

UNIVERZITA KARLOVA
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie



Veronika Venclová

STANOVENÍ SODÍKU A DRASLÍKU VE VZORCÍCH MEDU ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ

Determination of sodium and potassium in honey samples
by atomic absorption spectrometry

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jakub Hraníček, Ph. D.

Praha 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Jsem si vědoma toho, že případné využití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

V Praze dne 27. července 2021

Veronika Venclová

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo stanovení koncentrace sodíku a draslíku ve vzorcích medu pomocí atomové absorpční spektrometrie s plamenovou technikou atomizace. Byl použit plamen acetylen-vzduch.

Před analýzou samotných vzorků byly nalezeny optimální pracovní parametry použité metody. Optimalizovanými parametry byla výška paprsku nad hranou hořáku, průtoková rychlost acetylenu a horizontální poloha hořáku. Za optimálních podmínek byly zjištěny základní charakteristiky stanovení sodíku a draslíku.

Při optimálních podmínkách byly stanoveny koncentrace sodíku a draslíku ve vzorcích medu. Celkem bylo analyzováno 27 vzorků medu. Obsah sodíku se pohyboval v rozmezí 0,880 - 25,3 mg/kg. Obsah draslíku byl v rozsahu 223 - 2750 mg/kg. Stanovené koncentrace u vzorků medů pocházejících z České republiky byly porovnány se zahraničními výzkumy.

Klíčová slova

Draslík, sodík, med, atomová absorpční spektrometrie, plamenová spektrometrie

Abstract

This bachelor thesis was focused on the determination of sodium and potassium in honey samples by atomic absorption spectrometry with a flame atomization technique. An acetylene-air flame was used.

Prior to the analysis of the honey samples, the optimal working parameters of the used method were found. The optimized parameters were: the height of the beam above the burner, the flow rate of acetylene, and the burner's horizontal position. Under the optimal conditions, the basic characteristics of the determination of sodium and potassium were studied.

Sodium and potassium concentrations in the honey samples were determined under optimal conditions. A total number of 27 honey samples were analyzed. The sodium content ranged from 0.880 to 25.3 mg/kg. The potassium content was in the range of 223 - 2750 mg/kg. In the end, the measured concentrations of honey samples originating from the Czech Republic were compared with the foreign studies.

Keywords

Potassium, sodium, honey, atomic absorption spectrometry, flame spectrometry

Poděkování

Děkuji RNDr. Jakubovi Hraníčkoví, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a cenné rady. Dále děkuji RNDr. Elišce Novákové, Ph.D. za cenné rady. Také děkuji prof. RNDr. Evě Zažímalové, CSc. za poskytnuté informace. Opomenout nemohu ani včelaře, kterým děkuji za poskytnuté vzorky medu a důležité informace. Nakonec děkuji své rodině za podporu v průběhu studia.

Obsah

1	ÚVOD	8
1.1	Cíle bakalářské práce	8
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1	Atomová absorpční spektrometrie.....	9
2.1.1	Atomová spektra	9
2.1.2	Základní vztahy	9
2.1.3	Princip AAS	9
2.1.4	Atomizace vzorku	10
2.1.5	Instrumentace	10
2.2	Sodík	12
2.2.1	Vliv sodíku na organismus	12
2.3	Draslík	12
2.3.1	Vliv draslíku na organismus.....	13
2.3.2	Sodík a draslík.....	13
2.4	Med	13
2.4.1	Definice medu	13
2.4.2	Typy medu.....	14
2.4.3	Složení medu.....	14
2.4.4	Minerální látky v medu	15
2.4.5	Faktory ovlivňující složení medu.....	15
2.4.6	Elektrická vodivost (konduktivita).....	16
2.4.7	Med jako bioindikátor životního prostředí.....	16
2.5	Stanovení sodíku a draslíku.....	17
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	19
3.1	Použité chemikálie (složení, čistota, výrobce)	19
3.2	Použité přístroje.....	19
3.3	Vzorky medů.....	19
3.4	Pracovní postup	21
3.5	Statistické zpracování.....	22
4	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	24
4.1.1	Optimalizace parametrů	24
4.1.2	Kalibrace	28
4.1.3	Stanovení sodíku a draslíku ve vzorcích medů	29
5	ZÁVĚR	34
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	35

Seznam použitých zkratek a symbolů

<i>A</i>	absorbance
AAS	atomová absorpční spektrometrie
<i>c</i>	koncentrace [mg/l]
ČR	Česká republika
F-AAS	atomová absorpční spektrometrie s plamenovou atomizací
<i>h</i>	výška paprsku nad hranou hořáku [mm]
<i>l</i>	posunutí hořáku [mm]
LOD	mez detekce
LOQ	mez stanovitelnosti
Q_v	průtoková rychlost acetylenu [m ³ /l]

1 ÚVOD

Předkládaná bakalářská práce se zabývá stanovením sodíku a draslíku ve vzorcích medu atomovou absorpční spektrometrií s plamenovou technikou atomizace.

Pro lidský organismus je nezbytných 22 prvků, z nichž sodík a draslík patří mezi makroprvky (hlavní prvky)¹. Tyto dva prvky spolu v těle úzce souvisí. Jsou nezbytné pro udržování rovnováhy tekutin, šíření nervového impulzu a svalovou kontrakci².

V západních zemích je patrný výrazný nepoměr sodíku a draslíku ve prospěch sodíku. Nadměrný přísun sodíku je spojován především s vysokým krevním tlakem a s ním souvisejícím rizikem výskytu kardiovaskulárních onemocnění³.

Med byl do 19. století jediným sladidlem, poté byl postupně vytlačován cukrem⁴. Rafinovaný cukr je zbaven minerálních látek⁵. Med obsahuje široké spektrum prvků, z nichž některé jsou nezbytné pro život. Se vzrůstajícím zájmem o zdravou výživu se řada lidí začala zajímat o obsah prvků v potravinách a jejich vliv na zdraví. Med si proto postupně opět získává řadu příznivců⁴.

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je optická metoda, pomocí níž lze zjistit prvkové složení látek. Prvky lze stanovovat bez předcházející separace⁶. Pomocí AAS s plamenovou atomizací se stanovují koncentrace v rozsahu 0,1 až 100 mg/l (cit.⁷)

1.1 Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce bylo stanovení sodíku a draslíku ve vzorcích medu pomocí atomové absorpční spektrometrie.

Mezi dílčí cíle práce patřily:

- Optimalizace pracovních podmínek (optimalizována byla výška paprsku nad hranou hořáku, průtoková rychlost acetylenu a horizontální poloha hořáku)
- Zjištění základních charakteristik metody (citlivost, mez detekce, mez stanovitelnosti, lineární dynamický rozsah, opakovatelnost)
- Porovnání výsledných koncentrací jednotlivých druhů medu
- Porovnání výsledků stanovení bez / s využitím přídatku ionizačního pufu
- Výpočet poměru sodíku a draslíku v jednotlivých vzorcích medu
- Porovnání výsledků bakalářské práce s doposud publikovanými výsledky

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie je optická metoda, která využívá měření absorpce elektromagnetického záření volnými atomy prvků⁸. Pomocí AAS lze stanovovat až 68 prvků⁷.

2.1.1 *Atomová spektra*

Spektrometrické stanovení lze provádět pouze v plynné fázi, kdy jsou jednotlivé atomy nebo ionty vzájemně dobře odděleny. Atomy a ionty v plynném stavu nevykazují vibrační a rotační přechody, jediným typem přechodů jsou tak přechody mezi elektronovými stavy. Proto jsou atomová absorpční spektra čárová⁹.

Při absorpci elektromagnetického záření je analyt, který se nachází v plynné fázi, excitován ze základního stavu pohlcením fotonů ze zdroje primárního záření. Excitaci podléhají vnější elektrony atomu⁸. K absorpci záření dochází, pokud vlnová délka záření odpovídá energetickému rozdílu mezi základní hladinou a excitovanými hladinami elektronů v atomech⁹. Vlnové délky absorbované volnými atomy jsou charakteristické pro daný prvek⁶.

2.1.2 *Základní vztahy*

Záření lze považovat za svazek fotonů. Energie přijatého fotonu při absorpci musí odpovídat energetickému rozdílu mezi základní a excitovanou hladinou. Energii fotonu lze vyjádřit pomocí vlnové délky nebo frekvence⁹.

$$\Delta E = E_1 - E_0 = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

kde je E_1 energie excitovaného stavu, E_0 je energie stavu základního, h je Planckova konstanta, c je rychlost světla, ν je frekvence záření, λ je vlnová délka záření⁸.

2.1.3 *Princip AAS*

Zdroj primárního záření emituje úzký spektrální interval záření¹⁰. Emitované záření poté prochází absorpčním prostředím s volnými atomy stanovovaného prvku. Volné atomy v plynné fázi absorbují specifické vlnové délky záření⁹. Absorpcí záření dochází ke zeslabení intenzity záření¹⁰. Monochromátor izoluje záření vhodné vlnové

délky pro detekci⁶. Intenzitu tohoto záření měří detektor. Změřená intenzita je následně převedena na absorpenci¹⁰.

