

Chemické látky v plodnicích vyšších hub

Silvie Březovská

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Silvie BŘEZOVSKÁ**

Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Chemické látky v plodnicích vyšších hub.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- Charakterizujte vyšší houby po taxonomické, anatomické a morfologické stránce. Do textu uveďte i fyziologii a ekologii vyšších hub.
- Zaměřte se na chemické složení plodnic vyšších hub, popište zejména základní látkové komponenty.
- Do práce začleňte i poznatky o vybraných biologicky aktivních a jiných minoritních složkách hub.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2, OSSIS, Tábor 1999. ISBN.80-902391-4-5
- [2] SEMERDŽIEVA, M.-VESELSKÝ, J. Léčivé houby dříve a nyní, Academia Praha 1986
- [3] JABLONSKÝ, I -ŠAŠEK, V. Jedlé a léčivé houby--pěstování a využití, Nakladatelství Brázda, s.r.o. Praha, 2006
- [4] KALAČ, P. Houby--víme co jíme?, České Budějovice, Dona, 2008, ISBN 978-80-7322-112-6

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Otakar Rop, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. listopadu 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2008

Ve Zlíně dne 12. května 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



Ignác Hoza
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá chemickými látkami v plodnicích vyšších hub. Cílem bakalářské práce je zpracovat ucelené poznatky o chemickém složení hub. Ve výživě člověka mají význam zejména plodnice vyšších hub, které obsahují v sušině vysoké množství bílkovin a minerálních látek. Na druhou stranu patří mezi významné kumulátory těžkých kovů. V práci jsou zmíněny i vybrané biologicky aktivní látky a další minoritní složky.

Klíčová slova: houby, plodnice, chemické složení, biologicky aktivní látky

ABSTRACT

This work deals with problems of chemical compounds in basidiocarps. The aim of this work is cultivate comprehensive knowledge about the chemical composition of mushrooms. In human nutrition are important especially fructification of fungi, which containing in the dry high-protein and minerals. On the other hand, they belongs to midst important accumulate heavy metals. In this work are mentioned also the selected biologically active substances and other minor components.

Keywords: mushrooms, fructification, chemical composition, biologically active substances

Na tomto místě bych velice ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Otakaru Ropovi, Ph.D, za odborné vedení, cenné informace a poznámky k mé bakalářské práci a také za čas, který mi věnoval. Dále děkuji svoji rodině za podporu během studia.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval (a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval (a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden (a) jako spoluautor (ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CHARAKTERISTIKA VYŠŠÍCH HUB	10
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	10
1.2 TAXONOMIE	10
1.3 ANATOMIE A MORFOLOGIE	11
1.4 FYZIOLOGIE	13
1.5 EKOLOGIE.....	14
1.5.1 Vlhkost	14
1.5.2 Světlo.....	15
1.5.3 Teplota.....	15
1.5.4 Substrát.....	15
1.6 ROZMNOŽOVÁNÍ.....	17
1.7 VÝZNAM HUB	18
1.7.1 Význam v potravinářství	18
1.7.2 Význam v přírodě.....	20
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VYŠŠÍCH HUB	22
2.1 VODA	23
2.2 BÍLKOVINY	23
2.3 TUKY.....	24
2.4 SACHARIDY	25
3 MINERÁLNÍ LÁTKY VE VYŠŠÍCH HOUBÁCH	28
3.1 ZDRAVOTNĚ NEZÁVADNÉ LÁTKY VE VOLNĚ ROSTOUCÍCH HOUBÁCH.....	30
3.1.1 Sodík	30
3.1.2 Draslík	30
3.1.3 Vápník	30
3.1.4 Hořčík.....	31
3.1.5 Fosfor	31
3.1.6 Chlor.....	31
3.1.7 Síra	31
3.1.8 Železo a Zinek.....	32
3.2 ZDRAVOTNĚ RIZIKOVÉ KOVY VE VOLNĚ ROSTOUCÍCH HOUBÁCH.....	32
3.2.1 Kadmium.....	32
3.2.2 Rtuť	33
3.2.3 Olovo.....	33
3.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ OBSAH STOPOVÝCH PRVKŮ V PLODNICÍCH	34
3.4 TOXINY	34
4 MINORITNÍ SLOŽKY HUB	42

4.1	AROMATICKÉ LÁTKY	42
4.2	BARVIVA	43
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK.....	51

ÚVOD

Poznávání hub na našem území má svůj začátek v českém středověkém písemnictví, kde se dochovalo mnoho zmínek o požívání hub, a to ve všech třídách, vrstvách i skupinách obyvatelstva. Hlavní jedlé houby jsou popisovány i v herbářích vydávaných tiskem od 16. století. Obliba hub v kuchyni našich národů přetrvala až do současnosti. Zájem o houby jako potravinu projevoval především venkovský lid, houby do určité míry doplňovaly bílkovinný deficit ve stravě (odtud lidový název „maso z lesa“). Houby byly donášeny i do měst a prodávány se na trzích. Ještě za Rakousko-Uherska byl uzákoněn potravinový kodex upravující pravidla pro prodej hub a základní druhy, které se smějí prodávat.

V průběhu historie došlo i k umělé kultivaci některých druhů – zejména hlívy a houževnatec se pěstují v Japonsku a Číně již tisíce let. V Evropě se jako první začal pěstovat žampion již v 16. století ve Francii. Nicméně i v dnešní době je pěstování hub možné jen u některých zejména dřevokazných hub.

Neboť ještě zdaleka nejsou objeveny a prozkoumány všechny druhy hub, je důležitým směrem výzkum hub. Každoročně jsou v různých zemích popsány desítky nových druhů. Neustále se zdokonaluje i jejich systematika. Moderní systematika, která pracuje s nejmodernějšími mikroskopickými, fyzikálně biochemickými a matematickými metodami, které poskytují veliké možnosti zpřesnění systému hub a stanovení mezidruhových evolučních vztahů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA VYŠŠÍCH HUB

1.1 Základní charakteristika

Houby (*fungi*) tvoří samostatnou říši paralelní s rostlinnou a živočišnou. Znaky, jimiž se liší od rostlin, jsou tak významné, že řazení do samostatné říše má plné oprávnění, i když se názor na začlenění hub mezi ostatní živé organismy neustále mění. Věda, zabývající se houbami, se nazývá mykologie (z řeckého *mykés* = houba, *logia* = učení o něčem) [1].

Tělo hub nemá vyvinuté jednotlivé samostatné orgány, celé tělo je vlastně jeden orgán. Jejich buňky mají vyvinuté typické buněčné jádro – jsou to tedy eukaryotní organismy [2]. Houbová stélka má jednoduchou stavbu, je většinou vláknitá, nerozlišená na kořen, stonek, list a pravá pletiva. Buněčné stěny stélky jsou tvořeny nejčastěji chitinem, podobně jako skelet hmyzu [1]. Nižší houby mají vlákna zpravidla nepřehrádkovaná (jednobuněčná), u vyšších hub jsou vlákna přehrádkovaná (vícebuněčná). Soubor houbových vláken (*hyf*) tvoří podhoubí neboli *mycelium*. Na něm za určitých podmínek vnějšího prostředí vyrůstají rozmnožovací orgány (např. plodnice). Podhoubí se rozrůstá v živném podkladu a čerpá z něho potravu. Houby neobsahují fotosyntetická barviva, takže patří mezi heterotrofní organismy (tj. neschopné fotosyntézy) [2].

V dnešní době není známý přesný počet druhů hub. Někde se dočteme o 100 tisících [3] a jinde zase o 300 tisících, které však z důvodu snazšího porozumění dělíme na mikromycety, mající většinou mikroskopické rozměry, a na makromycety, které tvoří plodnice okem rozeznatelné. Houby však nepřesahují počtem druhů počet rostlin ani počet živočichů na celé zeměkouli ale na menším území (například ve státu, pohoří apod.) je bohatství jejich druhů mnohem vyšší než u rostlin [1].

1.2 Taxonomie

Taxonomický přehled jsem zpracovala podle 9. vydání Ainsworth & Bisbys' Dictionary of the Fungi (Kirk et al. 2001) upravený podle učebnice Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii (Kalina et Váňa 2005).

V tomto systému jsou houby (*Fungi*) klasifikovány jako samostatná říše.

Říše *Fungi* je členěna na 6 oddělení: *Microsporidiomycota* (mikrosporidie), *Chytridiomycota* (chytridiomycety), *Zygomycota* (zygomycety), *Glomeromycota*, *Ascomycota* (vřeckovýtrusé), *Basidiomycota* (stopkovýtrusé).

Oddělení *Microsporidiomycota* má třídy *Dihaplophaseomycetes* a *Haplophaseomycetes*.

Oddělení *Chytridiomycota* obsahuje třídu *Chytridiomycetes*.

Oddělení *Zygomycota* obsahuje třídy *Zygomycetes* a *Trichomycetes*.

Oddělení *Glomeromycota* obsahuje třídu *Glomeromycetes*.

Oddělení *Ascomycota* obsahuje pododdělení *Taphrinomycotina*, *Saccharomycotina* a *Pezizomycotina*.

Pododdělení *Taphrinomycotina* obsahuje třídy *Pneumocystidomycetes*, *Schizosaccharomycetes*, *Taphrinomycetes* a *Neoelectomycetes*.

Pododdělení *Saccharomycotina* obsahuje třídu *Saccharomycetes*.

Pododdělení *Pezizomycotina* obsahuje třídy *Labouelbeniomycetes*, *Eurotiomycetes*, *Pezizomycetes*, *Leotiomycetes*, *Lecanoromycetes*, *Sordariomycetes*, *Dothideomycetes*, *Chaetothyriomycetes*, *Arthoniomycetes*, *Orbiliomycetes* a *Spathulosporomycetes*.

Oddělení *Basidiomycota* obsahuje třídy *Urediniomycetes*, *Ustilaginomycetes*, a *Agaricomycetes* [4].

1.3 Anatomie a morfologie

Stélka hub (*thallus*) je tvořena buď jednou buňkou (nižší houby, např. plísně nebo kvasinky) nebo více buňkami (např. vřeckovýtrusé nebo stopkovýtrusé).

U vícebuněčných hub se vytváří podhoubí (*mycelium*). U některých druhů vytváří podhoubí kompaktní útvary, které pomáhají překonat nepříznivé životní podmínky nebo proniknout do substrátu - např. námel (Paličkovice nachová – *Claviceps purpurea*) vytváří v rostlinných klasech tmavé růžkovité útvary, podobné zvětšeným zrnům, zvané sklerocia [5], václavka (*Armillariella*) vytváří pod kůrou napadeného stromu provazcovité rhizomorfy, troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) tvoří ve dřevě blanitá syrocia.

U vřeckovýtrusých (*Ascomycota*) a stopkovýtrusých (*Basidiomycota*) se buňky podhoubí při fruktifikaci skládají v plodnici (*sporokarp*, *karpofor*). Velikost plodnic je různá -

některé jsou sotva postřehnutelné pouhým okem, jiné mají hmotnost i několik kilogramů (viz. Obr. 1). Plodnice jsou tvořeny různými typy vláken: základní (generativní), podpurná (skeletová), spojovací (ligativní), u některých hub i vlákna olejonosná a exkreceční. Základní vlákna (generativní) jsou tenkostěnná, rozvětvená, přehrádkovaná. Podpurná vlákna (skeletová) jsou silnostěnná, nevětvená. Spojovací vlákna (ligativní) jsou silnostěnná, keříčkovitě rozvětvená, bez přehrádek. Olejotvorná a exkreceční vlákna se vyskytují u „masitých“ hub. Houbové pletivo plodnic neboli dužnina (*trama*) se skládá z plektenchymu, tj. hustě nahloučených a propletených vláken [6]. Výtrusy se tvoří ve výtrusorodé vrstvě (*hymenium*) [7].



