dostává především z průmyslových zplodin. Přes kořeny se do rostlin dostává poměrně v malé míře, avšak prach obsahující olovo se usazuje na jejich povrchu. Akutní otravy bývají poměrně vzácné, ale dlouhodobý příjem olova může poškodit zejména játra a ledviny, ve kterých se kumuluje. Způsobuje také anémii a poškození nervového systému (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76680.aspx>).

4.2.10 Thalium

Z biologického hlediska není thalium pro živé organismy vůbec potřebné. Je to těžký kov, který se do prostředí dostává především z hutní výroby a ze zplodin při výrobě cementu. Dříve se používalo také v hubicích přípravcích nebo kosmetických výrobcích, ale vzhledem k toxicitě všech jeho solí, bylo většina těchto aplikací zakázána. Otravy se projevují poruchami trávicího traktu a nervové soustavy, bolestí kloubů, zvýšením krevního tlaku a mohou vést i ke smrti. Otrava se projevuje i vypadávání vlasů a chlupů. Zdravotní obtíže může způsobit dlouhodobý příjem thalia v množství větším než 0,01 mg denně. Ovšem denní příjem, který může dosahovat až 2 µg, zdraví nepoškozuje (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92211.aspx>).

4.2.11 Zinek

Zinek také patří mezi esenciální stopové prvky a jeho dostatečný přísun je důležitý pro růst a vývoj organismu, syntézu DNA, transkripci RNA, buněčnou apoptózu a jako kofaktor je součástí i mnoha enzymů. Dříve se také používal v medicíně jako lék na hojení ran či léčbu kožních nemocí.

Klinické příznaky nedostatku zinku jsou ztráta chuti k jídlu, anémie, imunodeficience. Jeho nedostatek je spojován i s různými patologickými stavy jako je alopecie, zhoršené hojení ran, zpožděný fyzický vývoj nebo neurologická onemocnění.

Množství zinku v lidském těle je asi 2-4 g a vyskytuje se zejména v mozku, svalech, kostech, játrech a ledvinách. Doporučená denní dávka zinku je 15-20 mg denně, toxická hladina je 600 mg (Skalnaya et Skalny 2018).

4.2.12 Platina

Platina je vzácný kov, jehož zastoupení v litosféře je velmi malé. Její množství se odhaduje pouze na 0,005 – 0,01 mg/kg a jejím původem jsou sedimentační a magmatická ložiska v zemské kůře. Dalším zdrojem platiny a jejích sloučenin jsou zdroje antropogenní. Během několika posledních desetiletí bylo zaznamenáno výrazné zvýšení koncentrace platiny a jejích sloučenin v životním prostředí. Mezi hlavní důvody tohoto zvýšení patří rostoucí automobilový průmysl, kde se platina používá jako katalyzátor. Ta pak uniká ve formě

malých částeczek do životního prostředí. Dalšími zdroji platiny a jejích sloučenin je chemický průmysl, používání hnojiv a také používání léků proti rakovině. Jejich zbytky jsou vylučovány močí a přes kanalizaci se dostávají do okolního prostředí (odhaduje se, že tímto způsobem se do prostředí dostane až 30 kg platiny ročně).

Platina vstupuje do potravního řetězce tím, že se dostává do vzduchu a vody. V různých množstvích se objevuje v říčních sedimentech, oceánech i kohoutkové vodě. Do těla se může dostávat inhalací (některá specifická zaměstnání), prostřednictvím chemoterapeutik u onkologicky nemocných pacientů nebo prostřednictvím potravin. Některé studie prokázaly, že kovové ionty s vysokým redoxním potenciálem, mohou způsobovat zdravotní obtíže. Tyto ionty dokážou oxidovat síru v postranních řetězcích proteinů a tím je denaturovat. To může u živých organismů způsobit řadu problémů, jako je např. snížení integrity buněčných membrán, inhibice buněčných funkcí či změny v syntéze dalších proteinů (Dvořák 2014; WHO Regional Office for Europe 2000).

Kovová platina je považována za biologicky inertní. Její rozpustné sloučeniny však mohou způsobit onemocnění, které se projevuje drážděním a vznikem přecitlivělosti. Nejčastějším projevem je vyrážka, méně často se pak zánět spojivek, rýma, zánět nosohltanu a hlubších dýchacích cest, kašel, dýchací obtíže a bolest na prsou (Sikorová et al. 2011).

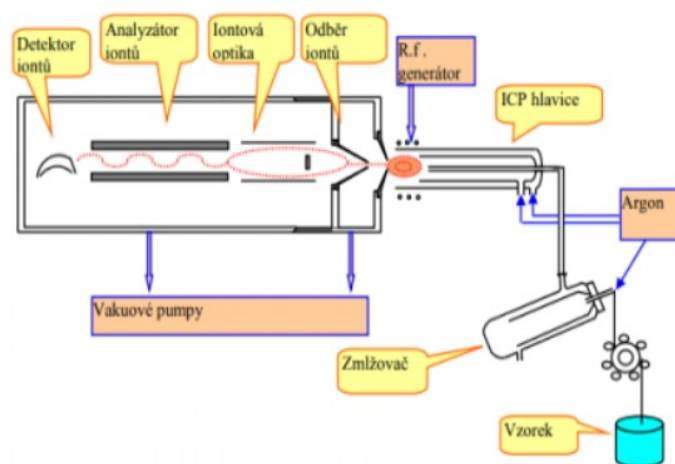
5 METODA ICP-MS

Obsah minerálů a toxických látek může sloužit jako jeden z indikátorů kvality medu. Existuje několik analytických metod používaných pro jejich stanovení, a to zejména z oblasti spektroskopie a spektrometrie. Jedná se např. o atomovou absorpční spektrometrii, atomovou emisní spektrometrii, optickou emisní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem a hmotnostní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem (Altun et al. 2017; Solayman 2016).

V této práci byl obsah stopových prvků, včetně některých těžkých kovů, měřen pomocí ICP-MS. Konkrétně se jedná o hliník, chrom, mangan, železo, kobalt, nikl, měď, zinek, kadmium, platínu, thalium a olovo.

Před samotným měřením vzorků medu pomocí ICP-MS byl proveden mikrovlnný rozklad vzorků tzv. mokrou metodou. Tento rozklad se provádí ve směsi koncentrovaných mineralizovaných kyselin za zvýšené teploty při atmosférickém tlaku. Rychlost reakce je závislá na reakční teplotě a na případně dodaných katalyzátorech. Minerální rozklad může probíhat v otevřeném nebo uzavřeném systému. V případě této studie byl použit rozklad v uzavřeném systému. K jeho výhodám patří zabránění ztráty těkavých prvků, zamezení kontaminace vzorku z vnějších zdrojů a snížení spotřeby reakčních činidel (Mader, Čurdová 1997).

Metoda ICP-MS je vhodná pro použití vzorků v pevné i kapalné/roztokové fázi. Pevné vzorky se zavádí laserovou ablací a kapalné vzorky se zavádí pomocí nebulizátoru (zmlžovače). Kapalné vzorky je nutno převést na aerosol, jehož nejběžnějším zdrojem je právě zmlžovač v kombinaci s mlžnou komorou. Vzniklý aerosol pak přechází do rozstříkovací komory, kde dojde k tvorbě kapiček a v plazmovém hořáku je pak odpařen za využití proudu helia. Následně dochází k rozkladu vzorku aerosolu a vytvoří se atomy analytu, jenž jsou pak ionizovány. Ionty jsou pak odebírány z plazmy a přenášeny do hmotnostního spektrometru (Fray, Kussmann 2010; http://www.w.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf).



Obrázek 3: Schéma hmotnostního spektrometru s iontově vázaným plazmatem (Mestek O.)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem praktické části bylo zjistit množství stopových prvků v medu (včetně prvků toxických) a posoudit tak vliv lokality na kvalitu medu. Dále byly výsledky srovnány s dalšími studii, která zahrnovala medy z celé ČR. Z této studie byly vybrány pouze medy, které složením odpovídaly vlastním zkoumaným vzorkům, tedy květový med nektarový (řepka a ovocné stromy) a květový med smíšený.

6.1 Původ vzorků medu a jejich uchování

Vzorky medů, včelího vosku a propolisu pochází z včelařství pana Zapletala z obce Žeranovice. Med byl uchován v 60 ml skleničkách až do provedení laboratorního rozboru. Vosk byl ve formě plástve vystavěné mimo rámek a surový propolis byl získán při čištění rámků.