2.1.4 *Atomizace vzorku*

Před začátkem měření je nutné vzorek atomizovat. Při atomizaci je vzorek rozložen a převeden na atomy nebo ionty v plynné fázi⁹. Atomizátor je zařízení, které převádí vzorek na volné atomy a slouží jako absorpční prostředí⁷. Důležitým požadavkem atomizátoru je, aby poskytoval co nejvyšší koncentraci volných atomů v základním energetickém stavu⁸.

Atomizaci je možné provést v plameni, elektrotermicky nebo v křemenných atomizátorech⁸.

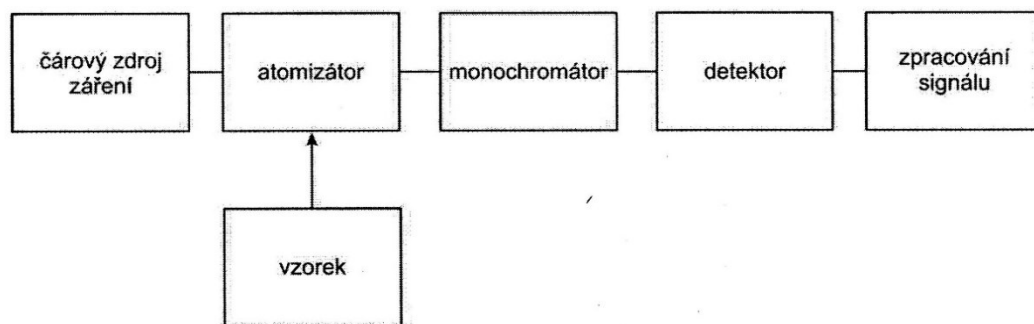
Plamenová atomizace

Plamenové atomizátory se skládají ze zmlžovače, mlžné komory a hořáku. Při zmlžování je roztok vzorku nasán do zmlžovače. Zde je přeměněn na aerosol drobných kapek zkoumaného vzorku. Mlžná komora umístěna mezi zmlžovačem a hořákem slouží k roztržení větších kapiček aerosolu na menší a smíchání směsi paliva a oxidantu. Aerosol s velikostí částic 2 až 5 μm je unášen do ústí hořáku. Palivem je v atomové absorpční spektrometrii s plamenovou atomizací (F-AAS) nejčastěji acetylen a oxidantem vzduch nebo oxid dusný. Složení směsi paliva a oxidantu rozhoduje o teplotě plamene. Při použití směsi acetylen-vzduch dosahuje plamen teploty 2 500 K^{8,9}.

V technice F-AAS se nejčastěji používá pneumatický zmlžovač. Účinnost převodu vzorku na aerosol u pneumatických zmlžovačů je nízká (do 10 %). Jen malá část vzorku se zmlží. Většina vzorku stéká do spodní části mlžné komory a odtéká do odpadu⁸.

2.1.5 *Instrumentace*

Základní části atomového absorpčního spektrometru jsou zdroj záření, absorpční prostředí, monochromátor, detektor záření, vyhodnocovací zařízení⁶. Na Obr. 2.1 je zobrazeno blokové schéma atomového absorpčního spektrometru.



Obr. 2.1: Schéma atomového absorpčního spektrometru⁷

Zdroj záření

Zdroj záření emituje záření, které je následně vzorkem absorbováno, a obsahuje stanovovaný prvek. Atomy stanovovaného prvku jsou ve zdroji záření dodáním elektrické energie excitovány. Při jejich návratu do základního energetického stavu emitují čárové spektrum^{8,9}.

Nejčastěji používaným zdrojem záření v AAS je výbojka s dutou katodou. Výbojka je složena z anody a z duté válcové katody. Obě elektrody jsou umístěny v uzavřené skleněné trubici obsahující inertní plyn (Ne, Ar). Mezi katodu a anodu je vloženo napětí (200 – 600 V). Anoda je vyrobena z kovu s vysokou teplotou tání (W, Zr, Ti, Ta)⁸. Katoda je vyrobena ze stanovovaného prvku⁹.

Monochromátor

Monochromátor je optický prvek, který z procházejících vlnových délek izoluje spektrální interval, který obsahuje absorpční čáru sledovaného prvku. Zpravidla se jedná o absorpční čáru odpovídající rezonančnímu přechodu^{6,8}. Rezonanční čáry jsou pro atomy prvků nejcitlivější a pro každý prvek zcela specifické¹¹. V AAS se využívají především monochromátory obsahující difrakční mřížku, která rozkládá záření na jednotlivé vlnové délky⁹. Různých vlnových délek vystupujících z monochromátoru lze dosáhnout rotací mřížky⁸.

Detektor

Detektory převádějí energii záření na elektrický signál⁷. K detekci záření v AAS se využívají fotonásobiče. Fotonásobiče mají schopnost detekovat dopadající fotony a

současně zesilovat signál⁹. Fotonásobič je složen ze skleněné baňky, ve které je umístěna fotokatoda, anoda a série dynod¹².

Fotokatoda emituje po dopadu fotonů elektrony. Dopadem emitovaných elektronů na dynody jsou vyraženy sekundární elektrony, které pokračují k další dynodě. Počet elektronů se lavinovitě zvyšuje a zesiluje signál¹².

2.2 Sodík

Sodík (lat. *natrium*) je alkalický kov. V periodické tabulce prvků se nachází v 1. skupině a 3. periodě. Jeho konfigurace valenčních elektronů je $3s^1$. V přírodě se nevyskytuje elementárně. Hojně se vyskytuje v zemské kůře (2,6 %). Hlavním zdrojem sodíku jsou sůl kamenná (NaCl), mořská voda, přírodní solanka¹³.

2.2.1 *Vliv sodíku na organismus*

Sodík je hlavním kationtem v extracelulární tekutině. Z celkového množství sodíku v organismu se 50 % nachází v extracelulární tekutině². Je důležitý pro udržení osmotického tlaku a iontové síly tělních tekutin¹⁴. Dále je nezbytný pro šíření nervového impulsu, svalové kontrakce a aktivní transport přes buněčné membrány².

Doporučená denní dávka sodíku je 3 až 5 g¹⁵. Přijímán je hlavně ve formě chloridu sodného. Dalším zdrojem jsou minerální vody. Denní příjem sodíku se v různých zemích liší a pohybuje se od 4 do 20 g. V ČR je průměrná spotřeba sodíku 12 g za den¹⁴.

Vysoký příjem sodíku může způsobovat vysoký krevní tlak, který je rizikovým faktorem pro kardiovaskulární onemocnění. Vyšší spotřeba sodíku také vede ke zvýšenému vylučování vápníku močí. Sůl a solené potraviny jsou spojovány s pravděpodobnou příčinou nádoru žaludku. Předpokládá se, že vysoký příjem sodíku souvisí i s poškozením ledvin³.

Sodík je pro organismus nezbytný, ale k nedostatku sodíku ve většině případech nedochází. Vyšší ztráty sodíku mohou být způsobeny průjmami nebo zvracením. Nedostatek sodíku se projevuje křečemi, nauzeou a sníženým tlakem krve³.

2.3 Draslík

Draslík (lat. *kalium*) patří také mezi alkalické kovy. V periodické tabulce prvků se nachází v 1. skupině a 4. periodě. Má základní konfiguraci valenčních elektronů $4s^1$.

Draslík je hojně zastoupený v zemské kůře (2,4 %). V přírodě se nevyskytuje v elementární formě. Hlavními zdroji draslíku je mořská voda a minerály, mezi které patří sylvín (KCl) a karnalit¹³.

2.3.1 *Vliv draslíku na organismus*

Draslík je hlavním intracelulárním kationtem, 98 % K v těle se nachází uvnitř buněk. Draslík stejně jako sodík je nezbytný pro udržování rovnováhy tekutin, zajišťuje přenos nervových impulzů a přispívá k normální činnosti svalů, včetně srdce^{2,16}.

Doporučený denní příjem draslíku je 1 až 4 g. Zdrojem draslíku v potravě jsou především potraviny rostlinného původu (brambory, meruňky, švestky, banány)^{1,15}.

Nedostatek draslíku se projevuje bolestmi hlavy, svalovou slabostí, poruchami srdečního rytmu, svalovými křečemi^{1,16}. Příznaky nadbytku draslíku jsou svalové obtíže, brnění kolem úst, trnutí jazyka a poruchy srdečního rytmu, které mohou skončit fibrilací srdečních komor a srdeční zástavou^{16,17}.

2.3.2 *Sodík a draslík*

Regulace sodíku úzce souvisí s regulací draslíku. Sodno-draselná pumpa udržuje nerovnoměrné rozložení sodíku a draslíku po stranách buněčné membrány. Pracuje tak, že přenáší tři sodné kationty do extracelulárního prostoru (ven z buňky) a tři draselné kationty do intracelulárního prostoru (do buňky). To má význam pro vznik a šíření elektrického signálu v nervových a svalových buňkách. Navíc pumpa reguluje objem buňky, aby nedošlo k jejímu prasknutí¹⁸.

Poměr Na a K a jejich vylučování ledvinami regulují kortikoidní hormony¹⁴.

