

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra anorganické chemie



**Badatelské úlohy do školní lavice – návrh
chemických úkolů pro rozvoj badatelských zručností
žáků k tématu Med.**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Kateřina Kedroňová
Studijní obor:	Biologie a chemie pro vzdělávání
Typ studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Mgr. Jana Prášilová, Ph.D.

Olomouc 2025

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci sepsala samostatně pod dohledem vedoucího bakalářské práce a že jsem uvedla všechnu použitou literaturu na konci práce. Prohlašuji, že jsem v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce neporušila autorská práva.

Souhlasím s tím, aby byla tato práce přístupná v knihovně katedry anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 30.4.2025

.....

Kateřina Kedroňová

Poděkování

Ráda bych touto cestou srdečně poděkovala své vedoucí bakalářské práce, paní doktorce Mgr. Janě Prášilové, Ph.D., za její trpělivé vedení, odbornou pomoc a podporu, kterou mi po celou dobu psaní práce věnovala. Poděkování patří také mé středoškolské profesorce chemie, paní doktorce Ing. Miroslavě Mahrové, Ph.D., která mě svým nadšením pro obor inspirovala a motivovala ke studiu chemie a učitelské profesi.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Kateřina Kedroňová

Název práce: Badatelské úlohy do školní lavice – návrh chemických úkolů pro rozvoj badatelských zručností žáků k tématu Med.

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. Jana Prášilová, Ph. D. (Katedra anorganické chemie)

Rok obhajoby práce: 2025

Abstrakt:

Předložená bakalářská práce se zabývá návrhem badatelsky orientovaných úloh z chemie, které jsou zaměřeny na téma medu a jsou určeny pro využití ve školní výuce. Cílem práce je podpořit rozvoj badatelských dovedností žáků prostřednictvím praktických úkolů, které propojují teoretické znalosti s reálným světem. V teoretické části je rozebrána koncepce badatelsky orientované výuky, její historický vývoj, struktura badatelského cyklu a specifika plánování výukových celků. Praktická část práce obsahuje problematiku medu – jeho vznik, chemické složení, legislativní požadavky a význam pro člověka. Dále je pozornost věnována návrhu čtyř badatelských úloh, které byly vytvořeny s ohledem na věkové a znalostní schopnosti žáků. Úlohy se zaměřují například na senzorické vlastnosti medu, obsah vody nebo rozdíl mezi viskozitou a hustotou. Výsledkem práce je metodický materiál, který může sloužit jako inspirace a opora učitelům při realizaci badatelsky orientované výuky v přírodovědných předmětech. Práce přispívá k rozšíření výukových metod podporujících aktivní učení, kritické myšlení a vztah žáků k přírodním vědám.

Klíčová slova: Badatelsky orientovaná výuka, med, včela medonosná, chemické pokusy, fyzikální pokusy

Počet stran: 92

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Kateřina Kedroňová

Title: Inquiry-Based Tasks for the Classroom – A Proposal of Chemistry Activities to Develop Students' Inquiry Skills on the Topic of Honey

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Czech Republic

Supervisor: Mgr. Jana Prášilová, Ph.D. (Department of Inorganic Chemistry)

Year of presentation: 2025

Abstract:

The presented bachelor's thesis deals with the design of research-oriented tasks in chemistry, which are focused on the topic of honey and are intended for use in school teaching. The aim of the thesis is to support the development of students' research skills through practical tasks that connect theoretical knowledge with the real world. The theoretical part analyzes the concept of research-oriented teaching, its historical development, the structure of the research cycle and the specifics of planning teaching units. The practical part of the thesis contains the issue of honey - its origin, chemical composition, legislative requirements and importance for humans. Furthermore, attention is paid to the design of four research tasks, which were created regarding the age and knowledge abilities of students. The tasks focus, for example, on the sensory properties of honey, water content or the difference between viscosity and density. The result of the thesis is methodological material that can serve as inspiration and support for teachers in implementing research-oriented teaching in science subjects. The work contributes to the expansion of teaching methods that support active learning, critical thinking, and students' relationship to science.

Keywords: Inquiry-based science education, honey, *Apis mellifera*, chemical experiments, physical experiments

Number of pages: 92

Language: Czech

Obsah

ÚVOD	9
CÍLE PRÁCE	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1 Současný stav poznání v oblasti badatelsky orientované výuky a medu	12
1.1 Závěrečné práce orientované na badatelskou výuku.....	12
1.2 Závěrečné práce věnující se chemické analýze a kvalitě medu	13
2 Badatelsky orientované vyučování	15
2.1 Badatelský cyklus.....	15
2.2 Historie.....	17
2.3 Hierarchie badatelských aktivit.....	18
2.4 Badatelské dovednosti žáka	21
2.5 Příprava výukového celku.....	22
2.5.1 Příprava a průběh badatelského celku.....	24
PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
3 Metodický materiál pro učitele	26
3.1 Včela medonosná jako didaktický model	26
3.1.1 Morfologie včely.....	26
3.1.2 Kastovní systém	28
3.1.3 Ekologický a ekonomický význam	29
3.1.4 Problematika včely medonosné ve světě.....	29
3.2 Med	30
3.2.1 Vznik medu	31
3.2.2 Druhy medu.....	31
3.2.3 Složení medu.....	34
3.2.4 Legislativa	36
4 Badatelsky orientované úkoly do školní lavice.....	37
4.1 Úkol č.1: Medová kapka v podezření	37
4.1.1 Metodický návod pro učitele.....	37
4.1.2 Pracovní list pro žáky.....	43
4.2 Úkol č.2: Zlatý poklad nebo medová léčka?.....	49
4.2.1 Metodický návod pro učitele.....	49
4.2.2 Pracovní list pro žáky.....	54
4.3 Úkol č.3: Lavinová výzva	60
4.3.1 Metodický návod pro učitele.....	60
4.3.2 Pracovní list pro žáky.....	64
4.4 Úkol č.4: Superkvasnicová mise	70

4.4.1	Metodický návod pro učitele.....	70
4.4.2	Pracovní list pro žáky.....	73
4.5	Nápady na další badatelské úkoly	76
VÝSLEDKY A DISKUZE		79
ZÁVĚR		81
POUŽITÁ LITERATURA.....		82
SEZNAM OBRÁZKŮ		89
SEZNAM TABULEK.....		90
SEZNAM GRAFŮ		91
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK		92

ÚVOD

Současná výuka přírodovědných předmětů, a chemie obzvláště, čelí mnoha výzvám. Jednou z nejzásadnějších je snaha o udržení zájmu žáků a jejich aktivního zapojení do výuky. Chemie bývá často vnímána jako abstraktní a teoretický obor, vzdálený každodennímu životu. Přitom právě chemie nabízí široké možnosti, jak propojit školní učivo s praktickými situacemi, a tím přiblížit žákům přirozenou logiku světa kolem nich. V rámci snahy o zefektivnění výuky a zvýšení motivace žáků se v posledních letech prosazuje koncept badatelsky orientovaného vyučování (BOV), který staví na aktivním poznávání, kladení otázek a samostatném objevování.

Badatelsky orientovaná výuka rozvíjí u žáků nejen vědomosti, ale i dovednosti a postoje – klade důraz na formulaci hypotéz, hledání důkazů, práci s daty, týmovou spolupráci i schopnost samostatného úsudku. Vede žáky k tomu, aby nepřebírali poznatky pasivně, ale aby je sami vytvářeli, ověřovali a aplikovali v různých kontextech. Tento způsob výuky přináší do školních lavic procesy blízké skutečné vědecké práci, a podporuje tak rozvoj kompetencí potřebných pro život v moderní, informacemi přesycené společnosti. BOV zároveň přispívá k rozvoji pozitivního vztahu žáků k přírodním vědám, a může hrát důležitou roli v budoucím výběru studijního či profesního zaměření.

Předložená bakalářská práce se zaměřuje na návrh badatelsky orientovaných úloh do výuky chemie na téma medu. Med byl jako stěžejní výukový objekt zvolen záměrně – jedná se o přírodninu, kterou žáci důvěrně znají ze svého každodenního života, a přitom v sobě skrývá řadu zajímavých chemických, biologických i environmentálních aspektů. Téma medu tak přirozeně propojuje různé oblasti přírodních věd a nabízí pestré možnosti pro praktické experimenty. Současně umožňuje přenést badatelské aktivity přímo do školního prostředí bez nutnosti složitého laboratorního vybavení, což zvyšuje jeho didaktický potenciál.

Cílem bakalářské práce je navrhnout soubor badatelsky orientovaných úloh, které žákům umožní lépe porozumět chemickým vlastnostem medu, jeho složení, původu i významu. Práce si zároveň klade za cíl přispět k větší rozmanitosti a atraktivitě výuky chemie na základních a středních školách, podpořit pedagogickou praxi v oblasti aktivního učení a ukázat, že i běžně dostupné a známé látky, jako je med, mohou sloužit jako výchozí bod pro smysluplné, objevné a zábavné vzdělávání.

Práce je členěna do dvou hlavních částí. Teoretická část se věnuje koncepci badatelsky orientované výuky – jejímu historickému vývoji, principům, struktuře badatelského cyklu, úrovním bádání i specifickým plánování výukových celků.

Praktická část následně představuje návrh badatelsky orientovaných úloh, které byly vytvořeny s ohledem na věkové a znalostní možnosti žáků druhého stupně základních škol a nižších ročníků víceletých gymnázií. Samostatná kapitola je věnována tématu medu z pohledu jeho chemického složení, vzniku, významu a praktického využití. Úlohy se zaměřují například na senzorické vlastnosti medu, obsah vody, antibakteriální účinky nebo rozpoznání pravosti vzorku. Každá úloha je doplněna metodickými pokyny pro učitele a pracovním listem pro žáky, což usnadňuje jejich přímé využití ve výuce.

Výsledkem této práce je soubor metodických materiálů, který může sloužit jako inspirace a praktická opora pro učitele při začleňování badatelských aktivit do výuky chemie. Práce podporuje rozvoj aktivního učení, kritického myšlení a badatelských kompetencí žáků a přispívá k posílení jejich vztahu k přírodním vědám.

CÍLE PRÁCE

Bakalářská práce si kladla následující cíle:

- provést rešerši v oblasti badatelsky orientovaného vyučování a chemické analýzy medu,
- popsat badatelsky orientovanou výuku – terminologii, historii, badatelský cyklus, badatelské zručnosti žáka a příprava badatelského celku,
- vytvořit badatelsky orientované aktivity do školní lavice se zaměřením na med.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Současný stav poznání v oblasti badatelsky orientované výuky a medu

Literární rešerše se zabývá analýzou dostupných prací na téma badatelsky orientované výuky (BOV). Součástí je také zaměření na specifické téma včely medonosné a využití chemických vlastností medu ve výuce. Cílem tohoto přehledu je shrnout současné poznatky a vymezit jejich využitelné oblasti ve vzdělávání.

1.1 Závěrečné práce orientované na badatelskou výuku

Analýza dostupných zdrojů ukazuje, že téma BOV je často zpracováváno v obecnější rovině, bez hlubšího zaměření na specifické oblasti přírodních věd. Většina nalezených prací se zaměřuje na definici BOV jako nástroje pro modernizaci a oživení vzdělávání. Tyto práce často zahrnují enviromentální aspekty, především ve vzdělávací oblasti „Člověk a jeho svět“. Hlavním cílem je zvýšit povědomí žáků o klíkových ekologických problémech.

Vedle obecného zkoumání BOV je těžištěm předložené bakalářské práce i specifické zaměření na včely medonosné jako didaktický model. Toto téma je zpracováno v různých pracích, které zdůrazňují důležitost tohoto hmyzu pro ekosystém a společnost. Košnerová (2022) a Meriková (2023) se ve svých bakalářských pracích zaměřují na včelu medonosnou jako nástroj environmentální výchovy předškolních dětí. Cílem těchto prací bylo zvyšovat povědomí dětí o klíčové roli opylovačů formou hravých a prožitkových aktivit.

Všetečková (2022) se naopak věnuje implementaci tematického projektu o včelařství na 1. stupni základních škol. Její diplomová práce popisuje realizaci týdenního projektu zaměřeného na tuto problematiku, zahrnující dokumentaci a reflexi získaných výsledků.

Shrnutí dostupných poznatků nastínilo, že badatelsky orientovaná výuka nabízí mnoho příležitostí pro rozvoj vzdělávání, především v oblasti environmentální výchovy. Specifické zaměření na včely medonosné přináší další dimenzi, která podporuje propojení teoretických poznatků s praktickými aktivitami. Tyto poznatky poskytují inspiraci pro další rozvoj výukových metod v rámci vzdělávání zaměřeného na udržitelnost.

1.2 Závěrečné práce věnující se chemické analýze a kvalitě medu

Kvalita medu je předmětem mnoha výzkumů zaměřených na jeho chemické složení a fyzikální vlastnosti. Uvedené problematice bude věnována zejména praktická část bakalářské práce, kde budou složité a náročné analytické metody stanovování kvality medu, přetvořené do jednoduché a uchopitelné formy pro žáky.

Dostálová (2014) se zaměřuje na posouzení kvality medu v souvislosti s jeho chemickým složením a původem. Klíčové parametry, jako obsah vody, kyselost, pH, elektrická vodivost a přítomnost nerozpustných látek, byly stanoveny pomocí harmonizovaných metod Evropské unie. Porovnání vzorků květového a medovicového medu prokázalo, že hlavní rozdíly spočívají v elektrické vodivosti a obsahu pevných látek, zatímco různé druhy včelí pastvy neměly značný vliv na celkovou kvalitu medu.

Halouzka (2014) využívá pokročilé analytické metody, jako je HPLC-ESI-MS a UHPLC-MS/MS, které byly použity k identifikaci fenolových kyselin a flavonoidů v jednodruhových medech. Kromě toho byla provedena pylová analýza pro určení druhové příslušnosti medů. Důraz byl kladen na stanovení bioaktivních složek, například v květovém medu z ostropestřce mariánského, který se vyznačoval specifickým flavonoidním profilem.

Mezi zásadní faktory ovlivňující kvalitu medu patří jeho složení, metody zpracování a způsoby skladování. Studie od Dostálové (2012) se věnuje rozlišení druhů medu a jejich specifickým jakostním požadavkům, včetně ekologických aspektů včelařství. Byly analyzovány metody autentifikace a zjištěny způsoby falšování, které mohou negativně ovlivnit důvěru spotřebitelů v tento produkt.

Analýza medu pomocí hmotnostní spektrometrie (MALDI-TOF) a kapalinové chromatografie (LC-MS) odhalila, že původ medu má větší vliv na jeho složení než samotné metody zpracování. Medy zakoupené v tržní síti vykazovaly větší podobnost mezi sebou než vzorky od drobných včelařů. Ve své práci Třístková (2017) provádí i senzorickou analýzu. Potvrdila, že významné rozdíly lze nalézt v barvě, konzistenci a vůni medu v závislosti na jeho geografickém původu.

Na biologicky aktivní látky, jako flavonoidy, katechiny a vitaminy A, C a E, se ve své práci zaměřuje Jelenková (2008). Byly analyzovány pomocí titračních a spektrofotometrických metod, RP-HPLC a LC/MS. Byly zjištěny rozdíly mezi jednodruhovými, smíšenými a lesními medy, přičemž nejvyšší obsah bioaktivních látek byl naměřen v jednodruhových medech. Byly

identifikovány klíčové antioxidanty, včetně kyseliny protokatechové, kávové a flavonoidů jako quercetin a rutin.

Studie od Rýdlové (2012) se zaměřuje na chemické složení medu a jeho včelích produktů, včetně pylu, mateří kašičky, propolisu, včelího vosku a včelího jedu. Důraz je kladen na jejich nutriční a farmakologické využití. V rámci zkoumání kvality byly popsány indikátory potravinářské nezávadnosti a jejich důležitost pro ochranu spotřebitele. Analýza legislativy přináší přehled požadavků na jakost a certifikaci medu v různých zemích.

Stará (2016) se ve své práci zabývá senzorickou analýzou medu. Hodnotí složení medu, druhy medu, využití v potravinářství a kosmetických produktech. Dále se věnuje prostudování problematiky účinku medu na zdraví člověka a jeho falšování.

Výzkumy potvrzují, že moderní analytické metody umožňují identifikovat bioaktivní složky, které mají přímý dopad na zdravotní přínosy medu. Současně se ukazuje, že falšování medu zůstává aktuálním problémem, který ovlivňuje jak spotřebitele, tak samotný včelařský sektor. Aplikace těchto poznatků ve vzdělávání nabízí možnosti propojení teoretických znalostí s praktickými aktivitami, což podporuje hlubší pochopení významu medu nejen v rámci potravinářství, ale i v environmentální výchově.

2 Badatelsky orientované vyučování

Badatelsky orientované vzdělávání (anglicky Inquiry Based Science Education, zkráceně IBSE) představuje moderní přístup k přírodovědnému vzdělávání, jehož hlavním cílem je rozvíjet u žáků porozumění přírodním vědám a jejich fungování. Podle Dostála (2015) se jedná o činnost učitele a žáka, zaměřená na rozvoj vědomostí, dovedností a postojů žáka, na základě aktivního a relativně samostatného poznávání skutečnosti, kterou sám učí objevovat a objevuje. Tento přístup podporuje rozvoj schopností, které žáci mohou aplikovat v běžném životě. Klíčovou součástí této metody je umožnit žákům zažít proces vědeckého bádání, zahrnující zkoumání, objevování a kritické myšlení.

Co znamená bádání?

Definice pojmu „bádání“ závisí na kontextu, v němž je tento termín používán. V přírodovědném vzdělávání lze bádání chápat třemi způsoby:

1. Z pohledu vědy – jako činnosti realizované vědci při jejich práci.
2. Z pohledu žáků – jako proces učení založený na aktivním zapojení a zkoumání.
3. Z pohledu pedagogiky – jako vzdělávací přístup využívaný učiteli (Minnerová, 2010).

Během takového bádání se žák aktivně podílí na samostatném přísunu informací, a přitom poznává nové skutečnosti. Systém BOV se tak snaží žáka učit poznávat nové jevy, rozvíjet vnímání, osvojovat si u toho badatelské postupy a také specifický druh badatelského myšlení. Nemusí jen docházet k výzkumu jako takovému, ale žáci si během BOV lekce mohou přijít třeba na nějaké pravidlo (tzv. induktivní dokazování). Hlavním cílem je tedy snaha ponořit žáka do procesu samotného učení. (Dostál 2015)

Snahou BOV je, aby žák pochopil učivo a dokázal jej následně aplikovat v praxi. Provádí sám pokusy a bádání, pomocí kterých nabývá nového poznání. Je zde i velmi důležitá reflexe a sebehodnocení žáků, kteří jsou otevření diskusi, spolupracují a komunikují. Hodiny založené na BOV by měly být zábavné a aktivizační a měly by žáka vnitřně motivovat (Vinter a Králíček, 2016).

2.1 Badatelský cyklus

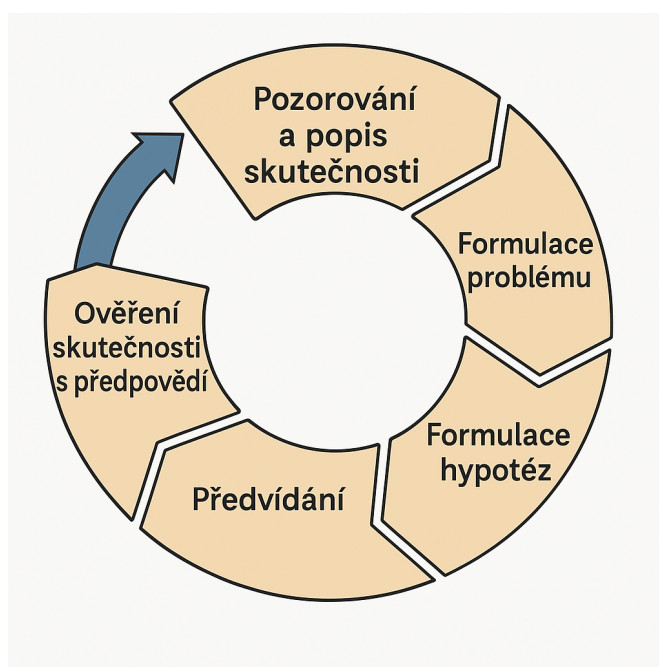
Bádání představuje spektrum činností, které zahrnují např. pozorování, kladení otázek, studium literatury a další rozmanité činnosti. Vyžaduje identifikování předpokladů, kritické a logické myšlení a posouzení alternativních vysvětlení. Tyto standardy zdůrazňují to, že žák má být schopný bádání realizovat a mít představu o tom, co je vědecké bádání.