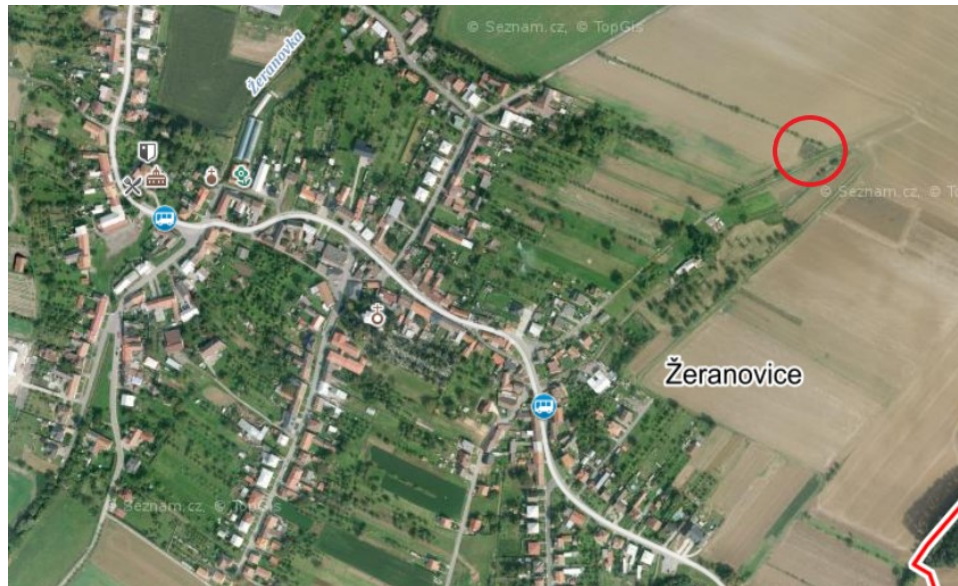


Obrázek 4 a 5: Zkoumané vzorky medu, vosková plástev a propolis (vlastní foto)

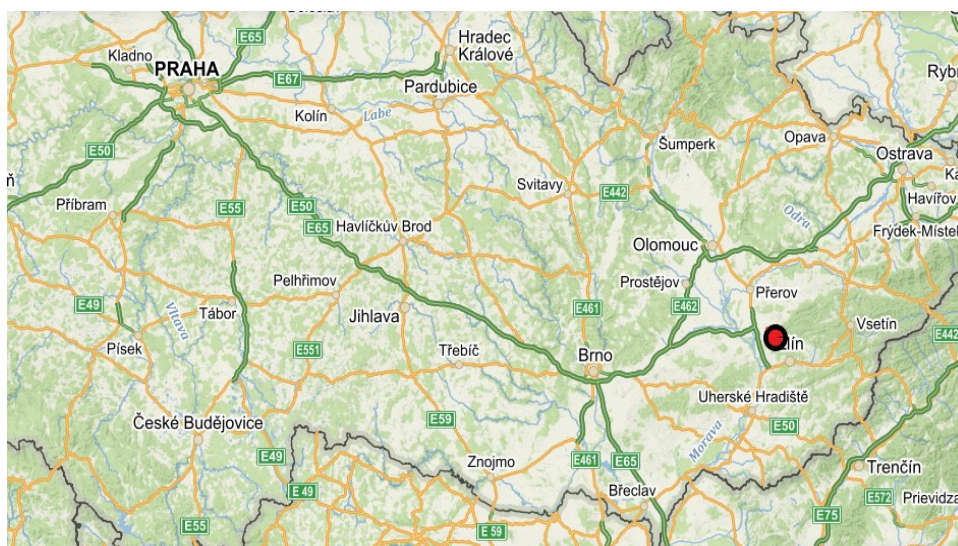
Tabulka 3: Přehled zkoumaných vzorků

Druh vzorku	Rok vytáčení medu	Poznámka
Med smíšený (nektar, medovice)	2017	3. vytáčení
Med květový (řepka, ovocné stromy)	2018	1. vytáčení
Med smíšený (nektar, medovice)	2018	2. vytáčení
Med smíšený (nektar, medovice)	2018	3. vytáčení
Vosk	2018	
Propolis	2018	

Včelnice, ze které pochází všechny zkoumané vzorky, se nachází na poli za obcí Žeranovice ve směru na Horní Lapač. Přes tuto obec vede frekventovaná silnice mezi městy Holešov a Zlín, jenž je od včelnice vzdálena vzdušnou čarou asi 1 km. Holešov je od Žeranovic vzdálen asi 5 km a Zlín cca 10 km. Podle naměřených hodnot byly mj. posouzeny možné vlivy těchto situací na kvalitu medu.



Obrázek 6: Umístění včelnice (www.mapy.cz)



Obrázek 7: Označení lokality v rámci ČR (www.mapy.cz)

6.2 Přístrojové vybavení

K navažování vzorků byly použity analytické váhy KERN ABJ 220 – 4NM.

Rozklad vzorků probíhal v mikrovlnném laboratorním systému MLS 1200 mega.

Vzorky byly měřeny na hmotnostním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS.

6.3 Příprava vzorků

Do rozkladné nádoby bylo odváženo cca 0,4 g medu. Poté bylo ke vzorku medu napipetováno 2,5 ml HNO_3 a 0,5 ml H_2O_2 a nádoba pak byla umístěna do rozkladného zařízení. Po rozkladu a vychladnutí byl vzorek převeden do skleněné odměrné baňky a doplněn demineralizovanou vodou.

Spolu s přípravou vzorků probíhala i příprava slepého vzorku a vzorku certifikovaným referenčním materiálem. Slepý pokus slouží pro kontrolu, zda jsou použité chemikálie čisté a rozklad CRM se provádí pro kontrolu mineralizačního rozkladu. Nádoba se slepým pokusem obsahovala pouze HNO_3 , H_2O_2 a demineralizovanou vodu, a do nádoby s CRM bylo místo medu naváženo přibližně 0,1 g zelené řasy.

Se vzorky vosku a propolisu bylo postupováno stejně, pouze s tím rozdílem, že jejich navážka činila přibližně 0,2 g.

Z každého vzorku byly připraveny dvě navážky. Vzorky pak byly uchovány v chladu v lednici až do provedení ICP-MS.

6.4 Metoda ICP-MS

Pro analýzu kovů byl použit spektrometr Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS. Ten je vybaven patentovanou technologií QCell (Collision cell technology – CCT), která je specifická tím, že jako kolizní plyn využívá helium. QCell technologie vyniká krátkou dobou analýzy a snížením možných interferencí.

Před samotným měřením byla na hmotnostním spektrometru provedena optimalizace podmínek pomocí programu Autotune a Performance Test. Díky tomu je pak zaručena nejvyšší možná odezva signálu pro jednotlivé analyzované prvky, jsou zajištěny správné podmínky měření a také nejnižší možné detekce prvků.

Tabulka 4: Přehled měřených prvků

Prvek	Měřený izotop
Hliník	^{27}Al
Chrom	^{52}Cr
Mangan	^{55}Mn
Železo	^{57}Fe
Kobalt	^{59}Co
Nikl	^{60}Ni
Měď	^{63}Cu
Zinek	^{66}Zn
Kadmium	^{111}Cd
Platina	^{195}Pt
Thalium	^{205}Tl
Olovo	^{208}Pb

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro analýzu byly použity celkem čtyři druhy medu, z toho jeden byl květový z roku 2018 a tři smíšené z let 2017 a 2018. Také byla provedena analýza včelího vosku a propolisu (oba vzorky byly odebrány v roce 2018). Kvůli ověření správnosti byla u každého vzorku provedena dvě měření, celkem tedy dvanáct. Naměřené koncentrace byly přepočítány na navážku medu, vosku či propolisu a jsou uvedeny v jednotkách ng/g.

Výsledky analýzy byly srovnávány s medy ze studie K. Matějkové, v níž provedla analýzu 44 vzorků medů pomocí ICP-MS. Tyto medy pocházely z různých částí České a Slovenské republiky. Ke srovnání byly vybrány pouze medy, které dle uvedeného názvu odpovídaly mým zkoumaným vzorkům.

Z uvedené studie bylo vybráno šest vzorků květového medu, které byly převážně řepkové s příměsí nektaru z květů ovocných stromů, popř. lučních květů. Jeden z těchto medů pocházel z obce Řepiště z okresu Frýdek-Místek, čtyři medy byly z Blažkova z okresu Žďár nad Sázavou (kraj Vysočina) a jeden pocházel ze Slovenska z obce Zlaté Moravce.

Ze smíšených medů bylo vybráno také šest vzorků, a to dva z okresu Žďár nad Sázavou, konkrétně z obcí Blažkov a Zvole, jeden z Rokycan z Plzeňského kraje a tři z Prahy.

Výsledky byly srovnány i s další studií (Solayman et al. 2016), která se zabývala analýzou 37 vzorků medu ze šesti kontinentů.

Nektar, medovice a pyl, které včely sbírají a nosí do úlu, přichází do styku se vzduchem, vodou, půdou či jinými rostlinami. Vzduch a půda obsahují těžké kovy z průmyslu a dopravy, které mohou kontaminovat včelstvo a včelí produkty. Nejčastěji jsou sledovány hladiny olova a kadmia, ale med může obsahovat i jiné těžké kovy, jako např. arsen, chrom, kobalt, měď, nikl, zinek, selen, rtuť či stříbro (Bogdanov 2006; Solayman et al. 2016). Tyto anorganické látky jsou důležitou součástí lidského těla, v němž plní různé funkce. Např. selen, měď, mangan, železo, nikl a zinek jsou důležité pro správné fungování metabolismu, ale při jejich zvýšeném příjmu jsou brány jako zdraví škodlivé. Stejně tak olovo, kadmium a hliník jsou považovány za toxické látky a mohou poškodit lidské zdraví. Hladiny olova, kadmia, niklu a chromu jsou sledovány vzhledem k jejich karcinogenním a cytotoxickým účinkům (Solayman et al. 2016).