2.4 Med

2.4.1 *Definice medu*

Med je přírodní sladká látka produkovaná včelami medonosnými z nektaru rostlin nebo výměšků živých částí rostlin nebo z výměšků hmyzu sajícího šťávu ze živých částí rostlin. Včely tyto látky sbírají, přetvářejí mísením se svými vlastními specifickými látkami a ukládají, dehydratují, uskladňují a nechávají uležet a zrát v medových plástech¹⁹.

2.4.2 *Typy medu*

Květový med (nektarový med) pochází z nektaru květů nebo z rostlinných žláz, které vylučují nektar.

Medovicový med pochází z výměšků hmyzích druhů, mezi které patří mšice, molice, červci a další druhy živící se rostlinnými šťávami^{19,20}.

Nektar

Nektar je sladká šťáva (roztok cukrů), který rostlina nabízí opylovači jako odměnu za přenos pylu. Produkci nektaru umožňuje seskupení speciálních buněk zvaných nektaria⁴.

Medovice

Medovice je roztok převážně cukerných látek. Na povrch listů se medovice dostane prostřednictvím hmyzu, patřícího převážně do řádu stejnokřídlí. Samičky hmyzu nabodávají cévní svazky rostlin, ze kterých vytéká míza. Rostlinná míza obsahuje velké množství cukrů a málo bílkovin. Samičky hmyzu potřebují mnoho bílkovin, proto pomocí filtrační komory zachytávají větší molekuly bílkovin a nadbytečné cukry vystřikují ven z těla v podobě kapek. Medovice je tedy přefiltrovaná rostlinná míza, kterou včely sbírají ještě před zaschnutím⁴.

Lipový med

Lipový med je výrazně aromatický a lehce nahořklý. Lípa poskytuje nektar i medovici⁴.

2.4.3 *Složení medu*

Většinu látek v medu tvoří sacharidy (až 95 %). Mezi sacharidy obsažené v medu patří fruktóza (28 - 45 %), glukóza (19 - 40 %), maltóza (2,0 - 8,0 %), sacharóza (0,1 - 4,7 %), další disacharidy a vyšší cukry, které se v medu vyskytují v menším množství. Větší množství sacharózy se může do medu dostat ze zimního krmení včel^{4,21}.

Med dále obsahuje vodu (15 - 20 %), organické kyseliny, aminokyseliny, proteiny, vitamíny a minerály. Nejsložitějšími bílkovinnými strukturami v medu jsou enzymy. Složení medovicového a květového medu se liší. Pro medovicový med je typický vyšší obsah složitějších cukrů, minerálních látek a rostlinných barviv⁴.

2.4.4 *Minerální látky v medu*

Prvky se v medu vyskytují ve stopovém množství. U květových medů obsah minerálů představuje 0,2 - 0,5 %. U medovicových medů se obsah minerálů pohybuje mezi 0,6 - 2 % (cit.⁴). Nejčastěji vyskytujícími se prvky v medu jsou K, Mg, Na, Ca, P. Nejvíce zastoupeným prvkem z nich je draslík, který představuje 45 - 85 % z celkového obsahu minerálních látek²¹.

Minerální látky se dostanou do medu především z medovice, nektaru a pylu²². Včely minerální látky do medu nepřidávají, med obohacují jen o výměšky svých žláz. Jedná se o enzymy, aminokyseliny, tuky a vitamíny skupiny B (cit.²³). Hlavním zdrojem kovů pro med je půda z oblasti, ze které byl med získán. Rostliny získávají minerální látky z půdy přes kořenový systém²¹.

2.4.5 *Faktory ovlivňující složení medu*

- zastoupení druhů medů
- půda
- květinový původ rostlin, které včely navštívily
- sezónní a klimatické změny
- zařízení a nástroje používané při zpracování medu
- výživa včel²¹

Zastoupení druhů medů

Med může být směsí medu medovicového a květového. Květový smíšený med obsahuje medovici, složení minerálních látek se oproti čistě květovým medům liší.⁴

Půda

Rostlina přijímá sodík a draslík z půdy ve formě kationtů. Přestože draslík bývá v půdě zastoupen ve značném množství, nejčastěji se vyskytuje ve vázané formě jako součást hornin, kterou rostliny nedokážou využít²⁴.

Případný nedostatek určitého prvku v půdě, horninách nebo vodě se projeví v minerálním složení rostlin, a tedy i v nektaru a medovici²⁵.

Květinový původ rostlin

Aromatické rostliny mají tendenci koncentrovat znečišťující látky snadněji než bylinné rostliny. Proto medy vyrobené z nektaru aromatických rostlin obsahují vysoké koncentrace těžkých kovů²¹.

Zařízení a nástroje

Při kontaktu medu s nástroji používané pro zpracování medu se mohou z materiálů uvolňovat některé kovy (např. Al, Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb). Med je přirozeně kyselý (pH se pohybuje mezi 3,5 - 4,8), což přispívá k uvolňování kovů do medu²¹.

Výživa včel

Včelaři krmí včely při nedostatku přirozené potravy nebo při doplňování zásob na zimu. Včely spotřebovávají zásoby podle potřeby bez ohledu na to, zda se jedná o med nebo o dodané krmivo a své zásoby během roku přemísťují v úlu z místa na místo. Nespotřebované krmivo, doplňky stravy (např. pylové náhražky), popřípadě léčiva (např. antibiotika) se můžou objevit v prvním stáčeném medu²⁶.

2.4.6 Elektrická vodivost (konduktivita)

V ČR často včely produkují med smíšený, který je složený z nektaru i z medovice. Pro rychlé rozlišení medů na medovicový a květový se měří elektrická vodivost. Elektrická vodivost se měří ve 20% roztoku medu. Mezi květovým a medovicovým medem je stanovena hranice 80,0 mS/m. Medovicový med musí mít vodivost nejméně 80,0 mS/m. Květový med má vodivost nižší. Vodivost roztoku je způsobena minerálními látkami⁴.

2.4.7 Med jako bioindikátor životního prostředí

Med je produktem včel a podle vyhlášky nesmí být do medu přidány, s výjimkou jiného druhu medu, žádné jiné látky včetně přídatných látek.²⁷ Včely při sbírání medu létají v okruhu do 3 km od úlu²².

Včely při hledání nektaru a medovice přicházejí po styku s okolím. Pokud je prostředí kontaminované (dálnice, průmyslové oblasti) dostávají se znečišťující látky do medu

a mění jeho složení a kvalitu. Využití medu jako kontrolu kvality životního prostředí lze použít pouze v případech velmi silné kontaminace životního prostředí²¹.

Med obsahuje nízké koncentrace kovů a jejich koncentrace může být ovlivněna řadou faktorů. Proto med nelze považovat za citlivý bioindikátor pro monitorování a kontrolu životního prostředí²¹.

2.5 Stanovení sodíku a draslíku

Množstvím sodíku a draslíku v medu se zabývala řada studií. Jedna ze studií zjišťovala, jak se mění koncentrace Na a K v medech z různých zemí. V Tab. 2.1 jsou uvedeny rozsahy koncentrací prvků.

Tab. 2.1: Koncentrace sodíku a draslíku v medech z různých zemí

Stát	c(Na) [mg/kg]	c(K) [mg/kg]
Brazílie	139 - 509	167 - 3350
Irsko	41,3 - 196	410 - 714
Indie	97,9 - 304	490 - 932
Itálie	6,10 - 232	147 - 4140
Makedonie	5,90 - 150	169 - 3320

Studie uvádí, že koncentrace kovů v medu je ovlivněna složením půdy. V medech z pobřežních oblastí, kde je moře zdrojem Na a K, může být koncentrace zvýšena až desetkrát²¹.

Množstvím sodíku a draslíku se zabývala i studie, jejímž cílem bylo stanovit obsah minerálů ve vzorcích medu na Kanárských ostrovech a identifikovat původ medu. Bylo stanovováno 10 různých kovů ve 116 vzorcích. Obsah draslíku se pohyboval v rozmezí 214 - 3170 mg/kg, jeho průměrný obsah byl 1090 mg/kg. Koncentrace sodíku byla v rozsahu 9,42 - 258 mg/kg, průměrná hodnota byla 70 mg/kg. Obsah minerálů v medu koreloval s původem medu. Analýza hlavních komponent a shluková analýza odhalila, že medy lze charakterizovat podle obsahu sodíku, draslíku, stroncia, hořčíku, vápníku a mědi²⁵.

Další studie stanovovala 12 prvků ve 30 vzorcích medu z různých oblastí Polska. Sodík a draslík byly stanoveny pomocí F-AAS. Draslík byl nejvíce zastoupeným prvkem. Průměrná koncentrace draslíku v medovicových medech byla 2 390 mg/kg, v řepkových medech byla 200 mg/kg. Rozsah koncentrací sodíku a draslíku obsahuje Tab. 2.2 (cit.²²).