Tento proces, který se podobá vědeckému výzkumu, prezentujeme jako badatelský cyklus.

Celý badatelský cyklus můžeme rozdělit do jednotlivých kroků:

- Pozorování a popis skutečnosti (vjemů, poznatků)
- Formulace problému
- Formulace hypotéz (návrh možného vysvětlení, logická indukce),
- Předvídání (logická dedukce z hypotéz)
- Ověření souladu skutečnosti s předpovědí (buď aplikací předpovědi na experiment, nebo aplikací na soubor dat získaný jinak) a ověření logické správnosti předchozích kroků (Dostál, 2015).

Grafické znázornění badatelského cyklu dle Dostála (2015), je znázorněno v Obrázku 1.



Obr. 1: Zjednodušený model badatelského cyklu podle Dostála (2015)

Badatelsky orientovaná výuka a s ní spjaté aktivity se řídí podle těchto dílčích kroků, které na sebe navazují a tím pádem mají charakteristickou strukturu. Není postavena pouze na specifických badatelských aktivitách, ale i na aktivitách klasické výuky, které mohou na samotné bádání připravovat (Dostál, 2015).

2.2 Historie

První zmínky o badatelsky orientovaném vyučování lze nalézt v anglicko-českém pedagogickém slovníku z roku 1999, kde Mareš a Gavora definují termíny „badatelská metoda“ (inquiry method) a „vyučování bádáním a objevováním“ (inquiry teaching) (Mareš a Gavora, 1999). Tento přístup však není nový – zahraniční prameny o něm hovoří již od šedesátých let 20. století (Stuchlíková, 2010). V rámci reformních snah o konstruktivistický přístup ve vzdělávání se v USA v druhé polovině 20. století objevily pojmy jako Inquiry-Based Learning of Science (IBSL), Inquiry-Based Science Teaching (IBST) či Inquiry-Based Science Education (IBSE) (Papáček, 2010).

Historické kořeny bádání lze vysledovat až k řeckému filozofovi Sokratovi, jehož metoda kladení otázek a hledání odpovědí, známá jako sokratovský dialog, položila základy této výukové strategie (Brestenská *et al.*, 2010).

Progresivní metody zaměřené na reformu vzdělávání se dostávají do středu zájmu žáků. Tuto teorii propagovali John Dewey, Jean Piaget, Lev Vygotsky a také Seymour Papert.

Americký filozof a reformátor John Dewey tvrdil, že k aktivaci procesu učení je potřeba žáka konfrontovat s problémovou situací. Je proto nutné vyvážit odvozování poznatků s aktivním učením žáků.

Švýcarský filozof a psycholog Jean Piaget přišel s myšlenkou „Umožni mi, abych nový poznatek objevil sám.“ Poznatek je budován na základě konkrétní zkušenosti. V hlavě dítěte vzniká mentální model situace, který je měněn na základě asimilace a akomodace.

Lev Vygotsky přináší teorii kooperativního učení, podle které dokazuje důležitost diskusí a spolupráce ve skupině.

Autorem teorie konstruktivismu je Seymour Papert. Teorie představující učení pomocí dělání, vytváření. Klade důraz na efektivitu učení při tvoření, konstruování něčeho reálného, nového, hmatatelného – nestačí jen něco vyrobit, ale také proces tvorby a výsledek s někým sdílet (Brestenská, 2010, Roschelle, 2000).

Všechny tyto poznatky, myšlenky, výzkumy a teorie, vedly k utváření změn v oblasti přírodovědného vzdělávání. Jako nový formát učení se začíná vyskytovat aktivní bádání žáků.

Začátkem 60. let 20. století se ve Spojených státech amerických začíná ve vzdělávání objevovat potřeba vychovávat lidi schopné přistupovat tvořivě k řešení problémů. Ze všechno nejvíce jde o to, aby si žáci vědecké postupy osvojovali aktivně, ještě předtím, než se učí o vědě teoreticky. Od roku 1996 se setkáváme se systematickými snahami o badatelský přístup

a bádání se dostává do vzdělávacího standardu USA jako cíl vzdělávání a zároveň metoda vyučování obsahu i postupu vědy.

V Evropě je trend bádání zaznamenán v 90. letech 20. století. První zmínky o BOV souvisely s řešením problematiky klesajícího zájmu a snižování úrovně vědomostí a zručností v přírodních vědách. Proto bylo na Lisabonském summitu zemí EU z roku 2000 rozhodnuto, že do roku 2010 bude se EU stane nejkonkurenceschopnější a nejdynamičtější poznatkově orientovanou ekonomikou světa, schopnou trvale udržitelného růstu s větším množstvím pracovních míst a větší sociální kohezí. Evropská komise roku 2007 vydala dokument *Science education Now!: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Je tedy možné, podle autorů dokumentu, dosáhnout změn pomocí nových pedagogických přístupů souvisejících především s implementací metod aktivního přírodovědného bádání, které definují podle Linna, Davise a Bella (2004).

Za snahou nové reformy vzdělávání vznikají na národní i mezinárodní úrovni malé či menší projekty nebo případné kurikulární změny. Mezi nejznámější projekty patří POLLEN, SINUS nebo S-TEAM.

V české a slovenské pedagogické a didaktické literatuře se s pojmem „inquiry“ potkáme poměrně nedávno. Tento pojem se neujal a je představován jako bádání, řešení problémů a hledání pravdy – tedy přesně to, co se při „inquiry“ odehrává. Bádání bylo zařazeno mezi aktivizující metody. Dále bylo spojováno s konstruktivistickou metodou a kooperativním učením, kam se zařazuje i učení objevováním (Stuchlíková, 2010).

Významný přínos v oblasti BOV měl Papáček (2010), podle kterého je základem BOV neodevzdávání učiva výkladem v hotové formě, ale pomáhá vytvářet poznatky žákům cestou řešení problémů a systémem kladení otázek. Učitel má přitom funkci zasvěceného průvodce při řešení problému a vede žáka podobným postupem, jako je běžný při reálném výzkumu.

Postupně se tento styl vyučování začíná dostávat do povědomí vyučujících a je více využíván.

2.3 Hierarchie badatelských aktivit

Podle toho, jak moc je žák schopen samostatně pracovat, rozlišujeme několik úrovní bádání. Nemůžeme totiž očekávat, že bude žák ihned schopen samostatně pracovat, tvořit a rozumět veškerému principu BOV. Většina žáků potřebuje projít množstvím aktivit s výraznou pomocí učitele, než se dostanou do fáze, kdy budou schopni pracovat sami od začátku až do konce. Celý průběh BOV je na učiteli, a tedy je i na něm, jak aktivity postaví,

aby dokázal zohlednit intelektuální úroveň žáků a tím jim poskytnout přiměřenou míru samostatnosti.

Míru poskytnutých informací (např. pomocné otázky, instrukce na postup zkoumání, návody na zpracování apod.) neboli do jaké míry aktivitu řídí učitel a žákům pomáhá, rozlišuje několik úrovní bádání. Bádání, které provádí žáci, nikdy nebude na takové úrovni, které je hodno srovnání k vědeckému zkoumání. Lze ovšem hledat paralely, provádět komparace a podporovat obojí dalšímu zkoumání (Dostál, 2015). Úrovně bádání proto můžeme chápat v široké škále. Na jednom konci je bádání v plné míře řízené učitelem a na druhé straně je plně otevřené bádání, kdy je žák svým vlastním pánem, organizátorem vyučování a výzkumný problém si i sám vybírá.

Jako první se rozlišením úrovních bádání zabýval Schwab (1962), potom Herron (1971). Podle Schwaba je tradiční vyučování přírodních věd jen „rétorický výklad závěrů nebo konečné podoby vědy“, tudíž se žáci dozvídají jen finální produkt bez postupu. Na základě práce Schwaba a Herona, Rezba, Auldridge a Rhea (1999) vytvořili čtyř úroňový model bádání, přičemž tyto čtyři úrovně pojmenovávají a podrobně charakterizují (Banchi, Bell, 2008). Jednotlivé úrovně jsou popisovány podle množství informací, které jsou žákovi poskytnuty.

- **Potvrzující bádání** (Confirmation inquiry) – žáci ověřují platnost nějakého zákona v aktivitě, ve které již znají výsledek
- **Strukturované bádání** (Structured inquiry) – žáci řeší problém zformulovaný učitelem na základě připraveného postupu.
- **Nasměrované bádání** (Guided inquiry) – žáci řeší problém zformulovaný učitelem na základě postupu, který sami navrhnou.
- **Otevřené bádání** (Open inquiry) – žáci řeší problém, který samostatně zformulují na základě postupu, který sami navrhnou (Bell, Smetana, Binns, 2005).

Tabulka 1: Model úrovní bádání podle Bella, Smetany a Binnse (2005)

Úroveň bádání	Otázka	Postup	Výsledek
Potvrzující	X	X	X
Strukturované	X	X	
Řízené	X		
Otevřené			

Tabulka 1 znázorňuje, jaké informace mají žáci k dispozici. Práce pedagoga postupně ustupuje a do popředí se dostává samostatná práce žáků.

Nejjednodušším typem bádání je **potvrzující bádání**. Celkový průběh je řízen pedagogem a žáci postupují podle instrukcí. Jak už název napovídá, podstatou bádání je potvrzení nebo ověření předem určené zákonitosti nebo teorie. Při tomto typu bádání žáci získávají nejvíce informací. Má význam především při rozvíjení badatelských dovedností žáků jako je například pozorování, experimentování, rozvoj analytických dovedností, příprava materiálů nebo zaznamenávání dat. Příkladem takového potvrzujícího bádání, může být aktivita na konci vyučovacího celku, například laboratorní cvičení či jakékoli jiné cvičení, kterým si žáci ověří nabitě znalosti. Nejdůležitější je spojení praktické a teoretické výuky jako důkaz souvislosti a ukázání žákům, jak se realizuje zkoumání nebo pro rozvinutí konkrétní zručnosti žáků.

Pokročilejším typem bádání je **strukturované bádání**. Pedagog poskytne otázku, postup a žáky bádáním provází. Nejedná se již o celkové řízení bádání vyučujícím. Žáci svým bádáním shromažďují poznatky či důkazy a vytvářejí předpoklady pro formulaci vysvětlení jevu. Mají tvůrčí prostor a volnost pro bádání, ovšem jsou stále instrukcemi vedeni pedagogem. Postupně si žáci osvojují dovednosti potřebné pro další úroveň bádání. Celkový proces postupného navazování a ubírání množství poskytnutých informací, je nezbytný pro uvedení žáka do způsobů bádání tak, aby byl později schopen plně pracovat efektivně a smysluplně sám.

Třetí typ je **bádání nasměřované**. Jedná se o předposlední krok před úplným otevřeným bádáním, kdy je ze strany pedagoga předkládána výzkumná otázka a dále se stává už jen průvodcem v jejich bádání, taková „berlička“, která zajišťuje podporu. Poskytuje rady při realizaci a plánování. Na základě předchozích typů si žáci sami uvědomují, co mají zkoumat a jak k tomu přistupovat. Vytváří tak vlastní postupy pro ověření výzkumných otázek a jejich řešení. Pracují víceméně samostatně.

Nejvyšší úrovní samostatnosti je **otevřené bádání**. Nejvíce se podobá vědeckému. Zakládá si na samostatné práci žáků, kteří vymezují problematiku, sestaví otázky, výzkumné metody a určí postup bádání, analyzování, ověří získané údaje, vytvářejí závěry a obhájí shromážděné důkazy. Otevřené bádání klade velký důraz na kognitivní schopnosti žáka. Při tomto typu bádání není pedagog nijak přímo účasten bádání, ale zajišťuje celkové pohodlí žáků a zastřešuje celkovou situaci (Dostál, 2015).

Projekt ESTABLISH pracuje s pětiúrovňovým modelem bádání, a navíc přidává nejnižší úroveň tzv. *interaktivní diskusi – demonstraci*. Jedná se o způsob bádání, kdy pedagog klade otázky interaktivním způsobem a vede okolo nich žakovskou diskusi. Tato metoda vyžaduje předpovědi žáků, které dokládá výsledkem experimentu, který sám realizuje.

Celý proces bádání vyžaduje postupné rozvíjení badatelských schopností žáka, které se zdokonalují časem. Bylo by velmi naivní očekávat, že žák bude okamžitě schopen samostatně navrhnout výzkumný problém i s experimentem, pokud ho k takovému učení nebudeme postupně vést a zvykat si na něj. Je proto nezbytné, aby učitel rozhodl, jaká je ideální úroveň bádání pro své žáky a podle toho sestavil celý plán aktivit a náročnost úkolů. I když je smyslem BOV, aby byl žák samostatný, musí dát učitel pozor, aby se badatelská aktivita nezvrhla v bezcílnou zábavu žáků s nálepkou „hraní si na vědu“. V běžném vyučování se tedy zařazují první tři úrovně badatelských aktivit, které dávají žákovi správnou míru samostatnosti a zároveň dostatek pomoci a vedení ze strany učitele, který drží průběh hodiny pevně v rukou. Vyšší úrovně bádání je vhodné zařadit u žáků, kteří vědí, o co se jedná, dostatečně si zažili a vyzkoušeli předchozí nižší úrovně bádání a vědí, jak mají postupovat. Nejvyšší úrovně bádání zahrnujeme do vyučování žáků, kteří jsou velmi motivovaní pro studium přírodních věd. Pro naplnění široké škály vyučovacích cílů je vhodná obměna metod a strategií.

2.4 Badatelské dovednosti žáka

Již od narození badáme a objevujeme svět. Je naší přirozenou vlastností být zvědaví a zkoumat svět kolem nás, je to hnací motor bádání, který nás vede kupředu. Ke zkoumání využíváme své smysly (zrak, čich, sluch a hmat). Malé děti např. vkládají rády předměty do úst. Postupem času, vlivem vnějších okolností, se tendence bádat buď rozvíjí, nebo se v průběhu života utlumí, pokud nejsou podněcovány.

V mladším školním věku nastává u dětí období „Proč“ a i později se snažíme hledat pravdu, informace a poznatky prostřednictvím dotazování. Tato naše vlastnost je přirozená.

Zapojení žáka do objevování nových poznatků vede k porozumění. Je však třeba žáky upozornit, že smyslem není pouze hledání správné odpovědi na otázku (nemusí existovat), ale hledání možných řešení a rozhodnutí. Bádání tedy vyžaduje specifické zručnosti a myšlení. Je důležité, aby škola poskytovala žákovi podnětné prostředí. Pokud on sám nežije v podnětném prostředí, je důležité, aby jeho myšlení nezakrnělo a nepřestal se myšlenkově rozvíjet.

Každý žák je na takové bádání již obecně připraven svými všeobecnými zručnostmi, které označujeme jako soft-skills. Využijí je při hledání odpovědí, důkazů a umí je při bádání použít. Takovými soft-skills jsou například komunikační a digitální zručnosti potřebné při práci v týmu a prezentaci výsledků. Za typicky badatelské zručnosti můžeme považovat ty zručnosti, které bezprostředně vyžaduje realizace badatelského cyklu. Pokud se budeme bavit o zručnostech, které se vytváří vyloženě při vědeckém bádání, označujeme je jako **science process skills**.

Padilla (1990) uvádí těchto šest základních postupů vědecké práce.

1. **Pozorování** (*observing*) – smysly shromažďuje informace o objektu nebo události.
2. **Usuzování** (*inferring*) – vytvoření úsudku o objektu nebo události na základě shromážděných dat.
3. **Měření** (*measuring*) – použití měření nebo odhadů.
4. **Komunikace** (*communicating*) – použití slov či grafických symbolů k popisu objektu nebo události.
5. **Třídění** (*classifying*) – seřazení nebo třídění objektů na základě jejich vlastností nebo určených kritérií.
6. **Předpovídání** (*predicting*) – uvedení události na základě důkazů a poznatků.

Všechny tyto badatelské zručnosti se žákovi zúročí i v normálním životě a pomůžou mu se lépe orientovat v problémech, které ho budou potkávat.

Jak začlenit a postupně vysvětlit dětem tyto kroky popisuje Majerčíková (2020): formulace problému, plánování.

Popisuje tyto kroky:

- formulace problému, plánování;
- realizace/implementace postupu při řešení problémů;
- analýza a interpretace zjištění;
- sdílení zjištění;
- aplikace zjištění v dalších postupech, nebo reálné činnosti. (Majerčíková, *et al*, 2020).

2.5 Příprava výukového celku

Příprava na výuku je klíčovým procesem, který si žádá promyšlenost a organizaci. Učitel musí detailně naplánovat obsah hodiny a vybrat vhodné metody, které použije při výuce. Klíčovým aspektem je především promyšlený metodický postup. Pedagog často pracuje s mnoha informacemi a faktory, které je třeba zohlednit, což vede k tomu, že si dělá poznámky. Vinter a Králíček (2016) doporučují začínajícím učitelům podrobnou písemnou přípravu, která snižuje nervozitu a zajišťuje, že učitel bude postupovat podle jasně promyšleného plánu. Písemná příprava má ještě jednu výhodu: po hodině umožňuje učiteli provést reflexi a analyzovat, jak úspěšné byly výukové aktivity, což podporuje profesní rozvoj.

Důležitým nástrojem pro učitele jsou různé typy přípravy, jak uvádí Rys (1988). **Blesková příprava** se zaměřuje na rychlé promyšlení „co a jak“, obvykle v situacích, kdy je málo času. Učitel si rychle zvolí obsah, metody a formy výuky, přičemž výukové cíle jsou často přímo uvedeny v učebnici. **Standardní příprava** zahrnuje promyšlení cílů hodiny, návaznosti na předchozí učivo a stanovení vhodných metod výuky. Tento přístup je běžně používán, protože učitel si klade otázky typu „co je cílem hodiny?“ nebo „jaká je návaznost na předchozí výuku?“ Nejkomplexnější je **podrobná příprava**, která zahrnuje podrobné plánování, stanovení cílů, volbu didaktických prostředků a hodnocení výsledků.

Příprava na výuku se podle Svatoše (2006) dělí do čtyř úrovní, které učitelům pomáhají strukturovat výuku. **Pojetí výuky** je založeno na dlouholetých zkušenostech pedagoga a určuje základní rámec, cíle a náročnost výuky. **Didaktická analýza** staví na této úrovni a přidává konkrétní učivo a interakci mezi učitelem a žáky. **Bloková písemná příprava** je předstupen klasické písemné přípravy, který se zaměřuje na hlavní výukové etapy a didaktická hlediska. Nakonec **klasická písemná příprava** poskytuje detailní záznam celé hodiny, jak je tomu například v pedagogickém výzkumu.

Každý učitel má svůj individuální přístup k přípravě, jak upozorňuje Turek (2008). Výuka by neměla být o pouhém předkládání učiva a jeho následném procvičování. Pedagog by měl žákům pomoci učivo pochopit, zapamatovat a vidět ho v širším kontextu. K tomu je nutné pečlivě promyslet, jaké metody výuky zvolit a jak podpořit žákovu tvořivost a zvědavost. Učitel by měl také věnovat pozornost vytvoření podpory pro spolupráci mezi žáky a rozvíjení jejich hodnotového systému.

Příprava na výuku je efektivní, pokud si učitel klade několik klíčových otázek před samotným vyučováním. Vinter a Králíček (2016) navrhuje například zamyslet se nad tím, jaké téma bude probíráno, jaký je cíl hodiny a jaké klíčové kompetence budou rozvíjeny. Dále by měl učitel zvážit, co už žáci znají, jak bude hodina strukturována a jakým způsobem proběhne reflexe. Tyto otázky usnadní přípravu a zajistí hladký průběh výuky.

Šikulová a Müllerová (2001) navrhuje několik zásad pro efektivní přípravu na výuku. Cíle výuky by měly být jasně stanovené, hodina by měla mít logickou strukturu a žáci by měli vědět, proč se dané aktivity provádějí. Měly by být kombinovány různé výukové metody, aktivita by měla být převážně na straně žáků, a nové učivo by mělo být podpořeno vizuálními podněty a příklady. Je nutné počítat s tím, že některé aktivity mohou zabrat více času, než bylo původně plánováno. Rychlejší žáci by měli mít připravenou doplňkovou práci, a vždy je dobré mít v záloze náhradní aktivitu pro případ, že se něco nepodaří podle plánu. V neposlední řadě je

důležité promyslet způsob kontroly a hodnocení žáků a ujistit se, že na konci hodiny žáci ví, zda dosáhli stanovených cílů.

2.5.1 Příprava a průběh badatelského celku

Badatelsky orientovaná výuka klade na učitele vysoké nároky, protože vyžaduje pečlivou přípravu, promyšlený přístup k vedení studentů a schopnost podporovat jejich samostatnost. Učitel zde nefunguje jako pouhý zprostředkovatel faktů, ale jako průvodce badatelským procesem, který pomáhá žákům formulovat otázky, hledat odpovědi a vyvozovat závěry.

Před samotnou realizací výuky musí učitel stanovit jasný cíl hodiny a formulovat hlavní badatelskou otázku, která studenty motivuje k objevování. Otázka by měla být dostatečně otevřená, aby umožňovala různé přístupy a podporovala kritické myšlení (např. „Může rostlina reagovat na změny světla rychleji, než si myslíme?“).

Dále je nutné připravit metodiku výzkumu, která odpovídá věku a znalostem studentů. Učitel musí zajistit dostupnost vhodných materiálů, pomůcek a experimentálních postupů. Při přípravě je důležité předvídat možné chyby nebo problémy, s nimiž by se studenti mohli setkat, a mít připravené strategie, jak je vést ke správnému řešení.

Zásadní roli hraje samotné uvedení do tématu – pokud učitel vzbudí zvědavost, studenti se budou chtít dozvědět více. Toho lze dosáhnout například tím, že jim položí překvapivou otázku, ukáže nečekaný pokus nebo je vyzve k vyslovení vlastních hypotéz.

Dalším klíčovým faktorem je možnost samostatné práce – studenti by měli mít dostatek prostoru k vlastnímu objevování a experimentování. Učitel by měl fungovat spíše jako facilitátor, který jim klade otázky a vede je k hledání odpovědi, než aby jim přímo sděloval výsledky.

Důležité je také propojení s reálným světem – studenti se více zapojí, pokud vidí praktické využití svého bádání. Například mohou zkoumat ekologické dopady lidské činnosti, testovat kvalitu vody ve svém okolí nebo zkoumat růst rostlin za různých podmínek.

Postup přípravy badatelsky orientované výuky:

1. **Výběr a formulace badatelské otázky** – Učitel volí téma, které odpovídá učebním osnovám, ale zároveň poskytuje prostor pro objevování. Klíčové je, aby otázka byla srozumitelná a zajímavá pro studenty.
2. **Příprava pracovních materiálů** – Zahrnuje tvorbu pracovních listů, návrh experimentů nebo jiných metod sběru dat. Materiály by měly být strukturované tak, aby studenty vedly, ale zároveň jim ponechaly dostatek prostoru pro vlastní bádání.

3. **Organizace experimentu či pozorování** – Učitel zajistí, že studenti budou mít přístup k potřebným pomůckám a jasně chápat postup práce. V této fázi může pomoci rozdělení žáků do týmů, kde se budou vzájemně podporovat.
4. **Shromažďování a analýza dat** – Studenti provádějí měření, pozorování nebo experimenty a zapisují výsledky. Učitel je vede k tomu, aby pracovali systematicky a snažili se odhalit vzorce v datech.
5. **Interpretace výsledků a formulace závěrů** – Studenti diskutují o tom, co zjistili, porovnávají výsledky s očekáváními a vyvozují závěry. Učitel může podpořit jejich reflexi tím, že se ptá na možné zdroje chyb či další otázky, které výzkum vyvolal.
6. **Prezentace a diskuse** – Každá skupina může představit své výsledky ostatním a společně mohou dojít k obecnému závěru. Tato fáze pomáhá studentům v rozvoji argumentace a komunikačních dovedností.
7. **Sebehodnocení** – Na závěr aktivity je důležité nejen pro žáky, ale i učitele, aby si sami pro sebe zhodnotili svoji práci, zda pracovali smysluplně, poctivě, byli přínosem pro skupinu a jestli si sami z dané aktivity něco odnáší (Votápková et. al., 2013).

PRAKTICKÁ ČÁST

3 Metodický materiál pro učitele

3.1 Včela medonosná jako didaktický model

Včela medonosná (*Apis mellifera*) je druhem sociálního hmyzu, který sehrává klíčovou roli při opylování rostlin, a tím pádem přispívá k udržení biologické rozmanitosti i zemědělské produkce, má tedy významnou roli v zachování přirozeného koloběhu v přírodě. Kromě toho poskytuje člověku různé produkty, jako jsou med, vosk, propolis, mateří kašička a další. Tyto produkty mají nejen potravinové, ale i léčivé využití (Cramp, 2013). Dnes je její výskyt znám po celém obyvatelném území zeměkoule, od rovníku až za severní polární kruh (Veselý, 2013).

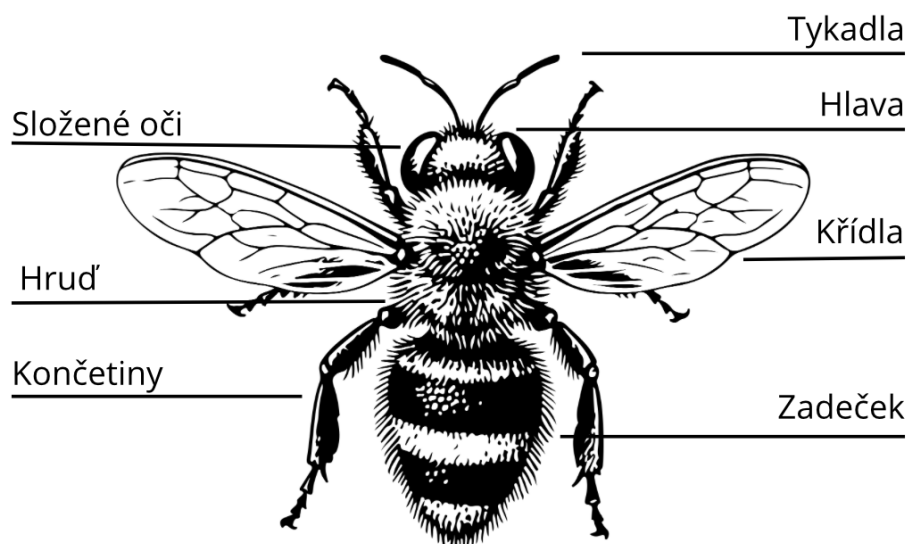
Včely patří do řádu blanokřídlého hmyzu (Hymenoptera), do čeledi včelovitých (Apidae), která zahrnuje i další společensky žijící hmyz, jako jsou čmeláci a vosy (Papáček, 2000).

Evolučně se včely vyvinuly pravděpodobně z masožravých vos.

Včela medonosná je opylovač s širokými preferencemi, což znamená, že její efektivita při opylování je nižší než u specializovaných druhů, které vyžadují kompatibilitu mezi morfologií rostliny a opylovače (Westerkamp, 1991). Kvalita opylení ovlivňuje reprodukci rostlin, přičemž kvalitně opylené rostliny mají větší šanci na rozmnožení a produkci semen (Galen a Newport, 1988). Včela medonosná vykazuje nižší kvalitu opylení u mnoha rostlin (Garibaldi *et al.*, 2013), což znamená, že nemůže nahradit úbytek ostatních opylovačů.

3.1.1 Morfologie včely

Tělo včely medonosné je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček (Obr. 2). Z evolučního hlediska je dokonale uzpůsobena pro svoji práci.



Obr.2: Stavba těla včely (vlastní zpracování)

Hlava

Hlava včely obsahuje smyslové orgány a ústní ústrojí. Složené oči tvořené tisíci omatidií umožňují barevné vidění, detekci polarizovaného světla a vysokou frekvenci snímání (až 300 obrazů za sekundu) (Daníhlík *et al.*, 2017). Tři jednoduché oči v temeni slouží k orientaci podle intenzity světla.

Tykadla včely obsahují chemoreceptory pro detekci feromonů, cukrů, oxidu uhličitého, teploty a vlhkosti. Zvláštní útvar – Johnstonův orgán – registruje vibrace a změny v elektrickém poli, což včelám umožňuje vnímat elektrostatický náboj květů (Cramp, 2013).

Lízavě sací ústní aparát je vybaven chuťovými receptory a slouží k příjmu nektaru, medu, vody a také k trofalaxi (předávání potravy mezi jedinci). Během sběru nektaru začíná první fáze jeho chemického zpracování (Daníhlík *et al.*, 2017).

Hrud'

Hrud' včely nese tři páry nohou a dva páry křídel. Křídla jsou složené útvary vyztužené žilkami s hemolymfou, nervy a vzdušnicemi. Kmitočet křídel dosahuje až 200 úderů za sekundu, což včele umožňuje rychlý a manévrovatelný let.

Každý pár nohou má specializovanou funkci: přední nohy slouží k čištění tykadel, střední k manipulaci s pylovou rouskou a zadní nohy jsou vybaveny tzv. pylovými košíčky (corbiculae). Tyto hladké plošky obklopené tužšími chloupky slouží ke sběru a přenosu pylu smíchaného s nektarem. Pyl je po návratu do úlu upěchován do buněk, zakryt medem a následně prochází anaerobní fermentací za účasti mikroorganismů a enzymů, čímž vzniká perga – včelí chléb (Daníhlík *et al.*, 2017).

Zadeček

Zadeček ukrývá většinu vnitřních orgánů včetně trávicí, vylučovací a reprodukční soustavy. V trávicí soustavě je klíčový tzv. medný váček, kde dochází k enzymatické přeměně nektaru. Kromě invertázy zde působí glukózooxidáza, která oxiduje glukózu na kyselinu glukonovou a peroxid vodíku, čímž přispívá k přirozené konzervaci medu díky antibakteriálním účinkům (Daníhlík *et al.*, 2017).

Krevní oběh nahrazuje hemolymfa, bezbarvá tělní tekutina sloužící k přenosu živin, hormonů a odpadních látek. Chemicky je tvořena ionty (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), aminokyselinami, sacharidy a dalšími metabolity, a působí rovněž jako pufrční systém.

Dýchání zajišťuje tracheální soustava – soustava vzdušnic vedoucích kyslík přímo k buňkám. Výměna plynů probíhá difuzí bez nosičů jako je hemoglobin. Koncentrace oxidu uhličitého ovlivňuje nejen metabolismus, ale i sociální chování včel v úlu.

Dělnice jsou vybaveny žihadlem napojeným na jedovou žlázu. Včelí jed obsahuje peptidy a enzymy – především melitin (hemolytický), apamin (neurotoxický) a fosfolipázu A_2 (narušuje buněčné membrány). Tyto látky vyvolávají zánětlivou reakci a slouží k obraně včelstva (Daníhlík *et al.*, 2017).

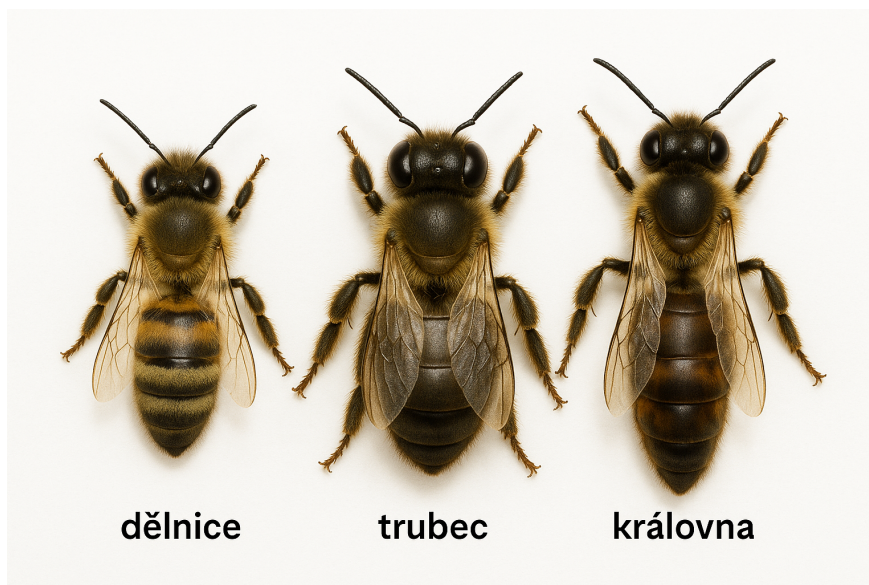
S žihadlem je spjata Koževnikovova žláza, která vylučuje poplašný feromon – především isoamylacetát, jenž slouží jako chemický signál vyvolávající obrannou reakci ostatních dělnic.

Včely obecně komunikují pomocí komplexních feromonových směsí, které ovlivňují orientaci, rozpoznávání členů úlu, reprodukci i práci včel v různých kastách.

3.1.2 Kastovní systém

Podle včelaře a truhláře Johannese Mehringa, je včelstvo považováno za obratlovce. Tvrdil, že včelstvo je jedna bytost a odpovídá obratlovcovi. Dělnice reprezentují tělesné orgány potřebné pro údržbu a výživu organismu, zatímco matka odpovídá samičím pohlavním orgánům a trubci samčím (Tautz, 2007). Americký biolog William Morton Wheeler označil včelstvo jako superorganismus. Pokud se nad těmito tvrzeními zamyslíme, opravdu dávají smysl. Z hlediska funkčních evolučních vlastností, se dopátráme možné shody mezi těmito rozdílnými organismy. Společenství jednoho včelstva je tedy neoddělitelně fungující jeden organismus. Včela medonosná je schopná života pouze jako člen takového sociálního svazku (Tautz, 2009).

Takový organismus zahrnuje včelí matku (královnu), několik stovek trubců, tisíce dělnic, plod, včelí dílo a nezbytné zásoby. Pro jejich přežití je velmi důležitá organizovanost, spolupráce a dělba práce. Dělení jedinců v úlu nazýváme jako kastovní systém (Obr. 3).



Obr. 3: Kastovní systém včel v úlu (vlastní zpracování)

3.1.3 Ekologický a ekonomický význam

Včely medonosné jsou hlavními opylovači mnoha rostlin, včetně zemědělských plodin, jako jsou jabloně, třešně, slunečnice či řepka olejka (Tautz, 2009). Podle odhadů zajišťují opylování až 80 % kvetoucích rostlin a jejich ekonomická hodnota se pohybuje v miliardách dolarů ročně (IPBES, 2016). Včelí produkty se rovněž uplatňují v potravinářství a farmacii, kde jsou ceněny pro své antibakteriální a hojivé účinky (Veselý, 2013).

3.1.4 Problematika včely medonosné ve světě

Včela medonosná (*Apis mellifera*) je klíčovým opylovačem, jehož populace v posledních desetiletích výrazně klesá v důsledku působení parazitů, nemocí, chemikálií a lidské činnosti. Největší hrozbu představuje kleštík včelí (*Varroa destructor*), který spolu s viry jako DWV a IAPV způsobuje oslabení a úhyn včel (Rosenkranz *et al.*, 2010). K dalším patogenům patří mor včelího plodu (*Paenibacillus larvae*) (Genersch, 2010). Chemické látky, především neonikotinoidy, oslabují včely narušením orientace, imunity a jejich návratového chování (Goulson, 2013). Synergické působení těchto vlivů zvyšuje riziko kolapsu celých včelstev (Pilling *et al.*, 2013).

Dalšími faktory jsou úbytek květnatých stanovišť vlivem intenzivního zemědělství (Potts *et al.*, 2010), klimatické změny narušující sezonní rytmus (Le Conte & Navajas, 2008) či vandalismus a krádeže úlů. Proti těmto hrozbám se zavádějí bezpečnostní opatření, ale důležitá je i osvěta veřejnosti. Pozitivní roli může sehrát ekologické zemědělství, zakládání květnatých pásů a podpora spolupráce mezi včelaři, zemědělci a výzkumníky (Klein *et al.*, 2007). Dlouhodobé řešení vyžaduje komplexní a koordinovaný přístup.

3.2 Med

Med je přírodní sladká látka, kterou včely medonosné produkují z nektaru květů nebo medovice – sladké šťávy, kterou vylučují mšice a další stejnokřídlý hmyz na rostlinách. Tuto sladčinu včely sbírají, obohacují ji o vlastní enzymy, částečně ji rozkládají, koncentrují odpařením vody, a nakonec ji ukládají do plástových buněk, kde med dozrává (Přidal, 2003a). Zde je následně uzavřen voskovým víčkem a připraven k dlouhodobému skladování. Podle **Codex Alimentarius** (1981) je med definován jako „přírodní sladká látka produkovaná včelami z nektaru rostlin nebo z vylučovaných látek hmyzu sajícího na rostlinách, který včely sbírají, mění enzymatickými procesy, koncentrují a ukládají do plástů“. **Nektar** je produktem rostlin, obvykle sladká šťáva vylučovaná květy, zatímco medovice vzniká jako výměšek savého hmyzu, například mšic nebo červců, a často je bohatší na minerální látky (Haragsim, 2004).

Historie využívání medu člověkem sahá hluboko do pravěku. Nejstarší důkazy o sběru medu pocházejí z jeskynních maleb ve španělské Altamire, starých více než 8000 let, na nichž jsou vyobrazeny postavy sbírající med z dutin ve skalách (Crane, 1975). Ve starověkém **Egyptě** měl med nejen význam potravinářský, ale i náboženský a léčebný – používal se při mumifikacích, jako oběť bohům nebo součást léčivých mastí. V antickém **Řecku** byl považován za pokrm bohů a jeho konzumace byla považována za posvátný rituál. Hippokrates doporučoval med jako lék na různé neduhy, od horeček po vředy (Orey, 2011). Ve středověké Evropě sloužil med nejen jako sladidlo, ale i jako měna nebo naturální daň. První písemné zmínky o včelařství na našem území pocházejí již z 11. století, kdy byla včelařská činnost spojena především s klášterním hospodařením a feudálními dvory (Švamberk, 2003). Význam medu začal postupně klesat až s rozšířením cukrové řepy v 19. století, ale jeho léčebné a nutriční vlastnosti zůstaly ceněny dodnes.

Kromě medu samotného jsou významné i další produkty včelí činnosti. Patří sem zejména **propolis** – pryskyřičná látka se silnými antibakteriálními účinky, **mateří kašička** – výživná látka produkovaná mladými dělnicemi pro výživu matky a larev, **včelí vosk** – využívaný

v kosmetice, farmaceutickém průmyslu i domácnostech, **pyl** – zdroj bílkovin, enzymů a vitaminů, a **včelí jed** – který nachází uplatnění v alternativní medicíně (Titěra, 2006). Například propolis obsahuje více než 300 identifikovaných sloučenin včetně flavonoidů, kyselin a esterů, z nichž mnohé mají protizánětlivé a antioxidační vlastnosti (Bankova *et al.*, 2000). Mateří kašička je zase bohatá na proteiny, cukry, lipidy a vitaminy skupiny B, což ji činí ceněnou v kosmetice i doplňcích stravy (Hajdušková, 2006).

Med tak představuje nejen cennou součást lidské výživy, ale i kulturní a přírodní dědictví, jehož hodnota daleko přesahuje pouhou funkci sladidla.

3.2.1 Vznik medu

Vznik medu je složitý proces. Včela sběračka nasaje nektar květu pomocí svého sosáku a uloží jej do medného váčku, kde začíná první fáze zpracování. Zde působí enzym invertáza, který štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu – dva hlavní jednoduché cukry přítomné v medu (Přidal, 2013). Po návratu do úlu včela předá sladinu úlovým dělnicím, které ji dále enzymaticky zpracovávají. Významnými enzymy jsou glukózooxidáza, jež vytváří kyselinu glukonovou a peroxid vodíku, čímž přispívá k antimikrobiálním účinkům medu (Titěra, 2006). Kromě enzymatické aktivity sehraávají roli i mikroorganismy, které se přirozeně vyskytují v prostředí úlu a ovlivňují mikrobiální rovnováhu v medu, čímž přispívají ke konzervaci a dlouhodobé stabilitě (Snowdon a Cliver, 1996). V průběhu dalších několika dní dochází ke snižování obsahu vody pomocí ventilace křídlů, čímž se med stává hustším a stabilním. Jakmile obsah vody klesne pod 20 %, je buňka zavičkována voskem a med je považován za hotový (Lampeitl, 1996).

Tělesná stavba včely medonosné je dokonale přizpůsobena ke sběru a zpracování sladiny. Hlava včely je vybavena složenýma očima a složitým sosákem, který je tvořen jazykem a dvěma čelistmi – umožňuje včele sát i z hlubších květů. Medný váček funguje jako zásobník sladiny bez toho, aby došlo k jejímu strávení. Na zadních nohách včela nese tzv. pylové košíčky, do nichž ukládá pyl smíšený se slinami a nektarem. Enzymy produkované hltanovou a čelistní žlázou hrají zásadní roli v přeměně nektaru na med – především u mladších dělnic, které se specializují na tuto činnost (Snodgrass, 1984)

3.2.2 Druhy medu

Med lze dělit z různých hledisek – botanického, geografického, fyzikálního i chemického. Z chemického pohledu je rozmanitost medů dána především původem sladiny (nektar vs.

medovice), dominantními cukry, enzymy, organickými kyselinami, obsahem minerálů a fenolických látek. Druhové složení ovlivňuje barvu, chuť, vůni, krystalizaci i obsah bioaktivních látek. Srovnání různých druhů medu je znázorněno v Obrázku 4.



Obr. 4: Srovnání různých druhů medů od firmy Medokom (z leva doprava – květový, smíšený (květový a medovicový), lipový, pastovaný a květový) (vlastní zpracování)

Květové (nektarové) medy

Tyto medy vznikají z květního nektaru a vyznačují se vyšším podílem jednoduchých cukrů – fruktózy a glukózy. Typicky mají světlou barvu, jemnou chuť a rychleji krystalizují. Obsah fruktózy zpravidla převyšuje glukózu – v průměru 38 % fruktózy a 31 % glukózy, celkový obsah redukujících cukrů přesahuje 60 % (Bogdanov, 2009).

- **Akátový med** – Obsahuje až 42–45 % fruktózy a nízký podíl glukózy, což vysvětluje jeho sladkost a pomalou krystalizaci – poměr fruktóza: glukóza až 1,6 (Kamal a Klein, 2011). Má nízký obsah pylových zrn a slabší enzymovou aktivitu.
- **Lipový med** – Obsahuje větší množství organických kyselin a těkavých látek (např. p-cymen, eugenol), které mu propůjčují charakteristickou silnou vůni a výraznou chuť (Naef *et al.*, 2004). Vyznačuje se také vyšší enzymovou aktivitou, zejména invertázy a diastázy (Serrano *et al.*, 2007).
- **Řepkový med** – Má vysoký obsah glukózy (až 38 %), což způsobuje velmi rychlou krystalizaci do jemné, bílé hmoty (Escuredo *et al.*, 2014). Dále se vyznačuje vysokou diastázovou aktivitou, ale nižším obsahem flavonoidů (Serrano *et al.*, 2007).

- **Slunečnicový med** – Obsahuje přibližně 40 % glukózy, nižší podíl fruktózy, což jej činí méně sladkým. Má vyšší obsah pylu, nízkou elektrickou vodivost a pH v rozmezí 3,5–4,5 (Terrab *et al.*, 2004).

Medovicové medy

Vznikají ze sladiny vylučované savým hmyzem (např. mšice), která je sbírána včelami z listnatých a jehličnatých stromů. Chemicky se liší vyšším obsahem složitých oligosacharidů (např. melezitóza, erlóza), minerálů a polyfenolů. Jsou tmavší, aromatictější, s vyšším obsahem minerálů a pomalejší krystalizací.

- **Lesní (medovicový) med** – Má nižší podíl glukózy a fruktózy, zato vyšší obsah oligosacharidů. Elektrická vodivost je vysoká – nad 0,8 mS/cm, obsah minerálních látek (draslík, vápník, hořčík) je rovněž vyšší (Bogdanov, 2009). Díky obsahu polyfenolů má také vyšší antioxidační aktivitu (Haragsim, 2004). Zvýšená osmotická zátěž jej činí nevhodným pro kojence.

Jednodruhovové (monoflorální) medy

Tyto medy pocházejí převážně z nektaru jediné rostliny, což lze doložit pylovou analýzou nebo chemickými markery.

- **Kaštanový med** – Obsahuje vyšší množství taninů a fenolických látek (např. chrysin, kvercetin), které přispívají k jeho vysoké antioxidační aktivitě. Má vyšší elektrickou vodivost (až 1,2 mS/cm) a větší obsah pylových zrn.
- **Eukalyptový med** – Obsahuje specifické flavonoidy jako pinocembrin a galangin, které slouží jako chemotaxonomické markery (Martos *et al.*, 2000). Vyznačuje se vyšší enzymovou aktivitou a dobrou stabilitou při skladování.
- **Lipový med** (viz výše) obsahuje aromatické terpeny a deriváty fenylypropanoidů (Naef *et al.*, 2004).

Vícedruhovové (polyflorální) medy

Vznikají z nektaru různých rostlin. Chemické složení je vyváženější, ale méně výrazné. Složení závisí na lokalitě a vegetaci (Vorlová *et al.*, 2002). Pro identifikaci botanického původu se využívají multivariační metody zpracování fyzikálně-chemických dat (Manzanares *et al.*, 2011). Tyto medy jsou oblíbené pro univerzální chuť a střední rychlost krystalizace.

Medy podle cukerného profilu

Poměr fruktózy a glukózy ovlivňuje fyzikální vlastnosti:

- **F/G > 1,3** – pomalá krystalizace (např. akátový med)
- **F/G < 1,0** – rychlá krystalizace (např. řepkový, slunečnicový med) (Bogdanov, 2009)

Dlouhodobé skladování nebo přehřátí zvyšuje obsah 5-hydroxymethylfurfuralu (HMF), který je ukazatelem degradace (Khalil *et al.*, 2010).

Antioxidanty a fenolické látky

Tmavší medy a medovicové druhy obsahují více flavonoidů a fenolových kyselin, přispívajících k antioxidační aktivitě. Mezi významné flavonoidy patří pinocembrin, chrysin a galangin (Martos *et al.*, 2000). Vyšší koncentrace těchto látek je typická pro medy z horských oblastí.

Pastovaný med je druh krystalizovaného medu, který byl mechanicky upraven tak, aby měl jemnou, roztíratelnou konzistenci bez hrubých krystalů. Vyrábí se řízenou krystalizací – do tekutého medu se přidá jemně krystalizovaný "startér" a směs se za stálého míchání pomalu zahušťuje při nízké teplotě. Na rozdíl od tekutého medu (čerstvý, nekrystalizovaný) a běžně krystalizovaného medu (který může být hrubý a tvrdý), má pastovaný med výhodu v praktickém použití – neodkapává a snadno se maže na pečivo. Chemicky zůstává beze změn, pouze s upravenou strukturou pro vyšší komfort spotřebitele (Horn, 2011).

3.2.3 Složení medu

Chemické složení medu je mimořádně komplexní a je výsledkem složitého procesu sběru, úpravy a zrání sladiny, kterou včely přetvářejí v energeticky bohatou a výživově hodnotnou látku. Med obsahuje více než 180 různých sloučenin, přičemž hlavní složky tvoří sacharidy, voda, enzymy, organické kyseliny, aminokyseliny, vitaminy, minerální látky, fenolické látky a aromatické látky (Bogdanov, 2009) viz Obr. 5.

Sacharidy představují přibližně 70–80 % hmotnosti medu a asi 95–99 % jeho sušiny. Nejdůležitějšími cukry jsou monosacharidy – fruktóza (v průměru 38 %) a glukóza (cca 31 %), které dohromady tvoří 85–95 % všech cukrů v medu (White, 1980). Dále med obsahuje disacharidy jako sacharózu (do 5 %), maltózu, turanózu či melezitózu a v menší míře i trisacharidy a oligosacharidy. Původ a množství jednotlivých sacharidů se liší v závislosti na botanickém a geografickém původu medu (Fluente *et al.*, 2011).

Poměr glukózy a fruktózy má také vliv na fyzikální vlastnosti medu, zejména na rychlost krystalizace – medy s vyšším obsahem glukózy krystalizují rychleji (Escuredo *et al.*, 2014).

Obsah vody v medu se zpravidla pohybuje mezi 15–20 %, přičemž nižší hodnoty svědčí o vyšší kvalitě medu a lepší skladovatelnosti. Vyšší obsah vody může být výsledkem nedostatečného zrání nebo nesprávného skladování (Abramovič, 2008). Vyhláška č. 76/2003

Sb. stanovuje maximální přípustný obsah vody na 20 %, zatímco česká norma kvality "Český med" požaduje maximálně 18 %.

Enzymy jsou biologicky aktivní látky, které se do medu dostávají z včelích žláz a částečně i z rostlinného nektaru. Nejvýznamnějšími enzymy jsou invertáza (štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu), diastáza (rozkládá škroby), glukózooxidáza (katalyzuje vznik kyseliny glukonové a peroxidu vodíku), kataláza a fosfatázy (Titěra, 2006). Celkové množství enzymů je nízké – v jednotkách miligramů na kilogram medu – ale jejich biologická aktivita je vysoká. Aktivita enzymů je ukazatelem čerstvosti medu – při skladování nebo tepelném zpracování dochází k jejich snižování (Sakač a Sak-Bosnar, 2012).

Med obsahuje kolem 0,5 % **organických kyselin**, z nichž nejvýznamnější je kyselina glukonová, vznikající působením glukózooxidázy. Dále se vyskytují kyselina octová, jablečná, citronová, jantarová a mléčná. Tyto kyseliny ovlivňují chuť medu i jeho pH, které se pohybuje mezi 3,4 až 6,1 (Vorlová *et al.*, 2002).

Aminokyseliny a bílkoviny tvoří přibližně 0,1–0,4 % medu, obsah závisí na druhu medu. Nejzastoupenější aminokyselinou je prolin, který pochází převážně z včelího sekretu a jehož koncentrace slouží jako indikátor zralosti a pravosti medu (Czipa *et al.*, 2011). Celkový obsah aminokyselin kolísá podle druhu medu a jeho původu (Iglesias *et al.*, 2006).

Med obsahuje **vitaminy** v malých množstvích – především skupiny B (B1 – thiamin, B2 – riboflavin, B6 – pyridoxin, kyselinu pantotenovou a nikotinovou) a malé množství vitamínu C. Obsah vitaminů je přibližně 0,01–0,1 % a závisí na původu medu i délce skladování (Titěra, 2006).

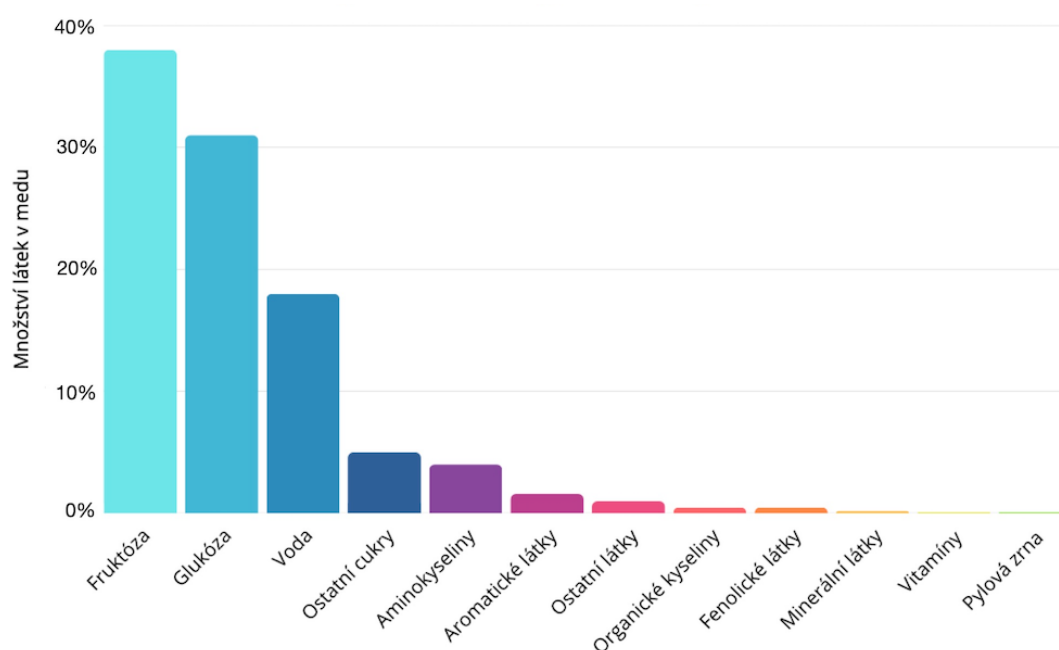
Minerální látky tvoří přibližně 0,1–0,2 % hmotnosti medu, u medovicových až 1 %. Nejčastěji se vyskytují draslík, vápník, fosfor, hořčík, sodík, železo, zinek a mangan. Medovicové medy mívají obecně vyšší obsah minerálů než květové, a to především draslíku a hořčíku (Bogdanov, 2009).

Fenolické látky, zejména flavonoidy, tvoří v medu přibližně 0,01–0,5 %, ale jejich význam je zásadní pro antioxidační aktivitu. Mezi hlavní flavonoidy v medu patří kvercetin, kaempferol, apigenin a luteolin. Jejich přítomnost může být využita i k určování botanického původu medu (Pyrzynska a Biesaga, 2009).

Aroma medu je tvořeno komplexní směsí více než 100 **těkavých látek**, mezi něž patří alkoholy, aldehydy, ketony, estery, terpeny a látky vznikající během fermentace. Jejich podíl je velmi nízký (v řádu ppm), ale významně ovlivňují senzorické vlastnosti medu (Naef *et al.*, 2004).

Kromě přirozených složek může med obsahovat i látky, které jsou nežádoucí nebo potenciálně škodlivé. Zbytky **pesticidů** mohou pocházet ze zemědělských postřiků nebo kontaminace okolního prostředí. **Antibiotika** bývají přítomna při nevhodném ošetřování včel. **HMF** (hydroxymethylfurfural) vzniká při přehřátí nebo dlouhém skladování medu. Vyhláška č. 76/2003 Sb. stanovuje maximální hodnotu na 40 mg/kg. **Kovy a těžké kovy** – např. olovo, kadmium, rtuť, mohou se do medu dostat z prostředí nebo nevhodného nářadí (Hernandez *et al.*, 2005).

Mezi **další přítomné látky** v medu patří pylová zrna (0,01–0,1 %), která určují botanický původ medu, voskové mikročástice, mikroorganismy (většinou nepatogenní) a stopové množství lipidů, alkaloidů nebo dokonce DNA (Snowdon a Cliver, 1996).



Graf 1: Zastoupení jednotlivých složek v medu (vlastní zpracování)

3.2.4 Legislativa

Kvalita a složení medu je v České republice upraveno legislativou. Vyhláška č. 76/2003 Sb., která je v souladu se směrnicí 2001/110/ES, stanovuje požadavky na přírodní med – mj. maximální obsah vody (20 %), minimální obsah redukujících cukrů (60 g/100 g), aktivitu enzymu diastázy (min. 8 jednotek Schade) a maximální povolený obsah HMF (40 mg/kg) (Vyhláška č. 76/2003 Sb.). Vedle této vyhlášky existuje i svazová norma "Český med" (ČSV 1/1999), která klade přísnější nároky – např. nižší maximální obsah vody (18 %) a vyšší požadavky na enzymatickou aktivitu (Norma Český med, 1999).

4 Badatelsky orientované úkoly do školní lavice

Badatelsky orientované úkoly jsou rozděleny do dvou úrovní – na jednodušší, cílené na druhý stupeň základní školy, a těžší určené pro žáky středních škol. Všechny úkoly jsou variabilní podle preferencí učitele, zručnosti žáků či dostupných pomůcek na škole. Jednotlivé úkoly obsahují metodický návod pro učitele a také pracovní list pro žáky.

4.1 Úkol č.1: Medová kapka v podezření

4.1.1 Metodický návod pro učitele

Téma:	Složení medu – detekce vody, cukrů, bílkovin a stanovení pH
Úroveň:	2. stupeň ZŠ, nižší ročníky SŠ
Badatelská úroveň:	Strukturované bádání
Zařazení do RVP:	Člověk a příroda – chemie (látky a jejich vlastnosti), biologie (přírodní produkty)
Tematický celek:	Látky a směsi, přírodní látky, biochemie potravin
Časová náročnost:	1 vyučovací hodina (45 minut) – možnost rozdělit na více částí
Badatelská otázka:	Jaké látky se skrývají v medu a jak je můžeme dokázat jednoduchými pokusy?

Cíl: Nejen chemicky analyzovat běžnou potravinu, ale také porozumět, jak její vlastnosti souvisí s jejím původem a využitím.

Očekávané výchovně vzdělávací cíle:

- Žák identifikuje, že med obsahuje vodu, cukry, bílkoviny.
- Žák aplikuje jednoduché chemické testy.
- Žák určí a interpretuje hodnotu pH.
- Žák samostatně pracuje s výsledky a vyvozuje závěry.

Badatelské zručnosti:

- Formulace hypotézy
- Plánování jednoduchého pokusu
- Ověření přítomnosti konkrétních látek
- Zpracování výsledků (tabulka, kresba, slovní shrnutí)
- Diskuse a závěry

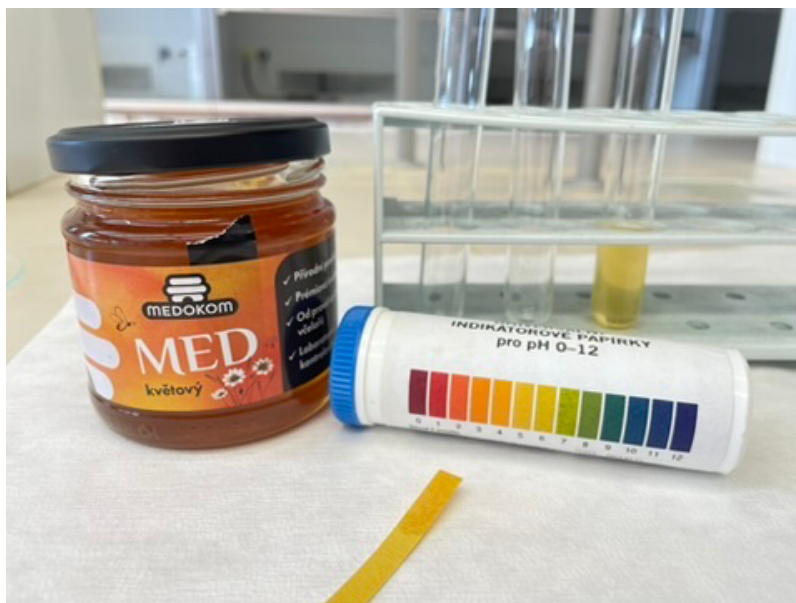
Úvod: Med není jen sladidlo do čaje – je to přírodní směs, která v sobě skrývá pozoruhodné chemické složení. V tomto badatelsky orientovaném úkolu se žáci stanou malými vědci a detektivy, kteří budou pátrat po tom, co všechno se skrývá v jediné kapce medu. Pomocí jednoduchých chemických testů zjistí, zda med obsahuje vodu, cukry a bílkoviny, a stanoví jeho pH. Teoreticky si žáci připomenou, že voda je rozpouštědlem a tvoří významnou část mnoha přírodních látek – i medu. Redukující cukry, především glukóza a fruktóza, tvoří hlavní složku medu a jsou odpovědné za jeho sladkost i výživovou hodnotu. Bílkoviny jsou přítomny jen ve stopovém množství, pochází zejména z pylu a enzymů včel. Kyselé pH medu (zpravidla mezi 3,5–4,5) přispívá k jeho dlouhé trvanlivosti a antibakteriálním vlastnostem.

Chemikálie: vzorek medu, destilovaná voda, bezvodý síran měďnatý, Biuretovo činidlo, Benedictovo činidlo (Ve 100 ml vody se rozpustí 17,3 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; v 700 ml vody se rozpustí 100 g NaCO_3 a 173 g citronanu sodného dihydrátu. Oba roztoky se přefiltrují do 1000 ml odměrné baňky a doplní po rysku vodou).

Pomůcky: pH papírky, zkumavky, lžička, Pasteurovy pipety, testovací papírky na moč, skleněná tyčinka.

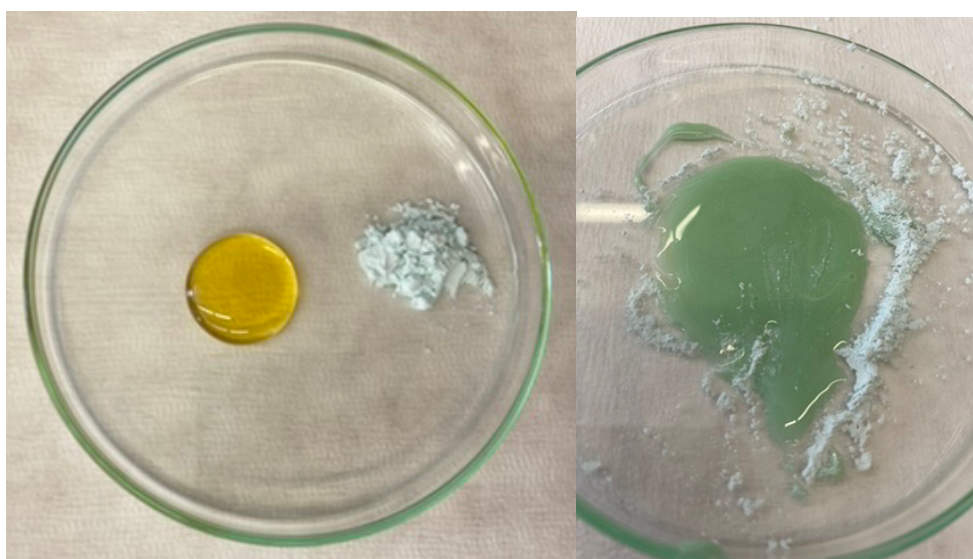
Postup:

0. Nejdůležitější je, si předem vše připravit. Pedagog si stanoví, kolik stanovišť chce žákům nabídnout, nebo budou pro větší bezpečnost sedět po celou dobu v lavici. Je důležité zajistit, aby dokázal vyučující celou dobu aktivity důkladně dbát na bezpečnost práce, proto je důležité na začátku experimentu žákům vysvětlit bezpečnost práce. Vyučující si před hodinou sám otestuje kvalitu svého vzorku medu. Nachystá pomůcky i chemikálie.
1. Na začátku vyzve učitel žáky otázkou, zdali si dokážou představit, co vše se skrývá v kapce medu? Žáci přemýšlí, jestli se jedná o složitější látku, jak by se daly jednotlivé látky určit a pracují podle předloženého pracovního listu. Pokud je potřeba, upozorní vyučující žáky na rizika úkolu a zdůrazní bezpečnost práce.
2. Dle předloženého návodu žáci nejprve zjišťují pH medu pomocí pH indikátorových papírků. Rozmíchají si dvě lžičky medu v kádince s 50 ml destilované teplejší vody, stačí teplota z kohoutku. Skleněnou tyčinkou přeneseme vzorek na papírek. Zaznamenají si svou hodnotu. Výsledek pH vidíme na Obrázku 5.



Obr. 5: Stanovení pH medu (vlastní zpracování)

3. Následuje důkaz vody, kdy si žáci rozmíchají čtvrt lžičky medu s bezvodým síranem měďným – na špičku lžičky, na skle Petriho misky. Pokud se zbarví do zelenomodra, je zde přítomna voda. Výsledek a přípravu důkazu vodu vidíme na Obrázku 6.



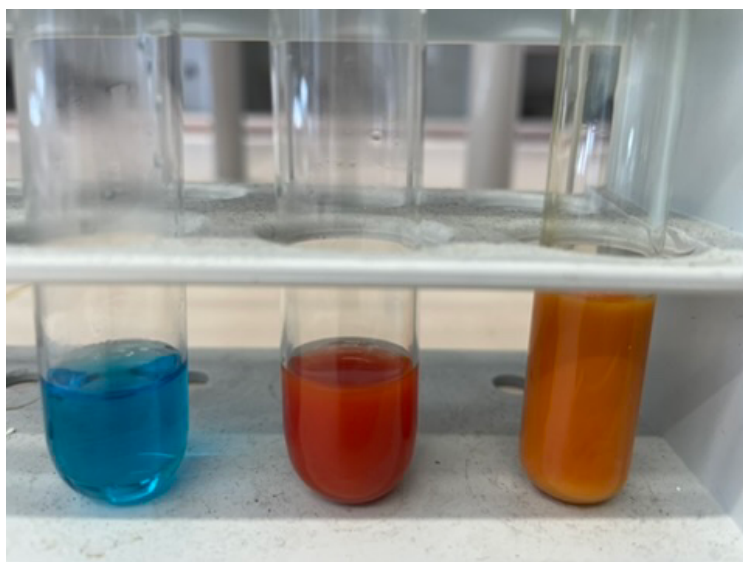
Obr. 6: Stanovení vody bezvodým síranem měďným (vlastní zpracování)

4. Stanovení obsahu cukru dokážeme pomocí Benediktovy zkoušky. Připravíme si dvě zkumavky, do kterých dáme 2,5 ml Benediktova činidla Pasteurovou pipetou. Do jedné zkumavky dáme 4 kapky zásobního roztoku medu a do druhé 4 kapky destilované vody. Takto připravené a popsané zkumavky (název skupiny, čísla, cokoli, aby si žáci poznali své zkumavky), přinesou k učiteli, který bude mít připravenou vodní lázeň (kádinka

s vodou na vařiči), do které zkumavky umístí. Po 1-2 minutách varu se roztoky zbarví podle obsahu glukózy, kterou popisuje Tabulka 2. Zbarvení roztoků vidíme na Obrázku 7.

Tabulka 2: Změna barvy podle obsahu glukózy (Klečková, Mašláňová, Smékal, 2021)

Výsledek zkoušky	Obsah glukózy (g/l)	Obsah glukózy (mmol/l)
Modrý roztok	<0,8	<5
Zelený roztok	1–3	5–20
Zelená sraženina	5–10	25–30
Olivově zelená sraženina	10–15	50–60
Oranžová sraženina	Cca 15	70–90
Červená sraženina	>20	>100



Obr. 7: Stanovení obsahu glukózy – zleva doprava: slepý vzorek, vzorek přímo s medem a vzorek s roztokem medu (vlastní zpracování)

5. Bílkoviny dokážeme pomocí Biuretovy reakce. Do zkumavky přeneseme 2 ml zásobního roztoku, přidáme 5 kapek Biuretova činidla a popsanou zkumavku umístíme opět k učiteli do vodní lázně. Pokud se roztok změní na červenou barvu, jsou přítomny bílkoviny ve vzorku.
6. Na závěr si žák potvrdí své bádání pomocí testovacího papírku na moč z lékárny, který potvrdí jejich domněnky o složení medu. Vezme si skleněnou tyčinku, ponoří do zásobního roztoku a na každý čtvereček zvlášť dá kapku. Dbá na to, aby se mu voda neslila dohromady, jinak vyjdou jiné, falešné, výsledky. Pozorují změny barev

jednotlivých identifikačních polí. Výsledek lze vidět na Obrázku 8. Podle obalu papírků pomůže vyučující stanovit obsahy látek.



Obr. 8: Výsledky testovacího papírku na moč (vlastní zpracování)

7. Na závěr si skupiny mezi sebou sdělí své výsledky a vedenou diskusí vyučujícím si stanoví správné odpovědi.

Vyhodnocení:

- Žáci zaznamenají pozorování do tabulky.
- Porovnávají hypotézy s výsledky.
- Diskutují, proč v medu není více bílkovin.
- Vysvětlují, jak pH může souviset s trvanlivostí.

Závěr: Žáci během úkolu vlastními silami ověřili, že med není pouze sladká hmota, ale složitá směs látek, z nichž každá hraje důležitou roli. Pomocí reakcí s chemickými činidly prokázali přítomnost vody, redukujících cukrů a také malého množství bílkovin. Měřením pH zjistili, že med má kyselé pH, což napomáhá jeho přirozené konzervaci – pro tento důkaz je lepší zvolit domácí med než komerční. Během práce si osvojili základní principy chemického dokazování, zaznamenávali výsledky a učili se vyvozovat závěry. Kromě praktických dovedností si také uvědomili, že i běžné potraviny jsou z vědeckého hlediska fascinující a nabízejí prostor pro

zkoumání. Úkol tak přispěl nejen k rozvoji jejich badatelských dovedností, ale i k budování pozitivního vztahu k přírodním vědám.

Možnosti rozšíření:

- Porovnání různých druhů medu (květový vs. pastovaný vs. lesní).
- Měření hustoty medu
- Spojení s úkolem o antibakteriálních vlastnostech medu.
- Biologická stopa medu – zkoumání pylových zrn pod lupou/mikroskopem.

4.1.2 Pracovní list pro žáky

MEDOVÁ KAPKA V PODEZŘENÍ

Jméno:.....

Datum:.....

Milí agenti,

právě jste byli povoláni do **tajné laboratoře Med-O-Věda**, kde vás čeká nelehké, ale vzrušující poslání: **odhalit veškerá tajemství pana Medu!**

Co přesně ukrývá každá kapka tohoto zlatého elixíru? Je jen sladký, nebo je toho víc? Vaše mise má 5 kroků – každý z nich vám pomůže rozluštit jednu část záhady.

Připraveni? Vybavte se zkumavkami, ochrannými brýlemi a zvědavostí!

Cíl mise: Odhalit veškerá tajemství pana Medu

Místo konání: Tajná badatelská laboratoř

Tým: Vy – agenti Med-O-Vědy

Výstup: Vědecký spis s odhalením složení medu

Badatelská otázka: Jaké látky se skrývají v medu a jak je můžeme dokázat jednoduchými pokusy?

Chemikálie: vzorek medu, destilovaná voda, bezvodý síran měďnatý, Biuretovo činidlo, Benediktovo činidlo.

Pomůcky: pH papírky, zkumavky, lžička, Pasteurovy pipety, testovací papírky na moč, skleněná tyčinka.

Co vše se v panu Medu skrývá? Jaké jsou tvé nápady na složení medu?

Úkol 1: Kyseláč

Zjistěte pH pana Medu. Je kyselý jako citron, nebo má neutrální povahu?

Stojí před vámi vzorek medu, u kterého potřebuješ znát jeho hodnotu pH! Vytvoř si zásobní roztok, který budeš používat celý úkol, a to tak, že rozmícháš dvě lžičky medu v 50 ml teplé vody. Pořádně promíchej, aby se všechn med rozpustil

Ponoř skleněnou tyčinku do roztoku, vytáhni a kápni na pH papírek. Pozoruj a zaznamenej si hodnotu.

PAN MED	
Hodnota pH	

- Zjištěná hodnota odpovídá kyselému, neutrálnímu nebo zásaditému pH?
- Co taková hodnota může znamenat?
- Je možné takové hodnoty pH medu nějak využít?

Úkol 2: Kapička

Zkoumejte, zda pan Med obsahuje vodu.

Na skle leží bílý sníh,
med se přiblíží jak tichý vzlyk.
Dotkne se – a v ten samý čas,
barva vody nahradí jas.

PAN MED	
Změna barvy	

- Co může být bílým práškem?

- Co značí změna barvy?

Úkol 3: Sladká past

Přítel nebo past? Zjistěte, zda je pan Med opravdu tak sladký, jak o sobě tvrdí.

Pan Med je opravdovým přítelem, když po smíchání vzorku medu ve zkumavce zjihne a změní svou tvář.

Připrav si dvě zkumavky. Obě popiš tak, aby sis je poznal/a. Do obou zkumavek dej Pasteurovou pipetou 2,5 ml Benediktova činidla. Opatrně, aby ses nepolil. Do jedné z nich přidej 4 kapky tvého roztoku a vyraz za vyučujícím, aby ti pomohl usvědčit pana Meda!

PAN MED	
Změna barvy po reakci	

- Dokážeš určit, co v sobě med skrývá a proč změnil barvu?

- Mají tuto látku v sobě i jiné potraviny, které znáš?

Úkol 4: Medový proteinátor

Máš pocit, že by byl pan Med svalovec?

Do zkumavky nalij 2 ml zásobního roztoku a přidej 5 kapek Biuretova činidla.

Jestli pan Med zřalovatí, asi bude mít modřiny po tréninku!

PAN MED	
Změna barvy po reakci	

- Jakou přítomnou látku jsme prokázali ve složení?

- Kde všude se s ní setkáš?

Úkol 5: Podtrženo sečteno!

Dokonáno jest! Je čas na závěrečné shrnutí tvého bádání.

Vezmi si testovací proužek a tak, jako jsi nanášel kapku na pH papírek, přenes skleněnou tyčinkou kapku na každý malý čtvereček (testovací pole) na testovacím proužku. Dbej na množství vody a svou pečlivost, aby ti nevyšly falešné výsledky. Proužek se ti zbarví podle přítomných látek ve složení pana Medu a tím odhalíš jeho charakter.

- Jaké látky jsi předchozím bádáním stanovil?

- Jaké látky se ti ukázaly na testovacím proužku?

- Viděl jsi takový proužek někdy někde?

Závěr

- Jaké látky se ti podařilo ve složení medu odhalit? Vrat' se zpět na začátek a porovnej své výsledky s vlastní úvodní myšlenkou!
- Proč myslíš, že je důležité znát složení potravin?
- Překvapilo tě na tomto úkolu něco?
- Co bylo pro tebe nejzábavnější?
- Co bys rád prozkoumal dál?

Závěrečný úkol pro agenty

Vytvořte vědeckou kartu medu – jako má Pokémon, ale s podobiznou pana Medu!

Napište:

- Obsah vody: ano/ne
- Přítomnost cukrů: ano/ne
- Bílkoviny: ano/ne
- pH: číslo

Přidejte název vaší karty – třeba „Supermed 3000“ nebo „Květový mistr“ a krátký popis.

Můžete nakreslit i jeho „chemickou super schopnost“!

4.2 Úkol č.2: Zlatý poklad nebo medová léčka?

4.2.1 Metodický návod pro učitele

Téma:	Testování pravosti medu
Úroveň:	SŠ
Badatelská úroveň:	Nasměřované bádání
Zařazení do RVP:	Chemie – Látky a jejich vlastnosti, chemické reakce, analytické metody
Tematický celek:	Potraviny a jejich chemické složení, falšování potravin
Časová náročnost:	1-2 vyučovací hodiny (45-90 minut)
Badatelská otázka:	Jak lze pomocí jednoduchých chemických testů ověřit pravost medu a zjistit, zda obsahuje příměsi?

Cíl: Žáci se naučí, jakými způsoby lze detekovat přítomnost přídavných látek v medu, jako je cukr, sirup, nebo voda.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák dokáže navrhnout a provést jednoduché chemické testy k ověření pravosti potravin
- Žák rozvíjí kritické myšlení a argumentaci založenou na pozorování
- Žák chápe význam kvality potravin a její kontrolu
- Žák vyvodí závěry na základě pozorování.

Badatelské zručnosti:

- Smyslové hodnocení a analýza
- Plánování postupu
- Jednoduché chemické testování
- Záznam pozorování, porovnání výsledků
- Vyvozování závěrů a diskuse

Úvod: Falšování medu je v současné době častým problémem. Někteří výrobci mohou do medu přidávat vodu, cukrový sirup nebo jiné látky, aby zvýšili objem a snížili cenu. Takový med však může mít horší kvalitu, chuť a vlastnosti. Tento úkol žákům ukáže, jak rozpoznat falšovaný med pomocí několika jednoduchých testů, které zahrnují smyslové hodnocení a chemické reakce.

Chemikálie: různé vzorky medu (zejména záměrně falšované), studená voda, líh, Lugolův roztok (nebezpečná látka).

Pomůcky: glukózové testovací papírky, zkumavky, lžičky, kádinky, Petriho miska nebo laboratorní sklo, Pasteurovi pipety.

Postup:

0. Učitel si předem nachystá všechny pomůcky, které žákům rozdá na lavici a případně je i označí. Přichystá si falšované druhy medu a také med pravý. Vzorky budou celkem čtyři. Jeden pravý a další buď naředěny vodou, smíchány se škrobem, přidán glukózový sirup nebo další cizorodé částice. Vzorky medu musí připravit v takovém množství, aby měli všichni žáci dostatečně velký objem pro stanovování. Pro každého tedy minimálně 10 ml vzorku.

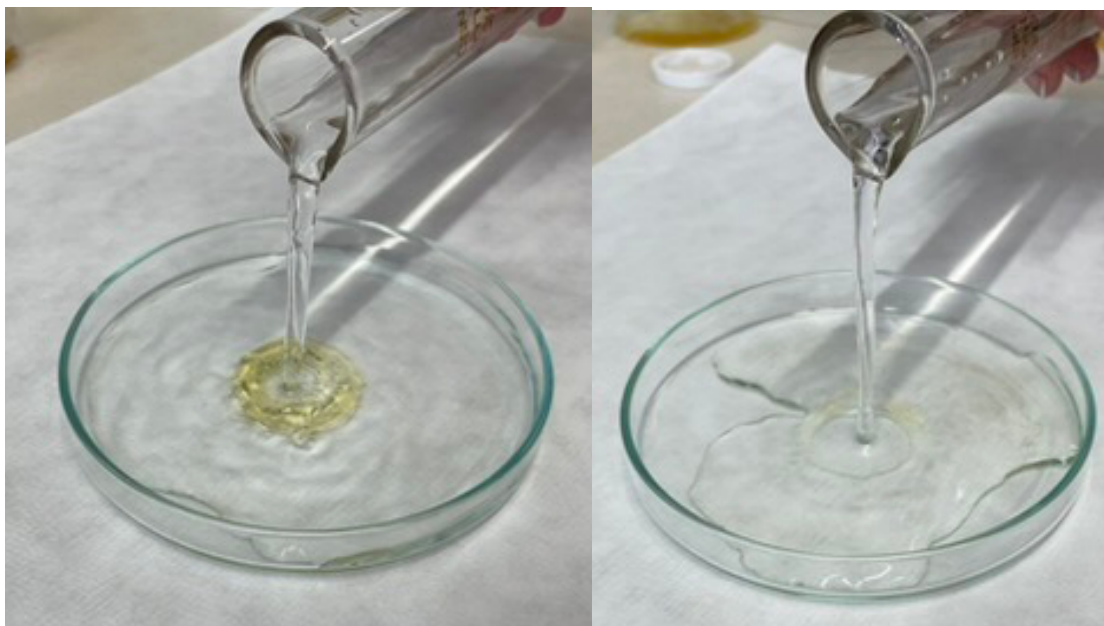
Vzorek 1: Čistý med

Vzorek 2: 2 lžičky medu + 1 lžička škrobu

Vzorek 3: 2 lžičky medu + 1 lžička glukózy

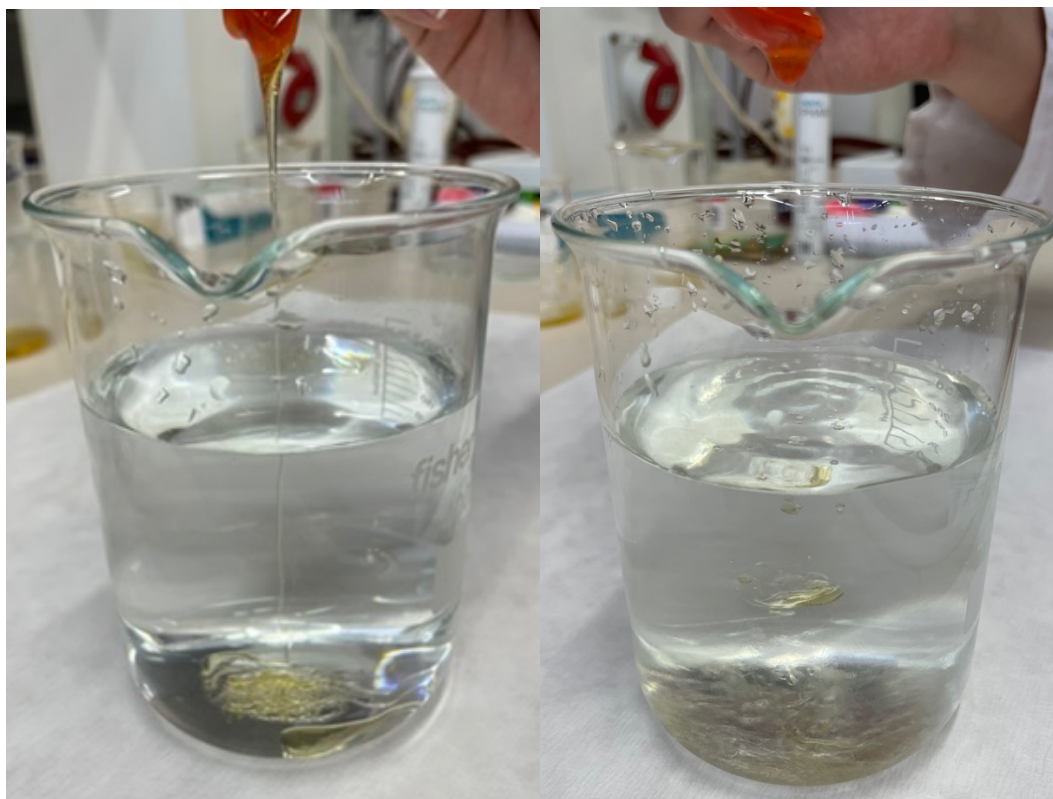
Vzorek 4: 3 lžičky medu + 1 lžička vody

1. Jako první je dobrovolná ochutnávka medu. Žáci si čistou lžičku nabерou kousek jednotlivých medů a zaznamenají chuť, barvu a vůni. Je důležité žáky sledovat, aby neochutnali to, co nemají!
2. Test spirály je specifický v rychlosti nalévání vody na kapku medu v Petriho misce, jelikož když to žák udělá moc pomalu, nic se mu neukáže. Na lžičku medu na Petriho misce žák nalévá vody z odměrného válce nebo kádinky souvislým proudem do středu. Pokud se udělá spirála, takový vnitřní kruh s okraji, jedná se o pravý med. Právě zředěný med nebude takto reagovat. Ukázku můžeme vidět v obrázku 9.



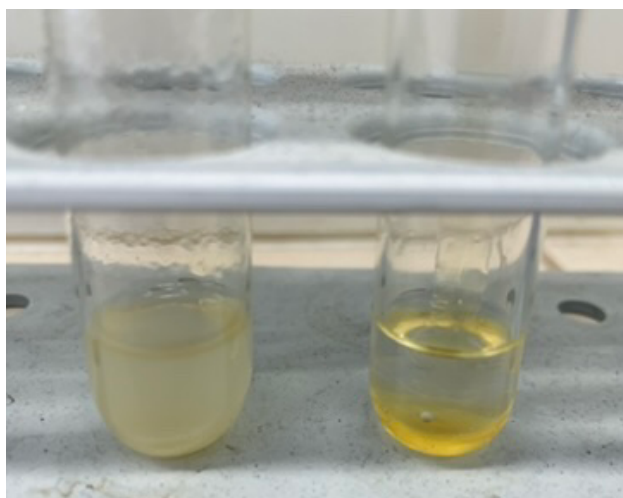
Obr. 9: Ukázka testu spirály – vlevo pravý a vpravo falšovaný (vlastní zpracování)

3. Do připravené sklenice se studenou vodou žák nalije lžičku medu a pozoruje, jestli se med souvislým proudem dostává na dno nebo se tvoří okolo oblak, což značí příměs. Výsledek vidíme na Obrázku 10.



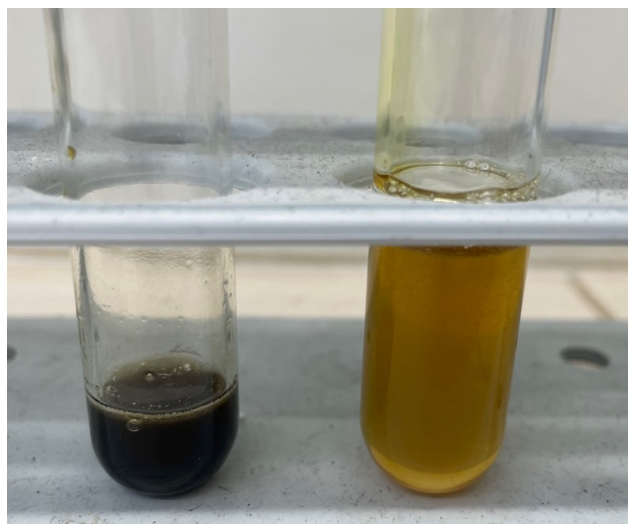
Obr. 10: Výsledky zkoušky medu ve studené vodě– vlevo pravý med, vpravo falšovaný (vlastní zpracování)

4. Do zkumavky vložíme půl lžičky vzorku medu a přidáme 1 ml ethanolu. Po řádném protřepání se u falešného medu objeví zákal a u pravého nic, jelikož se med v ethanolu nerozpouští. Výsledky vidíme na Obrázku 11.



Obr. 11: Výsledek lihové zkoušky (vlastní zpracování)

5. Lugolova zkouška prokáže přítomnost škrobu, který bývá často přidáván jako kukuřičný sirup, při falšování medu. Do zkumavky dáme půl lžičky medu a promícháme s 2 ml vody. Poté přidáme 3 kapky Lugolova roztoku a sledujeme změny. Změna barvy nebude tak průkazná, jak jsme u Lugola zvyklí, jelikož je barva spojena i s barvou medu. Výsledky vidíme na Obrázku 12.



Obr. 12: Lugolova zkouška – vlevo falšovaný med a vpravo pravý med (vlastní zpracování)

6. Na závěr ověří přítomnost glukózy pomocí glukózových papírků. Do zkumavek si dáme půl lžičky medu a 2 ml teplejší vody. Skleněnou tyčinkou nabere roztok a dáme ho na pole testovacího proužku, které má značit glukózu. Výsledek lze vidět na Obrázku 13. Podle obalu papírků určíme obsah glukózy, která i tak je v největší koncentraci, kterou papírek dokáže identifikovat.



Obr. 13: Výsledky důkazu glukózy testovacím papírkem (vlastní zpracování)

7. Výsledky a diskusi vede vyučující a společně proberou, jaké vzorky byly pančované a které ne.

Vyhodnocení:

- Který med obsahoval vodu nebo příměsi?
- Jaké změny nastaly při lihové zkoušce?
- Co to znamená pro kvalitu medu?
- Jaké testy byly nejúčinnější pro detekci falšovaného medu?
- Jaké mohou být důsledky pro spotřebitele, pokud se do medu přidávají cizí látky?
- Jaké metody mohou být použity pro kontrolu kvality medu na úrovni potravinářských laboratoří?

Závěr: Žáci se naučili různé metody pro detekci falšovaného medu. Pomocí testů zjistili, jak přídavky vody nebo sirupů ovlivňují kvalitu medu. Falšovaný med může mít odlišnou konzistenci, nižší viskozitu nebo vyšší obsah cukru. Naučí se přemýšlet kriticky o tom, co konzumují.

Možnosti rozšíření:

- Srovnání s výsledky testů pravých certifikovaných medů
- Zjišťování pravosti i u jiných potravin
- Debata: Mělo by být falšování potravin trestné?

4.2.2 Pracovní list pro žáky

ZLATÝ POKLAD NEBO MEDOVÁ LÉČKA?

Jméno:.....

Datum:.....

Představte si, že jste členy **Tajné společnosti ochránců opravdového medu** – ne, není to žádná špionážní parta, ale parta zvědavců, kteří milují přírodu, včely a skutečný med. V poslední době se však objevují *zvláštní sklenice* s nápisem „MED“, ale něco na nich nehraje... Med neteče jako med, chutná nějak podezřele... A právě proto jste byli povoláni: vaším úkolem je zjistit, **který med je pravý a který je jen falešná napodobenina!**

Cíl: Nechci detektivku. Chci **kritické myšlení a důkazy**. Vaším úkolem je udělat sérii testů a sepsat **vědecky podložený verdikt**, který byste si klidně dokázali obhájit i před Potravinářskou inspekcí.

„Pravý med poznáš, stejně jako poznáš originál tenisky – na první pohled možná ne, ale z blízka to bije do očí!“

Chemikálie: různé vzorky medu, studená voda, líh, Lugolův roztok (nebezpečná látka).

Pomůcky: glukózové testovací papírky, zkumavky, lžičky, kádinky, Petriho miska nebo laboratorní sklo, Pasteurovi pipety.

Badatelská otázka: Jak lze pomocí jednoduchých chemických testů ověřit pravost medu a zjistit, zda obsahuje příměsi?

Jak si myslíš, že se medy falšují? Jaké látky jsou přidávány? Dokážeš jen tak pohledem na vzorky určit, který je pravý a který ne?

TESTOVACÍ METODY:

1. Chut'ovka pro profíky: Udělej si v tom jasno jako sommeliér

„Vypadá dobře. Ale chutná jako...? Porovnej barvu, vůni a chuť. Někdy i jazyk ví víc než laboratoř.“

Vzorek	Chuť	Sladkost 1-5	Barva	Vůně
1				
2				
3				
4				

- Už tušíš, který med tu na tebe hraje šarádu?

2. Test spirály: Umiš číst med jako mapu?

„Pravý med si i ve vodě drží styl. Nalij vodu na kapku medu na skle a sleduj, jestli vznikne spirála. Jestli ne – možná držíš v ruce jen sladkou břechku.“

Vzorek	Spirála ano/ne	Rozpouštěl se? ano/ne
1		
2		
3		
4		

- Co je přídavkem falšovaného medu?

- Který vzorek se ti jeví jako fake med?

3. Rozpustnost: Utopí se, nebo zmizí beze stopy?

„Hustota medu napoví víc než etiketa. Nalij lžičku vzorku do kádinky se studenou vodou. Drží si tvar jako profík? Nebo se rozplyne dřív, než řekneš 'cukr'?“

Vzorek	Držel tvar? ano/ne	Rozpouštěl se? ano/ne
1		
2		
3		
4		

- Neusvědčili jsme tak náhodou stejné vzorky jako v předchozím testu?

4. Test s lihem: Co med ukáže, když se uvolní?

„Líh odhalí, co je uvnitř – nejen v člověku, ale i v medu. Sleduj, jestli se oddělí vrstvy nebo vznikne kal – signál cizích látek.“

K lžičce medu ve zkumavce přidej 1 ml ethanolu a sleduj změnu!

Vzorek	Změna po reakci
1	
2	
3	
4	

- Proč vzorky reagovaly různě?

5. Jodová zkouška: Modrá není dobrá zpráva

„Pravý med nemá co skrývat. Ale když se tam objeví škrob, jód to práskne – stejně jako kámoška, co viděla tvého kluka s jinou. Stačí kapka do zkumavky a modrá barva řekne všechno: někdo třetí je ve hře.“

Ke lžičce medu ve zkumavce přidej 2 ml vody a 3 kapky Lugolova roztoku.

Vzorek	Změna po reakci
1	
2	
3	
4	

- Uvědomuješ si, jestli jsi někdy použil v domácnosti jakýkoliv roztok s jodem, či i pevnou látku?

6. Glukózový papírek: Sirupová stopa pod drobnohledem

„Jestli někdo přilil glukózový sirup, papírek to prozradí. Test, který neokecáš.“

Vzorek	Změna po reakci
1	
2	
3	
4	

Závěr:

- Které vzorky jsou falšované? Proč?

- Co bylo pro tebe nejzábavnější?

- Jak nahlížíš na tradiční formu vyučování u nás?

- Líbilo by se ti více takových aktivit?

"Dělat pokusy je jako bádát v playlistu – někdy najdeš zlato, jindy fake.

Otázka je: poznáš rozdíl?"

4.3 Úkol č.3: Lavinová výzva

4.3.1 Metodický návod pro učitele

Téma:	Rozdíl mezi viskozitou a hustotou
Úroveň:	2. stupeň ZŠ
Badatelská úroveň:	Potvrzující bádání
Zařazení do RVP:	Fyzika – látky a tělesa, vlastnosti kapalin
Tematický celek:	Fyzikální veličiny – hustota, viskozita
Časová náročnost:	1 vyučovací hodina (45 minut)
Badatelská otázka:	Jak se liší hustota a viskozita medu?

Cíl: Pochopit rozdíl mezi hustotou a viskozitou a experimentálně je rozlišit.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák vysvětlí rozdíl mezi hustotou a viskozitou
- Pozoruje a porovnává chování různých kapalin
- Analyzuje vliv teploty na fyzikální vlastnosti

Badatelské zručnosti:

- Pozorování a měření
- Porovnávání dat
- Formulace závěru z pozorovaných jevů

Úvod: Představíme žákům scénář výbuchu sopky, která místo lávy chrlí med. Co se bude dít s hustou sladkou lavinou? Poběží jako voda, nebo se bude lepit a zpomalovat vše, co jí přijde do cesty? Tento obraz motivuje žáky k tomu, aby vlastními experimenty odhalili fyzikální zákonitosti kapalin. Poznájí rozdíl mezi hustotou a viskozitou a naučí se tyto pojmy aplikovat v praxi.

Chemikálie: med, voda, olej, sirup.

Pomůcky: nakloněná rovina (deska na tácu podepřená kádinkou), nálevka, kádinka, zkumavka, stopky.

Postup:

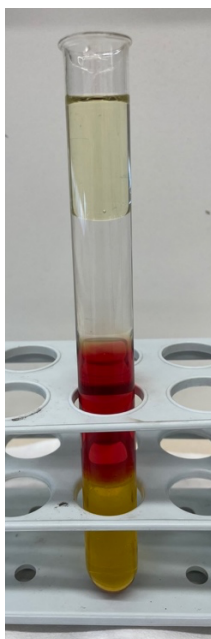
0. Učitel si předem nachystá všechny pomůcky, které žákům rozdá na lavici a případně je i označí. Připraví si nakloněnou rovinu pro demonstraci.
1. Jako první si žáci musí uvědomit rozdíl mezi hustotou a viskozitou. Nejde jen o přečtení definice z pracovního listu, ale i pomoc s pochopením významů od učitele.

2. Dále je provedena demonstrace na nakloněné rovině, kdy se buď žáci jen dívají nebo sami tento experiment provádí. Zaznamenávají si poznámky do pracovního listu. Po celou dobu je učitel přítomen a pomáhá jim postupovat dále v pracovním listu a odpovídat na otázky navíc. Demonstraci nakloněné roviny vidíme na Obrázku 14. Postupně dává učitel na start nakloněné roviny polévkovou lžici každého vzorku a společně pozorují, co se děje. Druhý způsob můžou být opravdové závody, kdy učitel vyzve žáky, aby mu s realizací pomohli a na start dají lžici vzorku všichni zároveň a další žáci stopují čas.



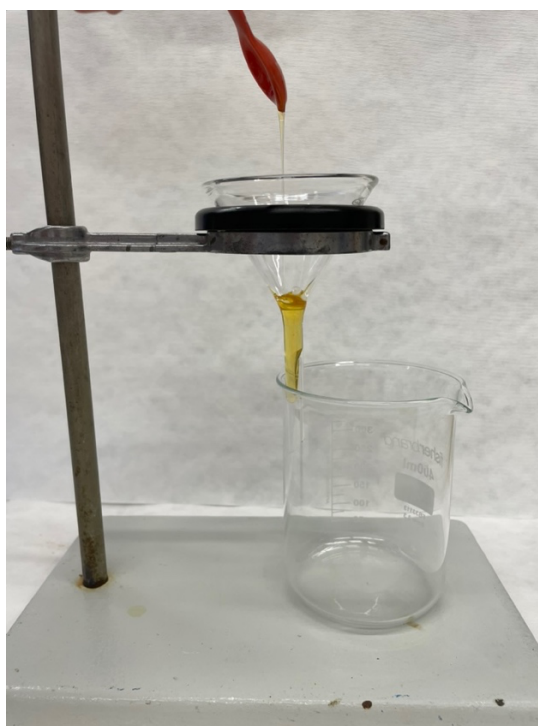
Obr. 14: Nakloněná rovina se vzorky – z leva doprava: sirup, med, olej (vlastní zpracování)

3. Žáci si ujasní, co znamená hustota a vizuálně si představí, pomocí vrstevní látek na sebe, jakou hustotu mají jednotlivé látky. Také si uvědomí, že i když má olej vysokou viskozitu, nemá vysokou hustotu. Do zkumavky vkládají postupně med, sirup, vodu a olej tak, aby každá látka byla ve výšce 1,5 cm. Vodu je potřeba lít po stěně velmi opatrně, aby se nesmíchala s vodou. Naplněnou zkumavku vidíme na Obrázku 15.



Obr. 15: Naplněná zkumavka medem, sirupem, vodou a olejem (vlastní zpracování)

4. Potvrzením obou jevů je měření času, za který proteče daná látka hrdlem a stopkou nálevky. Jedná se o jasnou demonstraci viskozity. Žáci si připraví aparaturu – nálevka ve stojanu a pod ní kádinka. Do nálevky dají lžičku medu a stopují, za jak dlouho toto množství proteče. Mohou zkusit i ostatní vzorky, záleží podle času. Aparaturu vidíme na Obrázku 16.



Obr. 16: Aparatura pro test viskozity (vlastní zpracování)

5. Na závěr si žáci ujasní, jak funguje krystalizace medu a jak by asi vypadala sopka, která by chrlila med místo lávy. Je tedy jasné, že by med zkaramelizoval a poté by se vyvalil ještě hustší a rychleji by tuhnul. Do zkumavky dají lžičku medu a zkumavku umístí do držáku na zkumavky. Vyučující jim zapálí svíčku nebo zdatnější zvládnou sami pod dohledem vyučujícího a začnou obsah zkumavky zahřívat. Po zkaramelizování nechají med buď stát ve zkumavce (náročné pro zlikvidování – musel by se nechat med odmočit) nebo jej velmi opatrně vylijí na hodinové sklíčko, aby mohli pozorovat, jak med zchladne a ztuhne. My pro znázornění experimentu použili hodinové sklíčko, jen pro lepší vizuální zobrazení karamelizace cukrů v medu – vidíme na Obrázku 17.



Obr. 17: Karamelizace medu na hodinovém sklu (vlastní zpracování)

6. Úplně závěrečnou diskusi vede učitel, který zodpoví na případné doplňující dotazy a celou aktivitu uzavře.

Vyhodnocení:

- Porovnání časů a vrstev
- Zhodnocení významu hustoty a viskozity

Závěr: Žáci chápou rozdíl mezi hustotou a viskozitou a dovedou aplikovat znalosti na běžné situace. Pochopí, že tekutiny se nechovají stejně a že viskozita a hustota jsou nezávislé veličiny, které ovlivňují proudění a chování látek. Úkol přináší zábavné fyzikální experimenty, které vedou k hlubšímu pochopení vlastností kapalin a propojení teorie s realitou.

Možnosti rozšíření:

- Porovnání viskozity různých druhů medu
- Test viskozity jiných látek (např. jogurt, sirup, šampon)

4.3.2 Pracovní list pro žáky

LAVINOVÁ VÝZVA

Jméno:.....

Datum:.....

Představ si, že stojíš na okraji sopky, která právě vybuchla. Místo lávy se ale z kráteru vylévá něco zvláštního – hustá, lepkavá lavina medu! Zatímco dříve by všichni přehali před žhavou lávou, teď se musíš vypořádat s tímto tekutým zázrakem přírody. Jak se bude med chovat? Půjde rychle jako voda, nebo se rozlije pomalu, protože je hustý a lepkavý? A jaký je rozdíl mezi medem a vodou, když se valí z kopce? To, jak rychle se pohybují tekutiny, se určuje podle jejich **viskozity**. Ale co je viskozita a proč je důležitá pro záchranu naší vesnice? A co hustota – má vůbec vliv na to, jak se tekutiny chovají? Pojďme to zjistit!

Cíl: Pomocí experimentů zjistíš, jaký je rozdíl mezi viskozitou a hustotou medu a jak ovlivňují jeho chování. Budeš mít možnost zkoumat, proč se med pohybuje jinak než voda, a co to znamená pro vědecké porozumění těmto vlastnostem.

Chemikálie: med, voda, olej, sirup.

Pomůcky: nakloněná rovina (deska na tácu podepřená kádinkou), nálevka, kádinka, zkumavka, stopky.

Badatelská otázka: Jak se liší hustota a viskozita medu a vody?

KROKY EXPERIMENTU:

1. Co je viskozita a hustota?

- Jak si představuješ rozdíl mezi hustotou a viskozitou?

- Čím je definovaná hustota? Svým objemem a hmotností? Vzpomeň si na vzoreček pro výpočet hustoty a uveď jednotky v kterých se hustota udává.

Hustota je fyzikální veličina, která udává hmotnost dané látky, která je stanovena v určitém objemu. Když něco plave na vodě, pak to má menší hustotu než voda. Dřevo má menší hustotu než voda, proto plave po vodě. Sklo má větší hustotu než voda, proto klesne ke dnu.

Viskozita je fyzikální veličina udávající vnitřní tření neboli „jak dobře daná látka teče“. Pokud má látka velkou viskozitu, teče velmi ztuhla. Neplatí, že by větší hustota znamenala větší viskozitu.

Co bude mít větší **hustotu**? Voda / med

Co bude mít větší **viskozitu**? Voda / med

2. Demonstrační zkouška: Lavinový závod

Vytvoř nakloněnou rovinu a na start okraje sopky dej nejprve lžičku vody, lžičku oleje, lžičku sirupu a lžičku medu. Pozorně sleduj, která látka steče nejrychleji a která nejpomaleji. Zaznamenej si výsledky a přemýšlej, co to asi může znamenat?

Vzorek	Rychlost – pomalá/střední/rychlá
Voda	
Olej	
Med	

- Jaký vzorek ztekl jako první?
- Který vzorek má největší hustotu a který nejmenší?

- Mezi jaké látky můžeme zařadit olej? Jaká je jeho hustota a jaká viskozita?

3. Test na hustotu: Ponorová zkouška

Připrav si zkumavku, do které budeš postupně vrstvit med, sirup, vodu a olej. Všechny látky budou ve zkumavce zhruba ve výšce jednoho centimetru. Pozorně sleduj, jak se látky od sebe oddělují a jaké tvoří vrstvy.

Pořadí ve zkumavce	Látka
1	
2	
3	
4	

- Která látka má nejvyšší hustotu a která nejnižší?

- Vypovídá to něco o její viskozitě?

4. Test na viskozitu: Průtok hrdlem

Vezmi si nálevku, kterou upevniš na stojan do filtračního kruhu a pod ni vložíš kádinku. Do nálevky dej lžičku medu a na stopkách změř čas, za který proteče med stopkou nálevky. To samé udělej se lžící oleje a vody.

Látka	Čas doby vytečení
Med	
Voda	
Olej	

- Čím je jiný tento test než test na nakloněné rovině? Přišel jsi na stejný výsledek?

5. Testování teploty: Jaký je med v teple?

Naber si lžičku medu do zkumavky, upevni ji do držáku na zkumavky a zavolej si vyučujícího, aby ti zapálil svíčku. Sleduj, co se s medem děje.

- Co se s medem stalo? Víš, jak se takovému jevu říká?

- Viděl jsi takovou reakci už někdy v domácnosti?

- Jaká látka může být asi v medu přítomna?

6. Jak by se choval med při erupci?

Představ si, jak by asi vypadal med, kdyby se měl opravdu valit se sopky.

- Jaká je láva, když vytéká ze sopky?

- Co se stane, když med zahříváš?

- Bylo by tedy možné, aby med ze sopky vytékal?

Závěr:

- Proč je med mnohem pomalejší než voda, když teče?

- Jak teplota ovlivnila pohyb medu?

- Proč je důležité rozumět vlastnostem tekutin, jako je viskozita a hustota, v každodenním životě? Můžete najít nějaký příklad z praxe?

- Jaké další tekutiny bys rád/a otestoval/a, aby ses dozvěděl/a, jak se chovají při stejných podmínkách?

4.4 Úkol č.4: Superkvasnicová mise

4.4.1 Metodický návod pro učitele

Téma:	Zdroj energie pro kvasnice
Úroveň:	2. stupeň ZŠ
Badatelská úroveň:	Strukturované bádání
Zařazení do RVP:	Biologie – mikroorganismy, Chemie – látky a jejich vlastnosti
Tematický celek:	Biochemie potravin, fermentace
Časová náročnost:	1 vyučovací hodina (45 minut)
Badatelská otázka:	Pomůže med kvasnicím růst lépe než jiné druhy cukru?

Cíl: Seznámit žáky s procesem fermentace, ověřit účinnost medu jako zdroj energie a vyhodnotit rozdíly mezi různými typy cukrů.

Výchovně vzdělávací cíle:

- Žák vysvětlí základní princip růstu kvasinek
- Posoudí vliv různých látek na jejich aktivitu
- Určí, který cukr je pro kvasnice nejvhodnější

Badatelské zručnosti:

- Pozorování biologických procesů
- Měření nepřímou (nafukování balónků)
- Formulace závěrů

Úvod: Před žáky stojí úkol rozhodnout, který zdroj energie nejlépe vyživí kvasinky – malé jednobuněčné organismy, které nám pomáhají při pečení i výrobě nápojů. Pomocí nafukujících se balónků sledují, jak kvasinky reagují na různé typy sladidel včetně medu. Úkol je zasazen do rámce "tajné mise", která přibližuje vědecké bádání hravým a atraktivním způsobem.

Chemikálie: kvasnice, voda, cukr, glukóza, med, umělé sladidlo.

Pomůcky: zkumavky, balónky, odměrný válec, kádinka.

Postup:

0. Učitel si předem nachystá všechny potřebné pomůcky a případně je i popíše. Podle zručnosti žáků jim přichystá kvasnicovou suspenzi.
1. Dohlíží na žáky, aby si správně vše rozvrhli a započali úkol. Je také možnost, aby žáci jen pozorovali vyučujícího a zaznamenávali si do pracovních listů.

2. Žáci si založí kvasnicovou suspenzi a přidají dané cukry, nasadí balónek a pozorují, co se děje. Nejprve smíchají obsah balení sušeného droždí (8 g) nebo půl kostky droždí (21 g) s 50 ml teplé vody. Rozmíchají a do každé očíslované zkumavky, celkem 5, nalijí 5 ml kvasnicové suspenze. Do každé přidají cukr a bezprostředně po přidání nasazují na zkumavku balónek, který předem profouknou. Aparaturu vidíme na Obrázku 18.

Zkumavka 1: 5 ml suspenze kvasnic

Zkumavka 2: 5 ml suspenze kvasnic + $\frac{1}{2}$ lžičky glukózy

Zkumavka 3: 5 ml suspenze kvasnic + $\frac{1}{4}$ lžičky cukru

Zkumavka 4: 5 ml suspenze kvasnic + $\frac{1}{2}$ lžičky medu

Zkumavka 5: 5 ml suspenze kvasnic + 9 peciček umělého sladidla (sacharin)



Obr. 18: Proběhlá reakce kvasnic s cukrem – vzorky z leva doprava 1-5 (vlastní zpracování)

3. Pozorují v pravidelných intervalech po 5 minutách a zaznamenávají si přibližný objem balónku. Čas mezi pozorováním může být využit pro zodpovězení otázek v závěru a případné rozvinutí vyučujícím.
4. Závěr je buď stanoven již v průběhu hodiny nebo si žáci navzájem sdělují, jak jim výsledky vyšly a jaké sladidlo je pro kvasnice nejvhodnější potrava.

Vyhodnocení:

- Porovnání objemu plynu
- Které sladidlo fungovalo jako zdroj energie nejlépe?

Závěr: Žáci ověří, že kvasnice nejsou vybíravé a nereagují různě na různé typy cukrů. Díky jednoduchému pozorování růstu balónků pochopí princip fermentace a důležitost cukru jako zdroje energie. Úkol podporuje představivost i přesnost a ukazuje, jak lze i zábavným způsobem proniknout do světa mikroorganismů a jejich role v přírodě i lidské činnosti.

Možnosti rozšíření:

- Zkouška vlivu různých teplot na fermentaci
- Porovnání s jinými přírodními látkami

4.4.2 Pracovní list pro žáky

Superkvasnicová mise

Jméno:.....

Datum:.....

Představ si, že kvasnice jsou supertajní agenti v laboratoři „Kvasnička 007“, kteří se vydali na zásadní misi. Jejich úkol? Vytvořit ten nejlepší kvašený produkt na světě! Ale co k tomu potřebují? No přece pořádné palivo! Kvasnice byly zvyklé na obyčejné sacharidy, ale tentokrát mají možnost testovat něco neuvěřitelného – **med**, tajemný elixír, který pro ně může být klíčem k úspěchu.

Ted' jsi na řadě! Staneš se vědeckým poradcem těchto super agentů a pomůžeš jim zjistit, zda je med skutečně jejich tajným palivem, nebo jestli si musí najít něco jiného. Tvé experimenty rozhodnou, jaký zdroj energie použijí na své misi!

Cíl: Zjistit, zda med pomůže kvasnicím stát se superagenty v procesu kvašení. Jak rychle rostou, když mají med jako potravu? Jaký vliv má med na jejich energii?

Badatelská otázka: Pomůže med kvasnicím růst lépe než jiné druhy cukru?

Co budeš potřebovat?

- 3 zkumavky (labortky, ve kterých kvasnice prožijí své superhrdinské dobrodružství)
- Kvasnice (ty nejlepší agentky v laboratoři)
- Med (tajemná látka, která je možná klíčem k jejich úspěchu)
- Cukr, umělé sladidlo a glukóza (konkurenční zdroj energie)
- Voda (nejdůležitější živina pro všechny agentury)
- Kádinky, odměrný válec, nafukovací balónky, Pasteurovy pipety a lázeň s teplou vodou

Jak na to?

1. Vytvoření laboratoře

Představ si, že v každé zkumavce je jedna týmová agentura. Každá skupina kvasnic bude mít jiný zdroj energie.

Připrav si 5 zkumavek a očíslej je, abys věděl, co v které zkumavce máš. Založ si suspenzi kvasnic rozmícháním půlky kostky droždí v 50 ml vody a nalij do každé zkumavky 5 ml této směsi. Přidej požadované množství jednotlivých druhů cukru, jemně promíchej a ihned nasad' profoukly balónek.

Zkumavka 1: 5 ml suspenze kvasnic

Zkumavka 2: 5 ml suspenze kvasnic + ½ lžičky glukózy

Zkumavka 3: 5 ml suspenze kvasnic + ¼ lžičky cukru

Zkumavka 4: 5 ml suspenze kvasnic + ½ lžičky medu

Zkumavka 5: 5 ml suspenze kvasnic + 9 peciček umělého sladidla (sacharin)

2. Pozorování

Pozoruj změny ve zkumavkách po 5, 10, 15 a 20 minutách. Výsledky zaznamenej do tabulky.

Vývoj množství plynu:

0 – žádný

+ velmi slabý

++ střední

+++ maximální

Zkumavka	Čas (min.)			
	5	10	15	20
1				
2				
3				
4				
5				

3. Závěr

- Jaký zdroj paliva pomohl kvasnicím stát se nejlepšími superagenty?

- Jak reagovali s kvasnicemi jiné druhy cukru?
- K čemu využíváme alternativní druhy cukru?
- Kde se v běžném životě setkáváme s kvasnicemi?
- Co by se mohlo stát, kdyby byla voda moc horká nebo naopak moc studená?
- Jaký plyn vydechují živé organismy? Je to ten stejný plyn, který se shromáždil v balóncích?
- Je něco, co tě na tomto úkolu překvapilo?

4.5 Nápady na další badatelské úkoly

Test na přítomnost redukujících cukrů v medu – Fehlingova zkouška

Žáci pomocí Fehlingova činidla zkoumají, zda med obsahuje redukující cukry jako glukózu a fruktózu. Směs medu a Fehlingova činidla I a II zahřejí a sledují změnu barvy – vznik červeného sraženiny značí pozitivní reakci. Výsledky porovnávají i s jinými sladidly, např. sacharózou. Zjišťují, že med obsahuje hlavně redukující cukry, což je klíčové pro jeho vlastnosti.

Jak med krystalizuje a proč?

Žáci zkoumají, proč některé medy krystalizují dříve než jiné – srovnávají jejich konzistenci, zahřívají je a sledují, zda se krystaly rozpustí. Pokročilejší úrovně experimentálně testují vliv teploty nebo příměsí (voda, glukóza, pyl) na rychlost krystalizace. Výsledky ukazují, že med s vyšším obsahem glukózy krystalizuje rychleji a že krystalizace je přirozený jev, nikoli znak nekvality.

Včely jako bioindikátor

Žáci zkoumají pylová zrna v různých vzorcích medu a odvozují, jak rozmanité je okolní prostředí, odkud med pochází. Diskutují o vlivu biodiverzity, pesticidů a krajinné struktury na včely a kvalitu medu. Hodina vede k pochopení, že včely a med odrážejí stav přírody.

Jak se mění vlastnosti medu při zahřívání?

Cílem je zjistit, jak se mění med při zahřívání. Žáci sledují změny antibakteriálních účinků, chuti, vůně a viskozity při různých teplotách. Získaná data zaznamenají do grafu a diskutují, proč se med nemá dávat do horkého čaje. Učí se o teplotní citlivosti enzymů a zachování přírodních vlastností potravin.

Návrh včelí zahrady

Žáci navrhují zahradu přívětivou pro včely v okolí školy. Zkoumají vhodné rostliny, plánují výsadbu a vytvářejí informační materiály pro veřejnost. Aktivně propojují ekologii s občanskou odpovědností a učí se, jak konkrétními činy přispět k ochraně opylovačů.

Jak včely vyrábějí med?

Žáci zkoumají celý proces výroby medu – od sběru nektaru z květů až po uložení zralého medu do pláství. Pomocí modelových aktivit si vyzkouší jednotlivé kroky, které včela během výroby medu provádí: sběr nektaru (např. simulace pomocí kapátka a "květů" s cukerným roztokem), přenos do úlu, přeměna nektaru na med (diskuse o enzymatických přeměnách, odpařování vody) a ukládání do pláství. Žáci sledují videoukázky z včelího úlu a vytvářejí

vlastní schéma „cesty medu“. Úkol rozvíjí porozumění biologii včel a zároveň vztahu mezi přírodou a potravinou, kterou běžně konzumujeme.

Jak to funguje v úlu?

Žáci zkoumají rozdělení rolí mezi jednotlivé typy včel v úlu – dělnice, trubce a matku. Pomocí informačních karet, ukázek videí a skupinové aktivity (např. simulace „živého úlu“) poznávají, jak včelí společenství funguje a jak jednotlivé role přispívají k přežití celku. Každá skupina se zaměří na jiný typ včely, zjišťuje, co dělá během života a proč je její práce důležitá. Výstupem může být plakát, scénka nebo model fungujícího úlu. Úkol rozvíjí nejen biologické znalosti, ale i schopnost spolupracovat a pochopit, jak je důležitá spolupráce v přírodních systémech.

Jak vypadá včela a proč?

Žáci zkoumají stavbu těla včely medonosné a její přizpůsobení životu a práci v úlu i v přírodě. Pomocí modelů, obrázků a lupových skel pozorují skutečnou včelu nebo její detailní model. V badatelském úkolu identifikují části těla (hlava, hrud', zadeček, křídla, nožky, tykadla, sosák, žihadlo) a přemýšlí, jaká je jejich funkce. Zjišťují např. čím včela sbírá pyl, jak létá nebo jak se brání. Výstupem může být popis těla včely s funkcemi částí, vytvořený jako schéma, model nebo kresba. Úkol podporuje rozvoj pozorovacích dovedností a propojuje biologii s každodenní zkušeností dětí s přírodou.

Nemoci včel a jejich prevence

Úkol zaměřený na nemoci včel spočívá v tom, že žáci prozkoumají různé hrozby, které ohrožují včelstva, jako jsou parazit *Varroa destructor*, mor včelího plodu nebo nosematóza. Ve skupinách budou žáci analyzovat příčiny, způsoby přenosu a následky těchto nemocí na zdraví včel, a zároveň se zaměřit na možnosti prevence nebo léčby. Výsledky své práce zpracují do plakátu nebo prezentace a sdílí je s ostatními, přičemž si uvědomí ekologické a environmentální dopady těchto nemocí na ekosystém.

Stanovení obsahu volných kyselin

Žáci zkoumají, co ovlivňuje kyselost medu a jak ji lze kvantitativně určit. Nejprve změří pH různých druhů medu a následně pomocí acidobazické titrace s NaOH a fenolftaleinem stanoví obsah volných organických kyselin. Úkol žákům umožní propojit chemické poznatky s praktickým využitím, porovnat kyselost květového, lesního a pastovaného medu a pochopit její význam pro kvalitu, chuť a trvanlivost medu.

Antibakteriální vlastnosti medu

V tomto badatelském úkolu žáci zkoumají antibakteriální vlastnosti medu pomocí jednoduchého experimentu s agarem nebo toastovým chlebem, na které aplikují různé druhy

medu a sledují, zda a jak brání růstu bakterií. Žáci porovnají účinek květového, lesního či pastovaného medu a diskutují, jaké látky (např. peroxid vodíku, nízké pH nebo vysoký obsah cukru) přispívají k jeho antimikrobiálním účinkům. Úkol propojuje biologii s chemií a ukazuje med jako přírodní konzervant a léčivo.

VÝSLEDKY A DISKUZE

V rešeršní části práce byla provedena analýza odborných zdrojů zaměřených jednak na badatelsky orientovanou výuku (BOV) a také na chemickou analýzu a kvalitu medu. Z hlediska BOV byla identifikována řada prací zaměřených především na environmentální výchovu a obecné principy aktivního učení. Výraznou inspirací pro metodické uchopení návrhu badatelských úkolů byla práce Leoše Sáblíka (2022), která představila systematické členění badatelských aktivit podle míry samostatnosti žáků. Tento přístup napomohl strukturování úkolů tak, aby byly srozumitelné, zároveň podporovaly rozvoj klíčových badatelských dovedností (formulace hypotézy, návrh experimentu, analýza výsledků) a respektovaly věkové zvláštnosti cílové skupiny.

V oblasti chemické analýzy medu bylo rešerší zjištěno, že většina odborných prací využívá vysoce specializované instrumentální metody, které nejsou vhodné pro přímé přenesení do školní praxe. Výjimku představují práce Dostálové (2012 a 2014) a Halouzky (2014), které se zaměřily na základní parametry medu, jako je obsah vody, přičemž využívaly metody, jež bylo možné po vhodné didaktické úpravě adaptovat do podmínek běžné školní laboratoře, v našem případě školní lavice. Tyto práce poskytly základní východisko pro návrh konkrétních badatelských úloh.

Největší inspirační vliv na tvorbu samotných aktivit měla práce Štosové (2008) „Med ve školní laboratoři“. Tato práce ukázala, jak lze téma medu uchopit zábavnou a zároveň vědecky podloženou formou, a stala se hlavní oporou při vytváření vlastních aktivit. Navržené úkoly byly často propojeny do tematických celků nebo voleny tak, aby rozvíjely základní badatelské dovednosti, jako je kladení otázek, formulace hypotéz, návrh experimentu a interpretace výsledků.

Tvorba vlastních badatelsky orientovaných úloh vycházela ze snahy převést odborné chemické analýzy medu do jednoduchých, ale smysluplných experimentů pro žáky druhého stupně základních škol a nižších ročníků gymnázií. Vznikly úlohy jako například „Medová kapka v podezření“, zaměřená na ověřování složení medu, „Zlatý poklad nebo medová léčka?“, zaměřená na testování pravosti medu, nebo „Superkvasnicová mise“, propojující biologické a chemické aspekty fermentačních procesů. Úlohy byly tvořeny s důrazem na propojení chemie a biologie.

Každá úloha byla koncipována tak, aby podporovala rozvoj badatelských dovedností žáků – od formulace výzkumné otázky přes návrh postupu a provedení experimentu až po analýzu výsledků a jejich interpretaci. Navržené úlohy pracují se strukturovaným nebo

nasměrovaným typem bádání, což odpovídá úrovni zkušeností a schopností cílové skupiny žáků. Důraz byl kladen i na propojení získaných poznatků s reálným životem a praktickým využitím – například v oblasti výživy, potravinářství nebo zdravotních benefitů medu.

Při návrhu úkolů byl rovněž brán ohled na možnosti rozšíření aktivit – jednotlivé experimenty mohou být dle potřeby upraveny tak, aby podporovaly hlubší rozvoj kritického myšlení (např. porovnáním více vzorků medu, sledováním vlivu různých skladovacích podmínek na kvalitu medu apod.) nebo pojaty s přesahem do jiných předmětů – biologie nebo ekologie, či pojaty v jiné úrovni bádání.

Celkově lze konstatovat, že cíle práce byly naplněny. Na základě rešerše odborných prací a vlastní tvořivé činnosti vznikl soubor badatelsky orientovaných úkolů, které propojují teoretické znalosti chemie a biologie s praktickou experimentální činností a podporují rozvoj badatelských kompetencí žáků.

ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce se zabývala návrhem badatelsky orientovaných úloh zaměřených na chemické aspekty medu s cílem podpořit rozvoj badatelských dovedností žáků. Východiskem pro tvorbu úloh byla rešeršní analýza odborných prací, z nichž klíčový inspirační přínos představovaly studie Dostálové a Halouzky v oblasti chemické analýzy medu a práce Štosové v oblasti didaktického uchopení tématu pro školní praxi.

Na základě těchto teoretických východisek a s důrazem na vlastní kreativní přístup byl vytvořen soubor badatelských úloh, které reflektují principy bádání a které integrují poznatky chemie a biologie do smysluplného a žákům srozumitelného kontextu. Navržené aktivity podporují nejen rozvoj odborných znalostí, ale i badatelských kompetencí, kritického myšlení a vztahu k přírodním vědám.

Provedená rešerše a návrh úloh zároveň ukázaly, že badatelsky orientované vzdělávání nabízí široké možnosti inovace přírodovědných předmětů a že i zdánlivě běžná témata, jako je med, mohou být zdrojem hlubokého objevování, porozumění a propojení různých oblastí vědy.

Vytvořený metodický materiál může sloužit jako inspirace pro učitele přírodovědných předmětů, a přispět tak k inovaci výuky v souladu se současnými trendy podporujícími aktivní učení a rozvoj vědeckého myšlení žáků.

POUŽITÁ LITERATURA

Abramovic H., Jamnik M., Burkan L., Kac M. (2008): Water activity and water content in Slovenian honeys. *Food Control*, **19**, 1086–1090.

Bankova, V., De Castro, S. L., & Marcucci, M. C. (2000). Propolis: Recent Advances in Chemistry and Plant Origin. *Apidologie*, 31(1), 3–15.

Bell, R., L., Smetana, L., Binns. 2005. I. Simplifying Inquiry Instruction, *The Science Teacher*, oktober 2005, 30-33

Bogdanov, S., Bieri, K., Kilchenmann, V., Gallmann, P., & Dillier, F.-X. (2009). Lesní med je „mšicový“-medovicová snůška a medovicové medy ze smíšené snůšky. *Odborné včelařské překlady*, Praha 1, Český svaz včelařů, č. 1.

Brestenská, B. a kol. 2010. *Premena školy s využitím informačných a komunikačných technológií*, Využitie IKT v danom predmete: spoločná časť, pre UIPŠ vydala elfa, s.r.o. Košice, ISBN 978-80-8086-143-8

Bryan N. Danforth & George O. Poinar Jr. „Morphology, Classification, and Antiquity of *Melittosphex burmensis* (Apoidea: Melittosphhecidae) and Implications for Early Bee Evolution,“ *Journal of Paleontology* 85(5), 882-891, (1 September 2011).

Codex alimentarius. Standards for honey. 2nd Edition, 1995, FAO/WHO Vol.13 (in preparation).

Cramp, D. (2013). *Včelařství: obrazový průvodce: od pořízení včelstev po medobraní: více než 400 návodných fotografií*. Rebo, Čestlice. ISBN 978-80-255-0714-8.

Crane E. (1975): History of honey. In: *Honey, a comprehensive survey*. (Crane E. ed.), Heinemann, London, UK, 439-488.

Czipa N., Borbély M., Győri Z. (2011): Proline content of different honey types. *Acta Alimentaria*, **41**, 26-32.

Česká republika. Svazová norma Český med: Norma jakosti. In: ČSV 1/1999.1999. Dostupné z: <http://www.volny.cz/burdikm/med/normy.htm>.

Danihlík, J. *et al.* (2017). *Včelařství (svazek II.)*. Praha: PSNV.

Dostál, Jiří. *Badatelsky orientovaná výuka: pojetí, podstata, význam a přínosy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4393-5.

Dostálová, Stanislava. *Hlavní ukazatele kvality medu a analytické metody k jejich stanovení*. Č. Bud., 2014. diplomová práce (Ing.). Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta

Dostálová, Stanislava. *Jakostní parametry v hodnocení medu, vlivy působící na kvalitu medu*. Č. Bud., 2012. bakalářská práce (Bc.). Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta

Escuredo, Olga, Irina Dobre, María Fernández-González a M. Carmen Seijo. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry* [online]. 2014, roč. 149, s. 84–90 DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.10.097. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461301546X>.

Galen, C., Newport, M.E.A., 1988. Pollination Quality, Seed Set, and Flower Traits in *Polemonium Viscosum*: Complementary Effects of Variation in Flower Scent and Size. *American Journal of Botany*. 75, 900–905. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1988.tb13514.x>

Garibaldi, L.A., et al., 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339, 1608–1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>

Genersch, E. (2010). Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87,

Hajdušková, Jana. *Včelí produkty očima lékaře*. Praha: Český svaz včelařů, 2006. ISBN 80-903309-2-4

Halouzka, Rostislav. *Vybrané metody chemické analýzy medu*. Olomouc, 2014. diplomová práce (Mgr.). Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta

Haragsim, Oldřich. *Medovice a včely*. Vyd. 2., dopl. Brázda 1. Praha: ve spolupráci s Českým svazem včelařů, 2005, 175 s. ISBN 80–209-0332–1.

Haragsim, Oldřich. *Včelařské dřeviny*. Vyd. 1. Editor Ludmila Haragsimová. Praha: Grada, 2004, 116 s., [16] s. barev. obr. příl. Česká zahrada. ISBN 80–247-0833–7.

Herron, M., D. 1971. *The nature of scientific enquiry*, *School Review*, 79(2), 171–212

Horn, Helmut. *Základy mikroskopického vyšetřování medu*. Odborné včelařské překlady. Praha 1, Český svaz včelařů, 1994, č. 2, s. 149–151.

- Iglesias M. T., Martin-Alvarez P. J., Polo M. C., De Lorenzo C., Gonzales M., Pueyo E. (2006): Changes in the Free Amino Acid Contents of Honeys During Storage at Ambient Temperature. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 9099-9104.
- IPBES. (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production* (S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, & H. T. Ngo, Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Jelénková, Zuzana. *Stanovení aktivních látek v medu*. Online. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2008.
- Kireš, M.; Ješková, Z.; Ganajová, M.; Kimáková, K. *Bádatel'ské aktivity v prírodovednom vzdelávaní: časť A*. Štátny pedagogický ústav, Bratislava: 2006.
- Klein, A. M. *et al.* (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274,
- Košnerová, Eva. *Včela medonosná – didaktický model pro environmentální výchovu v předškolním vzdělávání*. Online. Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/ysnb3j/>.
- Lampeitl, Franz. *Chováme včely: úvod do včelaření*. Vyd. 2., dopl. Praha: Brázda 1, 1996, 173 s. ISBN 80–856-0696–8.
- Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique (OIE)*, 27(2).
- Linn, M., C., Davis E., A. & Bell, P. 2004. *Internet Environments for Science Education*. Lawrence Erlbaum Associates, dostupné na http://www.amazon.com/Internet-Environments-Science-Education-Marcia/dp/0805843035#reader_0805843035
- Lister, B. C., & Garcia, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Majerčíková, Jana, Adriana Wiegerová, Peter Gavora a Hana Navrátilová. *Vzdělávání založené na bádání dětí v podmínkách mateřských škol: badatelsky orientované vzdělávání pro děti generace Alfa*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta humanitních studií, 2020. ISBN 978-80-7454-934-2.

- Mareš, J., Gavora, P. 1999. *Anglicko-český pedagogický slovník*, vydavatel'stvo Portál, ISBN: 80-7178-310-2
- Martos, I., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F. A. (2000a): Identification of flavonoid markers for the botanical origin of Eucalyptus honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 1498–1502.
- Martos, I., Ferreres, F., Yao, L., D'Arcy, B., Caffin, N., & Tomas-Barberan, F. A. (2000b): Flavonoids in monospecific eucalyptus honeys from Australia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 4744–4748.
- Meriková, Jitka. *Vzdělávání předškolních dětí v tématu včela medonosná jako významný opylovač*. Online. Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. 2023. Dostupné z: <https://theses.cz/id/7krmw1/>.
- Minner, D., D., Levy, J., L., Century, J. 2010. Inquiry-Based Science Instruction – What is it and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (4), 474-496
- Naef R., Jaquier A., Velluz A., Bachofen B. (2004): From the linden flowe to linden honey – volatile constituents of linden nectar, the extract of bee-stomach and ripe honey *Chemistry and Biodiversity*, **1**, 1870-1879.
- Obst, Otto. *Didaktika sekundárního vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. ISBN 8024413604.
- Orey C. (2011): A time for Honey. In: *The healing powers of honey*. Kensington Books, New York, USA, 1-14.
- Padilla, M. J. (1990). *The science process skills*. Research matters—To the science teacher, No. 9004. Reston, VA: National Association for Research in Science Teaching (NARST).
- Papáček, M. (2000). *Zoologie*. Scientia.
- Papáček, M. (2010). *Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?* Scientia in Educatione
- Pilling, E. *et al.* (2013). A four-year field program investigating long-term effects of repeated exposure of honey bee colonies to flowering crops treated with thiamethoxam. *Pest Management Science*, 69,

Potts, S. G. *et al.* (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6),

Přidal A. (2003a). *Včelí produkty*. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Česká republika, 24-82.

Přidal, Antonín (2013) *Vznik, získávání, zpracování a kontrola medu: odborný kurz: další vzdělávání pedagogických pracovníků Středních odborných škol*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 89 s. ISBN 978–80-7375–737-3.

Pyrzynska K., Biesaga M. (2009): Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *Trends in Analytical Chemistry*. **28**, 893-902.

Rezba, R., J., Auldrige, T., Rhea L. 1999. *Teaching and Learning the basic science skills*, dostupné na www.pen.k12.va.us/VDOE/instruction/TLBSSGuide.doc

Rosenkranz, P. *et al.* (2010). Biology and control of Varroa destructor. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103.

Roschelle, J., M., Pea, R., D., Hoadley, CH., M., Gordin, D., N., Means, B., M. 2000. Changing How and What Children Learn in School with Computer-Based Technologies, *The Future of Children and Computer Technology*, vol. 10, No. 2 –fall/winter 2000, 76-101

Ruoff, Kaspar, Werner Luginbuhl, Stefan Bogdanoc, Jacques Olivier Bosset, Barbara Estermann, Thomas Ziolkó a Renato Amandó. Authentication of the Botanical Origin of Honey by Near-Infrared Spectroscopy: a multivariate study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2006, roč. 54, č. 18, DOI: 10.1021/jf060770f.

Rýdlová, V. *Med z hlediska potravinářského a farmaceutického*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2012. 49 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Jan Šalplachta, Ph.D.

Rys, Slavomír. *Hospitace v pedagogické praxi: vysokoškolská příručka pro pedagogické fakulty*. Praha: SPN, 1988.

Sakač N., Sak-Bosnar M. (2012): *A rapid method for the determination of honey diastase activity*. *Talanta*, **93**.

Sáblík, Leoš. *Badatelsky orientované úlohy pro chemii*. Online. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/cfgrc1/>.

Schwab, J. 1962. The teaching of science as inquiry. In *The teaching of science*, eds. J.J.Schwab and P.F. Brandwein, 3-103. Cambridge, MA: Harvard University Press

Snodgrass E. R. (1984): Organs of feeding. In: *Anatomy of the Honey Bee*. Cornell University Press, USA, 44-120.

Snowdon, Jill A a Dean O Cliever. Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 1996, roč. 31. DOI: 10.1016/0168-1605(96)00970-1.

Stará, Barbora. *Senzorické hodnocení medu*. Online. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 2016.

Stuchlíková, I. 2010. *O badatelsky orientovaném vyučování*, Zborník příspěvků semináře 25-26.3.2010, Jihočeská Univerzita, České Budějovice, 129-135

Svatoš, Tomáš. *Malá didaktika: v teorii a praxi pro seminární výuku obecné didaktiky*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2006. ISBN 80-7041-715-3.

Šikulová, Renata a Lenka Hajerová Müllerová. *Cvičebnice obecné didaktiky pro studenty učitelství*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Pedagogická fakulta, 2001. ISBN 80-7044-365-0.

Štosová, T.: *Med ve školní laboratoři*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2008.

Tautz, J. (2009). *Fenomenální včely – Biologie včelstva jako superorganismu*. Brázda. více než 400 návodných fotografií (1. vyd). Rebo.

Titěra, Dalibor. *Včelí produkty mýtů zbavené*. Vyd. 1. Praha: Brázda, s.r.o., 2006, 200 s. ISBN 80-209-347 – X.

Třístková, Alena. *Kvalita medu v závislosti na jeho původu*. Online. Diplomová práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 2017.

Turek, Ivan. *Didaktika*. Bratislava: Iura Edition, c2008. ISBN 9788080781989.

Veselý, V. *Včelařství*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2013. 272 s. ISBN 978-80-209-0399-0.

Vinter, Vladimír a Ivo Králíček. *Začínající učitel biologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2016. ISBN 9788024450216.

Vorlová, Lenka, Antonín Přidal, Stanislava Navrátil a Renata Karpíšková. *Med: souborná analýza*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, 2002, 67 s. ISBN 80-730-5450-7

Votápková, Dana, ed. *Badatelé.cz: průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním*. 2013. Praha: Sdružení Tereza, c2013. ISBN 978-80-87905-02-9.

Všetečková, Michaela. *Implementace vybraného tématu z environmentální výchovy do vzdělávání na 1. stupni základní školy*. Online. Diplomová práce. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta. 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/ct4vz7/>.

Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. In: č. 76/2003 Sb. 2003.

White J. W. (1979): Methods for determination carbohydrates, hydroxymethylfurfural and proline in honey: Collaboratory study. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, **62**, 515-526.

Zelenková, Barbora. *Badatelsky orientované vyučování (BOV)*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2021. 135 s. Diplomová práce.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Zjednodušený model badatelského cyklu podle Dostála (2015) (vlastní zpracování)

Obrázek 2: Stavba těla včely (vlastní zpracování)

Obrázek 3: Kastovní systém včel v úlu (vlastní zpracování)

Obrázek 4: Srovnání různých druhů medů (vlastní zpracování)

Obrázek 5: Stanovení pH medu (vlastní zpracování)

Obrázek 6: Stanovení vody bezvodým síranem měďným (vlastní zpracování)

Obrázek 7: Stanovení obsahu glukózy (vlastní zpracování)

Obrázek 8: Výsledky testovacího papírku na moč (vlastní zpracování)

Obrázek 9: Ukázka testu spirály (vlastní zpracování)

Obrázek 10: Výsledky zkoušky medu ve studené vodě (vlastní zpracování)

Obrázek 11: Výsledek lihové zkoušky (vlastní zpracování)

Obrázek 12: Lugolova zkouška (vlastní zpracování)

Obrázek 13: Výsledky důkazu glukózy testovacím papírkem (vlastní zpracování)

Obrázek 14: Nakloněná rovina se vzorky (vlastní zpracování)

Obrázek 15: Naplněná zkumavka medem, sirupem, vodou a olejem (vlastní zpracování)

Obrázek 16: Aparatura pro test viskozity (vlastní zpracování)

Obrázek 17: Karamelizace medu na hodinovém sklu (vlastní zpracování)

Obrázek 18: Proběhlá reakce kvasnic s cukrem (vlastní zpracování)

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Model úrovní bádání podle Bella, Smetany a Binnse (2005)

Zdroj: Kireš, M.; Ješková, Z.; Ganajová, M.; Kimáková, K. *Bádatel'ské aktivity v prírodovednom vzdelávaní: časť A*. Štátny pedagogický ústav, Bratislava: 2006.

Tabulka 2: Změna barvy podle obsahu glukózy

Zdroj: Klečková, M., Mašláňová, H., & Smékal, Z. (2021). *Školní pokusy z chemie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra anorganické chemie.

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Zastoupení jednotlivých složek v medu (vlastní zpracování)

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BOV = Badatelsky orientovaná výuka

DWV = Deformed wing virus

ESTABLISH = Environmental Sensing To Act for a Better quality of Life: Smart Health

EU = Evropská Unie

HMF = 5-hydroxymethylfurfural

HPLC-ES/MS = High Performance Liquid Chromatography – Electrospray Mass Spectrometry

IAPV = Israeli acute paralysis virus

IBSE = Inquiry based science education

IBSL = Inquiry based learning of science

IBST = Inquiry based science teaching

LC-MS = Liquid Chromatography – Mass Spectrometry

MALDI-TOF = Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization – Time of Flight

POLLEN = Supporting innovations in science education in primary schools

RP-HPLC = Reverse Phase High Performance Liquid Chromatography

RVP = Rámcově vzdělávací program

S-TEAM = Science, Technology, Engineering, Art, Math – Výukový směr

SINUS = Improving Science and Mathematics Instruction

UHPLC-MS/MS = Ultra High-Performance Liquid Chromatography – Tandem Mass Spectrometry