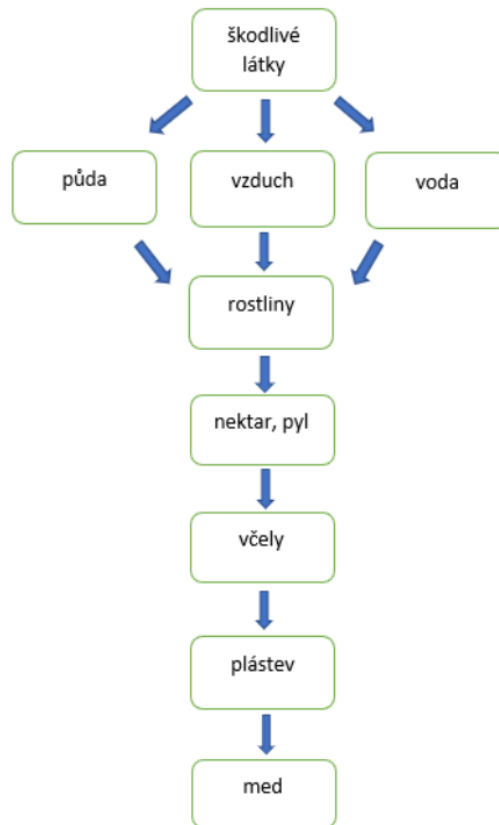
Jak již bylo uvedeno, složení a hladina těchto látek v medu závisí zejména na jeho biologickém a geografickém původu, a také může být ovlivněna působením antropogenních a přírodních vlivů. Med může být kontaminován i během procesu jeho získávání, a to ze zařízení a nástrojů, které včelař používá. Ty mohou být z hliníku, nerezové či galvanizované oceli a kovy v nich obsažené mohou přecházet do vytáčeného medu.

Med, ze kterého byly použity vzorky k měření, byl vytáčen v nerezovém medometu a několik dní skladován v plastových nádobách. Po vyčeření byl klasicky stočen do sklenic.

Škodlivé látky různého druhu a z různých zdrojů jsou přijímány půdou, vodou či vzduchem a jejich prostřednictvím se dostávají do rostlin. Odtud se pak prostřednictvím včel dostávají ve formě nektaru nebo pylu do úlu a tím pádem i do medu (viz schéma).

Různé zdroje uvádí různá množství minerálních látek obsažených v medu. Např. da Silva et al. (2016) uvádí hodnoty od 0,04 % u světlejších medů, až po 0,2 % u medů tmavých. V další studii se množství minerálních látek pohybuje v rozmezí od 0,11 % do 0,72 %. U medovicových medů mohou hodnoty dosahovat i 1 % (Solayman et al. 2016).

I když je množství těchto prvků v podstatě zanedbatelné, může nám sledování těchto látek posloužit jako jeden z ukazatelů kvality medu. Navíc, jak již bylo řečeno, je třeba v potravinách sledovat množství těžkých kovů, zejména pak olova a kadmia.



Obrázek 8: Možné cesty vstupu škodlivých látek do medu (Solayman et al. 2016)

Tabulka 5: Naměřená množství prvků v medu a včelích produktech

Číslo vzorku	Název vzorku	Obsah prvků v medu a včelích produktech (ng/g)											
		²⁷ Al	⁵² Cr	⁵⁵ Mn	⁵⁷ Fe	⁵⁹ Co	⁶⁰ Ni	⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	¹⁹⁵ Pt	¹¹¹ Cd	²⁰⁵ Tl	²⁰⁸ Pb
1	Med smíšený 2017	ND	22,9±1,4	784±13	553±8	17,50±1,1	62,9±1,5	162±8,1	285±8,5	0,223±0,01	2,548±0,1	1,481±0,3	ND
	Med smíšený 2017	ND	23,4±1,2	788±11	548±1	18,10±0,9	63,1±1,9	158±7,8	288±7,9	0,215±0,02	2,520±0,1	1,460±0,1	ND
2	Med květový 2018	ND	11,2±0,6	363±12	433±7	5,91±0,2	13,2±0,8	59,8±3,2	247±3,8	ND	0,591±0,02	2,840±0,2	ND
	Med květový 2018	ND	12,8±0,7	372±11	423±9	6,22±0,3	13,8±0,7	61,9±2,8	251±3,7	ND	0,583±0,01	2,756±0,2	ND
3	Med smíšený VI/2018	657±8	23,9±1,4	744±13	453±8	15,50±1,1	61,9±1,5	162±8,1	283±8,5	0,232±0,01	2,538±0,1	1,681±0,3	ND
	Med smíšený VI/2018	659±9	23,3±1,2	748±11	448±10	15,10±0,9	61,1±1,9	158±7,8	282±7,9	0,216±0,02	2,530±0,1	1,660±0,1	ND
4	Med smíšený VII/2018	ND	12,2±0,6	359±12	437±8	6,66±0,2	13,0±0,4	59,4±3,4	249±2,8	ND	0,592±0,02	2,732±0,2	ND
	Med smíšený VII/2018	ND	12,3±0,7	362±11	421±9	6,21±0,3	13,1±0,3	61,3±2,8	250±3,2	ND	0,581±0,01	2,716±0,2	ND

5	Propolis	ND	ND	176±6	121±1	ND	ND	31,3±1,2	51±1,6	ND	ND	ND	ND
	Propolis	ND	ND	173±3	123±2	ND	ND	32,3±1,1	52±1,7	ND	ND	ND	ND
7	Včelí vosk	ND	9,8±0,2	172±4	222±9	2,22±0,3	6,8±0,2	41,9±1,2	51±1,6	0,221±0,01	0,533±0,01	2,756±0,2	ND
	Včelí vosk	ND	9,7±0,2	175±5	223±4	2,31±0,1	6,6±0,3	41,3±1,1	52±1,7	0,213±0,03	0,543±0,01	2,756±0,2	ND

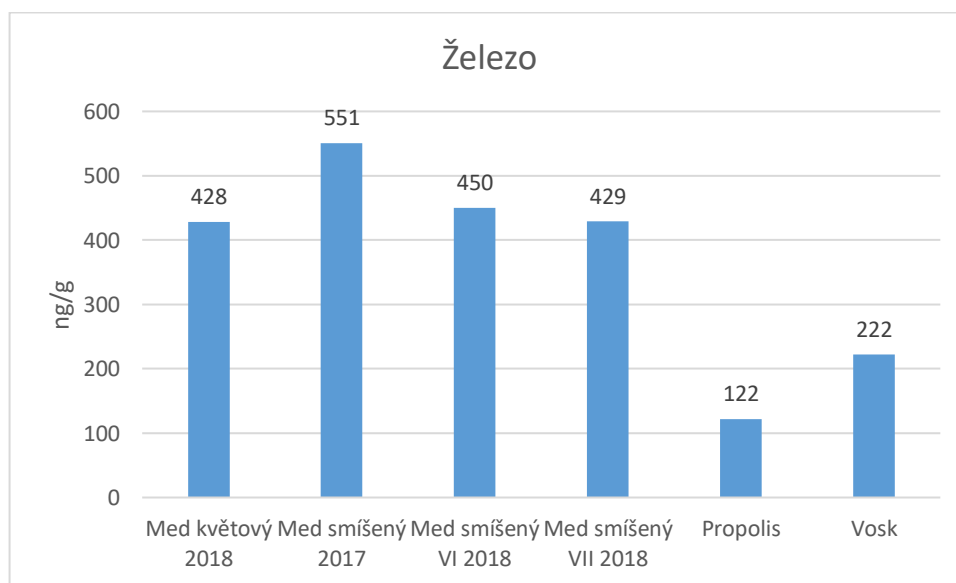
7.1 Vyhodnocení a srovnání zjištěných koncentrací prvků v medu

7.1.1 Železo

Ve zkoumaných vzorcích byly naměřeny průměrné hodnoty 428 ng/g u květového medu a 551, 450 a 429 ng/g u smíšených medů. Jsou to podobné hodnoty, jaké vykazují vzorky ze studie K. Matějkové, ovšem kromě tří vzorků, které přesahují hodnotu 1000, resp. 2000 ng/g. Konkrétně se jedná o hodnoty 1650 a 1890 ng/g u smíšených medů a 2480 ng/g u jednoho květového medu, který pocházel z Frýdecko-Místicka. Zde je možné se domnívat, že na obsah železa v medu má vliv lokalita, ve které se nachází podniky těžkého průmyslu. Kromě této jedné zvýšené hodnoty vykazovaly srovnávané květové medy většinou nižší hodnoty železa než medy smíšené, což potvrzuje obecně platné tvrzení, že medovicové medy obsahují více minerálních látek. V dostupných zdrojích je uvedeno množství železa 0,01-0,034 mg/g u medů všeobecně (Titěra 2017), resp. 0,0317 mg/g u medu medovicového a stopy u medu nektarového (Haragsim 2016). Nejvyšší přípustné množství železa v potravinách není stanoveno (Velíšek 1999).

Naměřené hodnoty odpovídaly nejnižším hodnotám ze studie Solyman et al. 2016, kde se hladina železa pohybovala mezi 410-224000 ng/g.

Ve včelím vosku se železo vyskytovalo v množství 222 ng/g a v propolisu 122 ng/g.