Tab. 2.2: Rozsahy koncentrací sodíku a draslíku v medovicovém a řepkovém medu

Druh medu	$c(\text{Na})$ [mg/kg]	$c(\text{K})$ [mg/kg]
medovicový	10,3 - 88,4	1740 - 3250
řepkový	0,380 - 89,6	7,70 - 360

Jiná studie zjišťovala obsah minerálů v medech vyprodukovaných v severozápadním Španělsku. Sodík a draslík byly určeny pomocí emisní spektrometrie. Draslík byl nejhojnějším prvkem s průměrným obsahem 1570 mg/kg. Průměrný obsah sodíku byl 138 mg/kg²⁸.

Studie zabývající se obsahem kovů ve vzorcích medu v Turecku uvádí, že nejhojnějším kovem v medu byl draslík s průměrnou koncentrací 764 mg/kg. Průměrný obsah sodíku byl 129 mg/kg²⁹.

Rashed ve své studii porovnal koncentrace prvků v egyptských medech z různého zdroje krmiva (přírodní a umělé). Výsledky odhalily, že umělý sirupový med vykazoval vyšší koncentrace určitých prvků (mezi které patřily i sodík a draslík) než jednokvěté medy³⁰.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Použité chemikálie (složení, čistota, výrobce)

- Standardní roztok sodných iontů o koncentraci 1000 mg/l (CentiPUR)
- Standardní roztok draselných iontů o koncentraci 1000 mg/l (CentiPUR)
- Chlorid draselný p. a. (Lach-Ner s.r.o, Česká republika)
- Chlorid cesný p. a. (Lachema n. p. Brno, Česká republika)
- Koncentrovaná 65% kyselina dusičná (Lach-Ner, s.r.o., Česká republika)

3.2 Použité přístroje

- Spektrometr GBC 933 AA (GBC Scientific Equipment, Australia)
- Přístroj na výrobu deionizované vody Milli-Q plus (Millipore, USA)
- Analytické váhy (Sartorius, Česká republika)
- Automatické pipety o objemech 1000 μ l a 5 ml (Thermo Fisher Scientific, USA)
- Výbojky s dutou katodou pro stanovení Na a K (Varian, Austrálie)

Tab. 3.1: Neměnné parametry při měřeních metodou F-AAS

Parametr	Sodík	Draslík
Vlnová délka [nm]	589,0	766,5
Šířka spektrálního intervalu [nm]	0,5	0,5
Napájecí proud [mA]	5,0	6,0

Tab. 3.1 udává parametry, které byly v průběhu experimentálních měření na spektrometru GBC 933 AA neměnné.

3.3 Vzorky medů

Celkem bylo stanovováno 27 vzorků medu.

Tab. 3.2 udává informace o medech, které pocházely z oblasti Železných hor v Pardubickém kraji. Vzorky medů byly získány od místních včelařů v okruhu 6 km. Snahou bylo minimalizování vlivů různého podnebí na složení medu.

V Tab. 3.3 jsou údaje o medech z různých lokalit. Zde jsou pro srovnání zařazeny i medy z obchodního řetězce z jiných zemí.

Tab. 3.2: Přehled analyzovaných vzorků medu z oblasti Železných hor

Vzorek	druh podle vyhlášky	specifikace
1A	květový	čistý květový
2A	květový	čistý květový
3A	květový	květový smíšený
4A	květový	čistý květový
5A	květový	čistý květový
6A	květový	květový smíšený
7A	květový	lipový med
8A	květový	lipový med
9A	medovicový	medovicový
10A	medovicový	medovicový
11A	medovicový	medovicový
12A	medovicový	medovicový
13A	medovicový	medovicový
14A	medovicový	medovicový

Tab. 3.3: Informace o medech z různých lokalit

Vzorek	druh	zdroj	kraj	lokality
1B	medovicový	včelař	Pardubický	Poběžovice u Holic
2B	medovicový	včelař	Plzeňský	Trnčí
3B	květový	včelař	Jihomoravský	Oslavany
4B	květový lipový	včelař	Jihomoravský	Brno
5B	květový	včelař	Jihomoravský	Brno
6B	květový	včelař	Jihomoravský	Brno
7B	květový	obchodní řetězec	-	Země EU a mimo EU
8B	květový	obchodní řetězec	-	Země EU a mimo EU
9B	květový	včelař	Královéhradecký	Jaroměř
10B	květový	včelař	Královéhradecký	Třebechovice pod Orebem
11B	květový	včelař	Královéhradecký	Třebechovice pod Orebem
12B	květový	včelař	Ústecký	České středohoří
13B	květový smíšený	včelař	Vysočina	Nová Ves u Chotěboře

3.4 Pracovní postup

Stanovované prvky byly měřeny metodou atomové absorpční spektrometrie s plamenovou technikou atomizace. Jako stabilizační roztok pro přípravu roztoků byl použit 0,24% roztok kyseliny dusičné, který byl připraven z koncentrované 65% kyseliny dusičné a deionizované vody. Před analýzou vzorků medu bylo nutné provést optimalizaci metody pro získání co nejpřesnějších výsledků. Každé měření bylo provedeno třikrát.

Optimalizace pracovních podmínek

Pro nalezení optimálních podmínek byl připraven standardní roztok sodíku o koncentraci 1,0 mg/l ze zásobního roztoku o koncentraci 10 mg/l a roztok draslíku o koncentraci 1,0 mg/l ze zásobního roztoku 10 mg/l. Byl zjišťován vliv měněných parametrů na velikost signálu. Optimalizace výšky paprsku nad hranou hořáku byla měřena v rozmezí 1 - 8 mm s krokem po 1 mm, průtoková rychlost acetylenu byla měřena při hodnotách 2,0 - 4,0 l/min s krokem 0,5 l/min, optimalizace horizontální polohy hořáku byla sledována v rozmezí 0 - 19 mm s krokem 1 mm. Pro následné měření byly ze získaných výsledků vybrány ty, které vykazovaly nejvyšší hodnotu signálu.

Kalibrace a zjištění základních charakteristik

Měření byla provedena za optimálních podmínek. K získání kalibračních závislostí pro stanovení sodíku i draslíku byly připraveny kalibrační roztoky sodíku a draslíku o koncentracích 0,25; 0,50; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 25 mg/l ředěním standardního roztoku. Pro výpočet základních charakteristik metody byly desetkrát proměřeny roztoky sodíku o koncentracích 0,25 mg/l a 0,5 mg/l a draslíku o koncentracích 0,25 mg/l a 0,5 mg/l.

Příprava kalibračních roztoků pro stanovení s pufrem

Pro stanovení sodíku byly připraveny kalibrační roztoky z připravených roztoků o koncentracích 0,25; 0,50; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 25 mg/l. Vždy bylo odebráno 10 ml příslušného standardního roztoku do plastové zkumavky a k němu bylo přidáno 0,5 ml ionizačního pufru KCl o koncentraci 1,34 mol/l. Pro stanovení draslíku byl postup obdobný, pouze byl přidáván pufr CsCl o koncentraci 0,158 mol/l.

Příprava vzorků

Jednotlivé vzorky medu byly zváženy. Množství medu vzaté k analýze se pohybovalo v rozmezí od 4,0 do 6,4 g. Med byl rozpuštěn ve 30 až 40 ml stabilizačního roztoku v kádince, poté byl kvantitativně převeden do 50ml plastové centrifugační zkumavky a doplněn po rysku stabilizačním roztokem na 50 ml. Takto připravené roztoky vzorků medu byly použity ke stanovení sodíku a draslíku bez přidání pufru. Roztoky sloužily jako zásobní pro přípravu vzorků pro stanovení s pufrem.

Příprava vzorků pro stanovení s pufrem

Pro stanovení sodíku bylo odebráno 10 ml vzorku ze zásobního roztoku do 15ml plastové centrifugační zkumavky a k němu bylo přidáno 0,5 ml KCl pufru.

Pro stanovení draslíku byl odpipetován 1 ml vzorku ze zásobního roztoku do 15ml plastové zkumavky, vzorek byl doplněn na 10 ml stabilizačním roztokem a bylo přidáno 0,5 ml CsCl pufru. Některé připravené vzorky pro stanovení draslíku vykazovaly vysoké hodnoty absorbance a bylo je nutné ještě 10krát zředit.

3.5 Statistické zpracování

Každé měření bylo provedeno třikrát. Získané výsledky byly statisticky zpracovány.

Aritmetický průměr (\bar{x})

Aritmetický průměr je odhadem střední hodnoty souboru výsledků.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

kde x_i jsou individuální výsledky souboru měření a n označuje počet opakovaných měření^{6,9}.

Opakovatelnost (O)

Opakovatelnost (variační koeficient) odpovídá relativní směrodatné odchylce vyjádřené v procentech³¹.

$$O = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 (\%)$$

kde σ je směrodatná odchylka⁹.

Citlivost

Citlivost je změna odezvy vůči změně koncentrace analytu. Je dána směrnicí kalibrační přímky⁹.

Mez detekce (LOD)

Mez detekce je nejmenší koncentrace analytu, která vyvolá odezvu měřicího systému rozpoznatelnou od ostatních vlivů. Mez detekce lze vypočítat ze vztahu

$$\text{LOD} = \frac{3 \cdot \sigma_s}{m}$$

kde σ_s je směrodatná odchylka šumu základní linie, která byla vypočtena jako směrodatná odchylka 10 měření stejného vzorku s velmi nízkou koncentrací analytu a m je směrnice kalibrační křivky procházející bodem [0,0] (cit.³¹).

