

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Badatelsky orientovaná výuka se zaměřením na mykologii**

Bakalářská práce

**Kristýna NERUŠILOVÁ**

Biologie – geografie se zaměřením na vzdělávání

Prezenční forma studia

Vedoucí práce: **doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.**

Olomouc 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Barbory Mieslerové, Ph.D. a s použitím uvedených literárních zdrojů.

V Olomouci dne

.....

podpis

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat především vedoucí mé bakalářské práce, za odborné a užitečné rady a také všem, kteří mi s prací jakkoli pomáhali.

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení:** Kristýna NERUŠILOVÁ

**Název práce:** Badatelsky orientovaná výuka se zaměřením na mykologii

**Typ práce:** bakalářská

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

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.

**Rok obhajoby:** 2023

**Abstrakt:** Didakticky zaměřená bakalářská práce obsahuje část teoretickou a praktickou. Teoretická část popisuje badatelsky orientovanou výuku a charakteristiku hub. V literární rešerši jsou zahrnuty například kapitoly týkající se konstruktivismu, metod a složek badatelsky orientované výuky, ale také kapitoly o taxonomii, rozmnožování či ekologii hub.

Ve druhé části jsem realizovala experiment, při kterém jsem se konkrétně zaměřila na plísňe (mikromycety) vyskytující se na potravinách. Výsledkem bakalářské práce jsou metodické listy pro učitele, listy pracovních postupů, pracovní list a videozáznamy, sloužící učitelům jako vodítko při realizaci pokusu. Experiment by měl vést k bádání, na základě pokusu studenti budou odpovídat na otázky uvedené v listech pracovních postupů. Vypracovaný pracovní list je určen k zopakování učiva o houbách a houbám podobným organismům.

**Klíčová slova:** badatelsky orientovaná výuka, houby, stélka hub, mykorhiza

**Počet stran:** 57

**Počet příloh:** 0

**Jazyk:** český

## **Bibliografic identification**

**Author's name and surname:** Kristýna NERUŠILOVÁ

**Title of thesis:** Inquiry-based learning focused on mycology

**Type of thesis:** bachelor

**Department:** Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc

**Supervisor:** doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2023

**Abstract:** The didactically oriented bachelor thesis contains a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the inquiry-based learning and the characteristics of fungi. In the literature review we come across chapters e.g. on constructivism, methods and components of inquiry-based learning, but also chapters on taxonomy, reproduction or ecology of fungi.

In the second part, I implemented an experiment in which I specifically focused on fungi (micromycetes) occurring on food. As a result of the bachelor's thesis are teacher's method sheets, workflow sheets, a worksheet and video recordings, which serve as help for teachers to make an experiment. The experiment should lead to research and based on the experiment students will answer the questions in the workflow sheets. The worksheet serves as a revision the lessons about fungi and fungus-like organisms.

**Keywords:** inquiry based learning, fungi, thallus of fungi, mycorrhiza

**Number of pages:** 57

**Number of appendices:** 0

**Language:** Czech

## **Seznam zkratek**

**MPA**= Masopeptonový agar

**CDA**= Czapek Dox Agar

## Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle práce	10
3. Literární přehled	11
3.1 Badatelsky orientovaná výuka	11
3.1.1 Tradiční forma výuky	11
3.1.2 Konstruktivismus ve vzdělávání	12
3.1.3 Badatelsky orientované vzdělávání	13
3.1.4 Vymezení pojmu badatelsky orientované výuky	13
3.1.5 Metody a složky badatelsky orientované výuky	14
3.2 Houbové organismy	15
3.2.1 Obecná charakteristika	15
3.2.2 Taxonomie hub a houbových organismů	16
3.2.3 Stélka hub	17
3.2.4 Základní faktory ovlivňující růst a výskyt hub	18
3.2.4.1 pH	18
3.2.4.2 Zastoupení živin v substrátu	19
3.2.4.3 Teplota	19
3.2.4.4 Voda	20
3.2.4.5 Světlo	21
3.2.4.6 Oxid uhličitý	21
3.2.5 Rozmnožování hub	22
3.2.5.1 Nepohlavní rozmnožování	22
3.2.5.2 Pohlavní rozmnožování	23
3.2.6 Ekologie a způsob získávání živin	23
3.2.6.1 Parazitismus	24
3.2.6.2 Saprotrofie	24
3.2.6.3 Mykorhiza	25
3.2.6.4 Endofytní houby	26
4. Materiál a metody	28
4.1 Biologický materiál	28
4.2 Laboratorní pomůcky a použitá technika při natáčení a fotodokumentaci	28
4.3 Metody a zpracování badatelského experimentu	28
4.3.1 Postup experimentu	28

4.3.1.1 Pěstování mikromycet	29
4.3.1.2 Příprava preparátů a pozorování pod mikroskopem	29
	30
4.3.1.3 Kultivace mikromycet na živném médiu na šikmém agaru (CDA)	30
	31
4.3.1.4 Přenos vzorků agaru s mikromycetami na Petriho misku s MPA	31
4.3.2 Tvorba metodických listů	32
4.3.3 Tvorba listů pracovního postupu	32
4.3.4 Tvorba pracovních listů	33
4.3.5 Tvorba videozáznamů	33
5. Výsledky	34
5.1 Osnova videozáznamů	34
5.2 Vzory metodických listů, listů pracovního postupu a pracovních listů	35
5.2.1 Metodické listy	35
5.2.2 Listy pracovního postupu	43
5.2.3 Pracovní list	47
6. Diskuse	51
7. Závěr	53
8. Použité zdroje	54
9. Seznam obrázků	57



# 1. Úvod

Houby jsou organismy mající eukaryotickou buňku. Můžeme o nich říct, že jsou svými znaky velmi specifické, protože se v mnohém liší od rostlin a živočichů. Jedním ze znaků je například způsob rozmnožování. Houby se rozmnožují výtrusy, jež mohou vznikat jak pohlavním, tak nepohlavním způsobem (Klán, 1989).

Houby a houbové organismy zkoumá mykologie. Jsou to organismy fylogeneticky staré, první fosilní nálezy sahají až do prvohor. V minulosti lidé často nechápali, kde se berou, nebo jak a proč vznikají, bývaly často nepochopitelnou součástí přírody. Příliš se lišily od rostlin, které znali. O původu a výskytu hub vznikaly nejrůznější domněnky. Jednou z nich bylo například to, že houby vyrůstají tam, kde do země uhořel blesk. Konkrétně ve středověku lidé k houbám měli záporný postoj. Zprávy o tom, že by mohly být tyto organismy chutnou potravinou, pocházejí zřejmě ze starého Říma a Řecka (Klán, 1989).

Je dobré si připomenout, že k houbám nepatří pouze hříby, muchomůrky či ryzce, ale také kvasinky a plísňe všeho druhu, tzv. mikromycety. Velké množství plísni nalezneme na potravinách. Některé z nich mohou být pro lidský organismus škodlivé, bez jiných bychom se neobešli, protože jsou právě důležitým pomocníkem při výrobě nejrůznějších potravin (Klán, 1989). K takovým druhům potravin patří například speciální druhy sýrů, jako je Camembert, Niva nebo Brie. Mikromycety mohou taktéž pomáhat při výrobě různých alkoholických nápojů, kromě piva či vína i speciálních typů, jako například botrytického vína.

Součástí bakalářské práce je experiment, který (kromě jiných funkcí) využívá poznatku, že houby, v našem případě plísňe, se nevyskytují pouze v přírodě, ale i v našich domácnostech.

## 2. Cíle práce

Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. Cílem zpracování části teoretické je popsat a objasnit principy badatelsky orientované výuky, a dále z obecného hlediska charakterizovat houby.

Druhá část je prakticky zaměřena a spočívá ve vytvoření tří edukačních videí, která se zaměřují na plísně (mikromycety), které se vyskytují na vybraných druzích potravin. Cílem této části je srozumitelně odpovědět na otázky, co to vůbec plísně (mikromycety) jsou a kam je zařadit, objasnit potřebné faktory, které jsou potřebné pro jejich růst. Tyto a další informace zazní ve videích, ve kterých budou na základě zhotovených pokusů vysvětleny. Součástí práce je také vytvoření metodických listů, v nichž bude opět obsažena určitá část teorie, dále listů pracovních postupů, které studentům a učitelům poskytnou návod pro přípravu experimentu, a pracovní listy k zopakování učiva o houbách.

Pokusy a otázky by měly studenty namotivovat více se zamýšlet nad tím, co mají kolem sebe, případně probouzet větší zájem o tyto věci, v našem případě organismy, a ty lépe poznávat.

## **3. Literární přehled**

### **3.1 Badatelsky orientovaná výuka**

#### **3.1.1 Tradiční forma výuky**

V dnešní době existuje mnoho různých teorií, forem či názorů v oblasti vzdělání, které hledají způsob, jak správně učit. Jednoduše bychom mohli vymezit 2 přístupy k učení, a to tradiční a konstruktivistický. Tradiční neboli transmisivní způsob výuky se vyznačuje třemi výukovými koncepcemi, a to dogmatickou, slovně-názornou a verbálně-reprodukční. Dogmatická koncepce vychází ze středověkého učení, kdy se učivo předávalo na základě již poznaného, v hotové formě. Koncepce slovně názorná je spojována s Janem Ámosem Komenským. Verbálně-reprodukční koncepce, jejímž hlavním příznivcem je Johann Friedrich Herbart, se vyznačuje učením se z paměti a zapamatováním si informace, které však nebylo porozuměno (Zormanová, 2012). Maňák (2003) vymezuje charakteristické metody tradiční výuky. Jedná se o metody slovní, názorně demonstrační a dovednostně praktické. Do slovních metod můžeme zařadit například rozhovor, přednášku či vysvětlování. Názorně demonstrační metodou je například instruktáž, předvádění nebo práce s obrazem. Dovednostně praktickou metodou je například napodobování, vytváření dovedností nebo metody produkční.

Tradiční vyučování předává učivo pasivní formou, v již předem zhotovené podobě a žáci mají dáno, jakým způsobem informacím porozumět, proto se někdy tradiční přístup označuje jako instruktivní (Nezvalová et al., 2010). Potíže, motivy či celkové zvládnutí učiva studentem nezaobírá primární pozornost učitele, protože jeho úkolem je spíše splnit předání obsahu učiva a soustředit se na učební osnovy (Zormanová, 2012).

V tradičním přístupu je nové učivo nejčastěji předáváno prostřednictvím učebnic a poznání nových informací je cílem. Co se týká samotných učitelů, jejich náplní je předat hotové informace, být přední autoritou ve třídě a určovat pravidla. Žáci plní pokyny vyučujícího a práce probíhá spíše individuálně. Hodnocení provádí výhradně učitel, spočívá ve známkování a porovnávání s výsledky ostatních (Nezvalová et al., 2010).

V dnešní době je transmisivní způsob výuky poměrně kritizován. Počátky kritiky klasické výuky v pedagogice nejsou výplodem teprve 21. století, ale sahají až do konce 19. století, kdy započínala reformní hnutí. Avšak je dobré si uvědomit, že má ve školství i dnes stále

svoji podstatnou roli. Látka je totiž systematicky ucelená a uspořádaná (Zormanová, 2012).

### **3.1.2 Konstruktivismus ve vzdělávání**

V dnešní době se setkáváme s určitými změnami v českém školství. Existuje mnoho nejrůznějších teorií, jak vzdělání, a tedy výuku ve školách zkvalitnit. Čím dál častěji je zmiňován pojem konstruktivismus nebo konstruktivistický přístup ve výuce. A právě konstruktivismus je pro mnohé pedagogy inovací, jednou z cest vedoucí ke změnám způsobu výuky ve školách (Korcová, 2006).

Konstruktivistické pojetí výuky má snahu poukázat na jiné možnosti formy učení, než je tradiční způsob. Zahrnuje některé koncepce výuky, a to koncepci problémovou a rozvíjející vyučování (Zormanová, 2012). Učení žáků již nepředstavuje pasivní příjem informací od učitele, nýbrž spočívá v aktivním přístupu jedince (Nezvalová et al., 2010). Jedná se o proces, jež je záměrný, aktivní a sociální. Pro získání informace jsou nezbytné předešlé zkušenosti (Zormanová, 2012). Žák své poznání vytváří sám, tedy využívá své vlastní myšlení, logické uvažování a objevování (Grecmanová, 2007).

Dle Pupaly a Osuské je konstruktivismus popisován spíše jako jedna z cest uvažování, která chce především upozornit na to, čeho je třeba si ve vzdělávání všimnout, a která může být pomocníkem při tvorbě nejrůznějších modelů vyučování, učení a materiálů sloužících k rozvoji jedince (Hrbáčková, 2006).

Je dobré si uvědomit, že jedna věc je teorie a druhá teorii zahrnout do praxe. V konstruktivistickém pojetí nalézáme jiný pohled na roli učitele a žáka, než nabízí přístup tradiční výuky. K autorům, kteří popisují charakteristiky učitele, jenž aplikuje konstruktivistickou teorii ve výuce, patří například Brooks J.G. a Brooks M.G. (Hrbáčková, 2006). Učitel již není hlavní autoritou a pravidla ve třídě vytváří s žáky. Může taktéž vybízet ke spolupráci mezi studenty, ti tedy nemusí pracovat pouze samostatně, ale taktéž ve dvojicích či ve větší skupině (Nezvalová et al., 2010).

Kromě specifické role učitele a žáka v konstruktivistickém pojetí výuky je důležitý přístup k učení. Pro učení je důležité například prostředí bohaté na nejrůznější podněty, problémové situace, které nabádají k motivaci žáků, předměty a nejrůznější modely, s nimiž je možné manipulovat, protože taková manuální činnost zefektivňuje proces učení (Hrbáčková, 2006).