Obr. 1: Různé velikosti plodnic – Slizák mazlavý (*Gomphidius glutinosus*), Holubinka zlatožlutá (*Russula aurata*), Žampion lesní (*Agaricus silvaticus*), Hlíva plicní (*Pleurotus pulmonarius*), Ryzec smrkový (*Lactarius deterrinus*)

Vřeckovýtrusé houby (*Ascomycota*) mají plodnice dvojího typu: apotecia a peritecia. Apotecia jsou otevřené plodnice, s plodnou vrstvou na povrchu, peritecia jsou uzavřené plodnice, s plodnou vrstvou uvnitř. Tvar plodnic je rozmanitý. Rozmanité tvary plodnic mají i stopkovýtrusé houby (*Basidiomycota*). U břichatkovitých (*Gastromycetes*) se často jejich tvar mění i během jejich ontogenetického vývoje (tj. vývoje jedince).

Z morfologického hlediska je u většiny vřeckovýtrusých i u stopkovýtrusých hub patrné členění na třeň a klobouk. Třeň může být podle umístění středový, výstředný nebo postranní. Jeho tvar může být od kulovitého přes hruškovitý a soudkovitý až po kuželovitý nebo nit'ovitý. Také klobouk hub může mít různé tvary od plochého až po prohloubený. Okraj klobouku může být rovný, podvinutý, sklopený nebo zvednutý (viz. Obr. 2) [8].



Obr. 2: Různé tvary plodnic – Hřib koloděj (*Boletus luridus*), Klouzek sličný (*Suillus elegans*), Bedla červenající (*Macrolepiota rhacodes*), Čirůvka dvojbarvá (*Lepista saeva*), Smrž obecný (*Morchella esculenta*)

1.4 Fyziologie

Růst hub je značně závislý na podmínkách okolního prostředí. Jsou to zejména složení substrátu, pH půdy, vlhkost, teplota, světlo, proudění vzduchu, okolní rostliny a živočichové. Značně rozdílné jsou růstové požadavky podhoubí, plodnic a volných výtrusů. Podhoubí roste více nebo méně intenzivně v podstatě po celý rok. Plodnice, jejichž úkolem je zabezpečit rozmnožování, mají většinou krátkodobé trvání. Jejich tvorba (fruktifikace) je značně závislá na klimatických podmínkách (většina druhů vyžaduje vlhko a teplo). Některé plodnice zanikají za několik dnů (čirůvky – *Tricholoma*) nebo i hodin (hnojníky – *Coprinellus*). Plodnice chorošovitých hub (*Polyporus*) jsou kožovité, korkovité nebo dřevnaté konzistence, vytrvávají několik měsíců (odkovky – *Antrodiella*) nebo i roků (troudnatce – *Fomes*) [6]. Vývoj plodnic zahrnuje dva procesy: iniciaci, nasazování zárodku (primordií) jako následek vývojových změn, a po vytvoření zárodků nastává vlastní diference, tedy tvorba reprodukčních struktur, provázená biochemickými procesy. Na vývoji plodnice se bezprostředně podílejí různé regulační mechanismy, o nichž dosud jsou v literatuře neúplné informace [1]. Výtrusy tvoří klidové (odpočinkové) stadium houby – jsou schopny přežít i značně nepříznivé podmínky [6]. Pokud jsou podmínky pro klíčení příznivé a spora neklíčí, jde o konstituční dormanci, která je různě dlouhá, genotypově podmíněná. Výtrus musí projít různě dlouhým obdobím „stárnutí“. Častější je exogenní dormance, kdy výtrus v podstatě čeká, až budou splněny specifické podmínky pro klíčení (teplota). Nabobtnání výtrusu přijatou vodou je první fází klíčení [1]. Pokud jde o pH půdy, většina hub nejlépe prosperuje ve slabě kyselém prostředí (pH 5,0 – 6,5) [6].

1.5 Ekologie

Ekologie hub se zabývá vzájemnými vztahy mezi houbami a prostředím a vztahy mezi houbovými populacemi. Studuje houby na všech úrovních, tedy na úrovni jedince a druhu (autekologie), nebo se zabývá společenstvy hub (synekologie). Ekologické faktory působící na mykofloru dělíme:

- a) faktory klimatické (srážky, vlhkost vzduchu, teplota, světlo)
- b) faktory edafické-půdní (fyzikální a chemické vlastnosti substrátu)
- c) faktory topografické (poloha naleziště, nadmořská výška)
- d) faktory biotické (vzájemné ovlivňování všech živých organismů biotopu)
- e) faktory antropické (vliv člověka na mykofloru – přímý či nepřímý) [1].

1.5.1 Vlhkost

Houby mají různé požadavky na vlhkost. Houby rostoucí na substrátech ponořených ve vodě nebo prosáknutých vodou označujeme jako hydrofilní. Většina hub však vyžaduje vlhký a dobře provzdušněný substrát – tzv. mezofilní houby. Daří se jim při obsahu vody v substrátu vlhkosti 20 až 40 %. Na suchých stanovištích se daří subxerofilním houbám. Houby xerofilní rostou na vyprahlých místech (i na pouštích). Subxerofilní a xerofilní houby označujeme souhrnně jako suchomilné. Suchomilným houbám se daří při obsahu vody v substrátu do 20 %. Některé houby sice mohou tvořit plodnice i za sucha, ale jejich podhoubí roste pouze tehdy, má-li potřebnou vlhkost. Např. některé holubinky (*Russula*), ryzce (*Lactarius*) nebo muchomůrky (*Amanita*) sice tvoří plodnice i za sucha (i při 10 – 12 % obsahu vody v substrátu), ale jejich podhoubí roste a tvoří základy plodnic při obsahu vody nad 20 %. Některé houby vytvářejí plodnice rychle poté, co suchý substrát provlhne deštěm. Většinou to jsou houby s menšími plodnicemi, které zase obvykle rychle mizí. Z hlediska lidské výživy nemají větší význam. Většina našich jedlých, z hlediska houbaření významných hub, tvoří plodnice až po deštích, kdy začne půda opět vysychat a oteplovat se (lidově se říká, že „les se paří“). Protože k tomu dochází nejdříve při okrajích lesa, u cest, v lesních světlinách, na pasekách apod., nacházíme nejvíce jedlých hub napřed právě na těchto místech a teprve později i ve stinných tyčkovinách, houštinách, mladínách apod. Některé houby jsou schopny získávat vodu chemickým rozkladem dřeva (např. dřevomorka – *Serpula*, nebo choroše – *Polyporus*) [8].

1.5.2 Světlo

Houby mají menší požadavky na světlo než fotosyntetizující rostliny [1]. Většině hub stačí asi 1 % normální intenzity osvětlení. Některé houby jsou schopny vytvářet plodnice i ve tmě. Jiné houby tvoří podhoubí i ve tmě, ale pro tvorbu plodnic potřebují světlo. Světlo jim však přispívá k intenzivnějšímu vybarvení hub. Většina hub, rostoucích ve stinných lesích a porostech, sice vytváří normálně vybarvené plodnice i při 1 % intenzitě osvětlení, ale houby, rostoucí na loukách a pastvinách, potřebují k normálnímu vybarvení normální osvětlení [8].

1.5.3 Teplota

Optimální teplota pro růst podhoubí většiny kloboukatých hub je asi 20 až 25 °C. Při teplotě pod 10 °C většina druhů téměř zastavuje nebo zpomaluje růst, ale přežívá i při mírných mrazech (asi do -10 °C). Výtrusy přežívají i mrazy -20 °C a naopak teploty +50 °C. Pro tvorbu plodnic jsou teplotní nároky značně druhově rozdílné. Teplomilné houby nacházíme v teplých oblastech (polnička topolová – *Agrocybe cylindracea*). Chladnomilné druhy fruktifikují i během mírnější zimy (penízovka sametonohá – *Flammulina velutipes*). Většina hub tvoří plodnice v létě a na podzim, po krátkodobých deštích. Podmínkou je však obvykle i to, aby nebyly příliš velké rozdíly mezi denní a noční teplotou [6].

Vzájemným působením abiotických (neživých) faktorů, jako je voda, minerální látky atd., které shrnujeme pod název ekotop, a biotických faktorů (organismů) se vytváří prostředí pro druh, populaci nebo společenstvo hub. Konkrétní prostředí houbového druhu nebo populace nazýváme biotop (stanoviště). Různé druhy hub mají odlišné ekologické požadavky [1].

1.5.4 Substrát

Podle závislosti na substrátu dělíme houby na pozemní, dřevní, mykorrhizní, kopofilní, anthrakofilní. Podhoubí pozemních neboli *terestrických* hub roste pod lesní hrabankou, mechem, trávou apod. (bedly – *Lepiota*, žampiony – *Agaricus*). Dřevní (*lignifikolní*) houby vyrůstají z dřevního substrátu (kořeny, kmeny, větve) jako saprofyti (hniložijné, rozkládají organickou hmotu) nebo paraziti (přiživují se na jiných organizmech). Podle způsobu rozkladu celulózy, resp. ligninu, způsobují různé typy hniloby dřevní hmoty. Dřevní houby jsou z uvedených skupin nejméně náročné na živiny. Podhoubí mykorrhizních hub roste

v těsném anatomickém a fyziologickém spojení s kořeny dřevin nebo travin. Jde o symbiózu – houba poskytuje rostlině systém pro vedení vody obsahující anorganické látky z půdy a rostlina houbě poskytuje asimiláty a růstové látky [6] [10]. Toto spojení je tedy oběma partnerům prospěšné. Tak například lesní strom (dub) je z velké části odkázán v přísunu vody a minerálních látek (fosforu, dusíku) na houbu (hřib dubový – *Boletus reticulatus*). Houba naopak od stromu získává sacharidy a některé důležité vitamíny [3]. Rozlišujeme mykorrhizu ektotrofní a endotrofní [6].

Při ektotrofní mykorrhize obalují hyfy hub hlavně povrch primárních kořenů. Ta vlákna mnohonásobně zvětšují aktivní povrch savých kořenů, čímž zvětšují příjem vody a minerálních látek kořeny. Houba naopak získává z kořenů část asimilátů a růstových látek. V případě endotrofní mykorrhizy pronikají hyfy hub do kořenových buněk a z nich čerpají produkty fotosyntézy. *Hyfy* hub jsou naproti tomu samy stravovány rostlinou, která z nich získává dusíkaté sloučeniny a fosfor. Tento způsob mykorrhizy se uplatňuje např. u některých vstavačovitých rostlin a některých trav (smilka tuhá, kostřava ovčí) a u většiny našich dřevin (jasan, javor, trnka, bez černý, vrba bylinná).

Mnoho druhů našich rostlin potřebuje mykorrhizu pro svůj dobrý růst (většina našich dřevin), některé ji k životu potřebují striktně (např. mnohé druhy orchideovitých nebo vřesovitých rostlin). Novější výzkumy ukázaly, že mykorrhizním způsobem přijímají potravu také některé heterotrofní (nezelené) vyšší rostliny, dříve považované za saprofytické (např. některé rostliny z čeledi orchidejovitých). Mykorrhizní houba je pro ně jediným zdrojem výživy. Výživné látky čerpá nezelená rostlina i z látek, které mykorrhizní houba uvolňuje rozkladem detritu. Může se jednat jak o ektotrofní tak i o endotrofní mykorrhizu [9].

Mykorrhizní houby jsou velmi citlivé na náhlé nepříznivé změny okolního prostředí. Koprofilní houby rostou na substrátech bohatých na dusík, tedy hlavně na hnojených půdách (hnojníky – *Coprinellus*, lysohlávky – *Psilocybe*). Anthrakofilní houby rostou na různých spáleništích [6].