Mez stanovitelnosti (LOQ)

Mez stanovitelnosti je nejnižší koncentrace analytu, kterou lze s dostatečnou přesností a správností vyhodnotit. Mez stanovitelnosti získáme ze vztahu³¹

$$\text{LOQ} = \frac{10 \cdot \sigma_s}{m}$$

Lineární dynamický rozsah

Lineární dynamický rozsah udává rozsah koncentrací s konstantní citlivostí. Začíná mezi stanovitelnosti.³¹

Konfidenční interval střední hodnoty (CI_μ)

Konfidenční interval střední hodnoty umožňuje definovat rozsah hodnot kolem výsledku měření, v němž se nalézá skutečná střední hodnota s určitou pravděpodobností, pokud je spolehlivý odhad σ . Platí vztah

$$CI_\mu = \bar{x} \pm \frac{z \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

kde $z = 1,96$. Pro vyhodnocení dat byla použita 95% konfidenční úroveň⁹.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

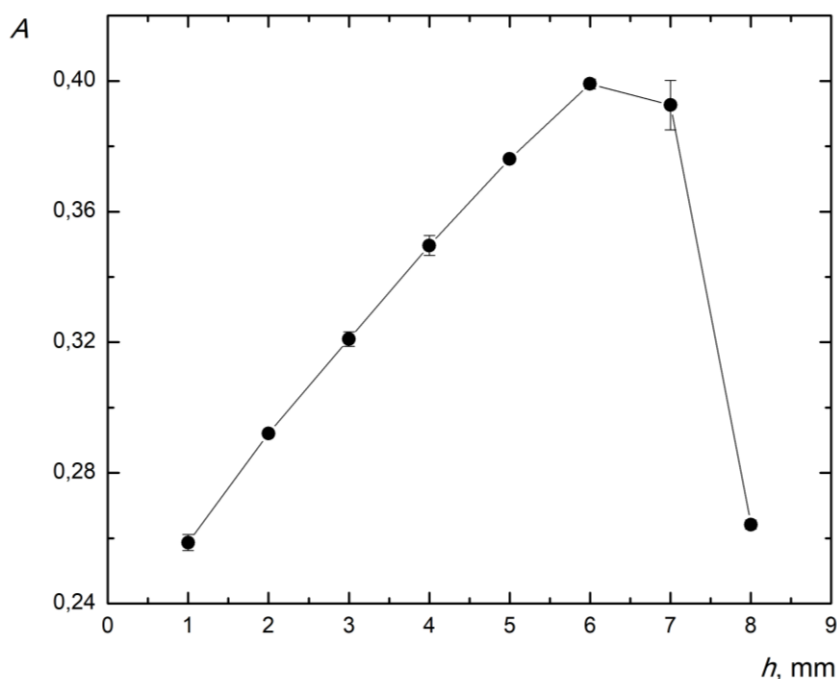
Tato kapitola shrnuje výsledky, které byly získány metodou F-AAS. Každé analytické měření bylo provedeno třikrát. Konfidenční intervaly středních hodnot jsou znázorněny formou chybových úseček.

4.1.1 *Optimalizace parametrů*

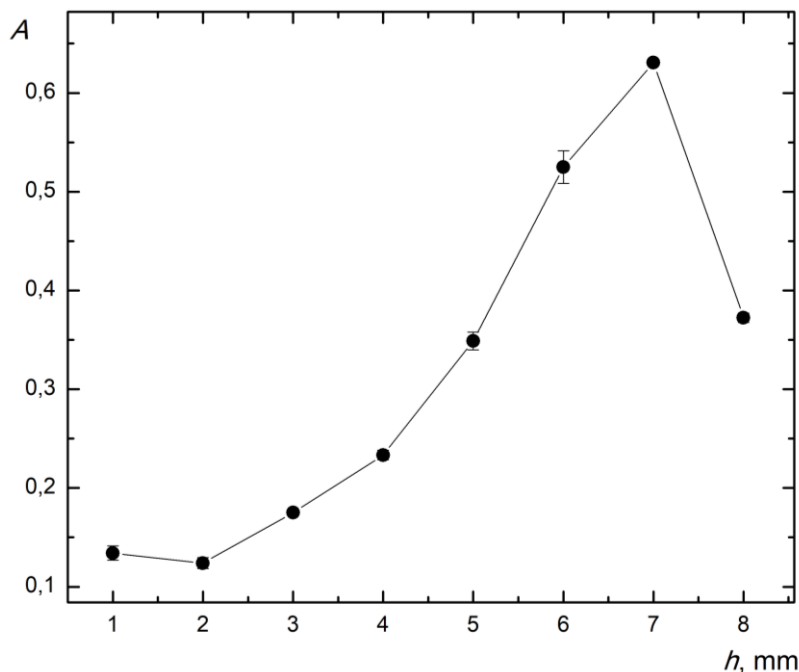
Abychom při měření získali co nejpřesnější výsledky, bylo nutné nalézt optimální přístrojové parametry, aby byla citlivost pro stanovení sodíku a draslíku co nejvyšší. Měření byla provedena s roztokem sodíku o koncentraci 1,0 mg/l a s roztokem draslíku o koncentraci 1,0 mg/l.

Optimalizace výšky paprsku nad hranou hořáku

Vzdálenost mezi paprskem a hranou hořáku byla sledována pro sodík i draslík v rozmezí 1 až 8 mm po 1 mm. Získané hodnoty jsou graficky znázorněné na Obr. 4.1 pro stanovení sodíku a na Obr. 4.2 pro stanovení draslíku.



Obr. 4.1: Závislost absorbance na výšce paprsku nad hranou hořáku pro sodík $c(\text{Na}) = 1,0 \text{ mg/l}$, $Q_v = 2,5 \text{ l/min}$

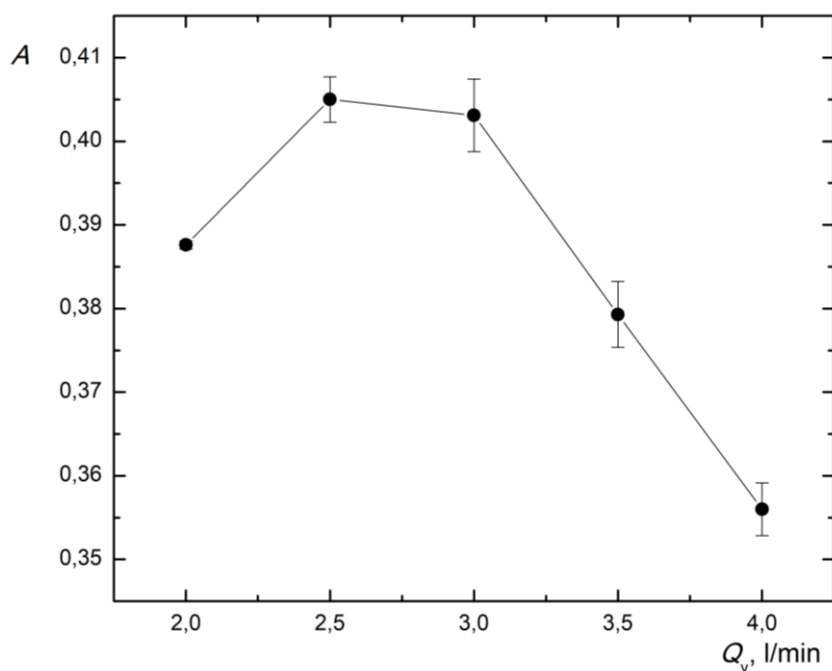


Obr. 4.2: Závislost absorbance na výšce paprsku nad hranou hořáku pro draslík $c(K) = 1,0 \text{ mg/l}$, $Q_v = 2,5 \text{ l/min}$

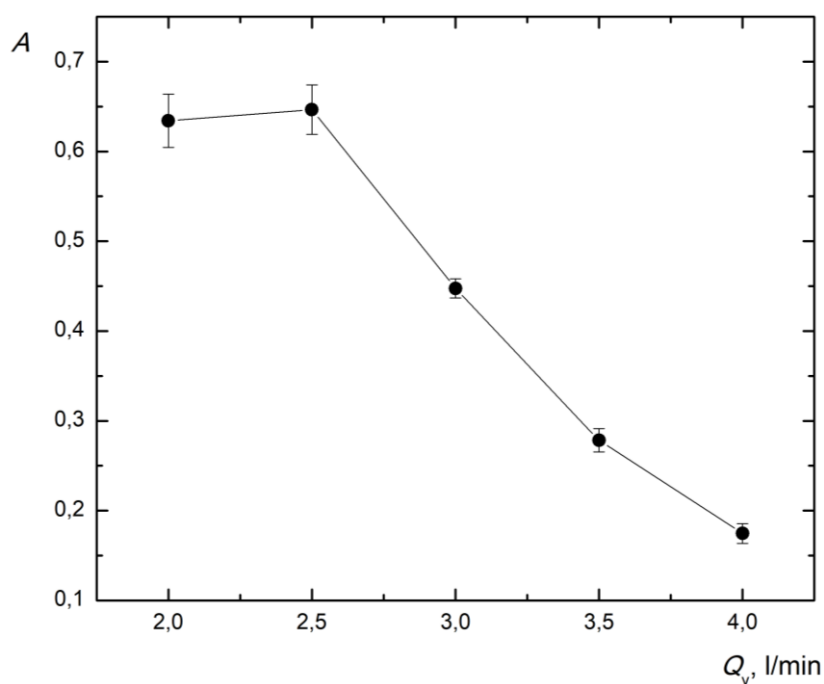
Při hledání optimální vzdálenosti paprsku nad hořákem pro sodík i draslík docházelo při zvětšování vzdálenosti mezi paprskem a hořákem k postupnému růstu absorbance. Po získání optimální polohy odpovídající maximální absorbanci docházelo ke strmému poklesu absorbance. Z Obr. 4.1 vyplývá, že optimální vzdálenost mezi paprskem a hořákem pro sodík byla 6,0 mm a z Obr. 4.2 byla získána optimální vzdálenost pro draslík odpovídající 7,0 mm. Tyto hodnoty byly již dále používány jako optimální.

Optimalizace průtokové rychlosti acetylenu

Pro experimenty byl použit plamen vzduch-acetylen. Byl hledán ideální poměr mezi palivem a oxidantem. Průtok oxidantu (vzduchu) byl po celou dobu měření konstantní (7,5 l/min). Upravován byl pouze průtok paliva (acetylenu). Průtok acetylenu byl měřen v rozmezí od 2,0 do 4,5 l/min po 0,5 l/min. Z Obr. 4.3 byla získána optimální hodnota průtoku acetylenu pro sodík a z Obr. 4.4 pro draslík.



Obr. 4.3: Závislost absorbance na průtoku acetyleny pro sodík
 $c(\text{Na}) = 1,0 \text{ mg/l}$, $h = 6 \text{ mm}$

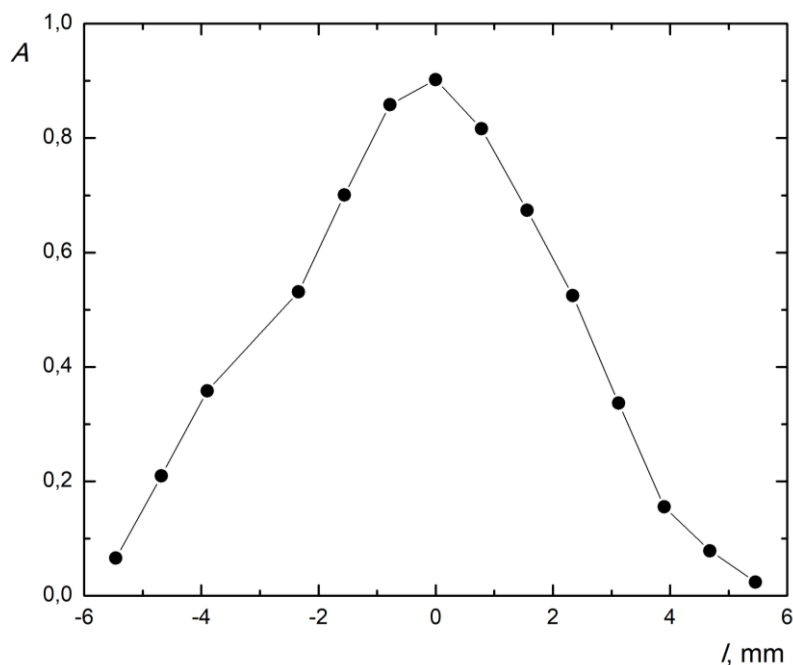


Obr. 4.4: Závislost absorbance na průtoku acetyleny pro roztok draslíku
 $c(\text{K}) = 1,0 \text{ mg/l}$, $h = 7 \text{ mm}$

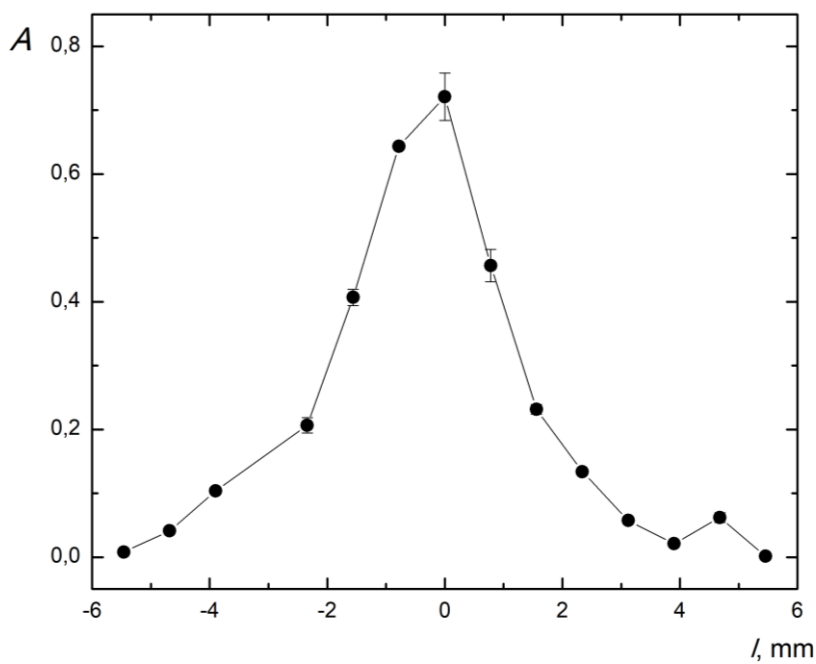
Pro sodík i pro draslík byl stanoven optimální průtok acetyleny 2,5 l/min. Po dosažení optimální hodnoty docházelo k výraznému poklesu absorbance.

Optimalizace posunu hořáku horizontálně

Posun hořáku byl realizován otáčením justačního šroubu. Jedno otočení šroubu představovalo posunutí o 0,78 mm, čímž byl definován celý proměřovaný rozsah v mm.



Obr. 4.5: Závislost absorbance na horizontální poloze hořáku pro sodík $c(\text{Na}) = 1,0 \text{ mg/l}$, $h = 6 \text{ mm}$, $Q_v = 2,5 \text{ l/min}$

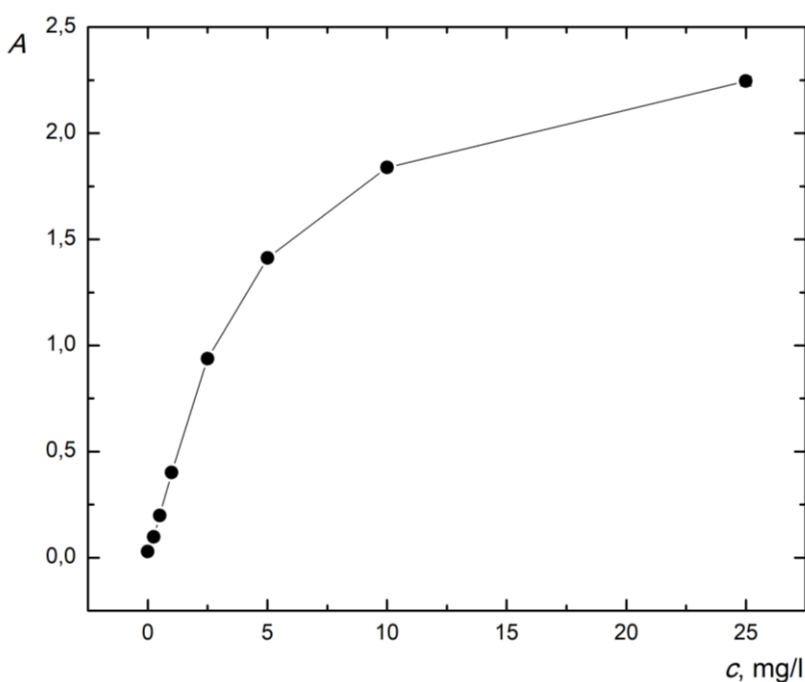


Obr. 4.6: Závislost absorbance na horizontální poloze hořáku pro draslík $c(\text{K}) = 1,0 \text{ mg/l}$, $h = 7 \text{ mm}$, $Q_v = 2,5 \text{ l/min}$

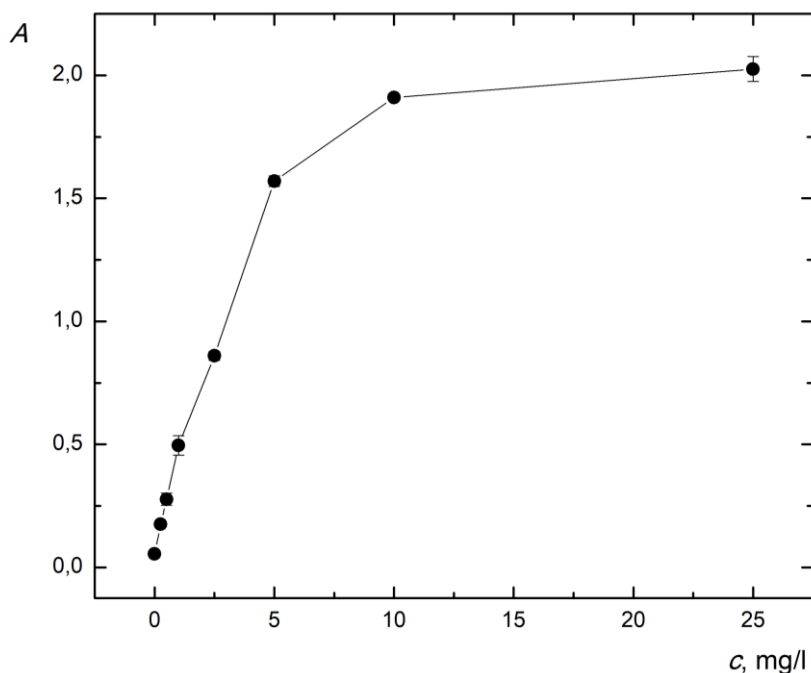
Z Obr. 4.5 i Obr. 4.6 byla optimální hodnota odpovídající nejvyššímu signálu zjištěna v místě, kde paprsek procházel středem plamene.

4.1.2 Kalibrace

Při měření kalibračních závislostí byly použity zjištěné optimální hodnoty experimentální parametrů. Pro sestavení kalibrační křivky byly postupně proměřeny roztoky sodíku a draslíku o koncentracích 0,25; 0,50; 1,0; 2,5; 5,0; 10 a 25 mg/l. Kalibrační křivka pro sodík je uvedena na Obr. 4.7 a kalibrační křivka pro draslík na Obr. 4.8.



Obr. 4.7: Závislost absorbance na koncentraci sodíku
 $h = 6 \text{ mm}$, $Q_v = 2,5 \text{ l/min}$



Obr. 4.8: Závislost absorbance na koncentraci draslíku
 $h = 7$ mm, $Q_v = 2,5$ l/min

Základní charakteristiky pro stanovení sodíku i draslíku byly získány z lineární části kalibrační křivky a z 10krát měřených absorbancí roztoků s koncentrací 0,25 mg/l a 0,50 mg/l. Hledané charakteristiky jsou shrnuty v Tab. 4.1.

Tab. 4.1: Charakteristiky pro stanovení sodíku a draslíku

Charakteristika	Sodík	Draslík
Opakovatelnost [%]	0,87	2,9
Citlivost [l/mg]	0,371	0,294
Mez detekce [mg/l]	0,009	0,049
Mez stanovitelnosti [mg/l]	0,031	0,163
Lineární dynamický rozsah [mg/l]	0,031 – 2,5	0,049 – 5,0

4.1.3 Stanovení sodíku a draslíku ve vzorcích medů

Při stanovení sodíku a draslíku ve vzorcích medů byly nejdříve proměřeny roztoky standardů pro získání kalibrační závislosti. Před začátkem a po ukončení měření konkrétních vzorků medu byl použit roztok o koncentraci 1,0 mg/l jako kontrolní roztok pro zjištění stability odezvy přístroje. Koncentrace prvků byly získány porovnáním

s kalibrační křivkou. Získané koncentrace byly přepočítány na koncentraci analytů v původním vzorku.

Analyzované medy z oblasti Železných hor

Výsledné koncentrace medů z oblasti Železných hor nalezneme v Tab. 4.2.

Tab. 4.2: Koncentrace sodíku a draslíku a jejich poměr v medech z Železných hor

Vzorek	Na [mg/kg]	K [mg/kg]	poměr Na/K
1A	4,39 ± 0,03	370 ± 4	0,012
2A	0,880 ± 0,110	421 ± 3	0,002
3A	7,75 ± 0,10	531 ± 4	0,015
4A	2,30 ± 0,05	223 ± 2	0,010
5A	2,67 ± 0,07	301 ± 2	0,009
6A	8,88 ± 0,19	511 ± 11	0,017
7A	3,54 ± 0,02	1270 ± 13	0,003
8A	4,96 ± 0,03	850 ± 20	0,006
9A	6,98 ± 0,08	2040 ± 30	0,003
10A	5,79 ± 0,10	783 ± 9	0,007
11A	7,44 ± 0,02	1440 ± 9	0,005
12A	5,38 ± 0,07	2210 ± 40	0,002
13A	12,2 ± 0,1	2750 ± 30	0,004
14A	5,87 ± 0,07	960 ± 40	0,006

Koncentrace sodíku v květových medech z Železných hor se pohybovala v rozmezí 0,88 - 8,88 mg/kg. Nejnižší obsah sodíku 0,880 - 4,39 mg/kg byl naměřen u květových medů. Vyšší obsah sodíku (7,75 a 8,88 mg/kg) byl získán u květových smíšených medů. Obsah sodíku u lipových medů byl 3,54; 4,96 mg/kg. Koncentrace sodíku v medovicových medech byla v rozmezí 5,38 - 12,2 mg/kg.

U žádného z medovicových medů nebyla koncentrace sodíku nižší než u čistě květových medů.

Koncentrace draslíku v květových medech byla v rozmezí hodnot 223 - 1270 mg/kg. Nejnižší koncentrace 223 - 421 mg/kg byla naměřena u čistě květových medů.

Vyšší obsah draslíku 511; 531 mg/kg byl naměřen u květových medů smíšených. Koncentrace draslíku u lipových medů byla 850; 1270 mg/kg. Koncentrace draslíku v medovicových medech byla v rozmezí 783 - 2750 mg/kg.

Vysoká koncentrace draslíku v medovicových medech oproti čistě květovým odpovídala tvrzením v literárních zdrojích, že medovicové medy obsahují více minerálních látek než medy květové. Koncentrace draslíku smíšených květových medů odpovídala skutečnosti, že smíšené medy jsou směsí medů nektarových a medovicových. Jejich koncentrace se pohybovaly mezi hodnotami obou druhů medů. Zjištěný vyšší obsah draslíku v lipovém medu se shodoval se zjištěnými informacemi, které uváděly, že lipový med je složen z lipového nektaru i z lipové medovice.

Analyzované medy z různých oblastí

Výsledné koncentrace vzorků medů z různých oblastí, mezi kterými byly medy z obchodního řetězce, jsou uvedeny v Tab. 4.3.

Tab. 4.3: Koncentrace sodíku, draslíku a poměr koncentrací sodíku a draslíku stanovovaných s pufrům ve vzorcích medu z různých lokalit

Vzorek	$c(\text{Na})$ [mg/kg]	$c(\text{K})$ [mg/kg]	poměr Na/K	$c(\text{Na})$ [mg/kg]	$c(\text{K})$ [mg/kg]
	s pufrům	s pufrům		bez pufru	bez pufru
1B	$6,70 \pm 0,04$	910 ± 50	0,007	$7,63 \pm 0,05$	1220 ± 20
2B	$17,8 \pm 0,06$	684 ± 14	0,026	$18,1 \pm 0,10$	1190 ± 30
3B	$8,15 \pm 0,07$	313 ± 11	0,026	$9,02 \pm 0,06$	274 ± 5
4B	$2,69 \pm 0,05$	977 ± 25	0,003	$4,82 \pm 0,01$	1270 ± 14
5B	$4,05 \pm 0,02$	450 ± 20	0,009	$6,02 \pm 0,03$	519 ± 20
6B	$4,82 \pm 0,05$	640 ± 20	0,008	$6,62 \pm 0,01$	1040 ± 30
7B	$12,6 \pm 0,1$	590 ± 13	0,021	$13,8 \pm 0,1$	790 ± 20
8B	$25,3 \pm 0,2$	489 ± 14	0,052	$27,1 \pm 0,1$	580 ± 20
9B	$3,94 \pm 0,02$	364 ± 7	0,011	$5,57 \pm 0,01$	330 ± 6
10B	$5,73 \pm 0,13$	820 ± 40	0,007	$6,82 \pm 0,04$	1180 ± 5
11B	$7,40 \pm 0,11$	693 ± 20	0,011	$8,28 \pm 0,01$	860 ± 20
12B	$6,34 \pm 0,04$	279 ± 12	0,023	$7,80 \pm 0,04$	283 ± 4
13B	$4,75 \pm 0,02$	430 ± 6	0,011	$6,18 \pm 0,01$	468 ± 13

Koncentrace sodíku se pohybovaly v rozmezí 2,69 - 25,3 mg/kg. Koncentrace draslíku byly v rozmezí 279 - 977 mg/kg. Nejvyšší koncentrace draslíku 910; 684; 977 mg/kg vykazovaly medovicové medy a med lipový. Nejvyšší koncentrace sodíku 12,6; 25,3 a 17,8 mg/kg vykazovaly květové medy z obchodního řetězce a med medovicový. Obsahem sodíku se květové medy z obchodního řetězce vymykaly od ostatních květových medů.

Během experimentu bylo ověřeno, že měření s přidavkem pufru je přesnější. Koncentrace Na a K bez přidavku pufru byly vyšší než koncentrace získané s přidavkem pufru.

Srovnání všech 27 analyzovaných medů

Vysoká koncentrace draslíku oproti sodíku v medech odpovídá studiím, ve kterých byl draslík stanoven jako nejvíce zastoupený prvek medu.

Vzájemný poměr sodíku a draslíku byl různý a nebylo pozorováno, že by jejich vzájemný poměr závisel na druhu medu. Mezi medy s nejvyšším poměrem sodíku a draslíku patřil vzorek 2B (medovicový med), který vykazoval nejvyšší koncentraci sodíku ze všech medovicových medů, ale zároveň koncentrace draslíku zde byla ze všech medovicových medů nejnižší. Obdobný trend bylo možné pozorovat u vzorků 3B a 12B (květové medy). Lze usuzovat, že vyšší množství sodíku ovlivňuje koncentraci draslíku. Tento jev by mohl souviset se skutečností získanou z literárních zdrojů, že vysoká koncentrace sodíku v půdě snižuje příjem draslíku rostlinou.

Srovnání analyzovaných medů z ČR se zahraničními studiemi

Do srovnání nebyly zařazeny medy z obchodního řetězce, jejichž původ nebyl zcela určen. Porovnávány byly pouze výsledky získané při měření s přidavkem pufru.

Průměrná koncentrace sodíku v analyzovaných květových medech z ČR byla 4,9 mg/kg a v medovicových 8,5 mg/kg. Průměrná koncentrace draslíku v analyzovaných květových medech z ČR byla 555 mg/kg a v medovicových medech z ČR 1470 mg/kg. Tab. 4.4 udává rozsah koncentrací medů z ČR.

Tab. 4.4: Rozsah koncentrací prvků v jednotlivých druzích analyzovaných medů z ČR

druh medu	$c(\text{Na})$ [mg/kg]	$c(\text{K})$ [mg/kg]
květový	0,88 – 12,63	279 - 1279
medovicový	5,38 - 17,8	684 - 2750

Analyzované české medy obsahovaly malé množství sodíku oproti medům z Brazílie, Irska, Indie, Kanárských ostrovů, Španělska a Turecka. V porovnání s medy z Polska, Itálie a Makedonie koncentrace analyzovaných medů ležely v rozmezí udávaných hodnot, přestože některé medy z daných zemí vykazovaly koncentrace značně vyšší.

Nízký obsah sodíku v medech z ČR může souviset s tím, že ČR je vnitrozemský stát.

Průměrná koncentrace draslíku v medovicových medech 1470 mg/kg v porovnání s obsahem medovicového polského medu 2390 mg/kg byla nižší. Průměrný obsah draslíku v analyzovaných medovicových medech byl vyšší než u medů z Kanárských ostrovů, Turecka, Irska, Indie a srovnatelný s medy ze Španělska. V porovnání s medy z Brazílie, Itálie a Makedonie se koncentrace nacházely v rozmezí hodnot koncentrací uváděnými studii.

Průměrná koncentrace draslíku v květových medech 555 mg/kg ve srovnání s polským řepkovým medem 200 mg/kg byla vyšší. Ve srovnání v ostatními studii se průměrná koncentrace nacházela v rozmezí hodnot, ale ve většině případech se jednalo o nejnižší koncentrace analyzovaných medů ve studiích.

5 ZÁVĚR

Byly stanoveny koncentrace sodíku a draslíku ve 27 vzorcích medu pomocí atomové absorpční spektrometrie s plamenovou atomizací.

První část práce byla věnována nalezení optimálních podmínek pro stanovení sodíku a draslíku. Optimalizována byla výška paprsku nad hranou hořáku, průtoková rychlost acetylenu a horizontální poloha hořáku. Za nalezených optimálních podmínek byly zjištěny základní charakteristiky stanovení.

Druhá část byla věnována stanovení sodíku a draslíku ve vzorcích medu. Z výsledků vyplývá, že medy obsahují vysokou koncentraci draslíku oproti sodíku. Medy lze považovat za dobrý zdroj draslíku, který zároveň obsahuje málo sodíku. Zároveň bylo ověřeno, že měření s přidavkem pufru je přesnější.

Medovicové medy obsahovaly vyšší koncentrace sodíku a draslíku než medy květové. Porovnáním hodnot se zahraničními studii obsahovaly medy z ČR nízké koncentrace sodíku. Koncentrace draslíku v medovicových medech byla ve většině případů vyšší nebo srovnatelná se zahraničními studii, v květových medech byla koncentrace v porovnání se studii ve většině případů nižší.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- 1) Kladenský, J.: Vliv vitamínů, minerálů a stopových prvků na lidské zdraví s podrobnějším zaměřením na urogenitální systém. Jaká rizika přináší jejich deficit či předávkování? – 2.část. *Urologie pro praxi* 18:3, 109-114 (2017).
- 2) Sharma, S.: *Klinická výživa a dietologie v kostce*. Praha, Grada Publishing 2018.
- 3) Šubrtová, M; Matějová, H.: Sodík a jeho vliv na zdraví. *Hygiena* 60:4, 149-154 (2015).
- 4) Titěra, D.: *Včelí produkty mýtů zbavené*. Praha: Brázda 2006.
- 5) Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství. *Cukr ve výživě*. Dostupné z URL: <<https://www.bezpecnost.potravin.cz>>
- 6) Opekar, F.: *Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. 2. vyd. Praha, Karolinum 2010.
- 7) Záruba, K.: *Analytická chemie (2. díl)*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016.
- 8) Němcová, I.; Čermáková, I.; Rychlovský, P.: *Spektrometrické analytické metody I*. 2. vyd. Praha, Karolinum 2004.
- 9) Skoog, D. A.: *Analytická chemie*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 2019.
- 10) Paul, B.N.; Chanda S.; Das S.; Singh P., Pandey B.K., Giri S.S.: Mineral Assay in Atomic Sbsorption Spectroscopy. *The Beats of Natural Sciences* 4:1, 1-17 (2014)
- 11) Komínková, J.; Mestek, O.: *Atomová absorpční spektrometrie*. Dostupné z URL: <<https://www.vscht.cz/files/uzel/0005766/AAS.pdf?redirected>> [cit. 30.5.2021]
- 12) Fedlička, M.: Fotonásobiče. *Světlo* 6, 51-52 (2009)
- 13) Housecroft, C.E.; Sharpe, A.G.: *Anorganická chemie*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická 2014.
- 14) Pánek, J.; Dostálová; J; Pokorný, J.: *Základy výživy a výživová politika*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická 2002.
- 15) Mourek, J.: *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2. vyd. Praha, Grada 2012.

- 16) Hlavatá, K.: Výživa ve zdraví i nemoci. *Kazuistiky v angiologii* 2:3, 20-22 (2015).
- 17) Matějková, M.: Dietní opatření při hyperkalemii. *Medicína pro praxi* 11:2, 82-83 (2014).
- 18) Kodíček, M.; Hynek, R.; Valentová O.: Biochemie: chemický pohled na biologický svět. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 2015.
- 19) Směrnice rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu. *Příloha 1*.
Dostupné z URL: <<https://cit.vfu.cz/legpoeu/leg/2001-110.pdf>> [cit. 15.6.2021]
- 20) Altman, N.: *Med jako lék*. Olomouc: Fontána 2014.
- 21) Pohl, P.: Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 28:1, 117-128 (2009).
- 22) Madejczyk, M.; Baralkiewicz, D.: Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*, 617:1–2, 11-17 (2008).
- 23) Učební texty Mendelovy univerzity v Brně. *Včelařství – cvičení. Proces vzniku medu*.
Dostupné z URL:
<web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2560&typ=html>
[cit. 16.6.2021]
- 24) Luštinec, J.; Žárský, V.: *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. Praha, Karolinum 2003.
- 25) O.M. Hernández, O.M.; Fraga, J.M.G.; Jiménez, A.I.; Jiménez, F.; Arias, J.J.:
Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chemistry* 93:3, 449-458 (2005)
- 26) Titěra, D.: *Správná praxe a kvalita krmení včel pro úspěšné přezimování*. Klíčany, Výzkumný ústav včelařský 2018.
- 27) Vyhláška č. 76/2003 Sb. *Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony*. Dostupné z URL:<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76>> [cit. 20.6.2021]
- 28) Rodiriguez-Otero, J.L.; Poseiro, P.; Simal, J.; Cepada.: Mineral content of the honeys produced in Galicia (North-west Spain). *Food Chemistry* 49, 169-171(1999)
- 29) Tutun, H.:Metals in Honey Samples from West Mediterranean Region of Turkey. *Veterinary Research Forum* 10:3,181-186 (2019)

- 30) Rashed, M.N.; Soltan, M.E.; Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys, *Food Composition and Analysis* 17:6, 725-735 (2004)
- 31) Katedra analytické chemie, Univerzita Karlova: *Návody k praktickým úlohám pro studenty NANALD*. Dostupné z URL:
<<http://web.natur.cuni.cz/analchem/pprakt/navody.pdf>>