I konstruktivismus někdy sbírá kritiku, i když je v pedagogice poměrně populární. Někteří kritici upozorňují například na jeho nízkou efektivitu k získávání vědomostí systematických a komplexních. Je velmi diskutabilní, zda by celkové nahrazení tradiční výuky konstruktivistickými přístupy nevedlo ke zhoršování celkových výsledků ve vzdělávání. Řešením může být přijatelná kombinace obou výukových směrů (Zormanová, 2012).

### **3.1.3 Badatelsky orientované vzdělávání**

Pro začátek by bylo vhodné pokusit se nějakým způsobem definovat badatelsky orientované vzdělávání, které se bude konkrétněji orientovat na výuku přírodovědných předmětů. Jedná se o poměrně širokou stupnici nejen pedagogických, ale i filozofických a kurikulárních metod a přístupů k vyučování. Výuce přírodovědných a technických oborů je v posledních letech věnováno více pozornosti. Poměrně klesá zájem mladých o tyto obory. Odborníci se snaží přijít na důvody nezájmu o studium zmíněných oborů. Ukazuje se, že jedním z důvodů je forma vyučování přírodovědných předmětů. Badatelsky orientované vzdělávání je dle Evropské komise řešením, které by mohlo napomoci zlepšit formu výuky přírodovědných předmětů a tím tedy přispět k vyššímu zájmu o studium zmíněných oborů (Nezvalová et al., 2010).

Badatelsky orientované vzdělání může nabývat poměrně odlišného významu ve vztahu k vyučování, tedy samotné činnosti učitele, ve vztahu ke vzdělávacímu programu a taktéž ve vztahu k učení žáka, jenž zahrnuje žakovu činnost (Nezvalová et al., 2010).

### **3.1.4 Vymezení pojmu badatelsky orientované výuky**

Pokud bychom chtěli definovat badatelsky orientovanou výuku, zjistíme, že tento pojem v české pedagogické teorii jednoznačnou definici nemá. Mnozí pedagogové a odborníci v této oblasti zmiňují spíše badatelsky orientované vyučování a učení, ne však badatelsky orientovanou výuku (Dostál, 2013). Jedním z nich je například Miroslav Papáček, který v jedné ze svých prací popisuje badatelsky orientované vyučování jako metodu, která vychází z konstruktivistických vzdělávacích přístupů, a je také metodou účinnou a aktivizující v problémovém vyučování. Dále popisuje, že vyučující žákům nepředává učivo formou výkladu v hotové podobě, ale spíše předává učivo odlišnou cestou, například řešením problému a k němu se vztahujících kladených otázek (Papáček, 2010). Badatelsky orientovaná výuka je v některých ohledech inspirována konstruktivismem, ale ne ve všech, ne vše je konstruktivistické (Nezvalová et al., 2010).

Ve vztahu k vyučování je dle D. Nezvalové badatelsky orientované vyučování vysvětlováno tak, že učitel je ve třídě facilitátorem a výuku ve třídě formují žáci. Badatelsky orientované vyučování se vyznačuje různými vyučovacími strategiemi. K základním charakteristikám takové výuky patří, že si žáci sami hledají důkazy a kladou si badatelsky orientované otázky, komunikují a ověřují objasnění, ke kterým došli. Dále nejen, že si žáci důkazy hledají, jak bylo zmíněno výše, ale samotné objasnění se snaží formovat na základě důkazů a následně vyhodnocovat (Nezvalová et al., 2010).

Definici pojmu badatelsky orientovaná výuka objasňuje J. Dostál. Popisuje ji jako činnost učitele a žáka, jenž je zaměřená na rozvoj znalostí, dovedností a postojů vycházející ze základů aktivního a relativně samostatného poznávání skutečnosti žákem. Tuto skutečnost se žák učí sám objevovat a objevuje ji (Dostál, 2013).

### **3.1.5 Metody a složky badatelsky orientované výuky**

S badatelsky orientovanou výukou souvisí několik metod, které mají spojitost s obsahem vzdělávání, a které se snaží řešit problémy, jež jsou pro studenty nové. Metody vycházejí ze zkušeností s badatelskou činností. Prvním důležitým faktorem je upřesnit si, že badatelsky orientovaná výuka není metodou, jak to uvádějí některé weby (Dostál, 2015).

Jednou z nejdůležitějších metod je dle Lernerova metoda výzkumná, jenž má svoji podstatu v získávání zkušeností z badatelských činností. Předpokladem výzkumné metody je žák připravený na řešení kompletních problémových úkolů. Další metodou je metoda problémového výkladu, jež je brána jako příprava na samotné bádání. Náplní této metody je ukázat žákům, jak aplikovat nalezené řešení problémů, seznámit je s nalezeným řešením a objasnit logiku hledání řešení. Heuristická metoda neboli metoda řízeného objevování se uplatňuje při vytváření zdatnosti, které jsou ve spojitosti s jednotlivými fázemi problému. V této metodě je aktivně zapojen učitel, jímž stanovený problém žáci řeší, avšak je jim rádcem, stanovuje dílčí kroky při řešení problému. K dalším metodám souvisejícím s badatelsky orientovanou výukou můžeme uvést například metodu projektovou, inscenační nebo reproduktivní. Z uvedeného vyplývá poměrně velká metodická rozmanitost (Dostál, 2015).

## 3.2 Houbové organismy

### 3.2.1 Obecná charakteristika

Houby (lat. *Fungi*) jsou eukaryotické organismy. Spadají do velké skupiny zvané *Eukaryota*, nadříše *Opisthokonta* a říše *Fungi* (Adl et al., 2012). Eukaryotické organismy mají buňky s organelami, jako jsou například plastidy, jež jsou typické pro rostliny, dále mitochondrie, endoplazmatické retikulum či jádro. Jádro eukaryotických organismů je ohraničeno jadernou membránou. Buňka hub neobsahuje chloroplasty, z čehož vyplývá, že u hub nedochází k procesu fotosyntézy, nejsou schopné přeměňovat anorganické látky na organické. Organické látky musí získávat ze svého okolí, do něhož vyloučí své enzymy, které rozštěpí složité organické látky na látky jednodušší, a ty jsou pak lépe vstřebatelné a následně houbou účelně využité (Holec et al., 2012). Dalšími způsoby, kterými jsou houby schopné získat živiny je symbióza se zelenými rostlinami nebo parazitismus spočívající v čerpání živin na živých rostlinách či živočiších (Klán, 1989). Houby tedy patří mezi heterotrofní organismy a výživa a obstarání potřebných látek jsou u nich možné více způsoby. To, že jsou houby heterotrofní, je jedním z hlavních znaků, kterým se odlišují od zelených rostlin (Voženilková, 2008).

Houby patří k nejrozšířenějším organismům na zemi, protože obývají nejrůznější prostředí, ať už se jedná o vodu, půdu, vzduch, lidské tělo nebo lidské přebytky. Nalezneme je i na rostlinách a živočiších a potravinách, kde jsou buď ve formě kultury prospěšné nebo škodlivé. Spolu s bakteriemi jsou schopné rozkládat organické látky a uvolňovat uhlík, fosfor a dusík do půdy a do atmosféry. Využitelné jsou také ve výzkumech nejrůznějších biologických oborů, například v buněčné a molekulární biologii a v oborech medicíny (Moore et al., 2022).

Tak jako je škrob zásobní látkou u rostlin, u hub tuto úlohu zásobní látky v buňce zastává glykogen. Chitin, jeden z nejrozšířenějších polysacharidů, tvoří buněčnou stěnu hub (Klán, 1989). Přesto, že je chitin znám jako typická složka buněčné stěny hub, existují i případy, kde není samozřejmé jeho dominantní zastoupení. U některých skupin je zastoupen velmi málo nebo dokonce chybí. Například u skupin *Taphrinales* a nevláknitých *Saccharomycetales* je zastoupen v malé množství, u skupiny *Schizosaccharomycetales* je místo chitinu v buněčných stěnách obsažen glukózoaminoglykan (Kalina a Váňa, 2005).

Stejně jako většina jiných organismů, i houby (i když ne všechny) potřebují ke svému životu kyslík. Například druhy patřící mezi obligátní aeroby mohou růst pouze v prostředí s přítomností kyslíku. V kontrastu je skupina obligátně anaerobních hub, kteří v prostředí s kyslíkem umírají. Obligátních anaerobů je však podstatně méně v porovnání s aerobními druhy. Houby schopné žít v prostředí jak s kyslíkem, tak i bez něj se označují jako fakultativně aerobní (Mieslerová et al., 2016).

### 3.2.2 Taxonomie hub a houbových organismů

Systematické zařazení hub a houbám podobným organismům není v dnešní době jednoduché, a dá se říci i jednoznačné. Dochází k neustálým vědeckým pokrokům a na základě toho vědci a badatelé vyčleňují a stále aktualizují taxonomické členění. Houby, jak je již uvedeno výše v textu, dnes spadají do skupiny *Eukaryota*, nadříše *Opisthokonta* (do níž jsou řazeni i živočichové) a samotné říše *Fungi* (Adl et al., 2012). Organismy, na které bylo dříve nahlíženo jako na houby, dnes označované jako organismy houbám podobné (hlenky, nádorovky, oomycety a akrázie), v systému dříve patřily do dvou říší – Protozoa a Chromista. Po rozdělení říše Protozoa, jsou dnes tyto organismy zařazeny do říší jiných. Hlenky, dříve spadající mezi Protozoa, jsou součástí říše Amoebozoa, akrázie (dřívější řazení do Protozoa) dnes patří k říši Excavata a oomycety (dříve Chromista) jsou součástí fylogenetické větve SAR. Nádorovky (dříve říše Protozoa) jsou zařazeny do Rhizaria, avšak některé nejnovější studie nádorovky řadí taktéž do větve SAR (Mieslerová et al., 2016).

Od organismů houbám podobným a jejich základního taxonomického zařazení se přesuneme k taxonomii říše hub (Fungi). Říše Fungi je rozčleněna do více oddělení. Mieslerová a kol. (2016) v jedné ze svých novodobých publikací uvádějí jednotlivých oddělení hub celkem šest. Jedná se o skupiny Chytridiomycota, Microsporidiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota a Basidiomycota. Chytridiomycota neboli buněkotvaré houby se vyznačují mikroskopickou stélkou, která je buď vláknitá nebo jednobuněčná. Jako jediná z uvedených skupin hub mají Chytridiomycota spory s bičíky-zoospory. Microsporidiomycota, zvané též mikrosporidie, jsou charakteristické svým parazitováním na živočišných zástupcích. Stélka hub spájitých (Zygomycota) je taktéž mikroskopická až vláknitá, jsou známými rozkladači potravin a organických materiálů. Glomeromycota jsou novou skupinou oddělenou od Zygomycot, zástupci z této skupiny jsou mykorhizními druhy, konkrétně se zúčastňují arbuskulární mykorhizy se zástupci vyšších rostlin. Poslední dvě skupiny jsou nejpočetnější. Vřeckovýtrusé houby



(Ascomycota) při pohlavní reprodukci vytváří vřecka mající dvě až osm askospor. V tomto oddělení můžeme nalézt jak mikromycety (například *Aspergillus*) tak i makromycety (*Morchella*). Mikroskopické vřeckovýtrusé houby jsou fytopatogenními zástupci (např. *Erysiphe*) nebo rozkladači organické hmoty (například *Penicillium*). V oddělení Ascomycota nalezneme kvasinky, a taktéž druhy podílející se na symbióze se sinicemi nebo řasami, jedná se o tzv. lichenizované houby tvořící lišejníky. Většina stopkovýtrusých hub (Basidiomycota) má makroskopickou stélku a tvoří viditelné plodnice. Pro člověka jsou Basidiomycota skupinou nejvíce známou, protože zahrnuje druhy jedlých a jedovatých hub. K zástupcům patří například hříby, klouzky, křemenáče či muchomůrky. Menšinou skupinou Basidiomycot jsou také některé mikroskopické houby, rzi a sněti způsobující rostlinné choroby, dále zde nalezneme i choroše (tzv. dřevokazné houby) (Mieslerová et al., 2016).

Nejnovější studie autorů M.A. Naranjo-Ortiz a T. Gabaldóna uvádějí jiné, o něco více rozšířené taxonomické rozdělení hub a houbových organismů. Naranjo-Ortiz a Gabaldón (2019) taxonomicky pravé houby rozčleňují do devíti hlavních větví: Opisthosporidia, Chytridiomycota, Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota, Zoopagomycota, Mucoromycota, Glomeromycota, Ascomycota a Basidiomycota (Naranjo-Ortiz a Gabaldón, 2019).

Wijayawardene a kol. (2020) dokonce vymezují až 19 kmenů hub, jimiž jsou Aphelidiomycota, Ascomycota, Basidiobolomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota, Calcarisporiellomycota, Caulochytriomycota, Chytridiomycota, Entomophthoromycota, Entorrhizomycota, Glomeromycota, Kickxellomycota, Monoblepharomycota, Mortierellomycota, Mucoromycota, Neocallimastigomycota, Olpidiomycota, Rozellomycota a Zoopagomycota (Wijayawardene et al., 2020).

### **3.2.3 Stélka hub**

Tělo hub se nazývá stélka, která je většinou jednoduché stavby, není rozlišená na kořen, stonek, list a pravá pletiva, často je vláknitá (Klán, 1989). Je tvořena hyfami, což jsou větvené buňky mající buněčnou stěnu. Uvnitř buněk je cytoplazma a mnoho dalších, pro buňku typických, organel. Hyfy jsou základní jednotkou, která houbu utváří. Soubor těchto houbových vláken (hyf), vytvářejících síť a tvořících stélku, se nazývá mycelium, též známé jako podhoubí (Moore et al., 2022). Mycelium může být různých tvarů o různých délkách, s hyfami tenkými více i méně, zkrátka vždy je specifické pro daný druh

houby. Samotné hyfy tvoří například také plodnice a útvary zvané rhizomorfy. Jedná se propletené hyfy, které jsou velmi tenké, dohromady spletené. V průměru mohou mít až pár desítek milimetrů (okolo 50 mm i více), jejich délka může dosahovat až několik stovek metrů. Vnitřkem rhizomorf protékající nejrůznější látky s obsahem živin jsou dopravovány myceliem na potřebná místa větších vzdáleností (Sheldrake, 2020).