Graf 1: Naměřené koncentrace železa ve zkoumaných vzorcích

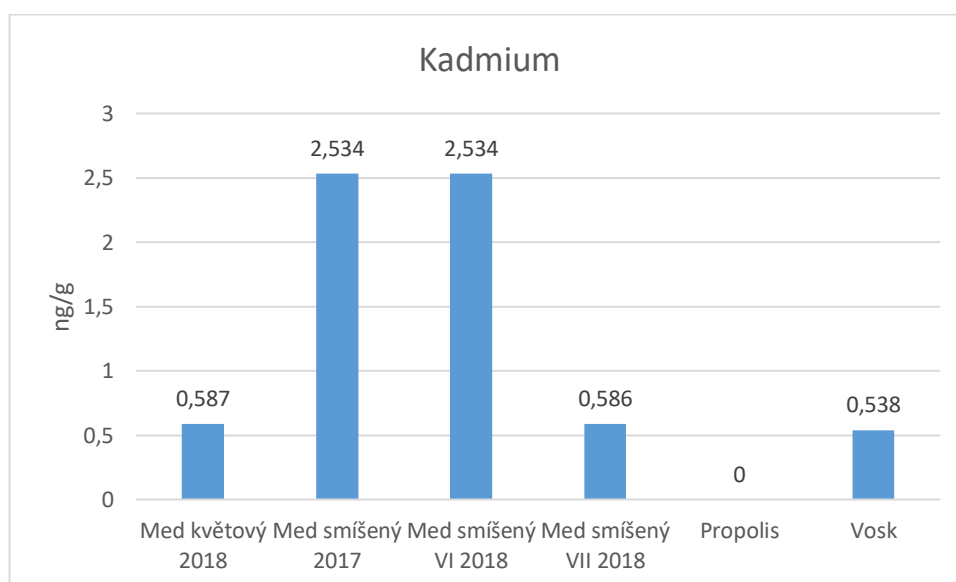
7.1.2 Kadmium

Co se týče kadmia, vykazovaly zkoumané medy hodnoty 0,587 ng/g u květového medu a 2,534 a 0,586 ng/g u smíšených medů. Průměrná hodnota 2,534 ng/g byla shodná u dvou smíšených medů. Tento údaj je v porovnání s ostatními hodnotami relativně vysoký, ovšem vyšší hodnoty vykazovaly i další dva medy ze studie K. Matějkové. Konkrétně květový med s hodnotou 4,02 ng/g a smíšený med s hodnotou 3,13 ng/g, oba z okresu Žďár nad Sázavou.

Limity dle Nařízení Komise (EU) č. 488/2014 se pohybují od 0,05 do 1,0 mg kadmia na 1 kg čerstvé hmotnosti potravin. Srovnáme-li nejpřísnější limit pro maso, který činí 0,05 mg/kg (50 ng/g), můžeme konstatovat, že naměřené hodnoty se u všech vzorků medu pohybovaly hluboko pod tímto limitem.

V další srovnávací studii (Solayman et al. 2016) se kadmium vyskytovalo od 0,17 ng/g do 373 ng/g. Mé naměřené hodnoty nebyly tak nízké, jako nejnižší hodnota v této studii, ovšem přiblížily se jí mnohem více než hodnotě nevyšší.

Ve vzorku včelího vosku se kadmium vyskytovalo v množství 0,538 ng/g, v propolisu nebylo detekováno.



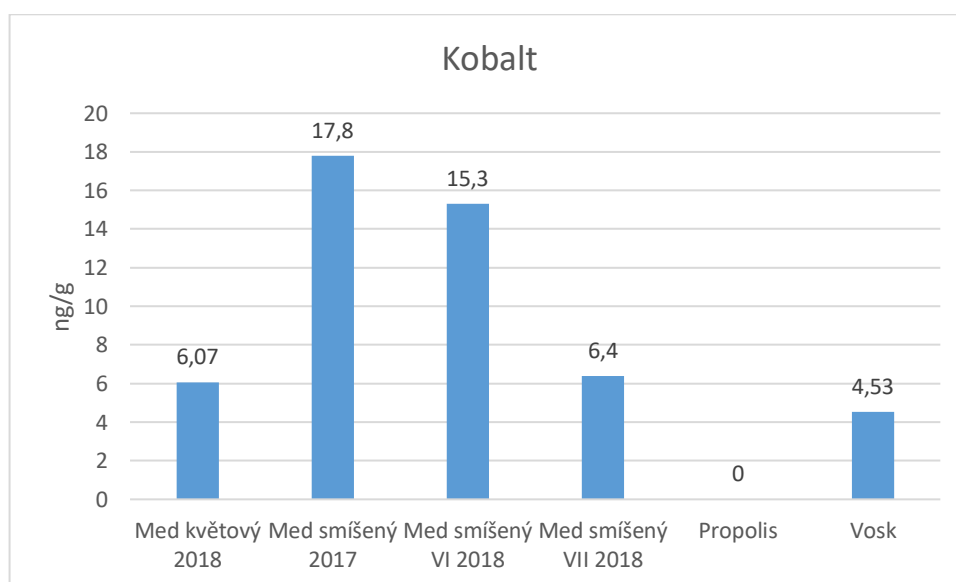
Graf 2: Naměřené koncentrace kadmia ve zkoumaných vzorcích

7.1.3 Kobalt

Naměřené hodnoty kobaltu činily 6,07 ng/g u květového medu a 17,8; 15,3 a 6,4 ng/g u medů květových smíšených. Všechny srovnávané hodnoty byly velmi kolísavé, ale i zde platí tvrzení o smíšených medech a jejich vyšších hodnotách stopových prvků. Kromě jednoho medu květového ze studie K. Matějkové, ve kterém bylo naměřeno 23,3 ng/g kobaltu, byly vesměs hodnoty u smíšených medů vyšší. V Soleymanově studii bylo naměřeno od 0,01 do 800 ng kobaltu na 1 g.

Z dostupné literatury vyplývá, že denní příjmy kobaltu z potravy jsou velmi nízké, a to konkrétně 5-10 μg . Doporučená denní dávka pro tento prvek není stanovena (Velíšek 1999).

Množství kobaltu ve včelím vosku bylo 4,53 ng/g, v propolisu nebyl tento prvek detekován.



Graf 3: Naměřené koncentrace kobaltu ve zkoumaných vzorcích

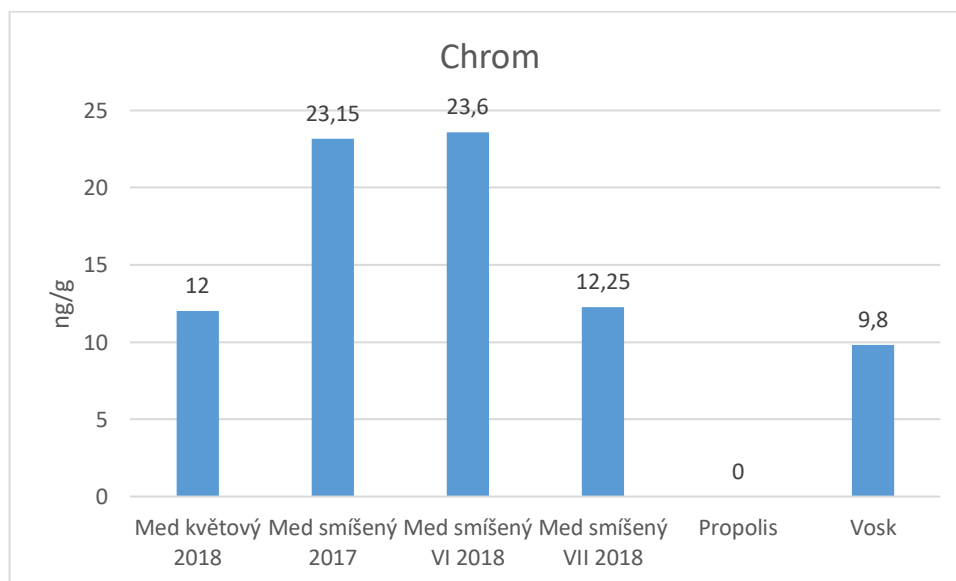
7.1.4 Chrom

Chrom byl naměřen v množství 12 ng/g v květovém medu a 23,15; 23,6 a 12,25 ng/g ve smíšených medech. Podobné hodnoty vykazovaly i medy ze studie K. Matějkové a to cca 12 ng/g u jednoho květového a jednoho smíšeného medu a 22 ng/g u smíšeného medu. U ostatních jejích vzorků nebyl chrom detekován.

Limit pro obsah chromu v základních potravinách činí 0,2 mg/kg a limit pro vodu 0,05 mg/kg (Velíšek 1999; Vyhláška č. 252/2004 Sb.). Všechny naměřené hodnoty splňují limity pro maximální množství chromu ve vodě (50 ng/g).

Ve studii Solayman et al. (2016) se vyskytovaly medy, ve kterých nebyl chrom vůbec detekován, popř. se hodnoty pohybovaly do 370 ng/g.

Včelí vosk obsahoval 9,8 ng/g chromu a v propolisu nebyl prvek detekován.