1.6 Rozmnožování

Rozmnožování (*reprodukce*) je základní biologickou schopností všech hub; vznikají jim noví jedinci téhož druhu. Při každém rozmnožování se uplatňuje specifický princip, který zajišťuje kontinuitu druhu – princip dědičnosti [11]. Po nějaké době rozrůstání houbové stélky, resp. poté, co dojde k vytvoření příznivých podmínek pro rozmnožování, začnou se na podhoubí (*myceliu*) vytvářet útvary sloužící k rozmnožování. Rozmnožování hub se děje různými způsoby, které jsou pro jednotlivé skupiny hub charakteristické – na tom je založena i systematika hub.

Rozmnožování hub může být nepohlavní i pohlavní. Převažuje nepohlavní rozmnožování. Nepohlavně (*asexuálně*) se houby rozmnožují různými způsoby. Nejjednodušším způsobem je prosté dělení (*fragmentace*) houbových vláken (*hyf*), kdy z útržku vlákna vyroste nové vlákno. K tomu dochází u vláknitých hub. U kvasinek dochází k pučení, kdy z mateřské buňky vyroste buňka dceřinná. Jádro se rozdělí, přejde do dceřinné buňky, která se pak odděluje od mateřské buňky a dává vznik novému jedinci [13]. Nepohlavně se houby rozmnožují také výtrusy (*sporami*). Výtrusy vodních hub jsou nahé a pohybují se pomocí bičíků (rejdivé výtrusy, *zoospory*), výtrusy suchozemských hub jsou obvykle oblaněné a bez bičíků. Výtrusy vznikají buď uvnitř výtrusnic, tj. endogenně (*endospory*), nebo na výtrusnicích nebo houbových vláknech, tj. exogenně (*exospory*, *konidie*) [7]. Při stélkaté konidiaci se původní vlákno rozdělí (rozpadne) na pravidelné hranaté až válcovité buňky zvané *artrokonidie* neboli *artrospory*, jako je tomu u vřeckovýtrusé houby *Endomyces geotrichum*. Konidiace blastická je rozšířena u vřeckovýtrusých a nedokonalých hub [1]. Pohlavní rozmnožování může být izogamické (splývají dvě tvarem a velikostí nerozlišené pohlavní buňky gamety), nebo anizogamické (splývají dvě tvarově a velikostně různé gamety) [7]. Má tři fáze. Napřed dochází ke splynutí dvou haploidních buněk (tj. buněk obsahujících jednu sadu chromozomů) neboli *plazmogamii*. V další fázi pak dochází ke splynutí haploidních jader neboli *karyogamii*, čímž vzniká jádro s dvojnásobným počtem chromozomů (*diploidní*). Ve třetí fázi dochází k redukčnímu dělení jádra (meioze), čímž se dvojnásobný počet chromozomů redukuje na základní počet. Je důležité, že při tom dochází k výměně genetického materiálu mezi stejnými (*homologickými*) chromozomy – tzv. překřížení chromozomu neboli *crossing-over* [13].

1.7 Význam hub

1.7.1 Význam v potravinářství

Houby se významně uplatňují jako lidská potrava. Bylo tomu tak již ve starověku, houby bývaly pochoutkou na hostinách již ve starém Římě [8]. Dnes se při hodnocení významu hub pro výživu člověka v literatuře setkáváme s různými názory. V současné době jsou již překonány názory německého chemika ZELLENERA (1907), který tvrdil, že houby jsou naprosto nestravitelné pro vysoký obsah chitinových látek, a tím pro člověka bezcenné. Stejně nesprávný je názor, který přeceňuje obsah bílkovin v houbách a staví je jako „maso lesa“ příliš do popředí. Prohlubování znalostí o složení hub nás postupně přivedlo k tomu, že houby hodnotíme podobně jako ovoce nebo zeleninu. Zelenina, obsahující množství nestravitelné celulózy, je velmi blízká houbám s nestravitelnými chitinovými látkami. Tyto látky mají příznivý vliv na peristaltiku střev a trávicí procesy a nabývají stále více na důležitosti, protože absorbují zbytky nestrávené potravy převážně dráždivého charakteru. Tím si také vysvětlujeme protinádorové působení hub při požívání houbových pokrmů, které ještě zesiluje obsah cytostatických látek. V poslední době je stále více uznáván názor českého popularizátora mykologie SMOTLACHA (1945), který viděl hodnotu hub v obsahu vitamínů a neobvyklém počtu stopových prvků, které lidské tělo potřebuje. Houby považoval za přirozený „biologický“ doplněk stravy, u něhož nerozhoduje kalorická hodnota, ale především charakteristická vůně a chuť, které pomáhají trávicím procesům [3].

Z hlediska využitelnosti pro lidskou potravu dělíme houby na jedlé, nejedlé a jedovaté.

V houbařské literatuře je většina našich hub označena jako jedlé, pak jsou nejedlé, a nejméně je jedovatých. Jedlé jsou takové, které jsou při správné úpravě vhodné k lidské výživě. Nejedlé jsou houby, které nejsou jedovaté, ale z různých důvodů (chuť, tuhost, špatná stravitelnost) se jako lidská potrava nehodí. Jedovaté houby jsou takové, po jejichž požití i při správné přípravě dochází k poškození zdraví. Toto třídění se však u různých autorů může lišit, zejména hranice mezi jedlými a nejedlými houbami je nejasná a je do značné míry založena na subjektivním názoru autora. Je však třeba upozornit, že i jedlé houby mohou působit zdravotní potíže nebo i poškodit zdraví. Je tomu tak v těch případech, kdy nejsou dodrženy správné zásady při sběru, skladování nebo kuchyňské úpravě hub nebo při chemické nebo biologické kontaminaci hub (chemické látky užívané v

zemědělství, nákaza od infikovaných zvířat apod.). Je třeba sbírat jen dobře známé houby, resp. v případě jakýchkoliv pochybností se poradit s odborníkem. Nesbírat do igelitových sáčků, ale do prodyšných batůžků nebo nejlépe do proutěného košíku (při „zapaření“ hub dochází k jejich rozkladu, při kterém vznikají jedovaté látky). Některé jedlé druhy mohou způsobit větší nebo menší zdravotní potíže, protože jsou hůře stravitelné. Zvýšené nebezpečí je při požívání syrových hub – některé houby totiž obsahují zdraví škodlivé látky, které se dostatečnou tepelnou úpravou alespoň částečně ničí. Typickými příklady jedlých hub, které jsou v syrovém stavu nebezpečné, jsou václavky (*Armillariella*, viz. Obr. 3), ryzce (*Lactarius*, viz. Obr. 4), čirůvky (*Lepista*, některé druhy obsahují látky narušující červené krvinky) [8]. Jako jedlé houby se u nás uplatňují téměř výhradně stopkovýtrusé (*Basidiomycota*). Z jiných podkmenů stojí v souvislosti s potravinářským významem za zmínku vřeckovýtrusé (*Ascomycota*) řád kvasinkotvaré (*Sacharomycetes*), třída terčoplodé (*Dyscomycetes*) a řád lanýžotvaré (*Tuberales*). U *Basidiomycota* jsou to zástupci třídy rouškaté (*Hymenomycetes*), v menší míře i houby břichatky (*Gastromycetes*) [7]. V souvislosti s nebezpečím jedovatých hub je třeba upozornit na to, že neplatí žádné obecné pravidlo, podle kterého bychom rozlišili jedovatou houbu od jedlé [5]. Výživná hodnota hub je malá. Je tomu tak proto, že houby mají vysoký obsah vody (i 95 %). Sušina pak obsahuje cukry (*sacharidy*), tuky (*lipidy*, u některých druhů podstatně více než u jiných druhů) a bílkoviny (*proteiny*). Podstatná část sušiny připadá na celulozu a chitin [6]. Tyto látky však příznivě působí na peristaltiku střev a trávicí procesy. Absorbují zbytky nestrávené potravy [22]. Potravinářská hodnota hub spočívá hlavně v jejich obsahu solí, vitamínů a látek (většinou aromatických), které zlepšují chuť pokrmu a podporují trávení [5].

Obr. 3: Václavka obecná (*Armillaria mellea*)Obr. 4: Ryzec liškovitý (*Lactarius tabidus*)

1.7.2 Význam v přírodě

Hlavní význam hub však nespočívá v jejich kulinárním využití, i když takto jsou v obecném povědomí. Houby mají zásadní a nezastupitelný význam pro zachování života na naší planetě, neboť zabezpečují koloběh látek na Zemi [3]. Houby působí jako reducenti odumřelé organické hmoty a významně se podílejí na obohacování půdy o živiny [8]. Z makromolekul organických látek získávají energii potřebnou k životním funkcím a rozkládají organickou hmotu až na nejjednodušší složky - uhlík, dusík a anorganické prvky. Houby se společně s bakteriemi podílejí na mineralizaci organické hmoty – v podstatě tvorbě humusu a půdy [3]. Vzhledem k značnému rozšíření hub a také vzhledem k tomu, že jen velmi málo přírodních organických látek je odolných proti rozkladnému působení hub, je význam hub v tomto směru značný [8]. V tomto směru mají zásadní význam redukce odumřelé dřevní hmoty a rozklad odumřelých živočišných těl [6]. Na rozkladu dřevní hmoty z hub vřeckovýtrusých (*Ascomycota*) se podílejí např. dřevnatka parohatá (*Xylaria hypoxylon*), která žije na tlejících pařezech, nebo hlívenka ruměnná (*Nectria cinabarina*), žijící na suchých větvích listnatých stromů (někdy však napadá i zdravé větve). Ze stopkovýtrusých (*Basidiomycota*) jsou to např. kornatec bílý (*Corticium tuberculatum*), pevník srstnatý (*Stereum hirsutum*), některé druhy chorošů (*Polyporus*), většina chorošů však cizopasí na živém dřevě, viz. Obr. 5), trámovka plotní (*Gleophyllum sepiarium*, na opracovaném dřevě borovic a smrků), hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*, viz. Obr. 6), žlutotřepenitka svazčitá (*Nematoloma fasciculare*), šupinovka opeňka (*Pholiota mutabilis*), zástupci rodu plamenička (*Flammula*). Na rozkladu odumřelých nedřevnatých částí rostlin a odumřelých živočišných těl, těl živočichů ve vodě, se podílejí zejména zástupci řádu Hnilobytkotvaré (*Saprolegniales*) z třídy houby vaječné (*Oomycetes*), např. druhy rodů hnilobytky (*Saprolegnia*) a mlhovky (*Achlya*) [8].

Kdyby houby přestaly plnit tuto funkci, zanikl by na Zemi život. Těla odumřelých rostlin a živočichů by se nerozkládala, beze změny by se hromadila na zemském povrchu a životní cyklus by se zastavil. Biogenní prvky, vyskytující se v přírodě v omezeném množství, by se vyčerpaly a zastavil by se koloběh, měnící organickou hmotu na anorganickou a naopak. Do této mineralizační činnosti jsou zapojeny všechny druhy hub, od kloboukatých až po mikroskopické půdní houby [3]. Některé druhy hub mají také význam jako indikátory stavu životního prostředí [2]. Na druhé straně však působí choroby vyšších rostlin (hlavně trav a

ovocných stromů a keřů) napadají larvy hmyzu (houboví predátoři) a působí choroby obratlovců [6].



Obr. 5: Choroš šupinatý (*Polyporus squamosus*)



Obr. 6: Klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*)

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VYŠŠÍCH HUB

Většina dostupných údajů o složení hub je uváděna pro syrové houby. Pěstované druhy se sice v některých zemích konzumují v čerstvém stavu, jako součást zeleninových a těstovinových salátů, ale daleko rozšířenější jsou různé tepelné úpravy a způsoby konzervace. Věrohodných údajů o změnách jednotlivých složek hub během konzervace, skladování a kuchyňských úprav je zatím jen velmi málo [18].

Různé druhy hub se svým složením navzájem značně liší, ale obecně můžeme konstatovat, že houby obsahují okolo 90 % vody [1].

V sušině jsou nejvíce zastoupeny tři skupiny živin: bílkoviny (*proteiny*), cukry (*sacharidy*) a tuky a příbuzné látky (*lipidy*). Značný význam pro lidskou výživu mají minerální látky a vitamíny, jejichž obsah je podstatně nižší než obsah uvedených tří základních živin [18]. Z minerálních látek jsou v houbách nejhojněji zastoupeny sloučeniny vápníku, draslíku a fosforu. Dále houby obsahují stopové množství sloučenin hořčíku, železa, fluoru, mědi, manganu, kobaltu, titanu, niklu, zinku, molybdenu, stříbra, rubidia, vanadu, bromu, jodu, olova, kadmia, rtuti, selenu a dalších látek [3]. Množství prvku v plodnicích závisí na druhové schopnosti daný prvek hromadit a na obsahu prvku v půdě [1]. Houby dále obsahují vitamíny, především ze skupiny vitamínů B (B₁, B₂, B₃), vitamín C byl zjištěn v liškách (*Cantharellus*), hříbech (*Boletus*) a nejvíce v pečárce lesní (*Agaricus silvaticus*). Velmi zajímavá je přítomnost protikřivického vitamínu D, který zůstává zachován i v usušených plodnicích. V houbách byl zjištěn i biotin, dříve označovaný jako vitamín H, který je nepostradatelný pro růst buněk. Při jeho nedostatku například vypadávají vlasy [3]. U hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a dalších druhů byl zjištěn i cyanokobalamin (B₁₂). Dále také provitamin A, ergosterol (D₂) pyridoxin a nikotinamid [1]. Z dalších látek obsažených v houbách je nutné jmenovat velké množství aromatických látek a kyselin, které se podílejí na charakteristické vůni a chuti hub. Je vysoce pravděpodobné, že houby obsahují i jiné, dosud neznámé látky s léčivými účinky nebo látky s biologickou aktivitou. Tyto látky však mohou působit i jako prudké jedy [3].

2.1 Voda

Vodu obsaženou v houbách dělíme na volnou a vázanou [18], tvořící transportní prostředek při látkové přeměně. Transport živin se děje výhradně vodou [16] [11]. Menší část vody je vázána vodíkovými můstky na nosiče, kterými jsou zejména bílkoviny a polysacharidy. Vázaná voda tvoří asi 10%. Volná voda je reakčním prostředím převážné většiny biochemických, chemických a mikrobiálních procesů. Tato forma je nejnepříjemněji odstranitelnou při konzervačních postupech a tepelných úpravách [18].

Voda v prostředí je nezbytná: optimální bývá 75% relativní vlhkost substrátu. Z vody přijímá houba i molekulární kyslík pro část svých oxidačních procesů. Vodní prostředí je nezbytné pro difúzi živin a enzymů: růst houbových vláken (*hyf*) probíhá jen za vlhka, a protože buněčná stěna propouští vodu, jsou aktivně rostoucí houby zvláště citlivé na vyschnutí [1].

Voda má v houbách význam jako rozpouštědlo biogenních roztoků (pravých i nepravých), tepelný regulátor, chemický aktivátor. Rozpouštěcí schopnost vody je umožněna její vysokou relativní permitivitou, (při 20 ° C je to kolem 80). V důsledku toho snižuje v roli disperzního prostředí elektrostatické síly rozpouštěné látky [21].

Funkce tepelného regulátoru je umožněna vysokou tepelnou kapacitou vody, která jí umožňuje dobrou tepelnou vodivost (význam pro přívod a odvod tepla k organismu a z organismu [12]. Tak voda přispívá k tomu, že houby mohou růst v prostředí s širokým teplotním rozmezím (např. – 10 až + 50 ° C) [6].

2.2 Bílkoviny

V sušině plodnic hub je obsaženo asi 8% až 36% bílkovin. Z tohoto množství v houbách jsme schopni využít jen 75 %, neboť přítomnost chitinu snižuje vstřebávání výživně cenných látek. Houby obsahují více stravitelných bílkovin než ovoce i zelenina, ale méně než maso [1]. V houbách výrazně převládají bílkoviny, obsah volných aminokyselin a obsah peptidů je nízký. Kromě základních dvaceti aminokyselin, jež se vyskytují ve všech živých organismech, obsahují houby i některé další aminokyseliny. Houby dokáží syntetizovat základní aminokyseliny a z nich bílkoviny z anorganických substrátů, jakými jsou voda, oxid uhličitý a sloučeniny dusíku (dusičnany) [18]. Pro výživu člověka je důležitý hlavně obsah takzvaných esenciálních aminokyselin, tedy kyselin, které si člověk

neumí ve svém metabolismu syntetizovat (valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan). K nim řadíme ještě dvě semiesenciální aminokyseliny arginin a histidin, které si sice lidský organismus umí syntetizovat, ale tato syntéza nestačí k pokrytí jejich zvýšené potřeby v období intenzivního růstu [16]. Výživovou hodnotu potravních bílkovin tedy určuje jejich aminokyselinové složení (tedy obsah esenciálních a semiesenciálních aminokyselin). Houby jsou z tohoto hlediska významné, neboť právě zastoupení těchto aminokyselin v jejich bílkovinách je výživově příznivé, lepší než ve většině rostlinných bílkovin. Sušením (40°C) hub a zmražením (-20°C) se obsah bílkovin (po přepočtení na podíl v sušině) podstatně nemění, naproti tomu při vaření obsah bílkovin statisticky významně klesá. Tento pokles je pravděpodobně způsoben vyluhováním do vody a reakcí bílkovin s jinými složkami [18].

2.3 Tuky

Množství v sušině se pohybuje od 1,5-5%. Z mastných kyselin je nejvíce zastoupena kyselina linolová (asi 50%), dále kyselina olejová (33%), kyseliny palmitová a stearová [1]. Výživově žádoucí kyselina α -linolenová řady n-3 je zastoupena jen v zanedbatelném množství. Ostatní, v potravinách obvyklé mastné kyseliny, většinou tvoří méně než 10% z celkového obsahu kyselin. Můžeme konstatovat, že z hlediska zastoupení vyšších mastných kyselin, je složení obdobné jako u ovoce a zeleniny. Významné je to, že v pořadí zastoupení vyšších mastných kyselin, jsou na prvních dvou místech zdravotně příznivé kyseliny olejová a linolová. Kyselina palmitová je až na třetím místě. Rovněž zastoupení výživově nepříznivých trans mastných kyselin je v houbách natolik malé, že není zdravotně významné. Mnohé druhy hub obsahují lecitin. K významným doprovodným látkám, k lipidům v houbách, patří steroly (v houbách označovány jako mykosteroly). Nejrozšířenější z nich je ergosterol (asi 60-70 hmotnostních procent z celkového obsahu sterolu), který je v lidské výživě významný jako provitamin vitamínu D₂ (ergokalciferol) [18]. Většina lipidů jsou triacylglyceroly, kterým říkáme tuky. Tuky se vyskytují ve formě větších či menších kapiček (triglyceridů) nebo krystalků (ergostrolu), rozptýlených ve vakuolách, nebo zabudovaných do funkčních struktur. Tuky slouží jako zásobní látky s vysokou energetickou hodnotou, nebo se mohou uplatnit v metabolických procesech jako přenašeče, také mohou být projevem degenerace buňky. Fosfolipidy jsou velmi důležité

složky buněčných membrán hub, protože umožňují jejich propustnost a elasticnost vzhledem k volnému propojení molekul [1].

2.4 Sacharidy

V houbové sušině je asi 20-30%. Jsou to pentózy (xylóza, ribóza), metylpentózy (rhamnoza a fukoza), hexózy (glukóza, galaktóza, mannóza), cukernaté alkoholy (mannito a inozitol), uronové kyseliny (galakturonová a glukuronová kyselina), disacharidy (sacharóza). Nejvyšší obsah tvoří mannitol (9-13 %) [1], který se podílí na objemovém růstu plodnice a zpevňuje zejména třeň [18]. „Houbový cukr“ – disachrid trehalóza – se vyskytuje ve vyšším množství jen v mladých plodnicích, v dospělých je ho již méně, neboť je hydrolyzován na glukózu. Polysachridy jsou zastoupeny glykogenem (5%), který představuje energetickou rezervu v buňce, analogickou škrobům u cévnatých rostlin a chitinem (5-10%) s mannany a glukany (7-8,5%), hlavními komponentami buněčných stěn [1].

Z monosacharidů výrazně převažuje glukóza. Během skladování čerstvých hub se obsah glukózy snižuje. Zásobním polysachridem hub není jako u většiny rostlin škrob, ale podobně, jako u živočichů, glykogen. V lidské výživě je tato látka konzumována v mase, takže jeho přítomnost v houbách nemá z hlediska lidské výživy význam. Stavební polysacharidy (celulosa, chitin, hemicelulosa) nejsou pro člověka stravitelné, ale mají značný význam tím, že tvoří vlákninu. Vláknu dělíme na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina, kterou tvoří pektiny, rostlinné slizy a část hemicelulóz, zpomaluje trávení živin a průchod tráveniny trávicím traktem. Nerozpustná vláknina (celulóza, lignin, polysacharidy) naopak zrychluje střevní peristaltiku a tím urychluje průchod tráveniny trávicím traktem. Důležité je to, že tím zkracuje dobu přítomnosti tráveniny v tlustém střevě, čímž snižuje vstřebávání škodlivých látek (rakovinotvorných). Hmotnostní poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny by měl být 1:3. V naší populaci je nízký příjem vlákniny jak celkové tak zejména její nerozpustné složky. Odborníci to považují za jednu z příčin vysokého výskytu rakoviny tlustého střeva a konečníku. Vlákna také snižuje obsah cholesterolu a tuku v krvi, čímž přispívá k prevenci chorob oběhového systému. Stavební polysacharidy, jež jsou základní složkou buněčných stěn hub, jsou nutričně nevýhodné tím, že snižují využitelnost některých živin a výživově žádoucích minoritních složek (např. vitamínů nebo stopových prvků), ale prospěšné jsou naopak tím, že tvoří vlákninu [18].

Houby jsou velmi chudé na energii a jsou vítanou složkou redukčních diet. Houbami se nasytíme, ale neztloustneme po nich [24]

Druh houby	Obsah vody v %	Bílkoviny (*)	Celkový tuk (*)	Uhlovodany (*)
Žampion	78 - 90	24 - 35	1,7 - 8,0	51 - 62
Ucho Jidášovo	89	4,2	8,3	82,8
Penízovka sametonohá	89,2	17,6	1,9	73,1
Shiitake	90 - 92	13,4 - 17,5	4,9 - 8,0	67,5 - 78,0
Hlíva ústříčná	73 - 91	10,5 - 30,4	1,6 - 2,2	57,6 - 81,8

(*) procenta celkové sušiny, (+) energetická hodnota v Kcal na 100 g sušiny

Tab. 1: Průměrné složení plodnic vybraných druhů hub

Druh houby	Vláknina (*)	Popeloviny (*)	Energetická hodnota (+)
Žampion	8,0 - 10,0	7,7 - 12,0	328 - 368
Ucho Jidášovo	19,8	4,7	351
Penízovka sametonohá	3,7	7,4	378
Shiitake	7,3 - 8,0	3,7 - 7,0	387 - 392
Hlíva ústříčná	7,5 - 8,7	6,1 - 9,8	345 - 367

(*) procenta celkové sušiny, (+) energetická hodnota v Kcal na 100 g sušiny

Tab. 2: Průměrné složení plodnic vybraných druhů hub

Vitamín		Pečárka dvouvýtrusá bílá	Pečárka dvouvýtrusá hnědá	Houževnatec jedlý	Hlíva ústříčná
B ₂	mg	0,39	0,33	0,15	0,20
PP	mg	3,3	4,1	2,6	5,2
B ₁₂	μg	0,06	0,05	0,07	0,05
C	mg	1,3	1,6	2,1	1,6
D	μg	□ 0,02	□ 0,02	0,1	0,02

obsah vitamínu ve 100g čerstvé hmoty MATTILA et al. (2001) mg –miligramy, μg - mikrogramy,

Tab. 3: Průměrný obsah jednotlivých vitamínů u vybraných druhů hub

3 MINERÁLNÍ LÁTKY VE VYŠŠÍCH HOUBÁCH

Minerální látky jsou součástí popelovin, které tvoří u hub asi 5 až 10% hmotnosti sušiny [15]. Prvky se mohou v plodnicích hromadit dvěma způsoby: transportem přes podhoubí (*mycelium*) nebo atmosférickou depozicí. Druhý způsob se týká druhů tvořících trvanlivější plodnice (chorošovitě houby – *Polyporus*). Míru akumulace prvku houbou vyjadřujeme bioakumulačním faktorem – poměrem obsahu prvku v sušině plodnice a v sušině půdního substrátu. Je-li obsah prvku v plodnici vyšší než v substrátu, jedná se o houbu schopnou prvek akumulovat. V opačném případě se jedná o diskriminaci prvku. V případě, kdy je u některého druhu bioakumulační faktor vyšší (asi 100 krát) než u většiny ostatních druhů hub, hovoříme o hyperakumulaci. U hub je však často problematické zjistit vrstvu substrátu, z níž plodnice (*mycelium*) přijímá živiny [10]. Mezi majoritní minerální prvky (mikroelementy), které jsou výživově nezbytné, řadíme sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, chlor a síru. Minoritními látkami jsou železo a zinek. Stopové prvky (mikroelementy) jsou například kobalt, selen a měď. Minerální látky v potravinách interagují s vodou, s přítomnými organickými látkami i navzájem mezi sebou. Tyto interakce pak ovlivňují biologickou využitelnost prvků ve stravě. Pro interakce jsou rozhodující chemické vlastnosti daného prvku. Ty vyplývají z umístění prvku v periodické soustavě prvků. Nekovy a metaloidy se středními hodnotami elektronegativity (selen, fosfor, síra) tvoří v biologických systémech kovalentní sloučeniny (estery kyseliny fosforečné, difosforečné a trifosforečné, sirné aminokyseliny atd.). Prvky s velmi nízkými elektronegativitami (alkalické kovy, např. vápník, sodík, hořčík) a prvky s vysokými elektronegativitami (chlor a jod) se v biologických materiálech vyskytují převážně jako volné ionty a přednostně se účastní elektrostatických interakcí [16]. Zájem o stopové prvky v plodnicích byl podnícen především z hygienického hlediska konzumace volně rostoucích hub. Houby mohou obsahovat i škodlivé prvky jako jsou těžké kovy. Některé druhy však toxické kovy neakumulují (holubinky, pěstované žampiony) [10]. Největší množství draslíku bylo například nalezeno v lanýžích, na fosfor jsou nejbohatší smrže. V pokožce klobouku bylo nalezeno více nerostných látek než v jiné části plodnice, což si lze snadno vysvětlit vlivem spadových látek ze vzduchu. Jejich obsah kolísá dle stupně znečištění vzduchu nad místem, kde houba roste [3].

Druh	Na	K	Fe	Ni	Cu
Liška obecná	60-69	4400-5300	9,3-11,2	0,8	4-4,6
Hřib smrkový	100-130	2800-2900	10-16	0,5	2,4-2,9
Hřib hnědý	60-130	2500-4800	4,2-5,2	0,04-0,12	1,2-3
Václavka obecná	36-50	2800-5300	11	0,4-0,8	4,1
Žampion polní	100-160	4300-4900	11,5-16	0,5-3	
Žampion dvouvýtrusý	35	6200	7,8	0,02	9,4
Ryzec pravý	55-60	3200	13	0,2	3,4
Muchomůrka růžovka	180-270	4800-5600	9,5-37	0,2-0,6	3,2-7

Množství prvku je udáno v mg. 100 g⁻¹ sušiny plodnic

Tab. 4: Průměrné množství minerálních látek ve vybraných druzích hub

Druh	Zn	Ca	Mg	Hg	Rb
Liška obecná	6,6-11	22	110	1,15	16,7
Hřib smrkový	7,2-10	13	50	4,1	34,5
Hřib hnědý	7,3-15			0,03-0,13	9,2-12
Václavka obecná	7-8,7	7,9	150	0,7-1,2	11-15
Žampion polní	13,2-18,1	25	162	5-11,6	0,7-2,7
Žampion dvouvýtrusý	8,6	40	160	1,6	4,2
Ryzec pravý	21	3	100	1,2-1,3	3,5-4,2
Muchomůrka růžovka	13-16	1,9-4,6	163	1,6-4,2	1,7-11,2

Množství prvku je udáno v mg. 100 g⁻¹ sušiny plodnic

Tab. 5: Průměrné množství minerálních látek ve vybraných druzích hub

3.1 Zdravotně nezávadné látky ve volně rostoucích houbách

3.1.1 Sodík

Sodík spolu s chloridovým aniontem ve formě chloridu sodného udržuje osmotický tlak tekutin vně i uvnitř buněk a rovnováhu mezi kyselinami a zásadami. Rovněž aktivuje některé enzymy. Nejvyšší obsah byl v čeledi hnojníkovicité (*Coprinopsis*), nadprůměrný v čeledích muchomůrkovicité (*Amanita*), pečárkovité (*Agaricus*), límcovkovité (*Stropharia*) a pavučinovicité (*Cortinarius*), nejnižší v čeledi chorošovité (*Polyporus*) SEEGER (1983). Obsah sodíku by neměl být závislý na potravní strategii hub, tedy jsou-li saprotrofní, mykorrhizní či xylofágní (živiny ze dřeva). Obvyklý obsah sodíku je poněkud vyšší než v řadě druhů zeleniny, ale nižší než např. ve špenátu. Obsah je 10-40 mg. 100g⁻¹ [18]. Sodík se většinou vyskytuje ve formě volných iontů. Jeho přirozený obsah je velmi proměnlivý [16].

3.1.2 Draslík

Biologické role draslíku jsou u člověka podobné jako sodíku, draslík navíc významně ovlivňuje svalovou aktivitu, zejména srdečního svalu [21]. Podobně jako u sodíku byl nejvyšší obsah draslíku v družích čeledi hnojníkovicité (*Coprinopsis*) a nejnižší v čeledi chorošovité (*Polyporus*). Draslík není rozložen v plodnici rovnoměrně – obsah klesá v pořadí klobouk, třeň, výtrusorodá vrstva a výtrusy. V půdě je obsah draslíku dvacetkrát až čtyřicetkrát menší než v houbě. Což svědčí o schopnosti plodnic kumulovat tento prvek. Obsah draslíku v houbách patří k nejvýznamnějším mezi potravinami. Může se srovnávat se špenátem či bramborem [18].

3.1.3 Vápník

Vápník plní v lidském organismu všeobecně známou stavební funkci. Asi 99% z celkového množství vápníku (kolem 1500g) je vázáno ve formě fosforečnanu vápenatého v kostech a zubech. Je nezbytný pro nervovou a svalovou činnost a srážlivost krve [16]. Nejvyšší obsah by měl být v čeledi chorošovité (*Polyporus*), velmi nízký v čeledích muchomůrkovicité (*Amanita*), holubinkovicité (*Russula*) a pýchavkovité (*Lycoperdon*). V plodnicích byl nejvyšší obsah v třeni. U vápníku není schopnost hub kumulovat jej z půdy jako u draslíku.

Obsah vápníku je nižší než u většiny druhů zeleniny, nebo je srovnatelný. Ve většině hub je obsah do 100 mg 100g⁻¹ v sušině [18].

3.1.4 Hořčík

Hořčík plní v metabolismu člověka řadu významných funkcí, mj. se podílí na energetických pochodech a ovlivňuje funkci nervových buněk [10]. Na obsah má významný vliv druh i rod, značné rozdíly jsou i mezi čeleděmi. Vliv má také stáří plodnic. Nejvyšší je v čeledi hnojníkovicité (*Coprinopsis*), nejnižší v čeledi hřibovicité. Hořčík nejde v plodnicích kumulovat, obsah v půdě bývá většinou vyšší. Tento kov není v plodnicích rozložen rovnoměrně – nejvíce bylo zjištěno ve výtrusorodé vrstvě. V klobouku a třeni je vyrovnaný [18].

3.1.5 Fosfor

Je účinný především ve formě řady derivátů kyseliny fosforečné, plní v lidském organizmu řadu významných rolí, jako je stavba kostí a zubů. Podílí se na energetickém metabolismu a na dalších biochemických pochodech [16]. Obsah se liší dle druhu houby. Může se pohybovat u hřibů (*Boletus*) v rozmezí 500-700 mg ve 100g sušiny a u čirůvky (*Lepista*) mezi 1300-2300 mg ve 100g sušiny. Houby kumulují fosfor v sušině substrátu, ve kterém rostou. Obsah fosforu je vyšší než u většiny potravin rostlinného i živočišného původu. Není však jasné, v jakých chemických formách je fosfor vázaný a jaká je jeho využitelnost [18].

3.1.6 Chlor

Obsah v houbách se obvykle pohybuje kolem stovek až prvních tisících ppm. Výjimkou jsou například muchomůrky (*Amanita*), kde je obsah chloru v plodnicích až 1-2,5 hmotnostních procent. Kromě chloru mohou mít muchomůrky (*Amanita*) také vyšší obsah bromu [10].

3.1.7 Síra

RUDAWSKA a LESKI (1993) uvádějí průměrný obsah síry 220 mg ve 100 g sušiny. Nejnižší obsah síry se našel v muchomůrce růžovce (*Amanita rubescens*), nejvyšší v suchohřibu žlutomasém (*Boletus chrysenteron*). Vyšší obsah je v klobouku než třeni.

Hodnoty jsou srovnatelné se zeleninou avšak nižší než v druzích zeleniny brukvovité či v luštěninách [18]. Síra se vyskytuje v mnoha kovalentních sloučeninách. Řada sirných sloučenin plní v organismu významné biochemické funkce jako biokatalyzátory (thiamin) [16].

3.1.8 Železo a Zinek

Obsah obou těchto prvků v houbách je prakticky stejný. Vysoké zastoupení železa bylo nalezeno u lištičky pomerančové (*Hygrophoropsis aurantiaca*), klouzku strakoše (*Suillus variegatus*), kropenatců (*Panaeolus*) a hadovkovitých hub (*Phallus*). Největší obsah zinku má holubinka černonachová (*Russula atropurpurea*). Dále také pýchavky (*Lycoperdon*) a pečárky (*Agaricus*) [10].

3.2 Zdravotně rizikové kovy ve volně rostoucích houbách

Ze zdravotních důvodů by se mělo brát v úvahu, že houby obsahují také rizikové látky. Doposud jsou nedostatečné poznatky o chemických formách kovů v plodnicích a míře jejich vstřebávání z trávicího traktu. Současná česká legislativa od vstupu ČR do EU v roce 2004 nejvyšší přípustné obsahy v jedlých houbách neuvádí (vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 305/2004 Sb.) Předchozí vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. stanovila limity těžkých kovů odděleně pro volně rostoucí a pěstované houby [18].

Výskyt toxických prvků v potravinách souvisí mimo jiné se znečišťováním životního prostředí. Ke vstupu těchto prvků do potravního řetězce přispívá řada zdrojů antropogenního charakteru i přirozeného původu. Hlavní antropogenní zdroje kontaminace toxickými prvky jsou spalování paliv, doprava, průmyslová výroba kovů. Mezi přírodní zdroje toxických prvků v prostředí patří zvětralé horniny, lesní požáry, vulkanická činnost [16].

3.2.1 Kadmium

Pro objektivní posouzení zdravotního rizika některých druhů hub s obsahem kadmia by bylo třeba prohloubit poznatky o vstřebatelnosti kadmia z trávicího traktu. Dříve se uváděla nízká vstřebatelnost. Novější práce však poukazují na vysokou vstřebatelnost, obsah kadmia v krevním séru po požití hub rychle vzrůstá. Kadmium je poté zadržováno ledvinami, slezinou a játry [18]. Koncentrace kadmia v houbách jsou poměrně vysoké a

běžné. Výjimku tvoří pečárky (*Agaricus*), zejména druhy z okruhu pečárky ovčí (*Agaricus arvensis*) a pečárky hajní (*Agaricus sylvicola*) [10]. Obsah kadmia v některých volně rostoucích pečárnkách (*Agaricus*) mohou být mimořádně vysoké (100-300 mg v kg sušiny) [18].

3.2.2 Rtuť

Běžně sbírané jedlé mykorrhizní druhy jako hřib (*Boletus*) mají obsah rtuti spíše nízký [14]. Mezi kumulující druhy hub patří čirůvka májovka (*Calocybe gambosa*), čirůvka fialová (*Lepista nuda*), pečárka ovčí (*Agaricus arvensis*), ale obecněji i další druhy pečárek (*Agaricus*) a také běžné bedly (*Lepiota*). Silně kontaminovaným územím z osmisetleté těžby a zpracování polymetalických rud je východní Slovensko. Zde je obsah rtuti 100-200 mg.kg⁻¹ sušiny. Podle Světové zdravotnické organizace je přijatelná týdenní dávka rtuti 0,005 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti (př. 0,3 na 60 kg) z toho nesmí být více než 0,2 mg ve formě velmi nebezpečných methylrtuťnatých sloučenin [18].

3.2.3 Olovo

Ačkoliv je všeobecně známo, že houby obsahují vysokou koncentraci olova, není tento fakt seriózně potvrzen v literatuře. Jeho zastoupení je poměrně malé [10]. Výrazně kumulujícími druhy jsou pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), bedla červenající (*Chlorophyllum rhacodes*) a čirůvka fialová (*Lepista nuda*). Možná kontaminace je v blízkosti frekventovaných silnic. Hřib smrkový (*Boletus edulis*) přijímá snadno olovo pocházející ze současných lidských činností, které se nahromadily v substrátech. Přijatelný týdenní příjem olova je podle Světové zdravotnické organizace 0,025 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti (př. 1,5 mg na 60 kg) [18].

	I	F	B	Si	Pb	Cd	Hg	As
houby	0,013	0,2-0,3	0,2-0,3	10-40	0,01-0,20	0,01-0,33	0,07-0,22	0.01

mg. kg⁻¹

Tab. 6: Průměrný obsah prvků

3.3 Faktory ovlivňující obsah stopových prvků v plodnicích

Obsah řady kovů v plodnicích je v první řadě záležitostí druhu a do jisté míry i rodu. Dalším významným faktorem je složení substrátu, z něhož houba získává živiny. V přírodě může obsah rtuti a kadmia dosáhnout koncentrací, které při vyšší konzumaci mohou zatížit lidský organismus. Schopnost hromadit toxické kovy mají žampiony (*Agaricus*). Tato schopnost souvisí s vyšším obsahem bílkovin, na které jsou kovy v plodnicích vázány. Dalšími zástupci hub s vysokou koncentrací toxických prvků jsou například bedle (*Lepiota*) a pýchavky (*Lycoperdon*).

Uvedené houby jsou saprofytické, to znamená, že živiny přijímají z rostlinného opadu v půdě, ve kterém se toxické prvky hromadí nejvíce. Je tedy nutné upozornit, že v oblastech, které jsou zatíženy spadem toxických prvků, (kovohutí, podél silnic) není vhodné houby sbírat a konzumovat je. Obsah toxických prvků v hlívkách a dřevokazných houbách je obecně nižší, protože ve dřevě je nahromaděno takových kovů z prostředí jen velmi málo. Výjimkou jsou však hlívy (*Pleurotus*) vyrostlé blízko cest nebo pod zdrojem imisí, kde padá popílek a k jídlu se samozřejmě nehodí. Naopak houby vypěstované v pěstírnách, kde se kvalita pěstebního substrátu kontroluje, by houby z hlediska obsahu toxických kovů měly být bezpečné [15]. Méně významný je vliv stáří, resp. velikosti plodnice. Někde se uvádí vyšší obsah kovů v mladých plodnicích [18].

3.4 Toxiny

Prudce jedovatých hub je v naší přírodě jen několik druhů, vzhledem k závažnosti otrav je však třeba značné opatrnosti. Ve střední Evropě se vyskytuje asi 4 tisíce druhů vyšších hub. Asi 200 z nich je jedovatých [1]. Existuje však hodně druhů, které jsou mírně jedovaté, nebo působí některým lidem (hlavně dětem a starým lidem) potíže svojí těžkou stravitelností. Některé houby jsou jedovaté za syrového stavu, ale po dostatečné tepelné úpravě jsou jedlé [8].

Z hub vřeckovýtrusých (*Ascomycota*) je prudce jedovatá houba paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*). Napadá klasy obilí i jiných trav, kde vytváří útvary tmavofialové barvy, které vypadají jako zvětšená zrna. Tato houba je známa též pod názvem námel, neboť takto označujeme jedno z jejích vývojových stadií. Dostane-li se námel do mouk, dochází k otravám, zvaným námelka neboli ergotinizmus. Příznaky otravy námelem jsou

křeče, dávení, poruchy zraku, zuřivost, někdy i snětivění končetin, odumírání plodu. Tyto otravy jsou značně vleklé. Při obsahu námele v mouce nad 5 % bývají otravy smrtelné. V minulosti byly tyto otravy u nás hojně rozšířeny, neboť se obilí před mletím nečistilo tak důkladně, jako v dnešní době.

Jedovaté jsou i ucháč obecný (*Gyromitra esculenta*, viz. Obr. 7) a ucháč obrovský (*Giromytra gigas*) z třídy terčoplodé (*Discomycetes*). Hlavním jedem je gyromytrin, dále pak též obsahují kyselinu helvetovou [1,8,20]. Konzumace ucháče obecného (*Gyromitra esculenta*) je v Evropě značně rozšířená, přičemž otravy z jeho použití se objevují jen sporadicky, neboť k nim dochází jen při konzumaci syrových plodnic. Houba je po uvaření nebo usušení jedlá. Příznaky otrav gyromytrinem jsou podobné příznakům při otravách muchomůrkami (*Amanita*). Otravy končí v 20-30% případů komatem. Častá konzumace může způsobit žloutenku a neurologické poruchy [17].



Obr. 7: Ucháč obecný (*Gyromitra esculenta*)

Problematika jedovatých hub je aktuální hlavně u stopkovýtrusých (*Basidiomycota*) protože ty jsou z houbařského hlediska nejvýznamnější.

Rozlišujeme několik základních typů otrav: hepatotoxický, neurotoxický, vazotoxický, gastroenteritický. Hepatotoxický typ: muchomůrka zelená (*Amanita phalloides*), muchomůrka jízlivá (*Amanita virosa*), ucháč obecný (*Gyromitra aesculenta*), neurotoxický typ: muchomůrka tygrovaná (*Amanita pantherina*), muchomůrka červená (*Amanita muscaria*), vláknice patouillardova (*Inocybe patouillardii*), vazotoxický typ: hnojník inkoustový (*Coprinus atramentarius*), gastroenteritický typ: hřib satan (*Boletus satanas*) [6].

V Evropském měřítku je jednou z nejnebezpečnější jedovatou houbou muchomůrka zelená (*Amanita phalloides*) a několik blízce příbuzných druhů, obsahujících podobné toxiny-amanitin, faloidin a falos [3]. U nás je to nejedovatější houba proto, že je hojnější než jiné prudce jedovaté houby [2]. Je příčinou asi 90% úmrtí, způsobených jedovatými houbami. Jedovatost foloidinu je stokrát větší než arzenik a desetkrát větší než kyanid. Jedovaté látky zůstávají i v usušených houbách a neničí je tepelná kuchyňská úprava. Virosin stejně jako foladin způsobuje rozpad krvevorných orgánů a působí na nervový systém. Pro otravu houbami z okruhu muchomůrky zelené (*Amanita phalloides*) je společné, že toxiny poškozují játra a že bezpříznakové období, tzv. doba latence trvá až 8 hodin, někdy i déle [3]. Vyskytuje se ve dvou odrůdách: Muchomůrka hlízovitá neboli zelená (*Amanita phalloides*) a muchomůrka hlízovitá jarní (*Amanita phalloides* subsp. *verna*). Jarní subspecie má bílou barvu – to je také jednou z příčin četnosti otrav muchomůrkou hlízovitou (*Amanita phalloides*), neboť je snadno zaměnitelná za žampion (*Agaricus*) [6]. Je u nás hojně rozšířena, hlavně v listnatých a smíšených lesích, v letním období, v menším počtu i do pozdního podzimu. Jarní subspecie roste na podobných místech jako zelená, ale je vzácnější. Obsahuje toxiny amanitin, phaloidin a phalin. Při otravě působí toxicky amanitin a phalloidin, které jsou oba velmi prudce jedovaté. Phallin se při otravě neuplatňuje, neboť působením žaludeční šťávy ztrácí jedovatý účinek.

První příznaky otravy se obvykle objevují za 8 až 12 hodin po požití pokrmu, ale někdy výrazně později (i po 40 hodinách). Dlouhá doba, za kterou se objevují první příznaky, je zhoršujícím faktorem, protože již není účinný výplach žaludku, který by podstatnou část houby odstranil z těla. Jed se již za tu dobu dostává do krevního oběhu. Prvními příznaky jsou bolest žaludku, pocení, zvracení a průjem. Dále pak břicho citlivé na tlak, zduřelá a ztvrdlá játra, málo moči nebo i anurie. Pak obvykle bolesti na několik hodin zeslábnou, ale pak se zase zesilují, postupem bolesti střídavě slábnou a sílí. Pacient je při vědomí, ale rychle slábne a nastupují další příznaky: poruchy srdečního rytmu, slábnutí tepu, chladnutí končetin, po dvou až třech dnech nastupuje bezvědomí. Smrt nastává obvykle za 5 až 10 dnů po požití houby. V lehčích případech se pacient postupně zotavuje, ale následky otravy působí řádově roky, často zůstávají po zbytek života. Léčba je obtížná mj. právě pro dlouhou inkubační dobu. Proto se obvykle neordinují emetika (léky vyvolávající zvracení) ani neprovádí výplach žaludku. Tato opatření mají význam pouze v těch případech, kdy od požití hub uplynula nepříliš dlouhá doba. Většinou jde o případy, kdy se pacient dostavil do

zdravotnického zařízení nikoliv na základě příznaků, ale proto, že se jinak dozvěděl o tom, že požil jedovatou houbu (např. když se již příznaky otravy objevily u někoho, kdo houbu požil již dříve). Doporučuje se však podání projímadla, neboť ve střevech zůstává potrava výrazně delší dobu než v žaludku.

Roku 1925 připravil Dujarric de la Riviere v Pasteurově ústavu v Paříži sérum, které získal očkovaním koně výtažky z jedovatých muchomůrek (*Amanita*). Koni se vstříkují postupně malé dávky toxinů, a zvíře si postupně získává proti těmto toxinům protilátky. Jeho krev pak dává léčivé sérum. Léčebné účinky však nejsou takové, jak by si lékaři představovali, dalším problémem je malá trvanlivost séra.

Roku 1932 uveřejnil Limousin zprávu o léčebné metodě založené na poznatku, že králík je proti účinkům muchomůrky hlízovité (*Amanita phalloides*) výrazně odolnější než člověk. Králičí žaludek pravděpodobně obsahuje nějaké látky, které účinek jedů mírní. Velké množství houby by však bylo smrtelné i pro králíka. Pacientům se podávala rozemletá směs syrových králičích žaludků a mozků. Tato metoda se však neosvědčila, jednak proto, že pacienti, kteří již tak zvraceli, tuto chuťově odpornou kaši obvykle neudrželi v žaludku a kromě tohoto i pokud ji udrželi, léčebné výsledky nebyly valné.

Roku 1958 bylo u nás na doporučení dr. Herinka poprvé použito k léčení kyseliny thiooktové, která je jako součást komplexu vitamínů B získávána z jater a z kvasnic. Kyselina thioktová není antidotem muchomůrkových jedů, ale podporuje regeneraci jater (již dříve byla používána při léčení jaterních poruch) [5].

Později byly zavedeny nové léky, jednak bránící vstupu toxinů do buněk, jednak chránící jaterní buňky [20].

V 60. letech 20. století se u nás úmrtnost na otravu touto houbou pohybovala asi okolo 55 % [5]. Později, v souvislosti s rozvojem medicíny, úmrtnost klesala. V 80. letech 20. století to bylo již jen asi 11 %. K výraznému snížení úmrtnosti (přibližně z 25 % na 11 %) došlo po zavedení antibiotik do léčby [19].

Prudce jedovatá je i muchomůrka tygrovaná (*Amanita pantherina*, viz. Obr. 8), rostoucí hlavně v listnatých, ale i v jiných lesích. Obsahuje jed mykoatropin. Otrava probíhá rychle, příznaky (zažívací obtíže a stav podobný opilosti) se někdy vyskytuje již za půl hodiny. Jsou známy i smrtelné otravy. Obdobně jedovatá je i vzácnější muchomůrka jízlivá (*Amanita virosa*) – otrava touto houbou má však delší inkubační dobu.



Obr. 8: Muchomůrka tygrovaná (*Amanita pantherina*)

Hojně rozšířená je známá muchomůrka červená (*Amanita muscaria*, viz. Obr. 9). Je sice jedovatá, ale výrazně méně než výše popsané druhy muchomůrek. Obsahuje jedovatý alkaloid muscarin a v menší míře i některé jiné toxiny. Název muchomůrka pochází od toho, že ji lidé již v minulosti používali k trávení much [20], jež způsobují ibotenová kyselina a méně tricholomová kyselina, které jsou pro mouchy toxické. Ibotenová kyselina je pravděpodobně karcinogenem. U člověka se otravy projevují halucinacemi. Tyto kyseliny vykazují chuťové vlastnosti podobné glutamátu (chuť *umami*) ale intenzivnější [17].



Obr. 9: Muchomůrka červená (*Amanita muscaria*)

Mírně jedovaté jsou muchomůrka citronová (*Amanita citrina*) a muchomůrka královská (*Amanita regalis*). Mezi muchomůrkami (*Amanita*) jsou však i jedlé druhy – muchomůrka růžovka neboli masák (*Amanita rubescens*) u nás hojná, a to hlavně v jehličnatých lesích a muchomůrka tlustá neboli šedá (*Amanita spisa*), rovněž u nás hojná [20].

Těžké, i smrtelné otravy, působí vláknice patouillardova (*Inocybe patouillardi*) rostoucí v listnatých a smíšených lesích, ale často i v parcích, sadech, alejích [8]. Obsahuje jed muskarin [20]. Otrava nastupuje rychle, asi za čtvrt až půl hodiny. Příznaky jsou nevolnost, studený pot, zvýšené vyměšování slin, zimnice, zvracení, průjem, křeče. Později dušnost, poruchy srdeční činnosti, slabost, vrávoravá chůze, závratě, poruchy vidění, mdloba, přičemž pacient zůstává při vědomí [8]. Jedovaté jsou i vláknice kuželovitá (*Inocybe fascigiata*), vláknice hnědavá (*Inocybe umbriella*) a vláknice plžatková (*Inocybe hygrophorus*). Mírně jedovatá je vláknice Godeyova (*Inocybe godey*). Prudce jedovatá je závojenka olovová (*Entonoma lividum*) rostoucí ve světlých listnatých lesích. Obvykle po 20 minutách až dvou hodinách se projevují zvracení, průjem, celková slabost. Není-li množství požití houby příliš velké, příznaky postupně slábnou a pacient se uzdravuje po několika dnech, při větším množství bývají otravy i smrtelné [20].



Obr. 10: Pavučinec plyšový (*Cortinarius orellanus*)

Prudce jedovatý je i pavučinec plyšový (*Cortinarius orellanus*, viz Obr. 10) a pavučinec červenavý (*Cortinarius rubellus*) a v dalších druzích se vyskytuje jako toxická látka orellanin a jeho degradační produkty orellinin a orellin. Tyto produkty vznikají záhřevem a působením UV záření. Přítomny jsou také toxické cyklické peptidy kortinariny. Žádné technologické postupy, včetně tepelného zpracování hub, nevedou ke snížení jejich vysoké toxicity [17]. Mírně jedovatý je pestřec obecný (*Scleroderma aurantium*) [20].

Specifický případ toxicity představují některé druhy hnojníků (*Coprinus*). Tyto houby jsou sice jedlé, ale jsou prudce jedovaté v kombinaci s alkoholem [8]. Obsahují totiž jed koprin,

který brání rozkladu acetaldehydu, který vzniká při rozkladu alkoholu v organismu. Jestliže člověk po požití hnojníku (*Coprinus*) požije, třeba i po několika hodinách (asi do 24 hodin), alkohol (stačí malé množství, např. 1 dcl vína), dochází k otravě acetaldehydem. Příznaky otravy jsou nevolnost, bolest hlavy, třesavka, zčervenání, zvracení, poruchy srdečního rytmu a krevního oběhu. Jsou známy i smrtelné případy [1]. Některé druhy čirůvek (*Tricholoma*) obsahují látky rozrušující červené krvinky [8].

Lysohlávky (*Psilocybe*) vyvolávají psychotropní (halucinogenní) účinky [6]. V lysohlávce mexické (*Psilocybe mexicana*) a dále u různých hub, náležejících do některých jiných rodů, se vyskytují sloučeniny psilocybin a psilocin, které jsou nositeli těchto halucinogenních účinků. Další jim příbuzné halucinogenní látky, tj. baeocystin a morbaencytin, pocházejí z jiného druhu lysohlávky (*Psilocybe baeocystis*) [17]. Právě v tom je jejich nebezpečí, protože bývají z tohoto důvodu zneužívány [6].



Obr.11: Lysohlávka česká (*Psilocybe bohemica*)

Za zmínku stojí to, že jedovaté druhy jsou i mezi hříby (*Boletus*). Otravy hříby ale mívají mírnější průběh než u většiny dříve zde popsaných druhů. Hřib satan (*Boletus satanas*) způsobuje otravy projevující se většinou zvracením, trvajícím i 6 hodin. Hřib nachový (*Boletus purpureus*) je obdobně jedovatý jako hřib satan (*Boletus satanas*) [5]. Toxická bílkovina bedly zelenolupenné (*Clorophyllum molybdites*) je termolabilní a způsobuje otravy, které jsou doprovázeny průjmami, přecitlivělostí na světlo a na hluk. Otrava končí smrtí jen v ojedinělých případech. Bolaffinin z hříbu příbuzného (*Boletus affinis*) ztrácí po záhřevu svou toxicitu (asi 15 min.) Uvařená houba není toxická. Jeho účinky se však projeví poškozením jater. Bolesatin z hříbu satanu (*Boletus satanus*) je relativně termostabilní a je rezistentní vůči hydrolýze.

V houbách se také vyskytují volné aminokyseliny, které vyvolávají otravy se symptomy připomínajícími otravy muchomůrkou hlízovitou a jízlivou (*Amanita phalloides*). V muchomůrce uťaté (*Amanta abrupta*) je L-2-amino-4-peptinova(propargylglycin) a allylglicin. Řada dalších aminokyselin strukturně příbuzných s L-glutamovou kyselinou vykazuje neurotoxické (psychotropní) a další toxické účinky. V muchomůrce tygrovitě (*Amanita pantherina*), muchomůrce červené (*Amanita muscaria*) aj. se vyskytuje ibotenová kyselina, v houbě *Tricholoma muscaria* je další významnou neurotoxickou aminokyselinou tricholomová kyselina, dihydroanalog ibotenové kyseliny. V hnojníku inkoustovém (*Coprinus atramentarius*) se vyskytuje toxický koprín. Také se nachází ve strmělce kyjonohé (*Clitocybe claviceps*), šupinovce kostrbaté (*Pholiota squarrosa*) a hříbu kováři (*Boletus luridus*). Toxické aminokyseliny hub jsou většinou stálé látky a nepodléhají změnám, které by vedly ke snížení jejich toxicity. I v případě, že dojde k degradaci původní aminokyseliny, rozkladné produkty bývají rovněž toxické [17].

4 MINORITNÍ SLOŽKY HUB

Jsou to látky hub, jejichž role nejsou pro lidské zdraví příznivé či nepříznivé. Některé z nich, především vonné látky a barviva, však významným způsobem ovlivňují estetickou i kulinární hodnotu hub [18]. Vůně, chuť, barva a textura jsou důležité organoleptické vlastnosti potravin. Pro konzumenta mají běžně větší význam než jiné důležitější atriduty (vitaamíny), neboť je vnímá jako první informace, které výrazně přispívají k vytvoření celkového dojmu o dané potravine [17].

4.1 Aromatické látky

Jedná se o stovky různých sloučenin. V určitém druhu se vždy vyskytuje současně řada vonných, příp. zapáchajících látek, z nichž některá obvykle převládá [18]. Tyto látky působí na čichové receptory. Mohou současně působit na chuťové receptory a jsou potom zároveň chuťovými látkami. V některých případech dochází k nepřirozené vůni nebo chuťi v důsledku nejrůznějších vlivů. Ty jsou označovány anglicky off-flavour nebo také česky pachů, příchů [17]. Dosud známé vonné látky hub se obvykle člení na těkavé a netěkavé. Netěkavé látky ovlivňují vnímání vůně v kombinaci s chuťovými vjemy při konzumaci hub (kyselina L-glutamová). Těkavé složky lze zařadit do několika skupin.

Deriváty oktenu a oktenu – zde patří zejména alkoholy, tyto látky mají nízkou mez

postihnutelnosti

Nižší terpeny – jedná se o početnou skupinu přírodních látek, vesměs příjemné vůně, často

s antibakteriálními účinky, které se využívají ve farmacii, kosmetice a jako

účinné složky řady druhů koření

Benzaldehyd a příbuzné látky – vysoký obsah byl zjištěn u pečárky mandlové (40-240 mg

na 100 sušiny), výrazná vůně hořkých mandlí

Sírné sloučeniny – v houževnatci jedlém je nejvýznamnější lenthionin

Různé další těkavé látky – jejich obsah je nižší než u předchozích vonných sloučenin, ale

zřejmě se také podílejí na výsledné charakteristické vůni

jednotlivých druhů [18].

Významnými aromatickými látkami hub jsou některé nenasycené alifatické alkoholy. Jejich prekurzory jsou esenciální mastné kyseliny. Hydroperoxydy těchto kyselin vzniklé regioselektivní a stereospecifickou oxidací lipoxygenasami se potom odbourávají různými způsoby. Aroma čerstvých hub a také plísní má (R)-1-okten-3-ol, který vzniká podobným způsobem z linolové i arachidonové kyseliny. Bývá doprovázen 1-okten-3-onem, 1-oktanolem a (R)-3-oktanolem. Houbové aroma má také (3R,5Z)-1,5-oktadien-3-ol, který vzniká analogicky rozkladem 10-hydroperoxydu linoleové kyseliny. Také reakce thiolů s aldehydy a ketony za vzniku thioacetalů a thioketalů přispívá k aromatu hub. Rovnováha reakce je ve srovnání s reakcí alkoholu posunuta více ve prospěch produktu. Vzniká řada dalších sloučenin jako meziprodukty [17].

4.2 Barviva

Výrazná barevnost mnoha druhů hub je způsobena chemicky velmi četnými a různorodými barvivy (pigmenty). Biologický význam pigmentace není ještě zcela znám. Některá barviva chrání před ultrafialovým zářením či se podílí na životních pochodech hub. Barviva jsou umístěna buď uvnitř buňky, nebo jsou vylučována mimo buňky a pletiva. Intenzita není stálá, ovlivňuje jí staří plodnic a staří houby na stanovišti, teplota, světlo.

Pozornost vyvolávají houby, které mění zbarvení po mechanickém poškození pletiva – zejména otlacení či řezání. Vesměs se jedná o oxidaci fenolových látek hub působením vzdušného kyslíku [18]. Reakce enzymového hnědnutí potravin jsou komplexního charakteru a spočívají v enzymové oxidaci fenolových sloučenin některými oxidoreduktasami za přítomnosti vzdušného kyslíku. Produkty oxidace jsou příslušné chinony, které následnými enzymovými a neenzymovými reakcemi poskytují barevné pigmenty. Chinony představují skupinu asi 200 žlutých červených hnědých až téměř černých barviv s proměnlivou strukturou. Obdobně probíhá i autooxidace fenolových sloučenin. V potravinách živočišného i rostlinného původu dochází k reakcím enzymového hnědnutí při poškození buněk. Reakce se projevují vznikem hnědého zbarvení, jehož nositeli jsou pigmenty melaninového typu. Hnědnutí hub bývá většinou nežádoucí.[17]. Znamé modráni suchohřibů hnědého (*Boletus badius*) a žlutomasého (*Boletus chrysenteron*) klouzku strakoše (*Suillus variegatus*) a některých hřibů (*Boletus*, „modráků“) je způsobeno oxidací kyseliny xerokomové, která je přirozeným trojsytným fenolem. V těchto druzích se vyskytuje také kyselin variegátová, která rovněž podléhá

oxidaci za vzniku modrých chinonů. Podstata šednutí a černání např. některých pečárek (*Agaricus*), holubinek (*Russula*) a křemenáčů (*Leccinum*) je v oxidaci aminokyseliny tyrosin, která obsahuje fenolovou skupinu, enzymem tyrozinázou (fenoloxidázou) na o-dihydroxyfenylalanin (DOPA) a dál na chinon. Jiný přirozený fenol, který oxiduje na chinon a vede k červenání některých druhů pečárek (*Russulas*) je γ -glutaminyl-4-hydroxibenzen [18].

Betalainy jsou skupinou asi 70 ve vodě rozpustných červených, oranžových a žlutých barviv. Žampiony (*Agaricus*), mají stejné pigmenty jako pigmenty červené řepy, která je nejvýznamnějším zástupcem betalainů. Při poškození pletiva se světle růžová barva houby mění na šedočernou, neboť L-DOPA se oxiduje na šedočerné melaninové pigmenty. V muchomůrkách (*Amanita*) a některých dalších rodech hub se nacházejí příbuzné pigmenty vzniklé kondenzací betalamové kyseliny s typickými aminokyselinami hub. Vzniká tak například oranžový pigment muskaaurim I, který je odvozen od betalamové a ibotenové kyseliny a purpurový muskapurpurin. Muskaaurin I je charakteristickým pigmentem klobouku muchomůrky červené (*Amanita muscaria*). Dále také oranžový pigment muskurafin. Žlutý dimer oosporein je rozšířený u některých vřeckovýtrusných hub (*Ascomycota*). U hub rodu *Daldinia* a *Bulgaria* je obsažen bezbarvý 1,8-dihydroxynagralen, který dimerizuje na hnědé a černé pigmenty se strukturou uhlovodíku perlenu. Naftalenové a naftochinonové struktury jsou také široce rozšířené tmavě červené, purpurové, fialové, hnědé a černé pigmenty hub. Emodin je poměrně rozšířen v houbách, lišejnících i vyšších rostlinách. Tropony reprezentuje hnědočervený pigment purpurogallin, který je jako směs glikopsidů pigmentem houby troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*). Důležitou skupinou pigmentů vyšších hub jsou deriváty arylpyrohrounových kyselin. Základní reprezentant je purinová (pulvová) kyselina. Její deriváty se často vyskytují v nepoškozených plodnicích jako bezbarvé prekurzory. U některých druhů hříbu (*Boletus*) je přítomna bezbarvá leprarinová kyselina. Karotenoidy jsou značně rozšířené žluté a oranžové, vyjimečné také žluto-zelené a červené, převážně lipofilní pigmenty rostlin, hub, řas mikroorganismů i živočichů. Kvalitativní a kvantitativní složení karotenoidů závisí na mnoha faktorech jako je druh a odrůda, sezona, stupeň zralosti, způsob zpracování [17].

Houby obsahují i další látky popsané v literatuře, nicméně pro účel mé bakalářské práce již nejsou podstatné a dále jsem se jimi nezabývala. Je nepochybné, že o houby jsou stále velmi zajímavým zdrojem informací, které budou v budoucnu stále doplňovány.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo zpracovat poznatky o anatomii, morfologii a fyziologii plodnic vyšších druhů hub (basidiomycety a některé ascomycety). Hlavní pozornost byla zaměřena na jejich chemické složení. V práci je také popsán současný systém taxonomie hub.

Houby dělíme na volně rostoucí a pěstované. Pro tvorbu plodnic jsou důležité ekologické aspekty – především substrát, vlhkost a teplota prostředí, někdy světlo. V přírodě mají velký význam při koloběhu látek a mineralizaci organické hmoty. U basidiomycet je významný symbiotický vztah s kořeny vyšších rostlin, tzv. mykorrhíza.

Plodnice basidiomycet obsahují 90 – 95 % vody. Zbytek připadá na sušinu. Ta je v převážné míře tvořena stavebními polysacharidy (nejvíce glukánem, chitinem). Ve výživě člověka se může uplatňovat vysoký obsah bílkovin (až 36 % v sušině). Přitom využitelnost houbové bílkoviny lidským organismem je 75 %. V menší míře mohou jako zásobní látky být obsaženy také lipidy, a to zpravidla do 5 % sušiny. Pro plodnice basidiomycet je charakteristický malý obsah vitamínů, naopak bohatě jsou zastoupeny minerální látky. V nejvyšší míře se zde setkáme s draslíkem, dále také sodíkem, železem či zinkem. Jednotlivé minerální látky a jejich obsahy u konkrétních druhů hub jsou detailně popsány v textu mé bakalářské práce.

Bez zajímavosti není ani také obsah biologicky účinných látek. Ve světě existuje až 700 druhů vyšších hub, které mají využití ve farmaceutickém průmyslu. Mezi nejdůležitější látky využívané v lékařství dnes patří např. beta glukany. Nicméně konzumace hub s sebou přináší i zdravotní rizika. Některé druhy hub jsou dokonce smrtelně jedovaté, díky obsahu amanitinu, faloidinu, phalloidinu apod. Houby mají díky vysokému množství-SH skupin schopnost ve vyšší míře vázat také těžké kovy. Jsou tak v potravním řetězci významným zdrojem kadmia, olova, rtuti.

Při zpracování a konzumaci hub jsou důležité také minoritní složky hub – barviva a především aromatické látky, které dodávají pokrmům z hub specifické organoleptické vlastnosti. Plodnice vyšších hub jsou zajímavým potravinovým zdrojem a nacházejí stále širší uplatnění i v gastronomii nebo konzervářském průmyslu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KLÁN, J. : Co víme o houbách. Praha, SPN, 1989, ISBN 80-04-21143-7
- [2] JELÍNEK, J. : Biologie prokariot, nižších a vyšších rostlin, hub. Olomouc, Fin 1993
- [3] BAIER, J- VANČURA, B. : Co nevíme o houbách. Praha, artia/granit,1993,
ISBN 80-901443-4-9
- [4] Systém hub a "houbových organismů" podle 9. vydání Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (Kirk et al. 2001), upravený podle učebnice Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii (Kalina et Váňa 2005)
- [5] PILÁT, A. : Kapesní atlas hub. Praha, SPN, 1962
- [6] SEMERDŽIEVA, M.-VESELSKÝ, J. : Léčivé houby dříve a nyní.
Academia Praha, 1986
- [7] ČERNOHORSKÝ, Z. : Základy soustavné botaniky I. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1963
- [8] PŘÍHODA, A.- URBAN, L.-URBAN, L. ml. : Kapesní atlas hub.Praha, SPN, 1986
- [9] SLAVÍKOVÁ, J. : Ekologie rostlin. Praha, SPN, 1986
- [10] BOROVIČKA, J. : Houby a stopové prvky. Vesmír [online] 2007
- [11] GARIBOVOVÁ, L. V. – SVRČEK, M. : Houby poznáváme, sbíráme, upravujeme.
Lidové nakladatelství Praha, 1989
- [12] HRAZDÍRA A KOL. : Biofyzika. Praha, Avicenum, 1983
- [13] JABLONSKÝ, I -ŠAŠEK, V. : Jedlé a léčivé houby – pěstování a využití
Nakladatelství Brázda, s.r.o. Praha, 2006
- [14] DOUBRAVA, J.- KOŠTÍŘ, J. -POSPÍŠIL, J. : Základy biochemie. Praha, 1984
- [15] LEPŠOVÁ, A. : Houby jako elixír života. Vydavatelství Víkend, 2005,
ISBN 80-7222-369-0
- [16] VELÍŠEK, J. :Chemie potravin 2. Tábor, OSSIS,1999, ISBN 80-902391-4-5

- [17] VELÍŠEK, J. : Chemie potravin 3. Tábor, OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-5-3
- [18] KALAČ, P. : Houby – víme co jíme? České Budějovice, Dona, 2008,
ISBN 978-80-7322-112-6
- [19] JAROŠ, F. : Praktická toxikologie. Martin, Osvěta, 1988
- [20] PILÁT, A. : Kapesní atlas rostlin. Praha, SPN, 1963
- [21] BUCHAR, E. - DOUBRAVA, J.- LIPTHAY, T. : Organická chemie. Praha, 1973
- [22] Dostupné na : <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2007061912>
- [23] Dostupné na : http://www.oou.cz/houby/index.php?file=fungi_boletus
- [24] Dostupné na : http://www.dobrehouby.cz/?p=p_48&sName=Lecive-vlastnosti-hub
- [25] Dostupné na : <http://www.nahuby.sk/atlas-hub>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ppm Jedna miliontina z celku.

ppb Jedna miliardtina z celku.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Různé velikosti plodnic.....	12
Obr. 2. Různé tvary plodnic.....	13
Obr. 3. Václavka obecná (<i>Armillaria mellea</i>).....	19
Obr. 4. Ryzec liškovitý (<i>Lactarius tabidus</i>).....	19
Obr. 5. Choroš šupinatý (<i>Polyporus squamosus</i>).....	21
Obr. 6. Klanolístka obecná (<i>Schizophyllum commune</i>).....	21
Obr. 7. Ucháč obecný (<i>Gyromitra esculenta</i>).....	35
Obr. 8. Muchomůrka tygrovaná (<i>Amanita pantherina</i>).....	38
Obr. 9. Muchomůrka červená (<i>Amanita muscaria</i>).....	38
Obr. 10. Pavučinec plyšový (<i>Cortinarius orellanus</i>).....	39
Obr.11. Lysohlávka česká (<i>Psilocybe bohemica</i>).....	40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Průměrné složení plodnic vybraných druhů hub.....	26
Tab. 2. Průměrné složení plodnic vybraných druhů hub.....	26
Tab. 3. Průměrný obsah jednotlivých vitamínů u vybraných druhů hub	27
Tab. 4. Průměrné množství minerálních látek ve vybraných druzích hub.....	29
Tab. 5. Průměrné množství minerálních látek ve vybraných druzích hub.....	29
Tab. 6. Obsah prvků v mg. kg ⁻¹	33