Stélka může být jednobuněčná i mnohobuněčná. V souvislosti s tím mají stélky různé velikosti. Rozměry tedy mohou být buď mikroskopické nebo dosahovat až desítek metrů. Výživu stélky obstarává její vegetativní část. Stélka dále slouží k výměně látek a energie mezi houbou a okolním prostředím, je důležitá pro růst houby, ale také je potřebná k rozmnožování, to mají na starost její specifické reprodukční struktury (Klán, 1989).

Houby vytváří nepravá pletiva, pravá pletiva se objevují pouze ve výjimečných případech. Mezi zmíněná nepravá pletiva patří plektenchym, z něhož se tvoří nejen plodnice, které sbíráme a konzumujeme, ale také stromata nebo sklerocia (Kalina a Váňa, 2005). Úlohou plodnic je tvorba výtrusů. Plodnice jsou morfologicky rozlišené útvary stélky hub, jsou tvořeny různě zapletenými houbovými vlákny (hyfami), pohlavní orgány jsou umístěny na povrchu nebo uvnitř plodnic (Klán, 1989). Jsou typické hlavně pro oddělení Ascomycota (plodnice zvané askokarpy) a Basidiomycota (bazidiokarpy), u nižších hub ve většině případů chybí. Uvnitř plodnic vznikají spory (převážně pohlavní). Ascomycota tvoří následující typy plodnic: kleistothecia (kulovité), perithecia (lahvicovitá) a apothecia (miskovitá), popř. askolokulární askostroma. Plodnice Basidiomycot, nazývané bazidiokarpy, mohou být buď hymeniální (s hymeniem na povrchu) nebo geastrální (s hymeniem v glebě). Mezi jednotlivé typy hymeniálních plodnic stopkovýtrusých hub se řadí holothecium (př. kuřátka), krustothecium (choroše) či pilothecium (hříby), mezi geastrální např. klathrothecium (hadovka) či schizothecium (hvězdovka) (Mieslerová et al., 2016).

### **3.2.4 Základní faktory ovlivňující růst a výskyt hub**

#### **3.2.4.1 pH**

Jedním z důležitých faktorů, které ovlivňují výskyt a růst hub je charakter prostředí, konkrétněji jeho hodnota pH. Nejvhodnější hodnotou pH je pro houby hodnota okolo 5-6,5, což vypovídá o slabě kyselém prostředí. Existují však i druhy, pro které je optimální prostředí až silně kyselé (Klán, 1989). Takovým druhům se říká acidofilní. Naopak druhy, které mají rády zásadité prostředí (je jich méně než acidofilních), jsou označovány jako

bazofilní (alkalifilní). Mnoho hub a houbových organismů potřebuje konkrétně vyhovující nejen substrát, ale i mnoho dalších potřeb k životu (Holec et al., 2012).

Vnitřní prostředí buněk hub vyžaduje stálé pH. Pro dosažení tohoto cíle buňky hub i některých jiných organismů obsahují tzv. homeostatické systémy sloužící k udržení optimální hodnoty pH uvnitř buněk. Okolní prostředí často má odlišnou hodnotu pH ve srovnání s hodnotou pH uvnitř buňky právě díky zmíněným pH regulujícím systémům. Tyto systémy sehrávají důležitou roli taktéž u patogenních hub napadajících buňky rostlin a živočichů a taktéž je nutná homeostáza vnitřního pH. Obecně houby dokáží změnit vlastnosti pH okolního prostředí prostřednictvím organických kyselin a dalších látek, které do okolí vylučují. Prostor bývá houbou okyselené, proces může pozměnit složení hornin působením kyselin na minerály, taktéž dochází k uvolňování a přesouvání kationtů půdy (Watkinson et al., 2016). Zajímavostí je, druh žijící v extrémních podmínkách kyselého prostředí, dokáže přežít i v prostředí silně zásaditém a naopak. V porovnání s tímto faktem například druh termofilní (nebo psychofilní) dokáže přežít pouze ve vysoké teplotě (nebo v teplotě velmi nízké), ne v obou typech prostředí (Sklenář, 2017).

#### 3.2.4.2 Zastoupení živin v substrátu

Houby pro růst potřebují látky, ze kterých mohou čerpat potřebné živiny. Příkladem takových organických látek rozložitelných houbou je hlavně celulóza, dále škrob, tuky, vosky nebo pektinové látky. Houby jsou podle výzkumů až třikrát aktivnější v rozkladu hmoty než bakterie (Klán, 1989). Obecně jsou pro houby důležité sacharidy, nejlépe v podobě jednoduchých cukrů, jako je glukóza, sacharóza, fruktóza nebo xylóza. Jednoduché sacharidy jsou pro houby dobře vstřebatelné, jsou totiž rozpustné ve vodě. Druhou skupinou jsou sacharidy složitější, nerozpustné, kam patří výše zmíněná celulóza, škrob, dále hemicelulózy nebo lignin. I s takovými si houby umí poradit. Pro získání uhlíku a dusíku houby využívají peptidy, aminokyseliny (Moore et al., 2022).

#### 3.2.4.3 Teplota

Nezanedbatelnou podmínkou pro život hub je také teplota. Nelze však jednoduše vymezit, jaká teplota je optimální pro většinu hub. Pro jednotlivé druhy je typické odlišné teplotní rozmezí. Teplotní podmínky ve spojitosti s druhem můžeme rozdělit do tří skupin, a to na teplotní minimum, maximum a teplotu (pro daný druh) optimální. Jde o to, že například teplota 30 °C může být pro některý druh teplotou optimální, pro druh jiný smrtelnou. Obecně, při optimální teplotě dochází k nejintenzivnějšímu rozmnožování a

je aktivně podpořen metabolismus. Po dosažení maxima druh většinou umírá, bývá tomu tak i při minimální teplotě, avšak jsou druhy, které jsou schopné nepříznivé podmínky přečkat. Dle rozmezí teplot se houby dělí na psychrofilní, mezofilní a termofilní druhy (Klán 1989).

Termofilní druhy hub nejsou schopné se vyvíjet při teplotě nižší 20 °C, termotolerantní jsou schopné života v 50 i více stupních Celsia, ale optimum mají níž. V protikladu s druhy, které potřebují teplotu alespoň 20 °C, stojí houby potřebující k životu chlad, jedná se o psychrofilní (teplota max 20 °C) a psychrotolerantní (teplota bodu mrazu i nižší) (Watkinson et al., 2016). Termofilové byli objeveni před několika desítkami let, avšak objevy psychrofilních hub nastaly až kolem roku 2000. Jak je známo, při zvýšené teplotě dochází k rozpadu buněčných membrán a denaturaci proteinů. Z uvedeného vyplývá, že termofilní druhy se životu ve vysokých teplotách musely přizpůsobit. Určitým adaptačním znakem termofilů jsou termostabilní enzymy, jež jsou velmi odolnými vůči vysoké teplotě. Stabilitu enzymů, například ochranu jejich funkčnosti, podporují HSP proteiny (heat-shock proteins). Co se týká výskytu termofilních a termotolerantních hub, můžeme je nalézt například v rašelině, v půdě v aridních oblastech nebo v kompostu. Zástupci termofilních druhů hub jsou nejčastěji ze skupin Mucoromycota, Ascomycota, a někteří Basidiomycota. Psychrofilní houby obývají prostředí zamrzlá, například permafrost, ledovce či ledy sladkých vod. Adaptací na chladné prostředí jsou opět typy proteinů, tentokrát nazývané proteiny chladového šoku (cold-shock proteins) a také proteiny nemrznoucí, které obalují vznikající ledové krystalky v buňce, čímž zastaví jejich zvětšení. Dalším znakem adaptace může být i silnější buněčná stěna psychrofilů. Zástupci psychrofilních a psychrotolerantních druhů pocházejí téměř ze všech hlavních skupin hub (Sklenář, 2017).

#### 3.2.4.4 Voda

Voda a celkově vlhké prostředí patří k velmi důležitým podmínkám života většiny hub a houbových organismů. Druhy vázané na velké množství vody se nazývají hygrofilní, oproti tomu xerofilní a xerotolerantní druhy jsou schopné přežít i v sušším prostředí, přechodnou skupinou jsou houby mezofilní. Důležitost vody pro houbu spočívá hlavně v transportu přijímaných látek a zisku kyslíku z molekul vody. Potřebná je i určitá vlhkost, kterou potřebují hyfy k růstu (Klán, 1989). Většina dějů probíhajících u hub je tedy úzce vázána na přítomnost vody. To, zda má houba dostatek vody či je dehydratovaná, je určováno množstvím vody v houbě a v okolním prostředí. Důležitým

termínem vypovídajícím o stavu vody v houbě a v jejích buňkách, je vodní potenciál. Různé experimenty potvrzují, že vyšší hodnota vodního potenciálu (tj. hodnota pohybující se v rozmezí -1 MPa a vyšší) je optimální pro růst většiny hub. Do samotných hyf se voda dostává osmoticky reakcí na rozdílnosti ve vodním potenciálu. Existují ovšem i druhy schopné přežít v extrémních podmínkách velmi nízkého vodního potenciálu. Nastane-li situace, při které je osmotický tlak cytoplazmy nižší než kapalina obklopující hyfy, dojde k přísunu vody do buňky. Při tomto procesu přísunu vody dochází ke zvýšení tlaku turgoru uvnitř prostředí buňky. Turgor se zvyšuje až do chvíle, kdy dojde k vyrovnání vodního potenciálu hyfy a okolí (Watkinson et al., 2016).

#### 3.2.4.5 Světlo

Pro velkou většinu organismů hraje světlo velmi důležitou roli, je jednou z podstatných podmínek ovlivňujících jejich životní pochody. Stejně tak je tomu tedy i u hub, kde taktéž zastává svoji roli. Co se týká rozpětí světelného spektra, houba je schopna jej přijímat v rozpětí od ultrafialového po infračervené světlo (z angl. infrared light). Dle některých výzkumů je vjem světla u hub možný díky třem systémům. Houby obsahují, mimo jiné, různé typy pigmentů. Jedním z nich je světlo pohlcující pigment opsin, nalezen u skupin Ascomycota a Basidiomycota, který má dle výzkumů pravděpodobný původ v prokaryotních organismech. Zajímavé ovšem je, že oproti jiným organismům (např. živočichům), u něj ve spojitosti s houbami není prokázána jeho funkce (Watkinson et al., 2016).

Dalšími pigmenty jsou například karotenoidy, jež potřebují světlo ke svému vzniku. U hub dále světlo ovlivňuje tvorbu výtrusů (spor), metabolismus a děje s ním související. U některých Basidiomycot světlo napomáhá k diferenciaci plodnic a jejich tvorbě. Naopak světlo neovlivňuje například to, jak rychle rostou kolonie hub. Existují výzkumy poukazující na negativní účinky světla na životní procesy u některých druhů. Příkladem je *Aspergillus glaucus* a jeho vytváření plodniček (Klán, 1989).

#### 3.2.4.6 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je důležitým zdrojem uhlíku pro organismy, protože uhlík je sám o sobě jedním z nejdůležitějších prvků na Zemi. V přírodě díky rostlinám a ostatním organismům dochází ke koloběhu uhlíku. Díky tomu, že jsou houby schopné mineralizace a humifikace, tedy rozkladu organické hmoty, uvolňují do přírody uhlík v podobě oxidu uhličitého. Jsou tedy schopné přeměňovat organické látky na anorganické. Vždy však

oxid uhličitý nemusí být pouze odpadním produktem houby, může být houbou využit. Nejen, že je zapojen do procesu signalizace, ale taktéž má úlohu při morfogenezi. Do buněk CO<sub>2</sub> proniká pasivní formou, konkrétně difúzí (Watkinson et al., 2016).

### **3.2.5 Rozmnožování hub**

Způsob, jakým se houby rozmnožují, byl dlouho neznámou informací. Houby byly řazeny mezi kryptogamy, též nazývané „tajnosnubné rostliny“ (Holec et al., 2012). Rozmnožování může probíhat pohlavně i nepohlavně. Nepohlavní rozmnožování je z hlediska fylogeneze starší. Způsob rozmnožování je pro jednotlivé skupiny (oddělení) hub, i pro samotné druhy specifický. Podstatou však je zachování druhu. Například pro mikroskopické houby je charakteristická převážně nepohlavní reprodukce, naopak pro vývojově nejvíce pokročilou skupinu bazidiomycota (stopkovýtrusné houby) je typické spíše pohlavní rozmnožování. Také existují druhy hub, které vytváří výtrusy pohlavně i nepohlavně, zde však dochází k časovému odstupu mezi jednotlivými fázemi životního cyklu (pohlavní a nepohlavní reprodukci) (Klán, 1989).