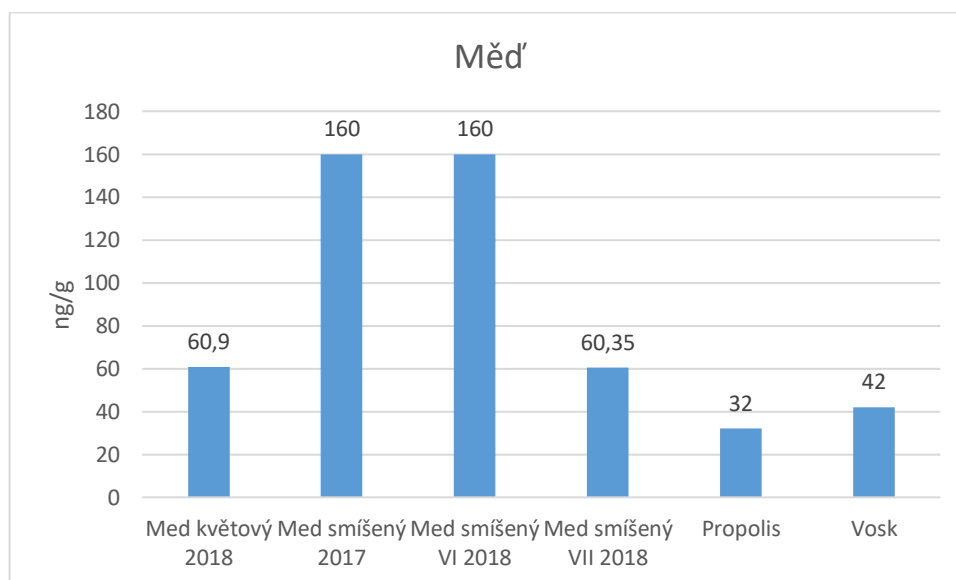


Graf 4: Naměřené koncentrace chromu ve zkoumaných vzorcích

7.1.5 Měď

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví maximální přípustný obsah mědi v pitné vodě na 1 mg/kg a další zdroj uvádí množství 20 mg/kg obecně pro základní potraviny (Velíšek 1999). Ani zde nebyly limitní hodnoty u zkoumaných medů překročeny, když naměřené hodnoty dosáhly 60,9 ng/g mědi u květového medu a 160 a 60,35 ng/g u smíšených medů. Hodnota 160 ng/g se opět vyskytovala shodně u dvou vzorků medu. Smíšené medy vlastní i ze studie K. Matějkové také vykazovaly i několikanásobně množství mědi než medy květové. Solayman et al. (2016) naměřil hodnoty 50-17300 ng/g. Všechny mé naměřené hodnoty se pohybovaly v tomto intervalu, a to u jeho spodní hranice.

Ve včelím vosku bylo naměřeno 42 ng/g mědi a u propolisu byla tato hodnota 32 ng/g.



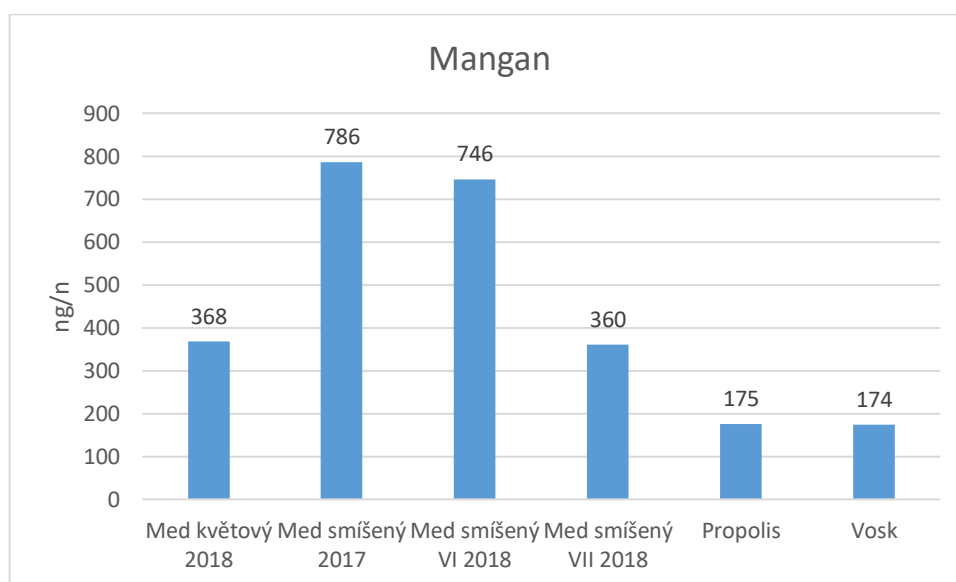
Graf 5: Naměřené koncentrace mědi ve zkoumaných vzorcích

7.1.6 Mangan

Průměrné naměřené hodnoty činily 368 ng/g manganu u květového medu a 786, 746 a 360 ng/g u smíšených medů. Kromě jednoho květového medu ze studie K. Matějkové, ve kterém dosahovala naměřená hodnota manganu 1550 ng/g, byl i tento prvek mnohem více zastoupen ve smíšených medech. Spolu se železem je to nejhojněji zastoupený prvek v analyzovaných vzorcích. V Soleymanově studii byla nejvyšší naměřená hodnota manganu 4350 ng/g.

Maximální přípustné limity pro mangan činí 40 mg/kg/den a u měřených vzorků nebyly překonány.

Vyšší hodnoty manganu obsahoval i včelí vosk a propolis, a to konkrétně 174 ng/g (vosk) a 175 ng/g (propolis). U propolisu to byl z měřených prvků nejvíce zastoupený prvek.

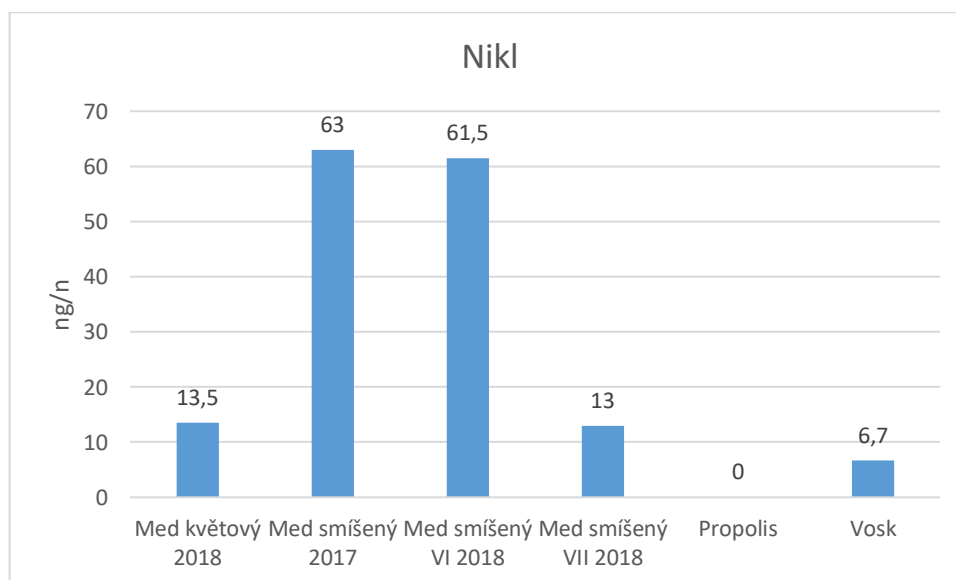


Graf 6: Naměřené koncentrace manganu ve zkoumaných vzorcích

7.1.7 Nikl

Dle vyhlášky č. 252/2004 je přípustná hodnota pro nikl v pitné vodě 0,02 mg/kg. V základních potravinách je to pak limit 2 mg/kg (Velíšek 1999). Vzorčky medu obsahovaly 13,5 ng/g niklu v květovém medu a 63; 61,5 a 13 ng/g v medu smíšeném. Ostatní hodnoty byly značně kolísavé, popř. u některých medů ze studie K. Matějkové nikl nebyl vůbec detekován. Limit pro vodu (20 ng/g) splňují pouze dva mé zkoumané medy, zatímco dva vykazují hodnoty mírně nad 60 ng/g. Uvedený limit pro základní potraviny ovšem i tyto dva medy splňují. V Soleymanově studii nebyl nikl u některých medů detekován, nejvyšší hodnota, která byla naměřena činila 900 ng/g.

Ve vosku byla naměřena hodnota niklu 6,7 ng/g, v propolisu nebyl nikl detekován.



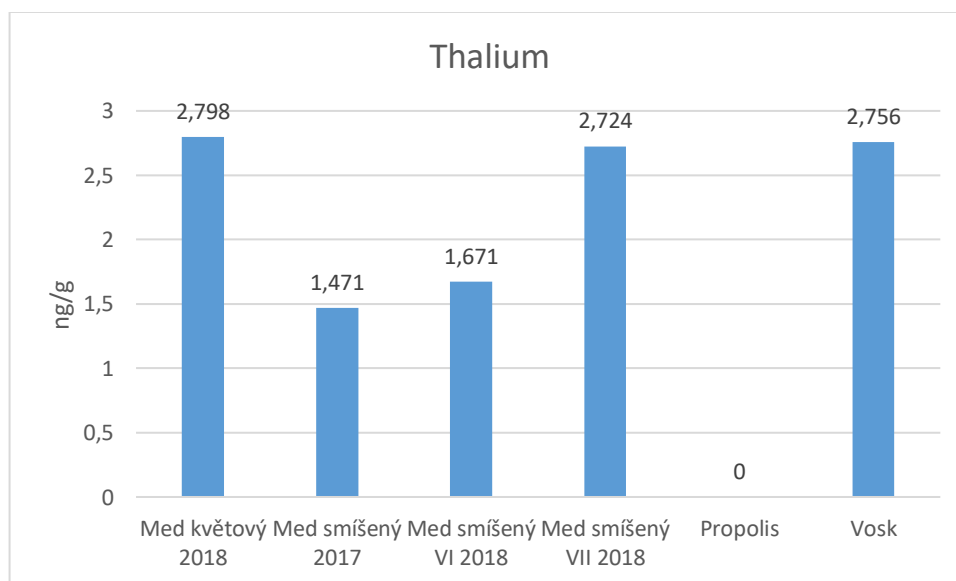
Graf 7: Naměřené koncentrace niklu ve zkoumaných vzorcích

7.1.8 Thalium

Zjištěné množství thalia v květovém medu bylo 2,798 ng/g. V medu smíšeném to pak bylo 1,471; 1,671 a 2,724 ng/g. Je snaha tento toxický kov v prostředí eliminovat a v současné době jsou některé jeho aplikace zakázány. Ale i když byly hlavní zdroje znečištění odstraněny, zvýšené množství thalia se občas vyskytne v řepce nebo kapustě (<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92211.aspx>). Právě řepkové medy pak mohou obsahovat zvýšené množství tohoto prvku. Po srovnání hodnot jak mých, tak ze studie K. Matějkové lze toto konstatování potvrdit.

Zdravotní obtíže může způsobit dlouhodobý příjem thalia v množství větším než 10 μg denně. Této hodnotě se nejvíce přiblížil květový med z okresu Žďár nad Sázavou s hodnotou 5,06 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Thalium se ve včelím vosku vyskytovalo v množství 2,756 ng/g, v propolisu nebylo detekováno.



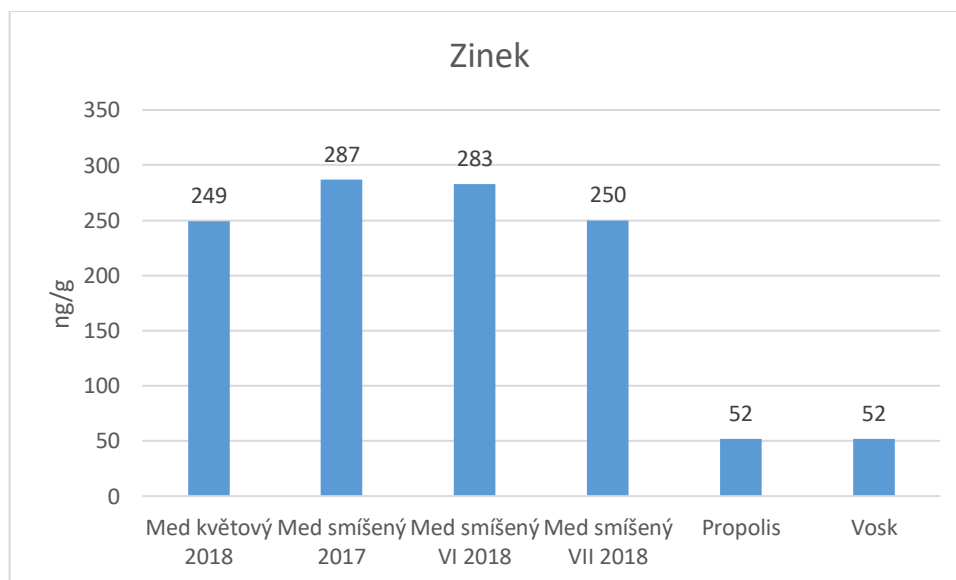
Graf 8: Naměřené koncentrace thalia ve zkoumaných vzorcích

7.1.9 Zinek

Ve zkoumaných vzorcích byly naměřeny hodnoty 249 ng/g pro květový med a 287, 283 a 250 ng/g pro medy smíšené. Tyto hodnoty i hodnoty ze studie K. Matějkové se většinou pohybovaly v intervalu 100-300 ng/g, pouze jeden její smíšený med vykazoval poněkud vyšší hodnotu 2580 ng/g. Limit pro množství zinku v potravinách činí 50 mg/kg pro základní potraviny (Velíšek 1999), což splňují všechny hodnoty, včetně té nejvyšší.

Nejnižší hodnoty v Soleymanově studii také začínaly v uvedeném intervalu, ovšem nejvyšší hodnota byla několikanásobně vyšší. Konkrétně se jednalo o hodnoty 230-73600 ng/g.

Ve vosku i propolisu se zinek shodně vyskytoval v množství 52 ng/g.

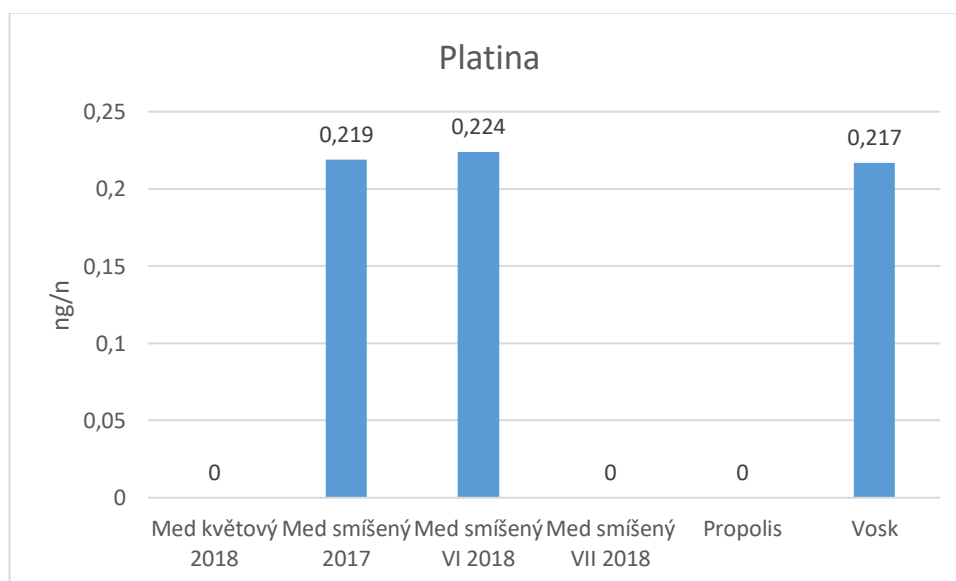


Graf 9: Naměřené koncentrace niklu ve zkoumaných vzorcích

7.1.10 Platina

Množství platiny bylo ve vzorcích stanoveno na 0,219 ng/g u smíšeného medu z roku 2017 a na 0,224 ng/g u smíšeného medu z června 2018. U květového medu ani u třetího vzorku medu smíšeného nebyla platina detekována. Ve vosku bylo množství platiny 0,217 ng/g, u propolisu byla taktéž pod hranicí detekce. Ve studii K. Matějkové nebyla platina analyzována.

V jedné ze starších studií, která byla provedena v roce 1986 na vzorcích potravin v Austrálii, bylo množství platiny následující: nejvyšší koncentrace byly naměřeny u vajec a drobů, u nichž se průměrná hodnota vyšplhala na 5,8 ng/g. Další potraviny s největším množstvím platiny byly maso a obilné výrobky – shodně 3,2 ng/g. Následovaly ryby s 1,8 ng/g, ovoce a zelenina s 0,82 ng/g a mléčné výrobky s 0,27 ng/g platiny. Příjem platiny ze stravy byl pro dospělou osobu vypočítán na 1,44 $\mu\text{g}/\text{den}$, což splňovaly oba analyzované medy.



Graf 10: Naměřené koncentrace platiny ve zkoumaných vzorcích

7.1.11 Olovo

Ve vlastních zkoumaných vzorcích nebylo olovo detekováno, a to ani v medu, ani ve vosku a propolisu.

Dle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 je stanoven prozatímní tolerovatelný týdenní příjem 25 μg na kg tělesné hmotnosti navržený Světovou zdravotnickou organizací.

Ve studii K. Matějkové bylo nejvíce olova zaznamenáno v medu z Moravskoslezského kraje, a to 102 ng/g . I zde je možný vliv působení znečištěného životního prostředí, stejně jako u železa.

Ještě vyšší hodnoty byly naměřeny u některých medů v Soleymanově studii, a to až 3232 ng/g . Nejnížší hodnoty činily 0,17 ng/g .

7.1.12 Hliník

U sledovaných vzorků medu byl hliník ve třech případech pod hladinou detekce, v jednom vzorku bylo naměřeno 658 ng/g , a to u smíšeného medu z července roku 2018. Propolis ani vosk hliník neobsahovaly. U vzorků K. Matějkové byly naměřeny celkem tři vyšší hodnoty, a to 798 a 1330 ng/g u květových medů a 1090 ng/g u medu smíšeného. Dva vzorky pocházely z okresu Žďár nad Sázavou a jeden z Frýdecko-Místecka. Zbylé vzorky hliník neobsahovaly. Evropský úřad pro bezpečnost potravin stanovil týdenní příjem hliníku na 1 mg/kg tělesné váhy, což činí 143 $\mu\text{g/kg/den}$. U všech těchto medů byl denní limit překonán. Při srovnání hodnot s další studií (Soleyman et al. 2016) lze ovšem konstatovat, že naměřené hodnoty hliníku jsou nízké, protože tato studie uvádí hodnoty 1390-11360 ng/g hliníku.