#### **3.2.5.1 Nepohlavní rozmnožování**

Rozmnožování nepohlavně je pro některé druhy hub hlavní způsob reprodukce. Používanými pojmy pro houbu rozmnožující se nepohlavně je buď anamorfa, anebo mitotická houba. Dalším používaným termínem je mitotická holomorfa pro houby, jejichž reprodukce je pouze nepohlavní. Z hlediska morfologie se nepohlavní a pohlavní stádia některých druhů mohou značně lišit (Kalina a Váňa, 2005). Způsobů, jak může probíhat nepohlavní rozmnožování je více. K těm jednodušším patří dělení buněk nebo fragmentace (rozpad na malé části) hyf či stélky, z jejichž úlomků vyrostou nové podhoubí nebo nová stélka (Klán, 1989). Vytváření nepohlavních výtrusů (spor) je dalším velmi častým a charakteristickým způsobem nepohlavního rozmnožování. Spory jsou často označovány různými termíny, například u oddělení Chytridiomycota je používán pojem zoospory, které jediné mají bičík (málokdy mohou mít i více bičíků), nepohlavní spory ostatních oddělení bičíky nemají. Vznik spor je buď endogenně nebo exogenně. Obvykle se nepohlavní výtrusy tvoří na konidioforech (exogenně), což jsou speciálně uzpůsobené hyfy. Označení pro takto vytvořenou nepohlavní sporu je konidiospora, též konidie. U některých skupin (Chytridiomycota, Zygomycota) hub se nepohlavní spory tvoří endogenním způsobem v tzv. sporangiu (Kalina a Váňa, 2005).

K vyklíčení spor je zapotřebí vhodných podmínek, pokud však nastane situace, kdy podmínky vhodnými zrovna nejsou (nedostatečné živiny, nízká teplota, sucho), některé druhy hub si dokáží poradit. Mohou začít tvořit chlamydospory, jež jsou schopné nepříznivé podmínky přečkat. Chlamydospory jsou typické spíše pro mikromycety, buněčná stěna je silná a jejich tvar je oválný (Klán 1989).

#### 3.2.5.2 Pohlavní rozmnožování

U pohlavního rozmnožování hub je nutné, aby proběhla plazmogamie, karyogamie a meióza, dochází taktéž ke změně ploidie. Označení pro stádium houby rozmnožující se pohlavním způsobem se nazývá teleomorfa, taktéž se používá název meiosporická houba. Při pohlavním rozmnožování hub narážíme na fakt, že u nich probíhají všechny známé pohlavní děje. Jedná se opět o velmi rozmanitý, náročný, a hlavně pro jednotlivé skupiny i druhy hub specifický proces. Roli zde hraje i fylogeneze (Kalina a Váňa, 2005).

K pohlavním procesům probíhajícím u hub patří somatogamie, gametogamie, gametangiogamie, gameto-somatogamie, autogamie, somato-gametangiogamie a gameto-gametangiogamie. Například gametogamie je typická pro oddělení Chytridiomycota, u ostatních oddělení je tento typ pohlavního rozmnožování vzácný. Oproti tomu gametangiogamie, častá pro některé zástupce skupin Ascomycota a Zygomycota, dále gameto-gametangiogamie, opět charakteristická pro některé druhy Ascomycota či somatogamie, typická pro některé Bazidiomycota a Zygomycetes, jsou poměrně častými typy pohlavní reprodukce. Zbylé typy nejsou příliš běžné, například autogamie se objevuje ojediněle u skupiny Ascomycota (Kalina a Váňa, 2005).

U hub mohou probíhat oba typy rozmnožování (pohlavní i nepohlavní), pak mluvíme o pleomorfní holomorfní. Rozmnožuje-li se houba pouze pohlavně, označuje se termínem meiotická holomorfa. Při pohlavním rozmnožování se u fylogeneticky odvozenějších skupin hub, oddělení Ascomycota a Bazidiomycota, vytváří plodnice (Kalina a Váňa, 2005).

#### 3.2.6 Ekologie a způsob získávání živin

Jak je již zmíněno výše v textu, houby a houbové organismy jsou heterotrofní a způsob jejich vyživování může mít více podob. Na rozdíl od některých organismů, jako jsou například hlenky, se houby nevyživují fagotrofně. Pro houby a houbám podobné organismy je totiž specifický osmotický způsob výživy, umožněn díky extracelulárním enzymům. Konkrétněji houby získávají živiny paraziticky, symbiózou (zejména

mykorhiza a lichenismus) nebo saprofytický (Kalina a Váňa, 2005). Houby a houbové organismy ještě můžeme rozdělit do tří kategorií, a to na biotrofy, nekrotrofy a saprotrofy, na základě požadavků na výživu. Biotrofové potřebují živé buňky hostitele, aniž by je předtím museli usmrtit. Ovšem s nimi v protikladu jsou nekrotrofní houby, které za použití toxinů usmrtí živé buňky hostitele, a až poté z nich získávají živiny. Pro vyživení saprotrofních druhů jsou důležité zbytky organické hmoty, kterou rozkládají. Je dobré mít na paměti fakt, že v přírodě houby nejsou rozčleněny do přesných „škatulek“ dle způsobů vyživování, neboť velmi častým jevem je kombinace zmíněných skupin (Mieslerová et al., 2016).

#### 3.2.6.1 Parazitismus

Organismus obstarávající si potravu paraziticky potřebuje svého hostitele. Takovými vhodnými hostiteli jsou živé organismy, ze kterých parazitující druh čerpá potřebné látky (Kalina a Váňa, 2005). Houby vyživující se paraziticky jsou schopné žít na povrchu nebo přímo v tkáních/pletivech svého hostitele, který je parazitickou houbou buď poškozován nebo dokonce usmrcen. Zde stojí za zmínku existence druhů hub, jejichž způsob výživy je saproparazitický. To znamená, že houba svůj původně parazitický způsob výživy po smrti hostitele změní na saprotrofní, a začne se živit mrtvým tělem, které začne rozkládat (Holec et al., 2012). Parazitující houby získávají potřebné látky ze svého hostitele různými způsoby. Nejčastější formou získání živin z hostitele je prorůstání mycelia do hostitele. Zde si vymežíme dva typy mycelií, a to intracelulární a intercelulární mycelium. Intracelulární, tedy vnitrobuněčné mycelium, prorůstá přímo buňkami hostitele, napadá protoplasmu a živiny čerpá přímo z ní. Oproti tomu intercelulární podhoubí neprorůstá buňkami, nýbrž se rozrůstá v prostorech mezi buňkami. Toto mycelium je schopné získávat látky z buňky buď přes buněčné stěny anebo, což je pro mnohé druhy běžné, vytváří útvary zvané haustoria. Jejich funkcí je vstřebávání živin z buňky, do níž haustoria prorostou díky otvorům v buněčných stěnách hostitele. Haustoria jsou typická převážně pro obligátní parazitické houby napadající cévnaté rostliny. Haustoriím často předcházejí apresoria (nazývané též terčky), což jsou modifikované hyfy, které se přichytí na povrchu rostlinného orgánu (Kalina a Váňa, 2005, Mieslerová et al., 2016).

#### 3.2.6.2 Saprotrofie

Saprotrofní výživa je typická pro většinu hub. Tento způsob spočívá v rozkladu mrtvých těl rostlin a živočichů, ze kterých získávají organické látky. Tato činnost hub, tedy to, že



fungují jako destruenti, je velmi důležitým procesem na Zemi (Holec et al., 2012). Rozkladem, jež je jim umožněn díky enzymům, mohou „zrecyklované“ složité organické látky navrátit v podobě anorganických a jednodušších organických látek zpět do ekosystému. Tyto živiny, jednodušší látky získané rozkladem, využijí jak houby, tak i další organismy, které nejsou schopny některé složité látky trávit. Z těch nejznámějších složitých organických látek můžeme uvést například lignin či celulózu (Wilson, 2018). Z toho, že dokáží rozložit i zmíněnou látku lignin, vyplývá jejich schopnost rozkládat i dřevo, protože je součástí buněčných stěn dřeva. Jde o druhy způsobující tzv. bílou hnilobu. Jiné druhy hub vytvářející hnědou hnilobu, jsou orientovány na rozklad celulózy a hemicelulózy. Materiál vzniklý rozkladem je označován pojmem humus (Holec et al., 2012).

Jednotlivé druhy saprofytních hub můžeme konkrétněji zahrnout do skupin dle užšího vztahu k materiálu, ze kterého čerpají živiny. Jedná se například houby antrakofilní, muscokolní, lignikolní, koprofilní či keratinofilní. Takových skupin existuje velké množství (Holec et al., 2012).

### 3.2.6.3 Mykorhiza

Mykorhiza je vzájemně prospěšným vztahem mezi houbou a kořeny stromů a bylin cévnatých rostlin. Jedná se o typ mutualistické symbiózy, k níž se řadí taktéž lichenismus, kterým se v této práci zabývat nebudeme. Díky této symbióze houba získává potřebné organické látky a zároveň svojí přítomností napomáhá rostlině tím, že jí zprostředkuje vodu a další látky, jako je například fosfor a dusík (Holec et al., 2012). V Evropě zhruba čtvrtina makromycetů tvoří vzájemně prospěšný vztah s kořeny jehličnanů (smrk, jedle apod.) a listnatých stromů (bříza, olše, lípa apod.). Důležitou roli při mykorhize hrají tedy kořeny rostlin a podhoubí hub, které kořeny obroste a je schopné rostlinu chránit před škůdci, suchem a těžkými kovy. Mycelium dále prospívá stromu tím, že rozšiřuje jeho celkový kořenový systém (Keizer, 1998).

Mykorhiz existuje více různých typů. Mezi ty základní a poměrně časté patří například ektomykorhiza, arbuskulární, erikoidní a orchideoidní mykorhiza. Arbuskulární mykorhiza je z celosvětového měřítka rozšířena nejvíce. Je pro ni typická tvorba hyfových útvarů zvaných arbuskuly, které jsou uvnitř buněk. Zaměříme-li se na výskyt, v celosvětovém měřítku se arbuskulární mykorhiza vyskytuje v mírném pásu, dále převažuje u stromů v biomu tropických deštných lesů (Vohník, 2008). Charakteristickým

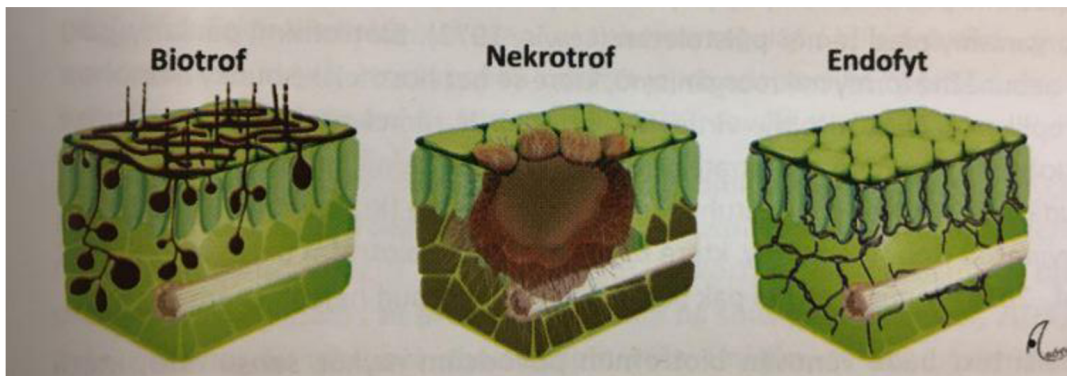
prostředím výskytu v našich podnebných podmínkách jsou převážně louky, trávníky nebo pole s obilím, její výskyt je totiž zhruba u 60 % druhů cévnatých rostlin. K nalezení je však i u některých druhů ovocných stromů, javorů apod. U některých rostlin, často nám známých, se mykorhiza nevyskytuje. Jedná se například o rostliny z čeledi merlíkovité, brukvovité či šachorovité. Arbuskulární mykorhizy se zúčastňují houby mikroskopické, patřící do oddělení Glomeromycota. Vyjma jednoho jediného rodu ze zmíněného oddělení, jsou do arbuskulární mykorhizy všechny ostatní rody zapojeny (Konvalinková, 2017).

Dalším typem, taktéž velmi rozšířeným, je ektomykorhiza. Je charakteristická svým výskytem převážně ve společenstvech lesních, o něco méně i ve společenstvech lučních. Hlavní roli při ektomykorhize hrají bazidomycety (houby stopkovýtrusé), o něco méně pak askomycety, což jsou vřeckovýtrusé houby (Vohník, 2008). Do kořenové kůry proniká při ektomykorhize mycelium, které zvnějšku obaluje povrch kořene dané dřeviny či byliny. Podhoubí dále prorůstá vnitřními mezibuněčnými prostory kořene, a vytváří tzv. Hartigovu síť. Pro rostliny vřesovcotvaré, ke kterým patří například brusinky, borůvky či klikvy, je charakteristická erikoidní mykorhiza. Tento typ mykorhizy je přínosný obzvláště v prostředí s kyselými a toxickými půdami nebo s nedostatkem minerálních živin. Příkladem takového místa jsou například vřesoviště nebo severská tundra (Holec et al., 2012). Orchideoidní mykorhiza je spjatá s rostlinami z čeledi vstavačovité a tvořená zástupci bazidiomycet (Vohník, 2008). Zajímavé je, že stále není potvrzeno, zda houba při tomto typu mykorhizy od rostliny čerpá nějaké pro ni prospěšné látky, pro rostlinu je ale vztah s houbou velmi potřebným (Holec et al., 2012).

#### 3.2.6.4 Endofytní houby

Některé druhy hub, žijící téměř celý život v pletivech rostlin, se nazývají endofytické houby. Rostlinné pletivo není houbou jakkoli porušováno. Vzájemné soužití je vztahem pozitivním. Avšak i pro tento typ soužití je vymezen termín, a to balancovaný antagonismus, protože oba účastníci se vzájemně tolerují, avšak „hledí si toho svého“ (Holec et al., 2012). Endofytické houby můžeme dle některých zdrojů nalézt téměř ve všech rostlinách, nevyjímaje mechy a kaprad'orostry, přičemž objevy potvrzují i jejich přítomnost v lišejnících (Koukol a Haňáčková, 2017). Mykologové uvádějí nálezy desítek až stovek endofytických hub ve dřevě, v listech i rostlinných stoncích. Mohou nastat případy, kdy se z endofytní houby stane parazit. Takovým případem, který je již viditelný, je například dřevnatka (*Xylaria*) (Holec et al., 2012). Přesto, že existence

endofytických hub už je nějakou dobu pro mykology známou skutečností, stále je mnoho nezodpovězených otázek. Z hlediska ekologického zařazení se nejedná o oficiální skupinu označenou termínem endofytické houby (Obr. 1). Je to z důvodu velké různorodosti druhů, žijících odlišným způsobem a spadajících do odlišných taxonů (Koukol a Haňáčková, 2017).



Obr. 1 Srovnání biotrofů, nekrotrofů a endofytů. Zdroj: Sedlářová et al., 2021

## **4. Materiál a metody**

### **4.1 Biologický materiál**

Pro vybraný experiment jsem volila biologický materiál, tedy různé druhy potravin, dle vlastního uvážení. Důležité však bylo, aby splňoval určité podmínky. Prvním důležitým kritériem byl výběr takových potravin, u kterých je vysoká pravděpodobnost rychlého růstu spor vláknitých mikromycet (obsahují snadno dostupné sacharidy). Další podmínkou byl jednoduchý přístup k potravinám, tedy, aby nebylo problémem takové druhy pro realizaci (i ve vlastní výuce), sehnat. Ve výsledku se jednalo o potraviny, jež jsou běžnou součástí našich domácností. Do našeho seznamu tedy patří chléb, čerstvé jahody, bílý jogurt, rajčata a citrony.

Součástí biologického materiálu jsou také mikromycety, které na daných potravinách vyrostly. V našem případě se jednalo o zástupce rodů *Penicillium*, *Botrytis* (Ascomycota) a *Rhizopus* (Zygomycota).

### **4.2 Laboratorní pomůcky a použitá technika při natáčení a fotodokumentaci**

Při tvorbě pokusu bylo použito velké množství laboratorních pomůcek, lihový kahan, pinzeta, lín, sirky, bakteriální klička, korkovrt, podložní a krycí sklo, kapátko. Pro pokus byl dále použitý termostat BT 120M, kde se teplota pohybuje okolo 37 °C.

Videozáznamy i samotná fotodokumentace byla pořizována mobilním telefonem iPhone 6 s.

### **4.3 Metody a zpracování badatelského experimentu**

#### **4.3.1 Postup experimentu**

Pokus byl rozdělen do tří částí. Nejdříve bylo nutné vzorky plísní (mikromycet) vypěstovat, další částí byla příprava preparátů a zkoumání pod mikroskopem. Poslední část spočívala v odebrání a nanesení vzorků na Petriho misku s živným médiem (MPA), a následném pozorování rozrůstajících plísní (mikromycet). Každá část zabrala určitý časový úsek v řádu hodin, dnů i týdnů. Živná média typů MPA a CDA byla připravována zaměstnanci katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

#### 4.3.1.1 Pěstování mikromycet

Do předpřipravených patnácti plastových krabiček jsem vložila potraviny (chléb, čerstvé jahody, rajčata, citrony a bílý jogurt) (Obr. 2). Chléb bylo potřeba před uzavřením krabičky pokropit vodou. První pětice krabiček byla umístěna do termostatu, při teplotě cca 37 °C, další do lednice o teplotě cca 5 °C a poslední jsem nechala umístěnou na polici při pokojové teplotě, tedy kolem 20 °C. Každý den bylo nutné všechny vzorky kontrolovat a pořizovat fotografie.



Obr. 2 Připravené potraviny k uskladnění v plastových krabičkách, Zdroj: vlastní foto

#### 4.3.1.2 Příprava preparátů a pozorování pod mikroskopem

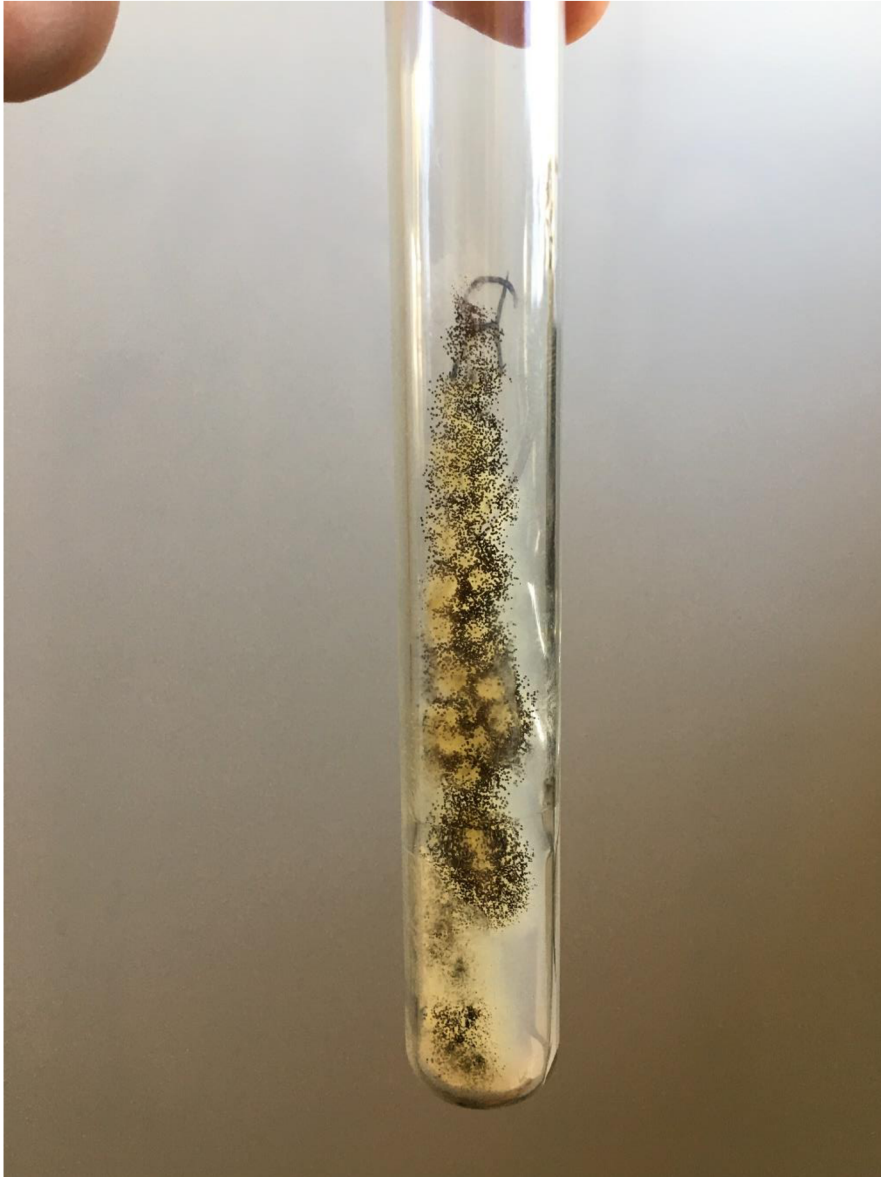
Po devíti dnech kultivace potravin byly na potravinách pozorovány intenzivní nárosty mikromycet (Obr. 3). Pro určení jednotlivých druhů do rodů bylo nutné vzorky mikroskopovat. Odebrala jsem nepatrný vzorek každého druhu na podložní skla a zhotovila mikroskopický preparát. Důležitá byla rychlost při odběru vzorků z důvodu velmi rychlého šíření spor vzduchem. Preparát byl pozorován při zvětšení 400 x na mikroskopu Olympus DP70.



Obr. 3 Stav potravin po 9 dnech, Zdroj: vlastní foto

#### 4.3.1.3 Kultivace mikromycet na živném médiu na šikmém agaru (CDA)

Připravila jsem si tři zkumavky se šikmým agarem CDA. Opálila jsem bakteriologickou kličku nad lihovým kahanem, nechala chvilku vychladnout a nabrala na ni vzorek plísně. Otevřela jsem zátku zkumavky s agarem CDA, udělala vlnovku bakteriologickou kličkou, opálila okraj zkumavky i víčko nad kahanem a uzavřela. Opět z důvodu rychlého šíření spor se muselo pracovat opatrně, šetrně a čistě, a proto bylo nezbytné použití lihu, kahanu a plamene, pro sterilizaci používané bakteriální kličky. Bylo důležité pracovat se zvýšenou opatrností při práci s plamenem (bezpečnostní pokyny laboratoře). Zkumavky jsem umístila na 4 dny do termostatu, kde je stálá teplota okolo 20 °C (Obr. 4). Odběr vzorků na šikmý agar CDA bylo nutné provést z důvodů získání co nejčistší kultury druhu plísni pro následující cvičení.

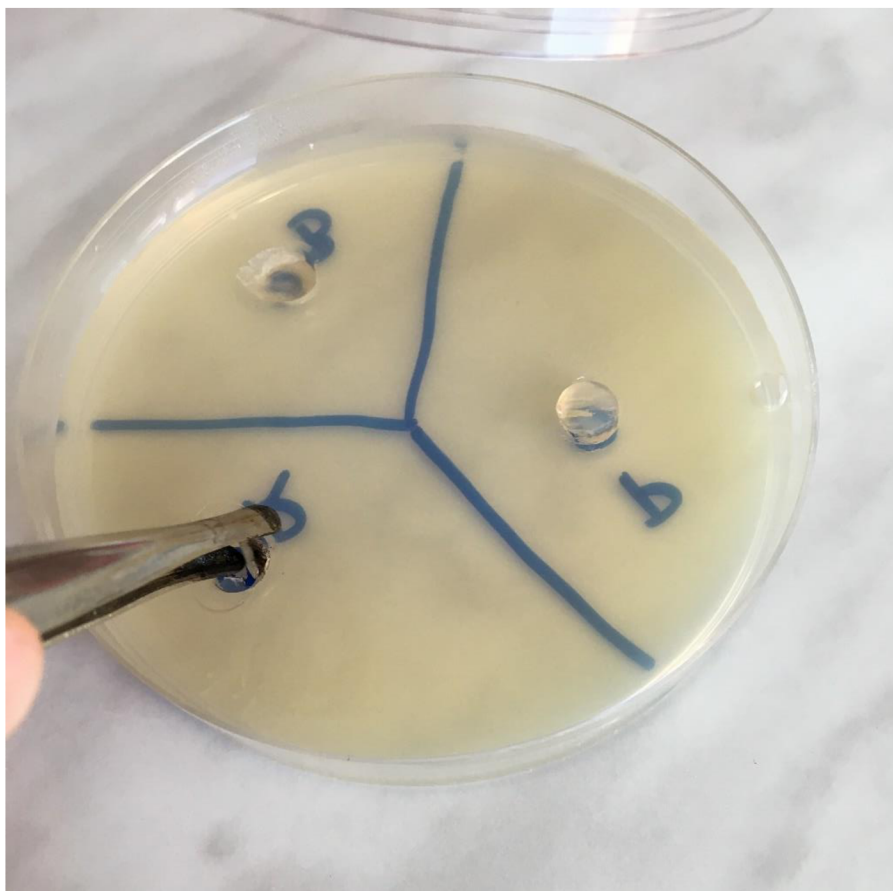


Obr. 4 Čistá kultura plísně (mikromycety) rodu *Rhizopus*, Zdroj: vlastní foto

#### **4.3.1.4 Přenos vzorků agaru s mikromycetami na Petriho misku s MPA**

Pro zhotovení čtvrté části pokusu bylo zapotřebí využít předem připravené vyrostlé kultury plísní ze zkumavek na agaru CDA a zajistit Petriho misku s živnou půdou MPA. Lihovým fixem jsme plochu spodní strany Petriho misky s agarem MPA rozdělili na tři části (viz. Obr.), které jsme označili počátečními písmeny názvů plísní. Následně byl použit korkovrt o průměru 10 mm, kterým jsme vykrojili 3 kolečka v agaru MPA na Petriho misce a tři kolečka se vzorky mikromycet (1 kolečko = 1 druh), které vyrostly ve zkumavce (CDA). Kolečka se vzorky mikromycet jsme přenesli na Petriho misku s živnou půdou MPA, kde byly již předpřipraveny korkovrtem tři vykrojená místa (Obr. 5). Korkovrt, pinzetu a skalpel, které jsme využívali, bylo nutné v průběhu práce vždy

pečlivě sterilizovat nad plamenem lihového kahanu. Připravený vzorek jsem pozorovala po dobu 16 dní a vyhodnocovala, který druh poroste nejrychleji.



Obr. 5 Nanášení čisté kultury mikromycety do vykrojeného kolečka v agaru MPA na Petriho misku, Zdroj: vlastní foto

#### **4.3.2 Tvorba metodických listů**

Metodické listy jsou určeny pro učitele. Nalezneme v nich například pokyny pro učitele, cíle jednotlivých částí experimentů nebo teoretický základ vztahující se k houbám. Metodické listy jsou úzce spjaty s listy pracovních postupů. Úlohou by mělo být informovat učitele o cílech či pokynech, na které by neměl při realizaci pokusu zapomenout. Metodické listy jsem vytvořila v softwaru MS Word.

#### **4.3.3 Tvorba listů pracovního postupu**

Listy pracovního postupu obsahují návod k vypracování daných experimentů. Vytvořeny jsou čtyři listy s pracovním postupem a každý z nich obsahuje zadání, pomůcky, chemikálie, otázky, materiál a postup práce. Listy pracovního postupu jsem vytvářela v softwaru MS Word a MS Power Point.



#### **4.3.4 Tvorba pracovních listů**

Pracovní listy slouží k celkovému zopakování učiva houbových organismů. Určen pro studenty středních škol. Nejsou zaměřeny pouze na experimenty, některé úkoly však s nimi velmi úzce souvisí. Pracovní listy byly vytvářeny v softwaru Power Point, osmisměrka byla vytvořena na webu puzzlemaker.com. Nákresy v pracovních listech jsou vlastní tvorbou.