7.2 Množství stopových prvků ve vosku a propolisu

7.2.1 Včelí vosk

Ve zkoumaném vosku byly naměřeny tyto hodnoty: železo 223 ng/g, mangan 174 ng/g, zinek 52 ng/g, měď 41,5 ng/g, chrom 9,8 ng/g, nikl 6,7 ng/g, kobalt 4,53 ng/g, thalium 2,756 ng/g, kadmium 0,548 ng/g a platina 0,217 ng/g. Olovo a hliník nebyly detekovány.

Množství minerálních látek ve vosku je závislé na více faktorech, mezi které patří lokalita, ve které je včelstvo umístěno a také stáří vosku. Tyto faktory spolu víceméně souvisí, což lze vysvětlit následovně. Případně znečištěné ovzduší ovlivňuje množství látek v nektaru a pylu, které včely sbírají. Obojí ukládají do voskových plástů a látky z těchto produktů pak přechází do vosku. Lze tedy konstatovat, že čím je vosk starší, tím více minerálů obsahuje. Další zdroj látek mohou představovat tělíčka včel. Na nich ulpívají pylová zrna, která mohou být zdrojem různých chemických prvků, jenž se pak otíráním včel o plástve dostávají do vosku (Taha et al. 2015).

7.2.2 Propolis

Jak již bylo uvedeno, propolis je směs živichných a balzamovacích látek (pryskyřic), vosku, éterických olejů, pylu a dalších látek. Mezi tyto látky patří látky aromatické, vitaminy a mikroelementy. Jejich množství se liší v závislosti na různých faktorech, z nichž asi nejvýznamnější je zeměpisný původ propolisu (Minedžajan, Richter 2016).

Mezi minerály, které propolis obsahuje patří mangan, zinek, železo, hliník, vápník, křemík, vanad, stroncium, sodík, hořčík a spousta dalších. Může obsahovat i toxické látky jako je kadmium, olovo či rtuť.

Byly popsány i případy, kdy včely nasbíraly místo rostlinných pryskyřic např. vytékající asfalt ze silnice nebo barvy z různých natřených objektů. Pokud tento materiál včela přinese do úlu a propolis je pak včelařem použit např. na výrobu tinktury, lze očekávat spíše opačné účinky než předpokládané účinky léčebné. Také je třeba zvážit získávání propolisu po provedené léčbě včelstva, protože v propolisu mohou zůstat rezidua léčiv (Solčanský 2017).

Z měřených prvků zkoumaný vzorek propolisu obsahoval mangan v množství 175 ng/g, železo v množství 122 ng/g, zinku obsahoval 52 ng/g a mědi 32 ng/g. Ostatní prvky byly pod hranicí detekce.

ZÁVĚR

I když jsou minerální látky pouze minoritní součástí medu, hrají důležitou roli při určování jeho kvality. Analýza minerálů a těžkých kovů v medu nám může dát informace o geografickém a botanickém původu medu, o jeho zdroji či stupni kontaminace. Tyto informace mohou být prospěšné jak konzumentům medu, tak i včelařům. Chemické prvky v medu nám mohou např. ukázat míru znečištění ovzduší nebo kontaminaci půdy škodlivými látkami. Tyto látky se mohou do prostředí dostávat např. vlivem těžkého průmyslu v dané oblasti, a také včelaření v bezprostřední blízkosti dálnic a frekventovaných silnic může být v tomto směru problém. Mezi další rizikové faktory vzniku nebezpečných látek do medu patří používání kovových nástrojů při zpracování a skladování medu. Zejména dlouhodobým skladováním v nevhodných obalech může vystoupat koncentrace některých látek nad jejich nadlimitní hodnoty.

Tato studie zahrnovala rozbor čtyř medů, vosku a propolisu z jedné lokality. Obec leží mezi městy Holešov a Zlín, na dohled od Hostýnských vrchů. Je to klidná lokalita bez vlivu těžkého průmyslu a výrazného automobilového zatížení. Mezi nejvíce zastoupené prvky patřilo železo (428-550 ng/g), mangan (360-786 ng) a zinek (248-286 ng/g). Naopak nejmenší hodnoty byly naměřeny u kadmia (0,587-2,534 ng/g), thalia (1,466-2,798 ng/g) a platiny, u které byly dvě hodnoty okolo 0,220 ng/g a u dvou medů nebyla platina detekována. Také olovo a hliník byly pod limitem detekce.

Zajímavé bylo také srovnání hodnot u květového medu a červencového medu smíšeného (oba z roku 2018). Po provedené analýze tyto medy vykazovaly velmi podobné hodnoty. To mohlo být zapříčiněno tím, že při posledním vytáčení medu, které proběhlo v červenci, a při kterém byly z úlu odebrány všechny rámky s medem, tyto rámky obsahovaly i jarní květový med. Zkoumaný smíšený med z července 2018 tak zřejmě obsahoval větší podíl květového medu než medovicového, a tím se jeho naměřené hodnoty více podobaly hodnotám u květového medu než dalším dvěma vzorkům medu smíšeného.

Co se týče srovnání výsledků svých medů s medy K. Matějkové, většinou vykazovaly podobné hodnoty. Pouze některé její medy měly zvýšené hodnoty koncentrací, jež mohly být způsobeny např. vlivem místních podmínek nebo skladováním. Další srovnávací studie (Solayman et al. 2016) zahrnovala různé druhy medů z celého světa. Zde se mé zjištěné hodnoty pohybovaly na spodní hranici intervalových hodnot.

V současnosti se ve vzorcích medu nevyskytují žádné nadlimitní hodnoty, kvůli kterým by vzniklá situace vyžadovala řešení. Vzhledem k tomu, že potravinářské limity pro koncentraci prvků přímo v medu neexistují, byly naměřené údaje srovnávány s limity pro jiné potraviny. I přesto, že se v medu obecně vyskytují prvky jako olovo a kadmium, jejichž limity jsou sledovány, je med považován za výživově hodnotnou potravinu s mnoha zdravotními benefity.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BOGDANOV, Stefan. Contaminants of bee products. *Apidologie*, Springer Verlag. 2006, **37**(1), 1-18.

CIULU, Marco, Silvia SOLINAS, Ignazio FLORIS, Angelo PANZANELLI, Maria I. PILO, Paola C. PIU, Nadia SPANO a Gavino SANNA. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta* [online]. 2011, **83**(3), 924-929 [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.1016/j.talanta.2010.10.059. ISSN 00399140. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0039914010008556>

DA SILVA, Priscila Missio, Cony GAUCHE, Luciano Valdemiro GONZAGA, Ana Carolina Oliveira COSTA a Roseane FETT. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* [online]. 2016, **196**, 309-323 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615013941>

DVOŘÁK, Rostislav. *Stanovení obsahu platiny na území města Brna*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.

FAY, Laurent B. a Martin KUSSMANN. *Mass spectrometry and nutrition research*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, c2010. RSC food analysis monographs, 9. ISBN 978-184-9730-365.

GÁMBARO, ADRIANA, GASTÓN ARES, ANA GIMÉNEZ a SILVANA PAHOR. PREFERENCE MAPPING OF COLOR OF URUGUAYAN HONEYS. *Journal of Sensory Studies* [online]. 2007, **22**(5), 507-519 [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2007.00125.x. ISSN 0887-8250. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-459X.2007.00125.x>

GREMBECKA, Małgorzata a Piotr SZEFER. Evaluation of honeys and bee products quality based on their mineral composition using multivariate techniques. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. 2013, **185**(5), 4033-4047 [cit. 2018-12-19]. DOI: 10.1007/s10661-012-2847-y. ISSN 0167-6369. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-012-2847-y>

HARAGSIM, Oldřich. *Medovice a včely*. Praha: Ve spolupráci s Českým svazem včelařů vydalo nakl. Brázda, 2005. ISBN 80-209-0332-1.

CHUA, Lee Suan, Jun You LEE a Giek Far CHAN. Honey protein extraction and determination by mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 2013, **405**(10), 3063-3074 [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.1007/s00216-012-6630-2. ISSN 1618-2642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-012-6630-2>

KAPOULAS, Vassilios M., Sofia K. MASTRONICOLIS a Dimitris S. GALANOS. Identification of the lipid components of honey. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* [online]. 1977, **163**(2), 96-99 [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.1007/BF01126025. ISSN 0044-3026. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF01126025>

KILIÇ ALTUN, Serap, Hikmet DINÇ, Nilgün PAKSOY, Füsün Karaçal TEMAMOĞULLARI a Mehmet SAVRUNLU. Analyses of Mineral Content and Heavy Metal of Honey Samples from South and East Region of Turkey by Using ICP-MS. *International Journal of Analytical Chemistry* [online]. 2017, **2017**, 1-6 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1155/2017/6391454. ISSN 1687-8760. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ijac/2017/6391454/>

KILIÇ ALTUN, Serap, Hikmet DINÇ, Nilgün PAKSOY, Füsün Karaçal TEMAMOĞULLARI a Mehmet SAVRUNLU. Analyses of Mineral Content and Heavy Metal of Honey Samples from South and East Region of Turkey by Using ICP-MS. *International Journal of Analytical Chemistry* [online]. 2017, **2017**, 1-6 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1155/2017/6391454. ISSN 1687-8760. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ijac/2017/6391454/>

KLOTZ, Katrin, Wobbeke WEISTENHÖFER, Frauke NEFF, Andrea HARTWIG, Christoph VAN THRIEL a Hans DREXLER. The Health Effects of Aluminum Exposure. *Deutsches Ärzteblatt Online* [online]. 2017 [cit. 2019-05-04]. DOI: 10.3238/arztebl.2017.0653. ISSN 1866-0452. Dostupné z: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2017.0653>

MADERA, Pavel a Eva ČURDOVÁ. Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, **1997**(91), 227-236 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/1997_04_227-236.pdf

MATĚJKOVÁ, Kristina. *Stanovení stopových prvků ve vzorcích českého medu*. Praha, 2015. VŠCHT Praha, Fakulta chemicko-inženýrská, Ústav analytické chemie. Vedoucí práce Prof. Ing. Oto Mestek, CSc.