#### **4.3.5 Tvorba videozáznamů**

Ve videozáznamech je stručně ukázána tvorba experimentu. Jedná se o tři videa s průměrnou délkou cca 4 minuty. Videozáznamy a obsažené fotografie byly natáčeny a foceny na mobilní telefon iPhone 6 s. Další zpracování, jako střih, hudba na pozadí apod. probíhalo v aplikaci Editor videa.

## **5. Výsledky**

### **5.1 Osnova videozáznamů**

1. Charakteristika a zařazení mikromycet
2. Vliv prostředí na růst mikromycet
3. Porovnání růstové rychlosti mikromycet

Videozáznamy je možné nalézt na odkazech:

<https://youtu.be/BpjIYVYCq-Y>

<https://youtu.be/tCFNiI7fcQo>

[https://youtu.be/iDLhySQV\\_5k](https://youtu.be/iDLhySQV_5k)

## 5.2 Vzory metodických listů, listů pracovního postupu a pracovních listů

### 5.2.1 Metodické listy

<b>Metodický list pro učitele</b> <b>Experiment-houby</b>	
TÉMA	Pěstování mikromycet (plísni) (1. část - viz listy pracovního postupu)
ZPŮSOB REALIZACE	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Vyučovací hodina</li><li>❖ Laboratorní cvičení</li><li>❖ Badatelský kroužek</li></ul>
CÍL	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Žáci jsou vedeni k bádání</li><li>❖ Žáci hledají a získají informace atraktivní cestou</li><li>❖ Žáci se učí propojovat informace v souvislostech</li><li>❖ Jeví větší zájem o okolí, přírodu</li><li>❖ Získají nové vědomosti, zkušenosti</li><li>❖ Prohlubují své znalosti o houbách</li></ul>
ČASOVÁ NÁROČNOST	Alespoň 45 minut
CÍLOVÁ SKUPINA	Žáci 2. stupně ZŠ, studenti SŠ (gymnázia, střední odborné školy)
ÚKOLY VYUČUJÍCÍHO	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Vyučující žáky seznámí s houbami a houbám podobnými organismy</li><li>❖ Pokládá studentům otázky týkající se hub, přejde k mikromycetám, zeptá se, zda se s mikromycetami již někdy setkali, případně kde</li><li>❖ Seznámí žáky s postupem pokusu a poukáže na otázky, na které je potřeba na základě experimentu odpovědět- uvedeno v listech pracovních postupů</li></ul>
KLÍČOVÁ OTÁZKA	V jakém prostředí se v závislosti na teplotě plísniím (mikromycetám) nejlépe daří?

TEORETICKÝ ZÁKLAD	<p>Houby patří mezi eukaryotní organismy. Obývají nejrůznější prostředí – vodu, vzduch, půdu, a dokonce i naše obydlí. Mezi houby řadíme i mikroskopické houbové organismy – plísně. Plísně patří do říše hub, jednoduše řečeno, plísně jsou také houby. Odtud si tedy pod pojmem houby můžete představit nejen hříby, klouzky, kozáky či křemenáče, ale také plísňové organismy, které jsou nejen v našich domácnostech často nevídanými hosty. Odborný název pro plísně čili mikroskopické houbové organismy je termín mikromycety. Pro houby je charakteristické mnoho nejrůznějších znaků, jako například to, že se rozmnožují sporami neboli výtrusy, jejich buněčné stěny jsou tvořeny chitinem, což je polysacharid, buňky hub jsou eukaryotní a nemají chloroplasty.</p>
----------------------	--

<b>Metodický list pro učitele</b> <b>Experiment-houby</b>	
TÉMA	Příprava preparátů a pozorování pod mikroskopem (2. část)
ZPŮSOB REALIZACE	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Laboratorní cvičení</li> <li>❖ Badatelský kroužek</li> </ul>
CÍL	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Žáci jsou vedeni k bádání</li> <li>❖ Žáci se učí pracovat za sterilních podmínek</li> <li>❖ Žáci se naučí/procvičí přípravu mikroskopického preparátu</li> <li>❖ Procvičí si práci s mikroskopem</li> <li>❖ Jeví větší zájem o okolí, přírodu</li> <li>❖ Získají nové vědomosti, zkušenosti</li> <li>❖ Prohlubují své znalosti o houbách</li> </ul>
ČASOVÁ NÁROČNOST	Alespoň 45 minut
CÍLOVÁ SKUPINA	Žáci 2. stupně ZŠ, studenti SŠ (gymnázia, střední odborné školy)
ÚKOLY VYUČUJÍCÍHO	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Vyučující žáky seznámí s houbami a houbám podobnými organismy</li> <li>❖ Vyučující žákům zopakuje bezpečnostní pravidla při práci v laboratoři – manipulace s plamenem apod.</li> <li>❖ Upozorní žáky na sterilní postup při odběru mikromycet</li> <li>❖ Seznámí žáky s postupem pokusu a poukáže na otázky, na které je potřeba na základě experimentu odpovědět- uvedeno v listech pracovních postupů</li> <li>❖ V případě potřeby pomůže žákům s přípravou preparátu</li> <li>❖ Pomůže při určování mikromycet</li> </ul>
KLÍČOVÁ OTÁZKA	Jaké druhy plísní (mikromycet) vyrostli?

<p>TEORETICKÝ ZÁKLAD</p>	<p>Houby mají specifický způsob výživy, jsou heterotrofní, to znamená, že si nejrůznější organické látky, které si neumí samy vyrobit, získávají od organismů jiných. Mezi důležité látky (živiny) patří sacharidy, nejlépe pokud mají podobu jednoduchých cukrů. Tyto cukry jsou rozpustné ve vodě a houba je dokáže snadno přijmout. Můžeme sem zařadit například fruktózu nebo glukózu. K těm složitějším sacharidům můžeme zařadit například celulózu. K dalším potřebným látkám patří i tuky nebo pektiny.</p>
<p>DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE</p>	<p>Z minulého cvičení by žáci měli odpovědět, v jaké prostředí se v závislosti na teplotě nejvíce daří. Vhodné je prostředí teplejší, nejintenzivněji měly vyrůst plísňe (mikromycety) při pokojové teplotě (20-24 °C), případně i v termostatu (cca 37 °C) pokud byl k dispozici.</p>
<p>POZNÁMKA</p>	<p>Důležitá sterilizace pinzety/bakteriologické kličky nad plamenem při odběru vzorku mikromycety.</p>

<b>Metodický list pro učitele</b> <b>Experiment-houby</b>	
<b>TÉMA</b>	Kultivace mikromycet na živném médiu na šikmém agaru (CDA) (3. část)
<b>ZPŮSOB REALIZACE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Laboratorní cvičení</li> <li>❖ Badatelský kroužek</li> </ul>
<b>CÍL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Žáci budou vedeni k bádání</li> <li>❖ Žáci se učí pracovat ve sterilním prostředí</li> <li>❖ Učí se/procvičí práci s agarem</li> <li>❖ Větší zájem o okolí, přírodu</li> <li>❖ Získ nových vědomostí, zkušeností</li> <li>❖ Prohlubují své znalosti o houbách</li> </ul>
<b>ČASOVÁ NÁROČNOST</b>	Alespoň 45 minut
<b>CÍLOVÁ SKUPINA</b>	Žáci 2. stupně ZŠ, studenti SŠ (gymnázia, střední odborné školy)
<b>ÚKOLY VYUČUJÍCÍHO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Vyučující žákům zopakuje bezpečnostní pravidla při práci v laboratoři – manipulace s plamenem apod.</li> <li>❖ Vyučující předpřipraví šikmý agar CDA (lze použít i potravinářský agar)</li> <li>❖ Upozorní žáky na nutný sterilní postup při odběru mikromycet</li> <li>❖ Zdůrazní rychlost při práci – z důvodu šíření spor vzduchem</li> <li>❖ Seznámí žáky s postupem pokusu a poukáže na otázky, na které je potřeba na základě experimentu odpovědět- uvedeno v listech pracovních postupů</li> <li>❖ V případě potřeby pomůže žákům s přípravou</li> </ul>
<b>KLÍČOVÁ OTÁZKA</b>	Proč je nutná sterilizace při odběru a nanášení vzorků?

<p>TEORETICKÝ ZÁKLAD</p>	<p>Důležitou informací, která se týká hub, jsou vhodné podmínky, které houbám, a tedy i plísním prospívají v růstu a množení. Potřebují například vhodný substrát, ze kterého budou přijímat potřebné živiny, prostředí specifické vlhkostí a teplotou. Avšak faktorů ovlivňujících růst hub je mnohem více, například pH, záření i potřeba kyslíku, ne všechny organismy jsou aerobní, takže nutně potřebují kyslík, některé jsou fakultativně anaerobní, některé obligátně anaerobní. Fakultativně anaerobní organismy žijí jak s přítomností kyslíku, tak i bez něj, oproti tomu obligátně anaerobní druhy mohou žít pouze v prostředí bez kyslíku.</p>
<p>DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE</p>	<p>V minulém cvičení žáci určovali pod mikroskopem vyrostlé mikromycety, jejichž čistou kulturu se budou snažit nyní vypěstovat. Čistá kultura bude využita ve 4. části.</p>
<p>POZNÁMKA</p>	<p>Nutná sterilizace pinzety/bakteriologické kličky nad plamenem při odběru a nanášení vzorku mikromycety na agar.</p>



<b>Metodický list pro učitele</b> <b>Experiment-houby</b>	
<b>TÉMA</b>	Přenos vzorků agarů s mikromycetami (plísněmi) na Petriho misku s agarem MPA (4. část)
<b>ZPŮSOB REALIZACE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Laboratorní cvičení</li> <li>❖ Badatelský kroužek</li> </ul>
<b>CÍL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Žáci jsou vedeni k bádání</li> <li>❖ Žáci se učí pracovat ve sterilním prostředí</li> <li>❖ Učí se/procvičují práci s agarem</li> <li>❖ Jeví větší zájem o okolí, přírodu</li> <li>❖ Získají nové vědomosti, zkušenosti</li> <li>❖ Prohlubují své znalosti o houbách</li> </ul>
<b>ČASOVÁ NÁROČNOST</b>	Alespoň 45 minut
<b>CÍLOVÁ SKUPINA</b>	Žáci 2. stupně ZŠ, studenti SŠ (gymnázia, střední odborné školy)
<b>ÚKOLY VYUČUJÍCÍHO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Vyučující žákům zopakuje bezpečnostní pravidla při práci v laboratoři – manipulace s plamenem apod.</li> <li>❖ Vyučující předpřipraví agar MPA na Petriho misku (lze použít i potravinářský agar)</li> <li>❖ Upozorní žáky na nutný sterilní postup při odběru a nanášení čisté kultury mikromycet</li> <li>❖ Zdůrazní rychlost při práci – z důvodu šíření spor vzduchem</li> <li>❖ Seznámí žáky s postupem pokusu a poukáže na otázky, na které je potřeba na základě experimentu odpovědět- uvedeno v listech pracovních postupů</li> <li>❖ V případě potřeby pomůže žákům s přípravou</li> <li>❖ Upozorní na průběžné vyhodnocování</li> </ul>
<b>KLÍČOVÁ OTÁZKA</b>	Která z vyrostlých plísní (mikromycet) roste rychleji?

<p>TEORETICKÝ ZÁKLAD</p>	<p>Tělo hub je označováno stélka. Je tvořena buňka, které se nazývají hyfy. Na rozdíl od rostlinného těla, stélka není rozlišena na kořen, stonek a list. Soubor hyf vytváří mycelium, které je pro houby velmi potřebné při získávání živin. Houby se rozmnožují sporami neboli výtrusy. Rozmnožování může probíhat pohlavním i nepohlavním způsobem. Stádium pohlavní se nazývá teleomorfa, nepohlavní stádium anamorfa. Houby jsou schopné tvořit symbiotické vztahy s rostlinami. Díky takto prospěšným symbiotickým vztahům získávají potřebné živiny. Symbiotickým vztahem je tzv. mykorhiza nebo lichenismus.</p>
<p>DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE</p>	<p>V minulém cvičení byly odebírány vzorky mikromycet na šikmý agar CDA/na agar na Petriho misce. Cílem bylo vypěstování čisté kultury plísně.</p>
<p>POZNÁMKA</p>	<p>Nutná sterilizace korkovrtu nad plamenem při odběru a nanášení čisté kultury mikromycety na agar.</p>

## 5.2.2 Listy pracovního postupu

1

### HOUBOVÉ ORGANISMY

#### Pracovní postup – 1. část



**Zadání:** Vaším úkolem bude na základě experimentů a případně doporučené literatury, odpovědět na několik otázek souvisejících s houbovými organismy.

**Časové rozpětí přípravy** 45 min

**Forma práce:** ve dvojicích

**Otázka:** Co je to plíseň? V jakém prostředí se plísním nejvíce daří?

**Pomůcky:** plastové krabičky (15 ks), kapátko na vodu, plášť, teploměr

**Chemikálie:** voda

**Materiál:** čerstvé jahody, nakrájený chléb, bílý jogurt, rajče, citron

**Postup:**

1. Plastové krabičky vyskládáme na stůl
2. Do každé krabičky vyskládáme potraviny tak, aby ve třech krabičkách byla vždy stejná potravina
3. Rajče a citron rozkrojíme na půl, taktéž stačí půl krajíčku chleba
4. Kelímek s jogurtem rozdělíme, do každé ze tří krabiček 1/3 jogurtu
5. Chleba zakápneme dostatečným množstvím vody
6. Připravené krabičky s potravinami uzavřeme a umístíme do třech teplotně rozdílných prostředí – do lednice, na kuchyňskou linku a do termostatu. Pokud škola nedisponuje termostatem, budeme si muset vystačit pouze se dvěma teplotně rozdílnými prostředími. Z toho důvodu budeme potřebovat o 5 ks méně krabiček a potravin.
7. Změříme a zaznamenáme teplotu v jednotlivých prostředích.
8. Vyhodnocování provádíme alespoň 3x po dobu 9 dní, nezapomeneme na průběžnou fotodokumentaci a zodpovězení otázek.



## HOUBOVÉ ORGANISMY

### Pracovní postup – 2. část



**Zadání:** Úkolem cvičení bude určování a vyhodnocování vyrostlých mikromycet, odpověď na otázku, mikroskopování – po prohlédnutí preparátu nákres.

**Časové rozpětí přípravy:** minimálně 45 min (vhodné vyhradit více času)

**Forma práce:** ve dvojicích

**Otázka:** V jakém prostředí se na základě výsledků plísním daří nejvíce? Jaké druhy vyrostly?

**Pomůcky:** podložní sklo, krycí sklo, pinzeta, kapátko na vodu, mikroskop, plášť, lihový kahan, sirky

**Chemikálie:** voda, ethanol

**Materiál:** vyrostlé druhy plísní (mikromycet)

**Postup:**

1. Nad plamenem sterilizujeme pinzetu, pomocí níž následně odebereme malý vzorek konkrétního plísněvého druhu
2. Vzorek plísně (mikromycety) umístíme na podložní sklo, zakápneme vodou a přikryjeme sklíčkem krycím (takto budeme pozorovat každý druh)
3. Pozorujeme s různým zvětšením, studenti mají za úkol nakreslit, co vidí



## HOUBOVÉ ORGANISMY

### Pracovní postup – 3. část



**Zadání:** Úkolem cvičení bude příprava kultivace vyrostlých druhů plísní (mikromycet) na šikmý agar CDA. Cílem je získat čistou kulturu každé plísně, která bude použita v další části pokusu v příštím cvičení.

**Časové rozpětí přípravy:** minimálně 45 min

**Forma práce:** ve dvojicích

**Otázka:** Jaké živiny mají plísně rády? Proč je při práci nutná sterilizace?

**Pomůcky:** plášť, lihový kahan, sirky, bakteriologická klička, lihový fix, termostat (dostačující je i laboratoř s pokojovou teplotou okolo 20 °C), tři zkumavky s šikmým agarem CDA (použít můžeme i jiný speciální typ agaru – např. MPA, speciální typy lze nahradit i obyčejným potravinářským agarem; pro kultivaci není nutný typ šikmého agaru ve zkumavce, lze použít i agar na Petriho misce)

**Chemikálie:** ethanol

**Materiál:** potraviny s jednotlivými plísněmi

**Postup:**

1. Popíšeme zkumavky (nebo Petriho misky) lihovým fixem, každou zkumavku označíme počátečním písmenem druhu plísně
2. Bakteriologickou kličku namočíme do ethanolu, opálíme nad kahanem a chvíli necháme zchladnout
3. Otevřeme krabičku s potravinou napadenou plísní (mikromycetou), bakteriologickou kličkou odebereme vzorek, odzátujeme zkumavku s agarem CDA a bakteriologickou kličkou uděláme vlnovku od spodu nahoru, okraj zkumavky i zátku opálíme nad plamenem a zkumavku uzavřeme (pozor, plastová Petriho miska nemůže být opálена nad plamenem)
4. Stejně jako v bodě 3 pracujeme i s ostatními druhy, které budeme kultivovat. Nezapomínáme na sterilizaci bakteriologické kličky před každým odběrem vzorku!
5. Zkumavky se vzorky umístíme do termostatu při teplotě 20 °C (můžeme ponechat i laboratoři při pokojové teplotě)

**Poznámka:** Na ZŠ doporučuji pro pěstování čisté kultury použít agar na Petriho misce.



## HOUBOVÉ ORGANISMY

### Pracovní postup – 4. část



**Zadání:** Úkolem je zjistit, která z vámi vypěstovaných plísní roste rychleji.

**Časové rozpětí přípravy:** 45 min

**Forma práce:** ve dvojicích

**Otázka:** Po kolika dnech se mikromycety na Petriho misce začaly rozrůstat? Která z plísní (mikromycet) roste rychleji?

**Pomůcky:** Petriho miska s agarem MPA (jiný typ agaru/potravinářský agar), plášť, lihový kahan, sirky, pinzeta, korkovrt (k vyříznutí lze použít i skalpel), lihový fix

**Chemikálie:** ethanol

**Materiál:** vykultivované kultury plísní

**Postup:**

1. Na pracovní stůl si připravíme zkumavky/nebo Petriho misky s nakultivovanými čistými kulturami plísní (mikromycet), Petriho misku s živnou půdou (MPA), korkovrt, pinzetu, ethanol, kahan
2. Petriho misku s agarem MPA fixem rozdělíme na několik částí (podle počtu plísní, které budeme do agarů vkládat), v agaru vykrojíme korkovrtem otvory – viz přiložené fotografie
3. Pomocí pinzety vyndáme agar s vykultivovanou plísní na pracovní desku a opět pomocí korkovrtu vyřízneme kolečko, které co nejrychleji nandáme do připraveného otvoru v agaru MPA
4. Použité pomůcky namočíme do ethanolu a opálíme nad kahanem
5. Pokračujeme stejně jako v bodě č. 2 se zbylými plísněmi
6. Opět pracujeme velmi rychle a jak jen je to možné, co nejvíce sterilně, aby nedošlo ke kontaminaci
7. Petriho misku s agarem MPA, ve kterém jsou na daných místech umístěny plísně uzavřeme, a pravidelně pozorujeme a vyhodnocujeme po dobu 14–16 dní (vyhodnotit lze i dříve, záleží na růstu plísní)



### 5.2.3 Pracovní list

## Pracovní list HOUBY

1. Minimálně 6 větami **charakterizuj** houby/houbové organismy.

2. V osmisměrce se ukrývá **5 faktorů** ovlivňujících růst mikromycet (i hub celkově). Uvedené pojmy zakroužkuj/zaškrtni a vypiš.

1)

E G L R Q L O A T C H H L I U  
Z F V U N L M A B J M Q Y X A

2)

N H O S H N W W B J E I Z P M  
S J D J C C F X A Q Y A V G U

3)

N V A Y V K I I R Z Q V T I H  
L X Ě R N Z Z G O Z X Z E Y K

4)

W L S T B H E D J J B W J U F  
E N I V L R Y J K S S N L G B

5)

V B K K K O A N Í A J K A H G  
T E P L O T A F L O F O Y K X

M T Y R I Y L I S Y G W A Z F  
I Q V U O H C H Y H K Q Q T H

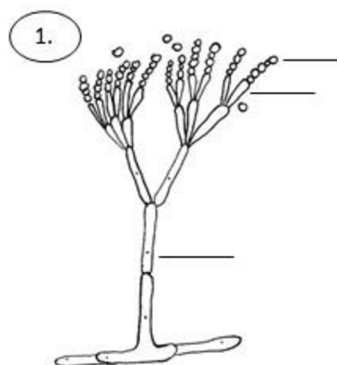
U Z N A P O U G K V A G Z K B  
V Y Y L O N C V R B U S K U U

Q L I A Z Q V S W G K W P H I

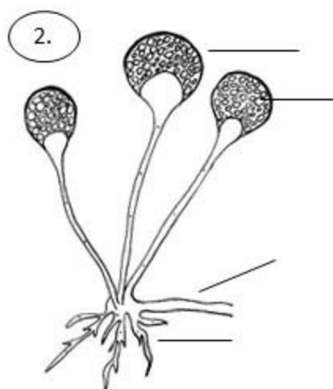
3. Vysvětli pojmy

- **Podhoubí** (mycelium) =
- **Heterotrofní organismus** =
- **Mykorhiza** =
- **Obligátně anaerobní organismus** =
- **Dekompozitor** =

4. **Popiš** obrázky, oba druhy mikroskopických hub **pojmenuj** (pouze rodové jméno) a **zařaď** do skupiny.



Název:  
Zařazení:



Název:  
Zařazení:

5. V následujících větách **podtrhni** nebo **zakroužkuj** vyhovující slovo.

Mezi buněčné orgány hub **nepatří/patří** chloroplasty. Stádium pohlavní reprodukce se označuje **anamorfa/teleomorfa**. Mikroskopické houby se označují termínem **makromycety/mikromycety**. Houby do atmosféry uvolňují **kyslík/oxid uhličitý**. Stélka hub **je/není** tvořena hyfami. Obecně houbám vyhovuje prostředí spíše **kyselé/zásadité**.

6. Jednoduše **zakresli** houbu ze skupiny Basidiomycota (stopkovýtrusé) a vyznač mycelium (podhoubí), třeň, klobouk a plodnici.



Pracovní list  
HOUBY

1. Minimálně 6 větami **charakterizuj** houby/houbové organismy.

Houby jsou organismy mající eukaryotní buňku. Jsou heterotrofní, což znamená, že si musí získávat organické látky od organismů jiných, protože si je neumí vyrobit samy. Houby nemají chloroplasty. Tělo hub je označováno jako stélka, není rozdělena na kořen, stonek a list. V přírodě fungují jako rozkladači. Vyskytují se v různých prostředích – půda, voda, domácnost apod. Patří k nejrozšířenějším organismům. Buněčná stěna hub je tvořena chitinem.

2. V osmisměrce se ukrývá **5 faktorů** ovlivňujících růst mikromycet (i hub celkově). Uvedené pojmy zakroužkuj/zaškrtni a vypiš.

1) světlo

2) teplota

3) pH

4) kyslík

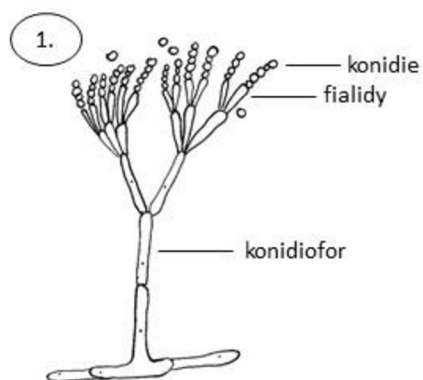
5) voda

E	G	L	R	Q	L	O	A	T	C	H	H	L	I	U
Z	F	Y	U	N	L	M	A	B	J	M	Q	Y	X	A
N	H	O	S	H	N	W	W	B	J	E	I	Z	P	M
S	J	D	J	C	C	F	X	A	Q	Y	A	V	G	U
N	V	A	Y	V	K	I	I	R	Z	Q	V	T	I	H
L	X	E	R	N	Z	Z	G	O	Z	X	Z	E	Y	K
W	L	S	T	B	H	E	D	J	J	B	W	J	U	F
E	N	I	V	L	R	Y	J	K	S	S	N	L	G	B
V	B	K	K	K	O	A	N	I	A	J	K	A	H	G
T	E	P	L	O	T	A	F	L	O	F	O	Y	K	X
M	T	Y	R	I	Y	L	I	S	Y	G	W	A	Z	F
I	Q	V	U	O	H	C	H	Y	H	K	Q	Q	T	H
U	Z	N	A	P	O	U	G	K	V	A	G	Z	K	B
V	Y	Y	L	O	N	C	V	R	B	U	S	K	U	U
Q	L	I	A	Z	Q	V	S	W	G	K	W	P	H	I

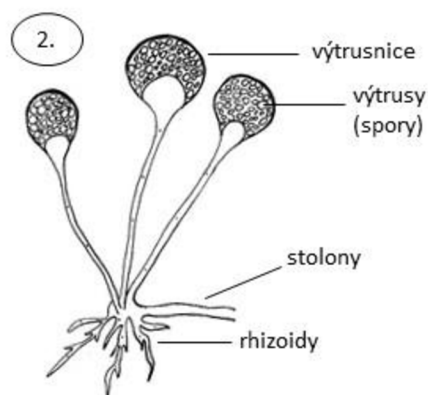
3. **Vysvětli** pojmy

- **Podhoubí** (mycelium) = síť propletených houbových vláken (=hyf), důležité pro výživu houby
- **Heterotrofní organismus** = organismus, který získává potřebné organické látky od jiných organismů, není schopen si je sám vytvořit
- **Mykorrhiza** = pozitivní symbiotický vztah houby a kořeny cévnatých stromů a bylin, houba získává od rostliny potřebné látky, rostlině naopak poskytuje vodu a další látky (např. prvky – fosfor, dusík)
- **Obligátně anaerobní organismus** = organismus schopný žít pouze v prostředí bez kyslíku
- **Dekompozitor** = rozkladač, rozkládá mrtvou organickou hmotu, čímž pomáhá v ekosystému -> získání potravy/potřebných látek pro další organismy

4. **Popiš** obrázky, oba druhy mikroskopických hub **pojmenuj** (pouze rodové jméno) a **zařaď** do skupiny.



Název: Štětíčkovec (*Penicillium*)  
Zařazení: Ascomycota

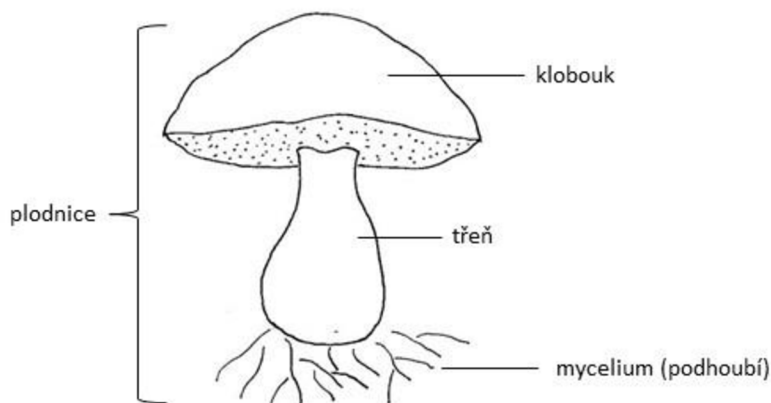


Název: Kropidlovec (*Rhizopus*)  
Zařazení: Zygomycota

5. V následujících větách **podtrhni** nebo **zakroužkuj** vyhovující slovo.

Mezi buněčné orgány hub nepatří/patří chloroplasty. Stádium pohlavní reprodukce se označuje anamorfa/teleomorfa. Mikroskopické houby se označují termínem makromycety/mikromycety. Houby do atmosféry uvolňují kyslík/oxid uhličitý. Stélka hub je/není tvořena hyfami. Obecně houbám vyhovuje prostředí spíše kyselé/zásadité.

6. Jednoduše **zakresli** houbu ze skupiny Basidiomycota (stopkovýtřusé) a vyznač mycelium (podhoubí), třeň, klobouk a plodnici.



## 6. Diskuse

Vypracovaná bakalářská práce je zaměřená didakticky. V literární rešerši bylo cílem charakterizovat badatelsky orientovanou výuku a houbu. U části badatelsky orientované výuky jsem se zaměřila prvně na kapitulu o výuce tradiční, pro připomenutí zásad, které obnáší. Dále zmiňuji konstruktivismus, novodobý pojem v pedagogické sféře, který je v určitém kontrastu s tradiční formou výuky, v mnohém se od ní odlišuje. Přináší nové metody a zásady ve vyučování. Tyto metody by měly přispět ke zkvalitnění výuky, hlavním rysem je aktivní zapojení žáka do problematiky. Role učitele se taktéž odlišuje od role v tradičním přístupu ve vyučování, učitel je ve vyučovací hodině facilitátorem (Nezvalová et al., 2010). Ačkoliv konstruktivismus začíná být poměrně populární, objevuje se i jeho kritika, jak je podotknuto v publikaci Zormanové (2012). Ta dále uvádí, že jednou z možných forem učení může být kombinace tradičního i konstruktivistického přístupu.

Zmíněná badatelsky orientovaná výuka v některých směrech s konstruktivismem souvisí, v některých nikoliv (Nezvalová et al., 2010). Jedním z autorů, který se badatelsky orientované výuce poměrně věnuje, je Jiří Dostál, z jehož článků a knihy jsem při psaní dosti vycházela. Konstruktivismus i badatelsky orientovaná výuka jsou orientovány převážně na přírodovědné předměty. V dnešní době studenti ztrácí zájem o studium přírodovědných předmětů. Hledají se tedy nové cesty, jak studenty namotivovat k jejich studiu. Osobně si myslím, že hledání nových cest, jak učit, je poměrně důležitou záležitostí českého školství. Problémem je, že mnoho nových metod ještě není dlouhodobě vyzkoušených, a nevíme tedy, která je ta optimální. Vždy se najde něco pro i proti, a je dobré brát v potaz také změny ve společnosti.

Jak uvádí Dostál (2013) badatelsky orientovaná výuka jako taková nebyla dlouho dobu definována. Zmiňovalo se spíše badatelsky orientované učení nebo vyučování. Žáci by si měli při výuce klást otázky a následně na ně odpovídat (Papáček, 2010). Součástí bakalářské práce jsou, mimo jiné, listy pracovního postupu. Slouží jako podrobný návod pro realizaci badatelského experimentu. V listech pracovních postupů nalezneme právě i otázky, na které mají žáci hledat odpovědi. Badatelsky orientovaná výuka je zaměřena na aktivní přístup žáků, při tvorbě experimentu by se tedy žáci měli aktivně zapojovat, na pokládané otázky odpovídat na základě praktické zkušenosti. Osobně si myslím, že je v dnešní době důležité klást důraz na to, aby žáci své znalosti uměli propojit i

v praktickém životě, aby si své poznatky dokázali spojit v souvislostech. V dnešní době plně moderních technologií najdeme odpovědi velmi rychle, avšak dle mého názoru, někdy určitá souvislost chybí. Při vymýšlení experimentu jsem se snažila o to, aby pokus nebyl příliš náročný, aby realizace byla přístupná v mnohých směrech (pomůcky apod.). Už jen samotné zaměření na mikromycety (plísně) mělo jistý důvod. Plísně, tedy mikroskopické houby se vyskytují všude kolem, avšak musela jsem si pokládat otázku, zda by žáci/studenti plísně, se kterými se běžně setkávají, zařadili do stejné říše organismů jako třeba hříby nebo muchomůrky.

Úkolem druhé části literární rešerše bylo charakterizovat houby a houbám podobné organismy. Zdrojů k této tematice je již poměrně hodně, problémy s nalezením vhodné literatury jsem tedy neměla. Hojně jsem však čerpala od autorů Kalina a Váňa (2005) a Klán (1989), jejichž literatura nabízela vhodný základ. V této části o houbách zmiňuji kapitoly zaměřené například na taxonomii, rozmnožování nebo faktory ovlivňující růst a výskyt hub. Co se týká samotné taxonomie hub a houbám podobným organismům, systém se neustále aktualizuje a doplňuje. Je to především proto, že dochází k nových vědeckých poznatkům. Systematika tedy není úplně jednoznačná. Například autoři Wijayawardene a kol. (2020) popisují až 19 kmenů hub, oproti tomu M.A. Naranjo-Ortize a T. Gabaldóna (2019) dělí houby do 9 větví.

Tvorba bakalářské práce mně osobně velmi obohatila. Získala jsem nové vědomosti o badatelsky orientované výuce a celkově o metodách výuky, čímž jsem si rozšířila obzory. Nové poznatky a praktické zkušenosti jsem získala taktéž při tvorbě experimentu, vyzkoušela jsem si různé laboratorní metody, návrh pracovního listu, střihy videí, které mohu využít v budoucnu.

## 7. Závěr

V bakalářské práci jsem se snažila splnit vytyčené cíle. Obsahem literární rešerše je teorie týkající se badatelsky orientované výuky a obecné charakteristiky houbových organismů.

Součástí bakalářské práce byla také praktická část, v níž jsem vymýšlela a realizovala badatelský experiment zaměřený na houby, konkrétněji jsem jej zaměřila na plísně (mikromycety) vyskytující se na potravinách. Vytvořila jsem metodické listy pro učitele sloužící k uvedení do dané tematiky, vyučujícího informují například o přínosech experimentu pro žáka, poskytnou jednoduchý teoretický základ a upozorní vyučujícího na skutečnosti, které by neměl opomenout. Listy pracovních postupů jsou čtyři, pokus je rozdělen do čtyř částí. V listech pracovních postupů nalezneme konkrétní popis postupu každé části experimentu, pomůcky nebo otázky k zodpovězení. Ke zopakování učiva o houbách byly vytvořeny pracovní listy s vlastními nákresy. Pracovní listy mohou být použity ve vyučovací hodině nezávisle na realizaci experimentu na středních školách nebo na 2. stupni základních škol.

Náplní bakalářské práce byla také tvorba videozáznamů. Videá zobrazují zhotovování experimentu, teoretický úvod o houbách, ale také například mikroskopické záběry vyrostlých mikromycet. Opět videozáznamy mohou posloužit jako praktický návod ke zhotovení badatelského experimentu pro učitele základních a středních škol, kteří by chtěli experiment realizovat ve svých vyučovacích hodinách, nebo v hodinách laboratorních cvičení. Videozáznamy mohou být využity i ve vyučovací hodině, jako doplnění učiva.

## 8. Použité zdroje

### Knižní zdroje

Dostál, J. (2015): *Badatelsky orientovaná výuka*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 151 s. ISBN 987-80-244-4393-5.

Grecmanová, H. – Urbanovská, E. (2007): *Aktivizační metody ve výuce, prostředek ŠVP*. 1. vyd. Olomouc: Hanex. 180 s. ISBN 80-85783-73-8.

Holec, J. – Bielich, A. – Beran, M. (2012): *Přehled hub střední Evropy*. 1. vyd. Praha: Academia. 624 s. ISBN 978-80-200-2077-2.

Hrbáčková, K. (2006): Aspekty konstruktivismu ve vzdělání. In: Nezvalová, D. (ed): *Úvodní studie. Konstruktivismus a jeho aplikace v integrovaném pojetí přírodovědného vzdělávání*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. S. 7-16.

Kalina, T. – Váňa, J. (2005): *Sinice, řasy, houby mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. 1. vyd. Univerzita Karlova v Praze: Karolinum. 606 s. ISBN 80-246-1036-1.

Keizer, G. (1998): *Encyklopedie hub*. Praha: Rebo Productions. 288 s. ISBN 80-85815-95-8.

Klán, J. (1989): *Co víme o houbách*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 310 s. ISBN 80-04-21143-7.

Maňák, J. – Švec, V. (2003): *Výukové metody*. Brno: Paido. 219 s. ISBN 80-7315-039-5.

Mieslerová, B. – Sedlářová, M. – Lebeda, A. (2016): *Houby a houbám podobné organismy v biotechnologiích*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 199 s. ISBN 978-80-244-4983-8.

Sedlářová, M. – Mieslerová, B. – Drábková Trojanová, Z. – Lebeda, A. (2021): *Biotrofní houby a peronosporý planě rostoucích rostlin*. Praha: Česká fytopatologická společnost Praha. 168 s. ISBN 978-80-903545-6-2.

Sheldrake, M. (2020): *Propletený život*. 1. vyd. Brno: Kazda. 317 s. ISBN 987-80-88316-93-0.

Watkinson, S. C. – Boddy, L. – Money, N.P. (2016): *The Fungi*. 3. vyd. USA: Academic Press. 450 s. ISBN 987-0-12-382034-1.

Zormanová, L. (2012): *Výukové metody v pedagogice s praktickými ukázkami*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing. 160 s. ISBN 987-80-247-4100-0.

## Internetové zdroje

Adl, S. M. et al. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. In: *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 59(5), 429-493 [online]. [cit.20.10.2022]. Dostupné na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>

Dostál, J. (2013): Badatelsky orientovaná výuka jako trend soudobého vzdělávání. In: *e-Pedagogium*. 13(3), 81-93 [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na: <https://epedagogium.upol.cz/pdfs/epd/2013/03/07.pdf>

Grecmanová, H. (2016): *Konstruktivistické postupy – prostředek aktivního učení*. [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na: [http://oldwww.upol.cz/fileadmin/user\\_upload/PdF/veda-vyzkum-zahr/2016/seminare/konstruktivisticke\\_postupy.pdf](http://oldwww.upol.cz/fileadmin/user_upload/PdF/veda-vyzkum-zahr/2016/seminare/konstruktivisticke_postupy.pdf)

Konvalinková, T. (2017): Symbióza, kam se podíváš. O arbuskulárně mykorhizních houbách a soužití s rostlinami. In: *Živa*. 233-236. [online]. [cit.5.11.2022]. Dostupné na: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/symbioza-kam-se-podivas-o-arbuskularne-mykorhiznic.pdf>

Korcová, K. (2006): Konstruktivismus v inovativních vzdělávacích programech v české škole. In: *Studia paedagogica*. 54(11), 159-168 [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na: <https://journals.phil.muni.cz/studia-paedagogica/article/view/18881/14937>

Koukol, O. – Haňáčková, Z. (2017): Endofyty – všudypřítomní kolonizátoři rostlinných pletiv. In: *Živa*. 227-231. [online]. [cit.10.11.2022]. Dostupné na: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/endofyty-vsudypritomni-kolonizatori-rostlinnych-pl.pdf>

Moore, D. et al. (2022): Fungus. In: *Encyclopedia Britannica*. [online]. [cit.2.12.2022]. Dostupné na: <https://www.britannica.com/science/fungus>

Naranjo-Ortiz, M.A. – Gabaldón, T. (2019): Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. In: *Biological Reviews*. 94(6), 2101-2137. [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/brv.12550>

Nezvalová, D. a kol. (2010): *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. 1. vyd. Olomouc. ISBN 978-80-244-2540-5. [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na:

<http://zvyp.upol.cz/publikace/nezvalova1.pdf>

Papáček, M. (2010): Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. In: Papáček, M. (ed): *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vzdělávání. Sborník příspěvků semináře*. České Budějovice: Jihočeská univerzita. 165 s. ISBN 978-80-7394-210-6. [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na:

<https://www.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2018/11/DiBi2010.pdf>

Sklenář, F. (2017): Život na hraně – extremofilní houby. In: *Živa*. 208-213. [online]. [cit.5.11.2022]. Dostupné na:

<https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/zivot-na-hrane-extremofilni-houby.pdf>

Vohník, M. (2008): Wood Wide Web – rostliny na síti. In: *Živa*. 199-201. [online]. [cit.5.11.2022]. Dostupné na:

<https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/wood-wide-web-rostliny-na-siti.pdf>

Voženílková, B. (2008): *Houby (Fungi, Mycota)*. [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na:

<http://rl.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-MYK-shrnuti-f4e493e28d.pdf>

Wijayawardene, NN. a kol. (2020): Outline of Fungi nad fungus-like taxa. In: *Mycosphere*. 11(1), 1060-1456 [online]. [cit.1.11.2022]. Dostupné na:

[https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE\\_11\\_1\\_8-1.pdf](https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE_11_1_8-1.pdf)

Wilson, A.W. (2018): Saprotroph. In: *Encyclopedia Britannica*. [online]. [cit.2.12.2022]. Dostupné na:

<https://www.britannica.com/science/saprotroph>



## 9. Seznam obrázků

Obr. 1 Srovnání biotrofů, nekrotrofů a endofytů. Zdroj: Sedlářová et al., 2021 .....	27
Obr. 2 Připravené potraviny k uskladnění v plastových krabičkách, Zdroj: vlastní foto.....	29
Obr. 3 Stav potravin po 9 dnech, Zdroj: vlastní foto .....	30
Obr. 4 Čistá kultura plísně (mikromycety) rodu <i>Rhizopus</i> , Zdroj: vlastní foto .....	31
Obr. 5 Nanášení čisté kultury mikromycety do vykrojeného kolečka v agaru MPA na Petriho misku, Zdroj: vlastní foto.....	32