MATO, Inés, José F. HUIDOBRO, Jesús SIMAL-LOZANO a M. Teresa SANCHO. Analytical Methods for the Determination of Organic Acids in Honey. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* [online]. 2007, **36**(1), 3-11 [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.1080/10408340500451957. ISSN 1040-8347. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408340500451957>

MESTEK, O. *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem – pracovní text*. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze: Ústav analytické chemie, Praha.

MINEDŽAJAN, G. Z. a Johan RICHTER. *Zázrak jménem propolis: léčení propolisem a jinými včelími produkty*. Přeložil Milada HOLIČKOVÁ, ilustroval Božena PLOCHÁŇOVÁ-HERČÍKOVÁ. Bratislava: EKO-KONZULT, 2016. ISBN 978-80-8079-103-2.

OROIAN, Mircea, Sonia AMARIEI, Ana LEAHU a Gheorghe GUTT. Multi-Element Composition of Honey as a Suitable Tool for Its Authenticity Analysis. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [online]. 2015, **65**(2), 93-100 [cit. 2018-12-19]. DOI: 10.1515/pjfn-2015-0018. ISSN 2083-6007. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/pjfn/65/2/article-p93.xml>

PŘIDAL, Antonín. *Včelí produkty - cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-711-1.

RAFATI RAHIMZADEH, M., S. KAZEMI a A.A. MOGHADAMNIA. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian J Intern Med*. 2017, **8**(3), 135-145.

ŞAHİNLER, Nuray, Aziz GÜL a Suat ŞAHİNLER. Heavy metals and trace elements content of different propolis types. *European International Journal of Science and Technology* [online]. 2017, (6) [cit. 2019-05-06].

SAMLEKOVÁ, Zuzana. Přírodní síla včelích produktů - Rouskový pyl a perga aneb Jak využít potraviny či léčiva, které nabízí příroda. *Včelařství*. 2018, **71**(153).

SAMLEKOVÁ, Zuzana. Včelí produkty: Přírodní síla včelích produktů – II.: Propolis. *Včelařství*. 2018, **71**(153).

SAMLEKOVÁ, Zuzana a Vladimír DLAB. Přírodní síla včelích produktů IV: Mateří kašička. *Včelařství*. 2019, **74**(153).

SHAPLA, Ummay Mahfuza, Md. SOLAYMAN, Nadia ALAM, Md. Ibrahim KHALIL a Siew Hua GAN. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products:

effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* [online]. 2018, **12**(1) [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1186/s13065-018-0408-3. ISSN 1752-153X. Dostupné z: <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13065-018-0408-3>

SIKOROVÁ, Lucie, Roman LIČBINSKÝ a Vladimír ADAMEC. Platinové kovy z automobilových katalyzátorů v životním prostředí. *Chemické listy*. 2011, (105), 361-366.

SKALNAYA, Margarita G. a Anatoly V. SKALNY. *Essential trace elements in human health: a physician's view: Skalnaya Margarita G., Skalny Anatoly V.* Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2018. ISBN 978-5-94621-683-8.

SOLAYMAN, Md., Md. Asiful ISLAM, Sudip PAUL, Yousuf ALI, Md. Ibrahim KHALIL, Nadia ALAM a Siew Hua GAN. Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2016, **15**(1), 219-233 [cit. 2018-12-19]. DOI: 10.1111/1541-4337.12182. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12182>

SOLČANSKÝ, Marian. Propolis přírodní dezinfekce i stavební materiál. *Včelařství*. 2017, **70**(150), 208-209.

SZABÓ, Rubina T., Miklós MÉZES, Tamás SZALAI, Edit ZAJÁ CZ a Mária WEBER. Colour identification of honey and methodical development of its instrumental measuring. *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* [online]. 2016, **3**(1) [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2016.3.1.29. ISSN 20647816. Dostupné z: [http://www.columella.mkk.szie.hu/archives/columella_5_2016/Szabo_Columella_vol3no1\(2016\)_29-36.pdf](http://www.columella.mkk.szie.hu/archives/columella_5_2016/Szabo_Columella_vol3no1(2016)_29-36.pdf)

ŠEFČÍK, Jozef. *Začínáme včelařit*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4857-3.

TAHA, El-Kazafy A, Hamdy M MANOSUR a Mohamed B SHAWER. The relationship between comb age and the amounts of mineral elements in honey and wax. *Journal of Apicultural Research* [online]. 2015, **49**(2), 202-207 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.2.10. ISSN 0021-8839. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3896/IBRA.1.49.2.10>

TAUTZ, Jürgen. *Fenomenální včely: biologie včelstva jako superorganismu*. Vydání v češtině třetí. Přeložil Olga MATYÁSKOVÁ. Praha: Brázda, [2016]. ISBN 978-80-209-0415-7.

TAUTZ, Jürgen a Diedrich STEEN. *Zázračný svět včel: továrna na med, aneb, život v úle*. Přeložil Tomáš DIMTER. Praha: Mladá fronta, 2018. ISBN 978-80-204-4691-6.

TITĚRA, Dalibor. *Včelí produkty mýtů zbavené: med, vosk, pyl, mateří kašička, propolis, včelí jed*. Vydání třetí. Praha: Nakladatelství Brázda, 2017. ISBN 978-80-209-0424-9.

TULLOCH, A. P. Beeswax—Composition and Analysis. *Bee World* [online]. 2015, **61**(2), 47-62 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1080/0005772X.1980.11097776. ISSN 0005-772X. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0005772X.1980.11097776>

VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 808665902x.

VEVERKA, Oldřich. Vosk nad zlato - Falšování vosku parafinem, jak uchránit. *Včelařství*. 2018, **71**(153).

ZAPPALÀ, M., B. FALLICO, E. ARENA a A. VERZERA. Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Food Control* [online]. 2005, **16**(3), 273-277 [cit. 2019-02-02]. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.03.006. ISSN 09567135. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095671350400057X>

Norma jakosti č. ČSV 1/1999: Svazová norma ČESKÝ MED. Praha: Český svaz včelařů, 1999.

It's not just about the birds and the bees. [online]. 2016 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://bee-curious.blogspot.com>

Minerální látky [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76795.aspx>

Hliník [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92123.aspx>

Kadmium [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76662.aspx>

Chrom [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92245.aspx>

Nikl [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92068.aspx>

Thalium [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92211.aspx>

Olovo [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76680.aspx>

Přírodní síla včelích produktů IV: Mateří kašička.

Propolis přírodní dezinfekce i stavební materiál. 2017, 70(152). ISSN Včelařství.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: . ročník 2004, číslo 252.

Wikipedia: Apiterapie [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Apiterapie>

Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, c2000. ISBN 9289013583.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

SMĚRNICE RADY 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu

NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách

NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 488/2014 ze dne 12. května 2014, kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, pokud jde o maximální limity kadmia v potravinách

Svazová norma ČESKÝ MED Norma jakosti č. ČSV 1/1999

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- ICP-MS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
(hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem)
- CRM Certifikovaný referenční materiál
- WHO World health organization

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: 5-hydroxymethylfurfural (Shapla et al. 2018)

Obrázek 2: Stupnice podle Pfunda (<http://bee-curious.blogspot.com>)

Obrázek 3: Schéma hmotnostního spektrometru s iontově vázaným plazmatem (Mestek O.)

Obrázek 4 a 5: Zkoumané vzorky medu, vosková plástev a propolis (vlastní foto)

Obrázek 6: Umístění včelnice (www.mapy.cz)

Obrázek 7: Označení lokality v rámci ČR (www.mapy.cz)

Obrázek 8: Možné cesty vstupu škodlivých látek do medu (Solayman 2016)

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Naměřené koncentrace železa ve zkoumaných vzorcích

Graf 2: Naměřené koncentrace kadmia ve zkoumaných vzorcích

Graf 3: Naměřené koncentrace kobaltu ve zkoumaných vzorcích

Graf 4: Naměřené koncentrace chromu ve zkoumaných vzorcích

Graf 5: Naměřené koncentrace mědi ve zkoumaných vzorcích

Graf 6: Naměřené koncentrace manganu ve zkoumaných vzorcích

Graf 7: Naměřené koncentrace niklu ve zkoumaných vzorcích

Graf 8: Naměřené koncentrace thalia ve zkoumaných vzorcích

Graf 9: Naměřené koncentrace niklu ve zkoumaných vzorcích

Graf 10: Naměřené koncentrace platiny ve zkoumaných vzorcích

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Průměrné složení medu (hodnoty na 100 g medu) (Titěra 2017)

Tabulka 2: Specifická hmotnost a index lomu v závislosti na obsahu vody (Titěra 2017)

Tabulka 3: Přehled zkoumaných vzorků

Tabulka 4: Přehled měřených prvků

Tabulka 5: Naměřená množství prvků v medu a včelích produktech

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY