

Bílkoviny v plodnicích vyšších hub

Marie Olšová

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marie OLŠOVÁ**
Osobní číslo: **T08034**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Téma práce: **Bílkoviny v plodnicích vyšších hub**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte současné poznatky o bílkovinách.
2. Popište taxonomii a anatomii plodnic vyšších hub.
3. Zaměřte se na chemické složení vyšších hub - zejména bílkoviny a dále betaglukany a těžké kovy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin I. 3. vydání. Havlíčkův Brod: OSSIS, 2009. 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2.

[2] HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J. Velký atlas hub. 1. vydání. Praha: Ottovo nakladatelství, 2006. 432 s. ISBN 80-7360-334-9.

[3] KOVÁŘ, L. Břevíř o houbách. 1. vydání. Praha: Olympia, 1999. 160 s. ISBN 80-7033-593-9.

[4] KALÁČ, P. Houby víme, co jíme? České Budějovice: Dona s. r. o., 2008. 114 s. ISBN 978-80-7322-112-6.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Otakar Rop, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

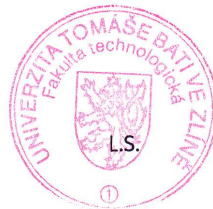
Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby^{1/};
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3^{2/};
- beru na vědomí, že podle § 60^{3/} odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60^{3/} odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně...23.5.2011.....

.....Olšová.....

Podpis studenta

¹² Zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací.

(2) Vysoká škola nevyjíměčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhlo obhajobu, včetně pasivní opozitů a výsledků obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Článek zveřejnění stanoví uvnitř předpisu vysoké školy.

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

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

¹³ Zákon č. 171/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

¹⁴ Zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školské dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy a užít školského díla (š odst. 3). Copřítá-li autor takového díla udělit svolení bez vázání s úsvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení cizokřepého projevu jeho vůle u soudu. Ústavování § 35 odst. 3 zůstává nezměněno.

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školského díla z výše uvedeného v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licenční podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na uzavření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přiměřeně k větší výšce masovějšího školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školského díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je popsat současné poznatky o bílkovinách. Práce se zabývá taxonomií a anatomií plodnic hub. Největší část je věnována chemickému složení vyšších hub, zejména bílkovinám obsaženým v plodnicích. Kromě bílkovin jsou rozebrány těžké kovy a beta-glukany v houbách.

Klíčová slova: bílkoviny, vyšší houby, beta-glukany, těžké kovy

ABSTRACT

This bachelor thesis aim is to describe contemporary knowledge of proteins. The work deals with the taxonomy and anatomy of the basidiocarps of fungi. The largest part is devoted to the chemical composition of higher fungi, particularly proteins contained in the basidiocarps. In addition to proteins are analysed heavy metals and beta-glucans in fungi.

Keywords: proteins, higher fungi, beta-glucans, heavy metals

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Otakaru Ropovi, Ph.D. za jeho cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval během vypracování této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná na IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 BÍLKOVINY.....	11
1.1 AMINOKYSELINY	11
1.1.1 Rozdělení aminokyselin	13
1.2 PEPTIDY.....	13
1.2.1 Klasifikace peptidů.....	14
1.3 PROTEINY (BÍLKOVINY)	15
1.3.1 Klasifikace proteinů	15
1.3.1.1 Podle biologické funkce.....	15
1.3.1.2 Z hlediska výživového	16
1.3.1.3 Podle chemické struktury.....	16
1.3.2 Struktura proteinů.....	17
2 HOUBY	19
2.1 SYSTÉM HUB.....	19
2.1.1 Microsporidie (<i>Microsporidiomycota</i>).....	20
2.1.2 Chytridie (<i>Chytridiomycota</i>)	20
2.1.3 Houby spájkivé - plísně (<i>Zygomycota</i>).....	21
2.1.4 Vlastní (vyšší) houby (<i>Eumycota</i>).....	21
2.1.4.1 Houby vřecovýtrosé (<i>Askomycota</i>)	21
2.1.4.2 Houby stopkovýtrosné (<i>Basidiomycota</i>).....	22
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ HUB.....	23
2.2.1 Voda a sušina	23
2.2.2 Sacharidy	23
2.2.2.1 Chitin	24
2.2.3 Bílkoviny	24
2.2.4 Tuky	24
2.2.5 Vitamíny.....	25
2.2.6 Minerální látky	25
2.2.7 Těžké kovy	25
2.2.8 Aromatické látky	26
2.2.9 Barviva	26
2.3 STAVBA VYŠŠÍCH HUB	26
2.3.1 Tělo hub (stélka = <i>talus</i>)	26
2.3.1.1 Podhoubí (<i>mycellium</i>)	26
2.3.2 Plodnice hub.....	27
2.3.2.1 Klobouk	27
2.3.2.2 Třeň.....	27
2.3.2.3 Další části plodnice hub.....	28
3 BÍLKOVINY V PLODNICÍCH VYŠŠÍCH HUB	29

3.1	OBSAH BÍLKOVIN V HOUBÁCH.....	29
3.2	AMINOKYSELINOVÉ SLOŽENÍ HUB	30
3.3	BÍLKOVINY V JEDNOTLIVÝCH DRUZÍCH HUB	32
3.3.1	Bílkoviny v hříbech (<i>Boletus</i>)	32
3.3.2	Bílkoviny v kuřátkách (<i>Ramaria</i>).....	33
3.3.3	Bílkoviny v klouzcích (<i>Suillus</i>).....	33
3.3.4	Bílkoviny v hlívách (<i>Pleurotus</i>).....	33
3.3.5	Bílkoviny v žampionech (<i>Agaricus</i>).....	34
3.3.6	Bílkoviny v čirůvkách (<i>Lepista, Tricholoma</i>).....	34
3.3.7	Bílkoviny v holubinkách (<i>Russula</i>).....	35
3.3.8	Bílkoviny v liškách (<i>Cantharellus</i>).....	35
3.3.9	Bílkoviny v smržích (<i>Morchella</i>).....	35
3.3.10	Bílkoviny v Houževnatci jedlém (<i>Lentinus edodes</i>)	35
3.3.11	Bílkoviny v Korálovci ježatém (<i>Erinaceus hericium</i>)	35
3.3.12	Bílkoviny v různých druzích hub	36
3.4	BÍLKOVINY ŠKODÍCÍ ZDRAVÍ.....	36
3.4.1	Škodlivé bílkoviny	36
3.4.2	Toxické peptidy	36
3.4.3	Toxické aminokyseliny	37
3.4.4	Nebezpečí jedovatých hub.....	37
3.4.5	Otravy houbami	38
4	TĚŽKÉ KOVY	40
4.1	KADMIUM.....	40
4.2	RTUŤ	41
4.3	OLOVO	42
4.4	TĚŽKÉ KOVY V NĚKTERÝCH KONKRÉTNÍCH RODECH HUB.....	42
5	B ETA-GLUKANY	44
5.1	OBSAH BETA-GLUKANŮ VE VYŠŠÍCH HOUBÁCH.....	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57

ÚVOD

Houbaření patří v naší republice i v celé střední Evropě k velice oblíbeným koníčkům. Lidé od pradávna používali houby jako součást své stravy. Dlouhodobé zkušenosti naučily člověka rozeznávat jedlé houby od nejedlých a poznat i účinky jedovatých hub. V mnoha zemích tvořily houby značný podíl na stravě venkovských obyvatel a někdy sběr a prodej čerstvých nebo sušených hub představoval významný zdroj obživy. Houby byly od nepaměti součástí slavnostních pokrmů. Věda zabývající se houbami se nazývá mykologie.

Houby představují velmi rozmanitou skupinu organismů. Ve starších systémech živé přírody byly řazeny mezi nižší rostliny. V posledních desetiletích jsou však považovány za samostatnou říši, která stojí mezi rostlinami a živočichy. Její zástupce lze nalézt po celé Zemi a vyskytují se mezi nimi významné druhy.

K charakteristickým znakům hub patří přítomnost glykogenu jako rezervní látky, chitinu jako nejčastější stavební látky stěn buněk. Houby se rozmnožují nepohlavně i pohlavně. Rozšířenější je nepohlavní rozmnožování pomocí různých typů výtrusů neboli spor, které se tvoří na plodnicích. Pro pohlavní rozmnožování je specifické splývání dvou pohlavních buněk. U většiny hub dochází ke střídání pohlavního a nepohlavního rozmnožování.

Mezi houby se řadí jednobuněčné organismy viditelné pouze mikroskopem například kvasinky o velikosti několika mikrometrů i mnohobuněčné vytvářející někdy víc než 1 m velké a několik kilogramů těžké plodnice. Odhaduje se, že na světě se vyskytuje 300 000–400 000 druhů hub, z nichž více než 90 % patří mezi tzv. mikromycety, tj. houby, při jejichž pozorování musíme použít mikroskop. Pouze kolem 15 000–20 000 druhů tvoří plodnice větší než 1 mm.

Praktický význam pro houbaře mají jen houby, které tvoří velké plodnice. Pojem vyšší houby vyjadřuje vývojové hledisko a zahrnuje skupinu hub, jejichž tělo i životní pochody jsou na vyšším stupni vývoje, než je tomu u skupiny nižších hub. K vyšším houbám však také patří mnoho čeledí, které tvoří jen malé plodnice nebo je netvoří vůbec.

1 BÍLKOVINY

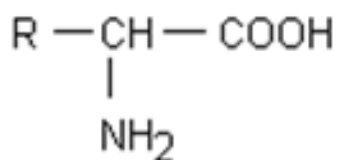
Bílkoviny jsou vysokomolekulární látky [1], tzv. biopolymery, které vznikly procesem proteosyntézy [2]. Základními jednotkami jsou aminokyseliny [3].

Bílkoviny jsou základními chemickými složkami všech živých buněk [4]. Tvoří 80–90 % všech organických sloučenin vyšších živočichů. U rostlin jsou v menšině, poněvadž největší část zde tvoří vyšší cukerné sloučeniny. Rostliny jsou však zdrojem mnoha aminokyselin, které si živočichové a člověk nedovedou syntetizovat a jež nezbytně potřebují pro výstavbu svých vlastních bílkovin. Základní vlastností bílkovin je jejich vysoká specifita [1]. Účastní se všech biochemických pochodů a fyziologických funkcí, kde není třeba zvláštního přenosu informace prostřednictvím nukleových kyselin [3].

Bílkoviny jsou významnými stavebními jednotkami živé hmoty, hybnou silou látkové přeměny v organismu. Tvoří podstatnou složku biologických katalyzátorů (enzymů). Regulační vliv na metabolismus je uskutečňován hormony. Bílkoviny tvoří kontraktilní elementy a tím, mohou zprostředkovat přeměnu energie chemické v energii mechanickou, umožňují svalový stah a jeho uvolnění. Významná je transportní funkce a uplatnění v obranné schopnosti organismu proti patogenním mikrobům. Spolu s nukleovými kyselinami se bílkoviny v podobě enzymů spoluúčastní tvorby nových specifických bílkovin [1].

1.1 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou substituční deriváty karboxylových kyselin, které vedle skupiny karboxylové (-COOH) obsahují aminoskupinu (obecně -NR₂) [3]. Navzájem jsou spojeny amidovou vazbou -CO-NH, která se nazývá vazba peptidová [5].



Obr. 1. Obecný vzorec aminokyselin [6]

Z izolovaných systémů bylo izolováno přes 700 různých aminokyselin. Některé se vyskytují jen v určitých organismech, či dokonce v jediném, jiné jsou rozšířeny obecně.

Standardně se v proteinech vyskytuje 20 základních aminokyselin. Říkáme, jim kódované aminokyseliny [7] po chemické stránce se jedná o substituované karboxylové kyseliny [5].

Rostliny a řada mikroorganismů kryjí veškerou spotřebu aminokyselin vlastní výrobou. Živočichové jsou schopni produkovat jen některé aminokyseliny, ostatní musí přijímat potravou, hlavně ve formě bílkovin [7]. Aminokyseliny společně s peptidy mají velký vliv na organoleptické vlastnosti potravin a produkty jejich reakcí jsou významné chuťové a vonné látky. V potravinách se mohou nacházet i volně. Větší množství volných aminokyselin se vyskytuje v potravinách, v jejichž výrobě popř. skladování dochází k proteolýze. Aminokyseliny jsou stavebními jednotkami peptidů a proteinů. Podle jejich počtu ve výsledné molekule rozeznáváme:

- peptidy (oligopeptidy, polypeptidy) – obsahují 2–100 monomerních jednotek aminokyselin,
- proteiny – obsahují více než 100, zpravidla až několik tisíc aminokyselin.

Některé aminokyseliny si člověk nedokáže syntetizovat a musí je získávat výhradně potravou. Jsou pro náš organismus nezbytné. Nazývají se esenciální aminokyseliny. Mezi esenciální aminokyseliny patří valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. Pro vývoj malých dětí jsou ještě esenciálními aminokyselinami arginin a histidin. Někdy označované jako semiesenciální [5].

Většina přírodních aminokyselin jsou α -aminokyseliny, tj. karboxylová i aminová skupina jsou vázány na α -atom uhlíku [7]. Podle konfigurace na α -uhlíku patří aminokyseliny získané štěpením bílkovin k L-řadě. Pouze některé aminokyseliny obsažené v bakteriálních hydrolyzátech a v metabolických produktech plísní a hub patří k D-řadě [1]. Pro kódované aminokyseliny se používají triviální názvy [7], které jsou odvozeny z jejich vlastností nebo z názvu zdroje, z něhož byly prvně izolovány. Systematické názvy aminokyselin se používají výjimečně, frekventovanější jsou u nebílkovinných aminokyselin. V textech a vzorcích se kódované aminokyseliny běžně [4] označují třípísmenovými symboly. Ovšem pro zápis dlouhých sekvencí se používají pouze jednopísmenné symboly [5]. Aminokyseliny získáváme z bílkoviny hydrolyzou. K hydrolyze je možno použít činidla kyselá, alkalická nebo specifické enzymy. Ke kvalitnímu průzkumu aminokyselin v získaném hydrolyzátu se používá metod chromatografických nebo elektroforízy [1].

Z fyzikálních vlastností se nejvíce uplatňují polarita a acidobazický charakter. Asi polovina všech kódovaných aminokyselin má zcela nepolární postranní řetězce. Ve vodě jsou méně rozpustné a jejich hydrofobní postranní řetězce se uplatňují v hydrofobních interakcích proteinů. Aminokyseliny, které mají v postranním řetězci elektrický náboj, se podílejí na elektrostatických interakcích. Důležitou vlastností aminokyselin je jejich dipolární charakter molekuly. V závislosti na pH prostřední se mohou chovat jako kyseliny nebo zásady. Z tohoto důvodu je řadíme mezi látky amfoterní neboli akolyty [5].

1.1.1 Rozdělení aminokyselin

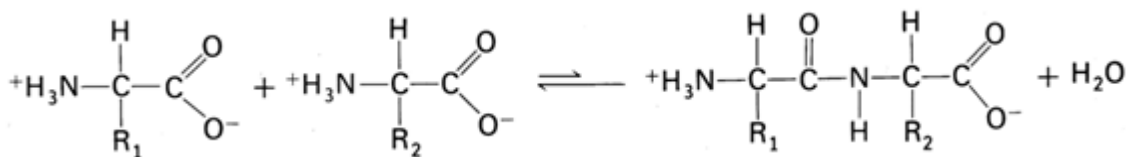
Podle struktury postranního řetězce lze aminokyseliny rozdělit:

1. Alifatické aminokyseliny
 - a) Monoaminokarboxylové – glycin, alanin, valin, leucin, izoleucin,
 - b) monoaminodikarboxylové – kyselina asparagová a glutamová, asparagin, glutamin),
 - c) diaminomonokarboxylové – lysin, arginin,
 - d) hydroxyderiváty aminokyselin – serin, treonin,
 - e) sírné deriváty aminokyselin – cystein, metionin.
2. Aromatické aminokyseliny – fenylalanin, tyrozin.
3. Heterocyklické aminokyseliny – tryptofan, histidin, prolin [1, 5, 7].

1.2 Peptidy

Peptidy mají významnou roli v živé přírodě. Jejich počet se stále rozrůstá se zdokonalováním izolačních technik. Peptidy nacházíme ve všech typech organismů [8]. Z chemického hlediska se jedná o polyamidy vzniklé mnohonásobnou intramolekulovou kondenzací aminokyselin [7]. Peptidy jsou složeny z aminokyselin, jež jsou mezi sebou vázány peptidickou vazbou. Tato vazba vznikla reakcí karboxylové skupiny jedné aminokyseliny s aminoskupinou druhé aminokyseliny za vyloučení vody. Počet možných izomerů stoupá s počtem aminokyselin v molekule. Přirozeně se vyskytující peptidy jsou opticky aktivní, protože jejich molekuly nemají centra souměrnosti. Názvosloví se tvoří

tak, že aminokyseliny, jejíž karboxyl vstupuje do reakce, dostává příponu *-yl* (například alanylglycin) [1].



Obr. 2. Vznik peptidové vazby [9]

Je nutné zdůraznit, že proteiny se od peptidů neodlišují počtem aminokyselinových zbytků, ale definovanou sekundární a terciární strukturou proteinů. Mezi peptidy se řadí některé hormony, antibiotika nebo toxiny [5].

V organismu se vyskytují v podstatě dva druhy oligopeptidů a polypeptidů. První vznikají jako meziproducty štěpení bílkovin, jsou velmi různorodé, existují jen krátkou dobu a předpokládá se, že nemají specifický význam. Druhé nevznikají štěpením bílkovin, ale jsou syntetizovány, jsou v organismu stálější a mají své specifické funkce. Hrají roli v organismu producenta samého nebo se projevují významnou biologickou aktivitou a v jiných organismech. Tyto peptidy často obsahují neobvyklé aminokyseliny, nebo neobvyklé peptidické vazby, které nejsou přítomny v bílkovinách [10].

1.2.1 Klasifikace peptidů

Peptidy se zpravidla klasifikují podle velikosti (počtu vázaných aminokyselin), tvaru řetězce, druhu vazeb v peptidovém řetězci i podle dalších hledisek [4].

Podle počtu vázaných aminokyselin:

- oligopeptidy – obsahují obvykle 2–10 molekul aminokyselin v řetězci,
- polypeptidy – obsahují 11–100 molekul aminokyselin, které formálně přecházejí na bílkoviny.

Podle typu řetězce:

- lineární peptidy,
- cyklické peptidy.

Rozdělení podle dalších hledisek:

- homeomerní – peptidy obsahující pouze aminokyseliny,

- heteromerní (peptoidy) – peptidy obsahující i další sloučeniny (nukleopeptidy, lipopeptidy, glykopeptidy, fosfopeptidy, chromopeptidy, metalopeptidy) [4,5].

1.3 Proteiny (bílkoviny)

Proteiny jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem proteosyntézy. Ve své molekule obsahují více než 100 aminokyselin vzájemně spojených peptidovou vazbou. Kromě peptidových vazeb se na utváření struktury podílejí ještě jiné vazby, zejména disulfidové, esterové a amidové. Pořadí a počet jednotlivých aminokyselinových zbytků v řetězci jsou pro každý protein specifické, determinované genovou výbavou buněk. Všechny proteiny mají stejnou základní stavbu a liší se jen pořadím převážně 20 kódovaných aminokyselin jako stavebních jednotek [5]. Funkce bílkovin jsou stavební, pohybová, transportní, katalytická, regulační a obranná [8].

Pro lidskou výživu se proteiny získávají z různých zdrojů. Jedná se především o bílkoviny potravin živočišného původu a rostlinného původu. V poslední době jsou potenciálním zdrojem proteinů pro lidskou výživu také některé netradiční zdroje (řasy) [4].

1.3.1 Klasifikace proteinů

1.3.1.1 Podle biologické funkce

- a) **Strukturní (stavební)** – strukturní proteiny jsou složkami všech živých buněčných soustav [7]. Vyskytují se převážně jako stavební složky buněk, tkání živočichů a rostlinných pletiv. Patří sem keratin a kolagen [4].
- b) **Katalytické** – patří sem zejména enzymy a hormony [7].
- c) **Transportní** – umožňují přenos různých sloučenin [4]. Jsou založeny na vratné vazbě různých látek na molekuly bílkovin. Základním transportním proteinem je hemoglobin [7].
- d) **Pohybové** – tyto bílkoviny mají většinou dlouhé vláknité molekuly. Mezi pohybové proteiny se řadí proteiny svalových vláken aktin, myosin, aktomyosin [7].
- e) **Obranné** – mezi obranné látky proteinového typu patří imunoglobuliny, protilátky [4].

- f) Zásobní – důležitým zásobním proteinem je ferritin [7].
- g) Senzorické – protein se senzorickými vlastnostmi je rhodopsin [4].
- h) Regulační – obstarávají je enzymy a hormony, které řídí rychlost téměř všech reakcí probíhajících v organismech [7].
- i) Výživové – jsou zdrojem esenciálních aminokyselin pro živočichy, hlavním zdrojem dusíku v potravě a hmoty potřebné k výstavbě a obnově živočišných tkání [4].

1.3.1.2 Z hlediska výživového

- a) Plnohodnotné – obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v množství potřebném pro výživu. Jsou obsaženy v potravinách živočišného původu [5].
- b) Téměř plnohodnotné – esenciální aminokyseliny jsou mírně nedostatkové pro [4].
- c) Neplnohodnotné – některé esenciální aminokyseliny chybí. Obsaženy v potravinách rostlinného původu [5].

1.3.1.3 Podle chemické struktury

1. Jednoduché – obsahují pouze proteiny
 - a) Globulární – mají oblý až kulovitý tvar, jsou rozpustné ve vodě nebo v roztocích soli (histony, albuminy, globulin, fibrinogen),
 - b) Fibrilární – jejich molekuly mají tvar protáhlého elipsoidu, jsou ve vodě nerozpustné. Vyskytují se u živočichů v podpůrných tkáních (keratiny, kolagen, elastin).
2. Složené – jsou bílkoviny, které vedle bílkovinné složky, obsahují nebílkovinnou část, tzv. prostetickou skupinu. Touto prostetickou skupinou mohou být cukry, nukleové kyseliny, lipidy, kyselina fosforečná, kovy, barviva. Na bílkovinu jsou vázány vazbami kovalentními, heteropolárními nebo koordinačními [11].
 - a) Fosfoproteiny – obsahují kyselinu fosforečnou (kasein, viteliny),
 - b) Glykoproteiny a mukoproteiny – na základní polypeptidový řetězec jsou zde připojeny cukerné zbytky,

- c) Nukleoproteiny – prostetickou skupinu tvoří nukleové kyseliny,
- d) Chromoproteiny – skládají se z jednoduché bílkoviny a ze složky barevné, jež často obsahuje také kov (měď, železo),
- e) Metaloproteiny – železo, měď a zinek jsou transportovány a uskladňovány jako komplexy s bílkovinami,
- f) Lipoproteiny – jsou komplexy bílkovin s lipidy [7, 10].

1.3.2 Struktura proteinů

1. Primární struktura

Primární struktura bílkovin popisuje počet a pořadí sekvence jednotlivých aminokyselin [1]. Je určena sledem zbytků α -aminokyselin v peptidovém řetězci [3], které jsou specificky kódovány pořadím nukleotidů a nemění se ani z denurací příslušného proteinu. Charakteristické pořadí je ve všech molekulách téhož druhu identické. Určuje vlastnosti proteinu, včetně prostorové struktury molekuly a biologické funkce [5].

2. Sekundární struktura

Sekundární struktura je určena prostorovým uspořádáním atomů v hlavním peptidickém řetězci [1]. Konformace je dána sledem jednotlivých aminokyselin z primární struktury, která určuje pozdější uspořádání celé výsledné molekuly. Sekundární struktury lze rozdělit do dvou základních typů [10].

- a) Pravidelné
 - Helikální struktury – jsou vzniklé stočením kolem atomů C_{12} do šroubovice čili helixu, šroubovice je chirální, může být pravotočivá nebo levotočivá. Celou šroubovici stabilizují vodíkové můstky, přibližně rovnoběžné s osou šroubovice [4, 5].
 - β -struktury (skládaný list, β -hřeben) – struktura se zcela roztaženým a mírně zprohýbaným řetězcem. Tyto struktury vznikají spojením dvou paralelně nebo antiparalelně orientovaných řetězců. Řetězce se stabilizují pomocí intermolekulových vodíkových vazeb orientovaných zhruba kolmo na směr řetězců za vzniku pásů [3, 5].

b) Nepravidelné

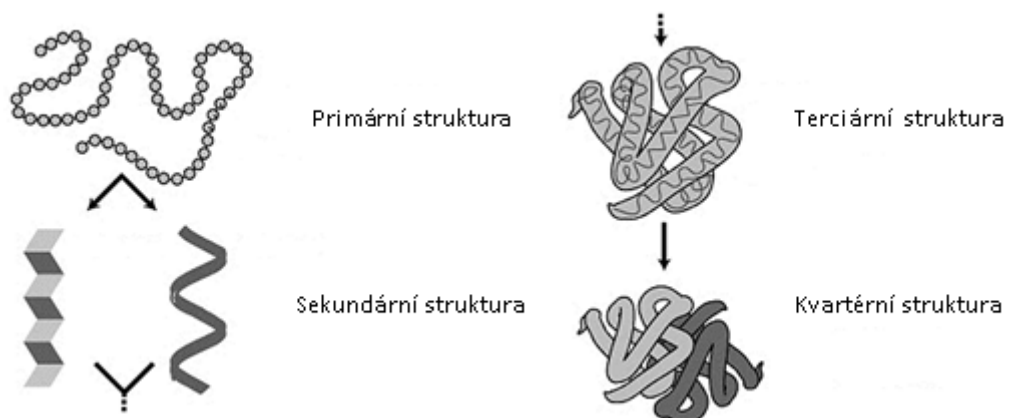
- β ohyb – vznikají různá ohnutí, stočení nebo jiná deformace. Struktura mění směr hlavního řetězce o 180° . Ohyb je stabilizován vodíkovou vazbou mezi karbonylem prvního a NH čtvrtého zbytku. Tvoří spojovací úseky mezi pravidelnými segmenty [3, 8].

3. Terciární struktura

Terciární struktura podmiňuje způsob uložení peptidického řetězce v prostoru, který závisí na vedlejších vazbách mezi postranními řetězci [1]. Na spojení jednotlivých úseků a celkové fixaci terciární struktury se podílejí různé typy kovalentních vazeb (disulfidové můstky) a nevazebné interakce (nekovalentní interakce) funkčních skupin aminokyselin (hydrofobní interakce) [5].

4. Kvartérní struktura

Kvartérní struktura se vytváří sdružováním několika obvykle stejných nebo příbuzných bílkovinných molekul (podjednotek) [1]. Tyto podjednotky jsou vázány pouze nekovalentními vazbami. Strukturním rysem je uspořádání funkčních skupin na povrchu podjednotek, umožňující spojení mezi nimi a asociací do komplexní stabilní molekuly. Vlivem vnějšího prostředí se může konformace a prostorové uspořádání podjednotek do určité míry měnit, což se může projevit změnou jejich biologické aktivity [11].



Obr. 3. Struktury proteinů [5]

2 HOUBY

Houby tvoří vedle říší živočichů a rostlin paralelní a samostatnou říši organismů. Jedná se o eukaryotní organismy. Jejich buňky mají jádro a rovněž membránu [12].

Houby jsou nezelené heterotrofní stélkaté výtrusné organismy, k nimž patří velké množství různorodých a různě velkých druhů, od drobnohledných organismů až po druhy, které tvoří různě velké plodnice [13].

Houby patří mezi velmi bohatou skupiny organismů, existuje více než 300 000 druhů dosud známých hub [14]. Od zelených rostlin se odlišují nejen vnějším vzhledem, stavbou těla a chemickým složením, ale i způsobem života, především způsobem výživy a rozmnožováním. Základní životní podmínky jsou teplota, vlhkost, vzduch a světlo. Houby svou výživu čerpají z živých nebo odumřelých a různě již rozložených těl živočichů a rostlin [15]. Nejvíce hub najdeme tam, kde se nachází dostatek odumřelé organické hmoty – nejčastěji v lese, ale i na jiných stanovištích, jako jsou hnojené louky, rašeliniště, pole, či městské parky [12].

2.1 Systém hub

Říše: *Fungi* (houby)

Oddělení: *Microsporidiomycota* (mikrosporidie)

Třída: *Dihaplophaseomycetes*

Třída: *Haplophaseomycetes*

Oddělení: *Chytridiomycota* (chytridie)

Třída: *Chytridiomycetes*

Skupina: *Eumycota* – vlastní houby (pravé)

Oddělení: *Zygomycota* (houby spájivé)

Třída: *Zygomycetes*

Třída: *Trichomycetes*

Oddělení: *Ascomycota* (vřeckaté houby)

Pododdělení: *Taphrinomycotina*

Třída: *Pneumocystidomycetes*

Třída: *Schizosaccharomycetes*

Třída: *Taphinomycetes*

Třída: *Neoelectomycetes*

Pododdělení: *Saccharomycotina*

Třída: *Sacharomycetes*

Pododdělení: *Pezizomycotina*

Třída: *Laboulbeniomycetes*

Třída: *Eurotiomycetes*

Třída: *Eurotiomycetes*

Třída: *Pezizomycetes*

Třída: *Leotiomycetes*

Třída: *Lecanoromycetes*

Třída: *Sordariomycetes*

Třída: *Chaetothyriomycetes,*

Třída: *Arthoniomycetes*

Třída: *Orbiliomycetes*

Třída: *Spathulosporomycetes*

Oddělení: *Basidiomycota* (houby stopkovýtrusé)

Třída: *Urediniomycetes*

Třída: *Ustilaginomycetes*

Třída: *Agaricomycetes* [16, 17]

2.1.1 Microsporidie (*Microsporidiomycota*)

Jedná se o dříve protozoální oddělení, na základě molekulárních analýz přiřazené k houbám. Microsporidie jsou intracelulární parazité organel živočichů a prvoků [16].

2.1.2 Chytridie (*Chytridiomycota*)

Chytridie je oddělení primitivních hub [18]. Jsou to převážně mikroskopické organismy, parazité i saprotrofové [19]. Toto oddělení hub tvoří trubicovité, mohojaderné mycelium. Jedná se sladkovodní a půdní organismy, některé mohou žít i anaerobně. Do oddělení *Chytridiomycota* patří saprofitické houby, které ve vlhkém prostředí parazitují na rostlinách [18].

2.1.3 Houby spájkivé - plísně (*Zygomycota*)

Plísně se živí saprofytičky i paraziticky, jsou složkou půdní mikroflóry. Podílejí se na rozkladu organické hmoty. Tvoří trubicovité mnohojaderné větvené podhoubí, ve stáří nepravidelné přehrádkované [13].



Obr. 4. Plíseň hlavičková

(*Mucor mucedo*) [20]

2.1.4 Vlastní (vyšší) houby (*Eumycota*)

Jedná se o skupinu eukaryotických heterotrofních stélkatých organismů. Rostou po celém světě, ve všech možných biotopech – půda, vzduch, voda, v případě parazitů hostitelských organismů. Vyšší houby mají již pravé mycelium složené z mnohobuněčných hyf a tvoří různé specializované rozmnožovací útvary – plodnice. Tyto houby rozdělujeme podle způsobu tvorby výtrusů [21].

2.1.4.1 Houby vřeckovýtrusé (*Askomycota*)

Mezi vřeckovýtrusé houby patří například kvasinky (*Saccharomycetes*), štětičkovec (*Penicillium*), kropidlák (*Aspergillus*), smrž (*Morchella*), paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*), lanýž (*Tuber*), ucháč (*Gyromitra*) [18, 22].

Do této skupiny hub patří kolem 40 000 dosud popsanych druhů. *Askomycoty* bývají považovány za tzv. vyšší houby. Jsou to saprofyti, paraziti a lichenizované houby.

Základním společným znakem je tvorba výtrusů, které vznikají uvnitř váčků (vřecek), nejčastěji se tvoří po osmi [23]. Vřecka jsou většinou uspořádána se sterilními buňkami v souvislou vrstvu zvanou *thecium*. Další charakteristickým znakem je tvorba jednoduchého póru v přehrádkách houbových vláken (hyf) [24]. Většina vřeckatých hub tvoří plodnice. Na podhoubí se vytvářejí plodnice dvojího tvaru (kulovité – uzavřené nebo

otevřené) [23]. Většina vřeckatých hub tvoří plodnice. Rozdělují se podle typu plodnice, kterou vytvářejí, do tří základních skupin – terčoplodé houby, tvrdohouby a mikroskopické houby. Tyto skupiny se však nekryjí s jejich současným systematickým postavením [22].



Obr. 5. Lanýž letní (*Tuber aktivum*), smrž jedlý
(*Morchella vulgaris*) [22]

2.1.4.2 Houby stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Mezi houby stopkovýtrusné patří například rzi (*Uredinales*), sněti (*Ustilaginales*), rosolovky (*Tremellomycetidae*), houby nelupenaté (*Aphyllporales*), houby lupenaté (*Agaricales* a *Boletales*) a břichatky (*Gasteromycetidae*) [18].

Vývojově se jedná o nejvyšší třídu hub, obsahujících nejméně kolem 20 000 druhů [23]. Velká část z nich tvoří tvarově velmi rozmanité makroskopické plodnice, ale u některých se plodnice vůbec nevytvářejí.

Základním společným znakem hub stopkovýtrusých je způsob vzniku výtrusů, které se tvoří na buňkách (*bazidiích*) [24], což jsou výtrusy navázané na koncích kyjovitě zhuštělých hyf. Vyrůstají na malých stopečkách (*sterigmatech*) obvykle po čtyřech na jedné bazidii [22]. Druhým, neméně důležitým společným znakem, je tvorba komplikovaných pórů v přehrádkách hyf, na nichž u většiny druhů vznikají tzv. přezky [25]. Bazidie jsou obvykle uspořádány spolu se sterilními hyfami ve vrstvu, která se nazývá hymenium [22]. Houby stopkovýtrusé žijí většinou jako saprofyti na odumřelých zbytcích rostlin nebo přímo na zemi, v humusu, mnohé tvoří symbiózu s kořeny zelených rostlin [23].



Obr. 6. *Liška obecná (Cantharellus cibarius)*, *pýchavka dlabaná (Calvatia utriformis)*,

hřib bronzový (Boletus aereus) [23, 21, 26]

Cílem mé práce bylo zabývat se právě *Basidiomycetami* (také označovanými jako vyšší houby). Konkrétně popisují chemické složení jejich plodnic a u těch se také dále zaměřuji na bílkoviny.

2.2 Chemické složení hub

Z potravinářského hlediska se houby přiřazují k zelenině [13]. Hlavními látkami hub jsou voda, bílkoviny, polysacharidy a tuky. K nim ještě patří minerální látky a stopové prvky, vitaminy, enzymy, pigmenty a další biologicky cenné látky [14].

2.2.1 Voda a sušina

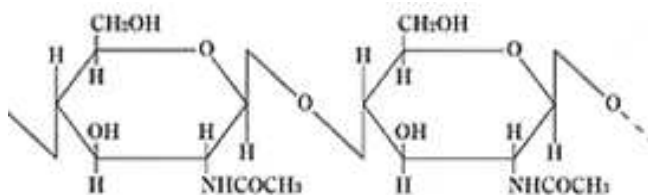
Obsah vody ve většině druhů hub se pohybuje v rozpětí 86–94 %. Zbytek, tedy 6–14 % představuje sušina (suchá hmota). Obsah sušiny závisí na druhu, ale i na řadě vnějších faktorů [19].

2.2.2 Sacharidy

Sacharidy obsahují 25 % hmotnosti sušiny hub. Jedná se o cukry, které tvoří stěny buněk a cukry rezervní [18]. Mezi nejdůležitější polysacharidy tvořící stěny hub patří chitin. Rezervní polysacharidy jsou glukany (8 % v sušině), galaktany, mannany a rozpustné cukry. Uvnitř buněk je jako zásobní látka glykogen, která je zastoupena 5 % v sušině hub. Polysacharidy se vyskytují ve vazbě s proteiny či lipidy, a tvoří tak glykoproteiny, glykolipidy, lipopolysacharidy a polysacharidové proteiny [19].

2.2.2.1 Chitin

Chitin je vysokomolekulární látka složená z aminocukrů [27]. Jedná se o polymer, ve kterém se váží navzájem převážně N-acetyl- β -D-glukosamin a β -D-glukosamin glykosidovou vazbou. Základní stavební jednotkou je disacharid chitobiosa. Chitin je stavební složkou schránek koryšů, krovek hmyzu, plísní, řas [5] a charakteristickou složkou buněčných stěn všech vláknitých hub [27].



Obr. 7. Chemická struktura chitinu [28]

Hlavním zdrojem v potravě jsou především vyšší houby. Chitin je přítomen v podhoubí i plodnicích hub [4]. Obsah chitinu způsobuje těžkou stravitelnost některých druhů hub, na druhé straně podporuje střevní peristaltiku, a přispívá k lepšímu trávení [27]. V sušině hub je obsaženo zhruba 7,5 % chitinu [19].

2.2.3 Bílkoviny

Obsah bílkovin, důležitých stavebních látek pro tělo, kolísá u některých druhů hub v rozmezí 8–36 % v sušině. To platí pro sušinu z hub [14]. Houby obsahují 20 základních aminokyselin, které buňka tvoří z jednoduchých uhlíkatých a dusíkatých komponent [19]. Esenciálních aminokyselin je v houbách obsaženo 2,6–7,6 % [14]. Množství bílkovin závisí na druhu a stáří houby. Nejvíce bílkovin je v mladých plodnicích [23].

Bílkovinného charakteru jsou amatoxiny a falotoxiny, což jsou prudké houbové jedy (polypeptidy) [13].

2.2.4 Tuky

Lipidové látky jsou u hub zastoupeny v relativně malém množství. Jsou to sloučeniny glycerolu a nenasycených či nasycených mastných kyselin. Většina lipidů jsou triacylglyceroly, kterým říkáme tuky [19]. Mastné kyseliny obsažené v houbách jsou pro člověka velmi důležité. Množství tuků v sušině hub je asi 1–3 %. Proto je jejich

energetický obsah nízký [14], přesto mají především úlohu rezervních látek. Jedná se zejména o glyceridy, glykolipidy, lipoproteiny, fosfolipidy, steroidy aj. [29].

2.2.5 Vitamíny

Obsah vitaminů v houbách je daleko vyšší, než se všeobecně soudí. Jedná se o vitaminy rozpustné ve vodě, které se varem ničí. Houby obsahují hlavně vitaminy skupiny B (B₁, B₂, B₅, B₁₂), C, D, E a K [14].

Vitaminu B je nejvíce v nižších houbách, především v kvasinkách. Některé žlutomasé houby mají hodně provitaminu A. Přítomnost protikřivického vitaminu D v houbách je velmi zajímavá, neboť tento vitamin není obsažen v jiných rostlinách a zůstává zachován i v sušených houbách. Podle posledních výzkumů byl v některých houbách zjištěn vitamin C [21].

2.2.6 Minerální látky

Na minerální látky jsou houby zvláště bohaté. Nejvíce jsou zastoupeny prvky draslík, fosfor, méně vápník, železo a měď [14]. Dále houby obsahují sloučeniny hořčíku, stopy fluóru, manganu, kobaltu, titanu, ale i olova.

Obsah minerálních látek stoupá se stářím plodnice. Největší obsah draslíku mívají lanýže (*Tuber*), nejnížší žampiony (*Agaricus*). Nejbohatší fosforem bývají smrže (*Morchella*), vápníkem hříby (*Boletus*), nejchudší lišky (*Cantharellus*). Více nerostných látek je obsaženo v klobouku, zejména v pokožce, méně ve tření. Obsah kolísá podle složení půdy [18].

2.2.7 Těžké kovy

Houbové plodnice mají schopnost ze svého okolí přijímat nežádoucí látky, včetně látek jedovatých hlavně rtuť, kadmium, arzen, chrom, olovo, cesium, vanad, beryllium atd.

Hladina těchto škodlivin může v houbách dosáhnout koncentrace několikanásobně vyšší než je v okolní půdě [14].

Těžké kovy, zejména olovo, kadmium a rtuť, budou v této práci rozebírány.

2.2.8 Aromatické látky

Houby dále obsahují mnoho aromatických sloučenin, isoprenoidů, kyselin a další látky, které se podílejí na charakteristických vůních a chutích [21]. Velmi cennou složkou v houbách jsou vonné látky. Houbové vůně a pachy jsou kromě základní příjemné houbové vůně velmi rozmanité a slouží jako určovací znak. Některé vůně a pachy jsou pronikavější u čerstvých, jiné naopak vynikají u hub sušených. Pachy a vůně jsou u jednotlivých druhů stálé. [13].

2.2.9 Barviva

Houby obsahují různá barviva, která jsou většinou složitými organickými sloučeninami. Například xantony způsobují žluté zbarvení, některé deriváty piperazinu a prazinu červené zbarvení. Podobně chinoidní látky dávají houbám různá zbarvení. Když se plodnice překrojí nebo nalomí-li se dužina, často změní barvu. Dužina většinou modrá, zelená, ale také červená, hnědá až černá a často se vzápětí opět odbarvuje do původního nebo jiného zbarvení nebo jen do odstínu [19].

2.3 Stavba vyšších hub

2.3.1 Tělo hub (stélka = *talus*)

Tělem hub je stélka, která je tvořena protáhlými různě větvenými vlákny, jež se nazývají hyfy [13]. Základním tělem hub nejsou plodnice ale podhoubí, které může žít třeba desítky let, rozmnožovat se rozmanitým způsobem, aniž by přitom vytvořilo plodnice. Ty vyrostou jen za příznivých okolností, a proto je nacházíme jen v danou dobu, na určitých místech a při příznivém počasí. U některých velmi vzácných druhů hub vyrostou plodnice jen za zcela specifických podmínek, a proto se najdou třeba jednou za mnoho let [12].

2.3.1.1 Podhoubí (*mycellium*)

Podhoubí je vlastním vegetativním tělem hub. Za vhodných podmínek se rozrůstá v podkladu (substrátu) [13]. Je velmi jemné, choulostivé a citlivé na rozmanité zásahy. Těmito zásahy jsou vysušení, trvalé zaplavení, chemické změny prostředí, změny ve výživném substrátu, zasypaní nevhodným materiálem, popelem i jinými odpadky, na

vypálení, ušlapání půdy atd. Podhoubí má velmi jednoduchou mikroskopickou stavbu. Jsou to jen tenká vlákna, přerušované příčnými přehrádkami. Tyto vlákna se skládají z řady protáhlých buněk a příčně přehrádky oddělují jednotlivé buňky mezi sebou.

Lze rozlišit několik základních typů podhoubí. Z výtrusu houby vyroste nejprve jemné síťové podhoubí – primární. Sekundární podhoubí vytváří pevné útvary z mnohonásobně propletených a nahlučených vláken.

Některé houby mají podhoubí patrně jen jednoleté, většinou však vytrvalé a u některých druhů se může dožít i vysokého věku [30].

2.3.1.2 Plodnice hub

Plodnice jsou orgány určené k rozmnožování. Tvoří se v nich výtrusy, jimiž se houby rozmnožují. Výtrusy se liší tvarem, barvou i velikostí. Zralé výtrusy vypadávají z dospělých plodnic a šíří se různými způsoby [18]. Plodnice se navzájem liší tvarem, velikostí, barvou i vlastnostmi dužniny. Plodnice vyšších hub je tvořena ze dvou základních částí z klobouku a třeně [31].

2.3.1.3 Klobouk

Klobouk je hlavní částí plodnice. Tvar klobouk bývá různý – kulovitý, polokulovitý, vejčitý, válcovitý, kuželovitý zvoncovitý, klenutý, plochý a nálevkovitý. Na jeho spodní straně jsou buď trubky (rourky), lupeny, ostny nebo popřípadě žilky. Rouško (hymenium) je tenká vrstvička trubek, která se vytváří hustě vedle sebe postavených kýjovitých buněk [18]. U klobouku rozeznáváme průměr (velikost), povrch, okraj a barvu klobouku [30].

2.3.1.4 Třeň

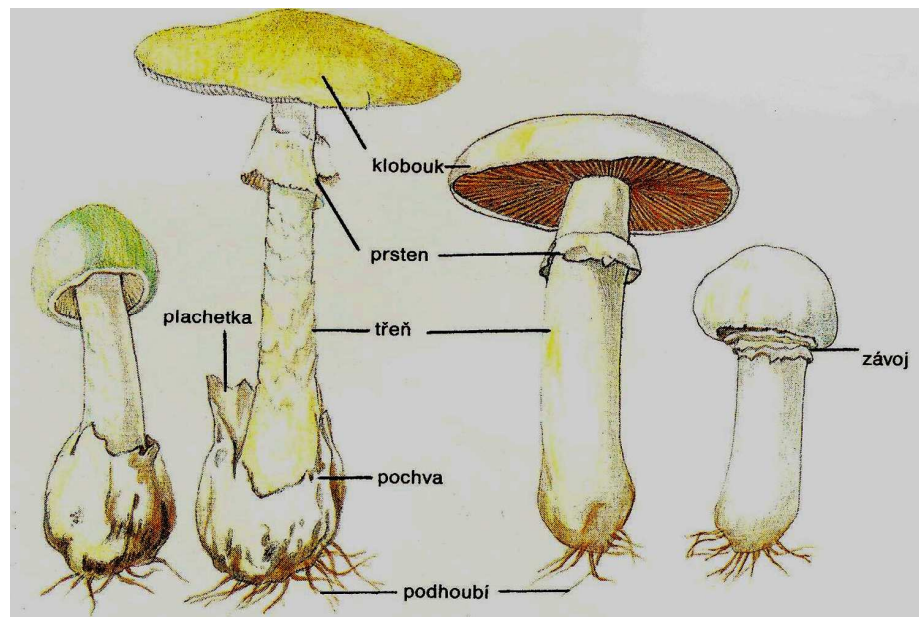
Třeň nese klobouk. Podle připojení rozeznáváme třeň středový, výstředný a boční. Třeň bývá uvnitř plný, dutý nebo s dutinami. Na třeni sledujeme především jeho velikost, tvar, povrch a barvu [15].

2.3.1.5 Další části plodnice hub

Plachetka (*velum*) - u některých hub je plachetka velmi zřetelná během vývoje plodnice. Celková plachetka pokrývá v mládí celou plodnici. Růstem se plachetka roztrhne a na klobouku i bázi třeně nechává zbytky. Na klobouku jsou známé tečky, na bázi různé útvary - nejznámější je pochva, bradavky, aj. [32].

Prsten - prsten bývá kožovitý, vločkatý, široký, úzký nebo jen ve zbytcích, dále hladký či rohovaný, svislý, pevný, pohyblivý, zdvojený [13].

Dužnina (*trama*) - dužnina bývá rozmanitě tlustá [33]. Dužnina klobouku a třeně může mít stejné, ale i odlišné vlastnosti. Dužnina třeně je tužší. Sledujeme její konzistenci a barvu. Důležitá je také vůně a chuť dužniny [21].



Obr. 8. Nákres plodnice hub [34]

3 BÍLKOVINY V PLODNICÍCH VYŠŠÍCH HUB

3.1 Obsah bílkovin v houbách

Volně rostoucí houby jsou bohaté na zdroje bílkovin [26]. Bílkoviny tvoří důležitou složku sušiny hub [35]. Obsah dusíkatých látek se v houbovém myceliu značně liší. Pohybuje se ve velmi širokém rozpětí 14–52 % v sušině s průměrem 32,6 % [26]. Podle jiného měření je obsah dusíku v rozmezí 0,8–3,5 g/100g čerstvé hmoty nebo 19,0–39,0 g/100 g sušiny [35].

Mezi druhy s nejnižšími hodnotami patří liška obecná (*Cantharellus cibarius*), zatímco nejvyšší obsah se nachází v čirůvce májovce (*Calocybe gambosa*) a bedle útlé (*Lepiota prominens*) [26].

Obsah bílkovin v myceliu se většinou stanovuje metodou podle Kjeldahla, ve které se zjišťuje celkové množství dusíku a obsah dusíkatých látek [36].

Sušením při +40 °C a zmrazením na -20 °C se obsah bílkovin v sušině téměř nemění, naproti tomu při vaření čerstvých hub dochází ke značnému poklesu. Na tom se zřejmě podílí zejména vyluhování do vody a reakce bílkovin s jinými složkami [26].

Tab. 1. Obsah dusíkatých látek v různých druzích hub [37]

Druh		Obsah dusíkatých látek (% v sušině)
Český název	Latinský název	
Žampion dvouvýtrusý	<i>Agaricus bisporus</i>	23,9–34,8
Žampion polní	<i>Agaricus campestris</i>	33,2
Houževnatec jedlý	<i>Lentinus edodes</i>	13,4–17,5
Šupinovka nameko	<i>Pholiota nameko</i>	20,8
Hlíva ústříčná	<i>Pleurotus ostreatus</i>	10,5–30,4
Hlíva spp.	<i>Pleurotus sajor-caju</i>	9,9–26,6
Bílá hlíva ústříčná	<i>Pleurotus florida</i>	8,7–37,2
Kukmák sklepní	<i>Volvariella volvacea</i>	21,3–43,0
Kukmák dřevní	<i>Volvariella diplasia</i>	28,5
Penízovka dřevní	<i>Flammulina velutipes</i>	17,6
Čínský smrž	<i>Auricularia spp.</i>	4,2–7,7

Podíl dusíkatých látek v sušině a kolísání hodnot uvnitř jednotlivých druhů v některých běžně konzumovaných středoevropských houbách poskytuje následující tabulka:

Tab. 2. Obsah dusíkatých látek v některých druzích jedlých hub [26]

Druh	Počet vzorků	Průměr (% v suš.)	Směrodatná odchylka (% v suš.)	Variační koeficient (%)
Hřib smrkový	10	33,1	3,1	9,4
Suchohřib plstnatý	7	33,2	6,8	20,5
Kozák březový	9	30,5	4,1	13,4
Liška obecná	8	18,7	5,9	31,5
Stroček trubkovitý	6	22,3	5,5	24,7
Špička obecná	3	52,8	2,1	4,0
Strmělka mlženka	6	39,0	4,4	11,3
Václavka obecná	6	22,3	5,4	24,2

Tab. 3. Obsah dusíku a bílkovin v některých druzích hub [38]

Druh		Obsah dusíku (%)	Obsah bílkovin (%)
Název česky	Název latinsky		
Stroček trubkovitý	<i>Craterellus cornucopioides</i>	8,00	50,10
Václavka obecná	<i>Armillaria mellea</i>	3,30	21,12
Lošák jelení	<i>Sarcodon imbricatus</i>	4,30	27,45
Pýchavka obecná	<i>Lycoperdon perlatum</i>	7,10	44,93
Ryzec syrovinka	<i>Lactarius volemus</i>	4,00	25,21
Kuřátka žlutá	<i>Ramaria flava</i>	5,60	35,55
Liška obecná	<i>Cantharellus cibarius</i>	5,40	34,17
Lišák zprohýbaný	<i>Hydnum repandum</i>	5,70	34,14

3.2 Aminokyselinové složení hub

Zastoupení esenciálních aminokyselin v bílkovinách hub je výživově příznivé, lepší než ve většině rostlinných bílkovin. Volných aminokyselin je v houbách velmi málo, jen kolem 1 % v sušině, což je asi dvacetina ve srovnání s množstvím vázaných aminokyselin.

Volné aminokyseliny jsou méně významné z výživového hlediska, zájem o ně vyplývá především z jejich podílu na sensorických vlastnostech hub – vůni a chuti [26]. Houby obsahují všechny esenciální aminokyseliny, ale obsah některých je nedostatečný. Ve velkém množství jsou obsaženy alanin, arginin, glycin, histidin, kyselina glutamová, kyselina asparagová, prolin a serin [35].

V čirůvce havelce (*Tricholoma portentosum*) a čirůvce zemní (*Ticholoma terreum*) je obsaženo výrazně mnoho aminokyselin především glutamová kyselina a alanin [26].

Tab. 4. Zastoupení esenciálních aminokyselin (% z celkového obsahu aminokyselin) v některých druzích jedlých hub [26]

Symboly aminokyselin: Val...valin, Leu...leucin, Ile...isoleucin, Thr...threonin, Met...methionin, Lys...lysin, Phe...fenylalanin, Trp...tryptofan

Druh	Val	Leu	Ile	Thr	Met	Lys	Phe	Trp
Čirůvka havelka	7,8	9,4	3,7	9,5	3,0	8,6	4,4	1,0
Čirůvka zemní	8,9	8,2	3,6	9,1	3,5	7,6	6,6	1,1
Holubinka (5 druhů)	6,9	8,2	5,3	5,3	1,4	6,8	5,3	-
Houževnatec jedlý	3,8	6,4	3,3	5,6	2,2	5,0	3,8	1,9
Žampion (5 druhů)	4,4	7,5	5,0	4,8	1,3	6,5	4,9	-
Žampion dvouvýtrusý	3,9	6,0	3,1	3,4	1,4	6,1	3,1	-
Standardní bílkovina	5,0	7,0	4,0	4,0	3,5	5,4	6,1	1,0

Tab. 5. Aminokyselinové složení vybraných druhů čerstvých jedlých hub [35]

Aminokyseliny	Obsah aminokyselin (g/100g)		
	<i>Pleurotus ostreatus</i> (hlíva ústříčná)	<i>Lentinula edodes</i> (houževnatec jedlý)	<i>Boletus prinatus</i> (hřib sametový)
Esenciální aminokyseliny			
Lysin	5,4–6,4	5,0	2,6
Threonin	4,7–5,3	5,6	5,0
Valin	4,3–5,2	3,8	6,0
Methionin	1,5–2,3	2,2	1,5
Cystin	1,2–1,7	3,4	-
Isoleucin	3,9–4,7	3,3	-
Leucin	6,3–7,3	6,4	8,4
Tyrosin	3,6–4,6	2,6	3,4
Fenylalanin	3,8–4,7	3,8	-
Tryptofan	1,1–1,6	1,9	2,9
Vybrané aminokyseliny			
Alanin	6,0–8,3	5,3	11,5
Arginin	7,0–11,5	5,7	0,0
Glycin	4,4–4,8	4,7	6,1
Histidin	3,6–4,3	3,0	-
Asparagin	9,2–12,1	10,2	4,9
Glutamin	13,1–16,6	20,9	15,4
Prolin	3,6–4,8	3,9	-
Serin	3,5–6,0	5,7	7,4

3.3 Bílkoviny v jednotlivých druzích hub

3.3.1 Bílkoviny v hříbech (*Boletus*)

V hříbech může být obsaženo až 64,7 % bílkovin vztažených na sušinu [36]. Hlavní aminokyseliny v plodnicích hřibů jsou arginin, alanin, glutamin a kyselina glutamová [37]. Obsah bílkovin v sušině hřibů je vyšší než u jiných druhů hub. Nachází se v rozmezí 1,5–7,9 g/100g jedlé hmotnosti [39].

V hříbu sametovém (*Boletus pruinatus*) a hříbu dutonohém (*Boletus cavipes*) je vyšší počet esenciálních aminokyselin než u ostatních druhů hřibů. Nejhojněji zastoupenou aminokyselinou v těchto dvou druzích je leucin [40]. V hříbu smrkovém (*Boletus edulis*) je průměrný obsah esenciálních aminokyselin 19,8 mg/g [41]. Při jiném zkoumání byl stanoven obsah bílkovin v hříbu smrkovém (*Boletus edulis*) 28,0 g/100 g sušiny [35].

3.3.2 Bílkoviny v kuřátkách (*Ramaria*)

Kuřátka jsou bohatým zdrojem bílkovin. Je v nich průměrně obsaženo 21,5–50,1 % dusíkatých látek v sušině [42]. V čerstvé hmotě je obsaženo 13,2–17,5 % bílkovin. Z volných aminokyselin jsou zastoupeny kyselina glutamová, lysin a alanin [43].

3.3.3 Bílkoviny v klouzcích (*Suillus*)

Hlavní aminokyselinou vyskytující se v klouzcích je alanin. Obsah ostatních druhů aminokyselin, není z důvodu nízkého nutričního hlediska zanedbatelné, protože tyto sloučeniny jsou nezbytné pro lidské zdraví [44].

3.3.4 Bílkoviny v hlívách (*Pleurotus*)

Hlívy obsahují 2,7 % bílkovin v čerstvé hmotě a 26,3 % v sušině [45]. Hlívy vypěstované na substrátu s vyšším obsahem dusíku a bílkovin mohou obsahovat i 53 % bílkovin v sušině (tj. asi 5 % v čerstvé houbě), z toho 65 % volných aminokyselin. Hlívy jsou zdrojem nutričně užitečných esenciálních aminokyselin. Celkový obsah aminokyselin v suché hmotě je 11,3–15,2 % zatímco v čerstvé hmotě je obsaženo přibližně 0,1–0,3 % aminokyselin [46]. Hlívy obsahují 17 aminokyselin, včetně všech esenciálních. Kromě fenyلالaninu, methioninu a cysteinu jsou všechny v poměrně vysoké koncentraci.

Nejhojněji se vyskytující aminokyselinou je leucin v koncentraci 64,8 mg/g [45], alaninu je obsaženo 2,1 mg/g na sušinu hmoty a kyselina glutamová je v koncentraci 0,7 mg/g na sušinu hmoty [46]. Koncentrace cysteinu a methioninu jsou 0,3 a 0,6 mg/g na sušinu hub [45]. Aminokyseliny se třídí do skupin podle toho, jakou chuť v potravě způsobují [46].

V hlívě ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) je obsaženo 24–35 % bílkovin v sušině [47]. Jiný zdroj uvádí obsah bílkovin v *Pleurotus ostreatus* (hlívě ústříčné) 0,8 g/100 g čerstvé

hmoty, tj. 7,6 g/100g jedlé hmotnosti [35]. Koncentrace dusíkatých látek v hlívě spp. (*Pleurotus sajor-Caju*) je 26,3 %. Aminokyselinové složení ukazuje, že houby tohoto rodu jsou bohatým zdrojem nutričně užitečných esenciálních aminokyselin. Nejhojněji se vyskytuje aminokyselina leucin, který je obsažen v koncentraci 64,8 mg/g. Koncentrace methioninu a cysteinu jsou nízké (0,3–0,6 mg/g). Celkové množství esenciálních aminokyselin v houbách pěstovaných kultivovaně je mezi 42,9–43,6 %, houby rostoucí volně v přírodě obsahují 42,9–43,7 % z celkového obsahu aminokyselin. Obsah se liší odrůdou a vybranou částí [48].

3.3.5 Bílkoviny v žampionech (*Agaricus*)

Žampiony obsahují více bílkovin než většina druhů čerstvé zeleniny. Jejich obsah se průměrně pohybuje mezi 2,1–3,3 % v čerstvé hmotě [49]. Esenciální aminokyseliny se vyskytují v koncentraci 46,4 %. Žampiony jsou dobrým zdrojem sirných aminokyselin zejména metioninu a cysteinu. Biologická hodnota je nižší, chybí jim totiž některé nepostradatelné aminokyseliny jako například tryptofan. Velkou část bílkovin v žampionech tvoří volné aminokyseliny. Mezi nimi je zvláště zastoupena kyselina glutamová [50].

V žampionech rodu *Agaricus bisporus* (žampion dvouvýtrusný) se obsah dusíkatých látek v sušině pohybuje v rozmezí 7,7–8,4 %. Obsah bílkovin v čerstvé hmotě je 1,8–2,1 g/100g [51]. Jiný zdroj uvádí obsah bílkovin v *Agaricus bisporus* (žampion dvouvýtrusný) v rozmezí 1,6–3,5 g/100 g čerstvé hmoty, nebo 7,0–19,5 g/100 g sušiny [35]. Žampiony jsou zdrojem téměř všech esenciálních aminokyselin. Aminokyseliny, které se nacházejí v podhoubí rodu *Agaricus bisporus* (žampion dvouvýtrusný) představují 76 % celkového dusíku v podhoubí [51].

3.3.6 Bílkoviny v čirůvkách (*Lepista, Tricholoma*)

Čirůvky obsahují všechny esenciální aminokyseliny, v různém množství. Kromě tryptofanu, který nebyl stanoven. Změny v obsahu aminokyselin byly zjištěny v souvislosti se stadiem vývoje, typem a částí houby. Glycin, glutamin, alanin a asparagin jsou nejhojněji zastoupené aminokyseliny ve všech houbách [52]. V čirůvce světlé (*Tricholoma sudum*) je obsah dusíkatých látek 21–61 % v sušině [53]. Analýzy ukázaly, že jedlé houby rodu *Tricholoma matsutake* (čirůvka matsutake) rostoucí ve volné přírodě obsahují bohaté

zdroje dusíkatých látek 20,3 %. Celkový obsah esenciálních aminokyselin tvoří 34,6 % z celkového počtu aminokyselin. Methionin je omezenou aminokyselinou v tomto rodě hub [54].

3.3.7 Bílkoviny v holubinkách (*Russula*)

V holubinkách je koncentrace aminokyselin 14,8 % v sušině. Esenciální aminokyseliny se vyskytují v koncentraci 48,9 % z celkového počtu aminokyselin. Největší zastoupení z aminokyselin má kyselina glutamová [50].

3.3.8 Bílkoviny v liškách (*Cantharellus*)

Lišky obsahují průměrně 34,7 % bílkovin v sušině hub [55]. Nejznámějším zástupcem je liška obecná (*Cantharellus cibarius*), ve které je koncentrace bílkovin 10 % v suché hmotě [56]. Jiný zdroj uvádí obsah bílkovin v lišce obecné (*Cantharellus cibarius*) 1,5 g/100 g čerstvé hmoty [35].

3.3.9 Bílkoviny v smržích (*Morchella*)

Obsah bílkovin v smržích je celkově nízký. V *Morchella esculenta* (smrž obecný) je obsaženo 1,6 g/100 g bílkovin v čerstvé hmotě [35]. Smrž vysoký (*Morchella elata*) má v sušině 14,25 mg/g bílkovin [41].

3.3.10 Bílkoviny v Houževnatci jedlém (*Lentinus edodes*)

Houževnatec jedlý (*Lentinus edodes*) je houba, která je známější pod názvem Shiitake. Shiitake jsou známé jedlé houby s vysokou nutriční hodnotou. Obsah bílkovin je ovlivněn substrátem, růstovými podmínkami a způsobem pěstování. Shiitake obsahují 20–23 % bílkovin (stravitelnost činí 80–87 %) [57]. Jiné zdroje uvádějí obsah hrubých bílkovin 10,5–17,5 % v suché hmotě [58].

3.3.11 Bílkoviny v Korálovci ježatém (*Erinaceus hericium*)

V korálovci ježatém (*Erinaceus hericium*) je obsaženo 19 volných aminokyselin (kromě tryptofanu a methioninu). Všechny tyto aminokyseliny jsou pro člověka nezbytné. Obsah aminokyselin v suché hmotě je docela vysoký a činí 15,9 % [57].

3.3.12 Bílkoviny v různých druzích hub

Pro malou evidenci v současné literatuře uvádím v následujícím textu obsah bílkovin v některých konkrétních houbách.

Nutriční obsah bílkovin v hnojníku obecném (*Corpinus comatus*) je 25,4 % v suché hmotě. Obsah bílkovin v penízovce sametonohé (*Flammulina velutipes*) se v suché hmotě liší v rozmezí 18–31 %. Límcovka obecná (*Stropharia Rugoso-annulata*) obsahuje 22 % bílkovin v sušině. Kukmák sklepní (*Volvariella Volvacea*) má v suché hmotě obsaženo 21,2 % bílkovin [58]. Obsah bílkovin v lanýži černém (*Tuber melanosporum*) je 5,5 g v čerstvé hmotě [35].

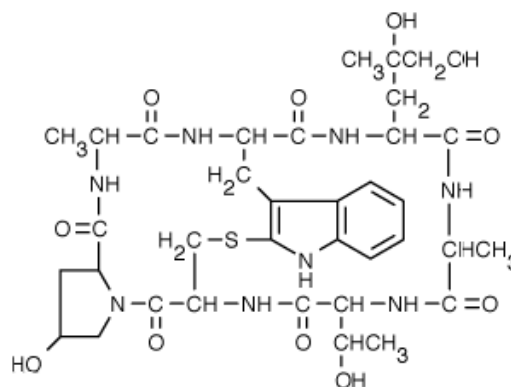
3.4 Bílkoviny škodící zdraví

3.4.1 Škodlivé bílkoviny

Kromě výživově zajímavých bílkovin popsaných výše a alergenních bílkovin se v houbách – podobně jako v některých rostlinách – vyskytují bílkoviny, které mohou mít účinky výživově nepříznivé (antinutriční) až toxické. Houby si je vytvářejí jako součást svého obranného systému proti konzumentům (od slimáků po velká zvířata) a parazitům. Tyto bílkoviny jsou odolné vůči štěpení v tenkém střevu. Podstatné je, že jejich škodlivost je vesměs potlačena řádnou tepelnou úpravou potravin, při níž dojde ke změnám v prostorovém uspořádání (denaturaci) bílkovin. Hřib satan (*Boletus satanas*) obsahuje toxickou bílkovinu bolesatin, která je poměrně odolná vůči zahřívání [26].

3.4.2 Toxické peptidy

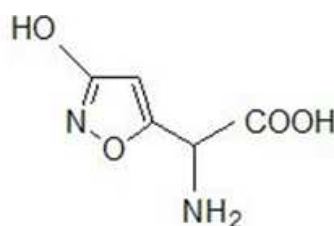
Smrtelně nebezpečné jsou cyklické peptidy muchomůrky zelené (*Amanita phalloides*) amatoxiny a falotoxiny, zejména faloidin, alfa-amanitin a beta-amanitin. Příbuzné jsou virotoxiny rovněž smrtelně jedovaté muchomůrky jízlivé (*Amanita virosa*). Méně nebezpečné jsou cyklické peptidy kortinariny pavučince plyšového (*Cortinarius orellanus*). Toxicita všech těchto peptidů neklesá během skladování či tepelných úprav hub [26].



Obr. 9. Chemický vzorec faloidinu [59]

3.4.3 Toxické aminokyseliny

Z této skupiny je nejznámější kyselina ibotenová, vyskytující se v muchomůrkách červené (*Amanita muscaria*) a tygrované (*Amanita pantherina*) vyvolávající halucinace. Nervovými jedy je kyselina akromelová ve strmělce velkohlavé (*Clitocybe acromelalga*) [26].



Obr. 10. Chemický vzorek ibotenové kyseliny [60]

3.4.4 Nebezpečí jedovatých hub

Smutnou stránkou houbaření jsou otravy houbami, z nichž některé bohužel končí tragicky. Všechny otravy houbami jsou zbytečné - přes všechna varování a snahu zvýšit znalost hub se otravy stále vyskytují, i když by mnohdy stačilo trochu více rozvážnosti [13].

Jedovatých hub, které působí smrtelné nebo vážné otravy, není mnoho ve srovnání s jedlými a nejedlými druhy. Otravu mohou způsobit i jedlé houby, pokud se použijí k přípravě pokrmů zapařené nebo nahnílé. I houby jinak bezpečně jedlé mohou působit některým lidem potíže tím, že jsou těžko stravitelné. Některé houby jsou za syrova jedovaté nebo silně palčivé. Nejjedovatější houby mají mírnou, nenápadnou nebo dokonce i příjemnou chuť, jak potvrdili postižení a záchránění po otravě muchomůrkou zelenou

(*Amanita phalloides*). Ani požitky na houbové plodnici způsobené zvěří nebo plži nebo tzv. červivost nejsou důkazem jedlosti houby [18].

Žádnou otravu houbami nebo jen její příznaky však nesmíme podceňovat, neboť otravy, které působí jedovaté houby, zejména muchomůrka zelená jsou velmi vážné. Dříve končily téměř vždy smrtí. Houbové jedy působí vážná a bolestivá onemocnění. U většiny otrav se první příznaky projevují po 30 minutách až 4 hodinách po jídle. Objeví se celková nevolnost, bolest žaludku, hlavy, střev, dostaví se žízeň, pálení žáhy, pocení, zvracení, průjem, vyčerpanost apod. Průběh otravy je různý podle druhu jedovaté houby, množství snědeného houbového pokrmu a podle odolnosti jednotlivce [21].

3.4.5 Otravy houbami

Jedovatých a podmíněně jedovatých hub roste u nás přes 100 druhů. Smrtelné otravy u nás má na svědomí několik druhů. Nejnebezpečnější smrtelně jedovaté u nás rostoucí houby jsou muchomůrka zelená (*Amanita phalloides*), muchomůrka jarní (*Amanita verna*), muchomůrka jízlivá (*Amanita virosa*), muchomůrka panterová (*Amanita pantherina*), závojenka olovová (*Entoloma sinuatum*), vláknice začervenalá (*Inocybe patouillardii*), pavučinec plyšový (*Cortinarius orellanus*). Ostatní jedovaté houby nejsou smrtelně nebezpečné. Některé houby obsahují četné jedovaté látky, většinou jen v malé koncentraci. Stářím se mění struktura hub působením vlastních enzymů. Houby obsahují bílkoviny, proto vznikají často toxické látky rozkladné produkty z těchto látek [13].

Otravy houbami se rozdělují do následujících skupin:

- a) otravy postihující játra,
- b) otravy muskarinové,
- c) psychotropní otravy (halucinogenní a mykoatropinové),
- d) otravy ledvinové,
- e) otravy zažívacího ústrojí,
- f) pravidelné otravy způsobené látkami termolabilními,
- g) pravidelné otravy způsobené látkami termostabilními,
- h) nepravidelné otravy,

- i) potíže působené tuhými druhy hub,
- j) otravy čechratkou podvinutou a ucháčem obecným,
- k) otravy spojené s pitím alkoholu,
- l) otravy ze zkažených hub [21].

4 TĚŽKÉ KOVY

Plodnice některých druhů volně rostoucích hub obsahují vysoké množství zdravotně rizikových tzv. těžkých kovů, zejména kadmína, rtuti a olova [26]. Cizorodé prvky se do hub dostávají jednak tím, že kov se váže na vnější stěnu myceliového vlákna a v druhé fázi se dostává do nitra buňky [61].

Obsah řady kovů v plodnicích je v první řadě záležitostí druhu a do jisté míry i rodu. Dalším faktorem je složení substrátu, z něhož houba získává živiny. Méně významný je vliv stáří, respektive velikosti plodnice. Některé výsledky výzkumu uvádějí vyšší obsah kovů v mladých plodnicích. Většina stopových prvků není v plodnicích rozložena rovnoměrně. Nejvyšší jsou obsahy ve výtrusorodé vrstvě, méně ve zbytku klobouku a nejméně ve třeni. Vysoké obsahy kovů jsou zjišťovány v plodnicích ze silně znečištěných lokalit. Velmi nepříznivá situace je v okolí hutí barevných kovů a to i provozovaných ve vzdálenějších místech, ale také uvnitř velkých měst a v dalších územích se silným spádem kontaminovaného prachu, či v místech, kde byly aplikovány kaly z čistíren odpadních vod [26].

Obsah těžkých kovů v houbách je 0,4–1,5 mg/kg sušiny hub [62]. Pěstované druhy hub obsahují jen malé množství těžkých kovů. Zatímco volně rostoucí houby akumulují více těžkých kovů. Především rtuť, kadmium a olovo. Některé druhy, hlavně rody *Agaricus* (žampion), *Macrolepiota* (bedla) a *Calocybe* (čirůvky) obsahují vysoký obsah rtuti a kadmína v neznečištěných oblastech [63]. Nejvyšší obsah je v *Macrolepiota crustosa* (bedla) a nejnižší obsah je v *Russula virescens* (holubinka nazelenalá) [62].

4.1 Kadmium

Obsah kadmína ve většině druhů jedlých hub rostoucích v čistých oblastech je nižší než 2 mg/kg sušiny [64]. Výrazně vyšší obsahy kadmína jsou hlášeny v rostoucích houbách v okolí kovových hutí a ve městech [65]. V rodě *Boletus* (hřib), *Calocybe gambou* (čirůvka májovka), *Armillaria mallea* (václavka žlutoprstenná) a *Russula cyanoxantha* (holubinka namodralá) mohou být hladiny kadmína až 5 mg/kg sušiny. V rodě *Agaricus* (žampion) až 50 mg/kg [64]. Vysoký obsah kadmína představuje rod žampion (*Agaricus*), především žampion ovčí (*Agaricus arvensis*). Obsahy kadmína v některých volně rostoucích žampionech mohou být mimořádně vysoké a dosahovat hodnot 100–300 mg/kg sušiny.

Takové vysoké hodnoty byly zjištěny například v blízkém okolí kovohutí vyrábějících olovo, rtuť či měď [26]. Nejvyšší obsah kadmia byl nalezen v muchomůrce červené (*Amanita muscaria*) [61]. Houby rodu *Agaricus bisporus* (žampion dvouvýtrusý) a *Agaricus campestris* (žampion polní) hromadí kadmium méně než většina hub rodu *Agaricus arvensis* (žampion ovčí) a *Agaricus silvicola* (žampion hajní) [66].

4.2 Rtuť

V čerstvé hmotě je obsah rtuti v rozmezí 0,3–3,9 mg/kg [56]. V sušině je obsaženo 0,04–21,6 mg/kg sušiny, obsah rtuti je závislý na druhu hub [67]. Vyhláška č. 306/2004 Sb. uvádí nejvyšší přípustné obsahy rtuti 0,5 mg/kg čerstvé hmoty či 5,0 mg/kg sušiny pro volně rostoucí houby, ale jen 0,1 a 1,0 mg/kg pro houby pěstované [26].

Houby bohaté na rtuť jsou rodu *Tricholomataceae* (čirůvkovité), *Agaricaceae* (žampionovité) a *Lycoperdaceae* (pýchavkovité), zatímco v rodech *Boletaceae* (hřibovité), *Amanitaceae* (muchomůrkovité) a *Russulaceae* (holubinkovité) je vyskytující se rtuť spíše vzácně [67].

Nejvíce rtuti je obsaženo v pýchavkách (*Lycoperdon*) a hříbu dubovém (*Boletus reticulatus*) [61]. Nejpravděpodobnější zdrojem kontaminace je vysoká automobilová doprava [62]. *Agaricus bitorquis* (žampion opásaný), *Agaricus arvensis* (žampion ovčí), *Agaricus essettei* (žampion hlíznatý), *Russula pinophilus* (holubinka), *Clitocybe geotropa* (strmělka veliká) a *Macerolepiota rhacodes* (bedla červenající) obsahují vysoký obsah rtuti, který je v rozmezí 5-10 mg/kg sušiny [68]. Druhy hub *Suillus Bolete* (hřib dutonohý), *Suillus bovinus* (klouzek kravský), *Suillus luteus* (klouzek obecný) jsou charakterizovány malým obsahem rtuti. Obsah rtuti v *Suillus Bolete* (hřib dutonohý) je v rozmezí 0,17–0,072 µg/g, v *Suillus bovinus* (klouzek kravský) 0,17–0,79 µg/g a v *Suillus luteus* (klouzek obecný) v rozmezí 0,095-0,026 µg/g sušiny [69].

Vysoký obsah rtuti a to až 20 mg/kg sušiny jsou v *Calocybe gambosa* (čirůvka májovka), *Lepista nuda* (čirůvka fialová) a *Agaricus arvensis* (žampion ovčí). Vysoký obsah až 10 mg/kg sušiny jsou typické pro rody *Agaricus* (žampion) a *Macrolepiota* (bedla) v rozmezí až 4 mg/kg pro druh *Boletus* (hřib) [70].

4.3 Olovo

Obsah olova je v rozmezí 1,9–10,8 mg/kg [62]. V české legislativě (vyhláška č. 53/2002 Sb.) byly limity olova pro volně rostoucí čerstvé houby 1,0 mg/kg a 10,0 mg/kg pro houby sušené. Pro houby pěstované byl limit nižší, jen 0,3 mg/kg čerstvé hmoty. Výrazně kumulujícími druhy jsou pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), bedla červenající (*Macrolepiota rhacodes*) a čirůvka fialová (*Lepista nuda*). Ve sdělovacích prostředcích se objevují informace o kontaminaci hub olovem v poměrně širokém okolí frekventovaných silnic. Prokazatelně zvýšený obsah tohoto kovu byl zjišťován v houbách jen do vzdálenosti několik desítek metrů vozovek. Mimořádně vysoké obsahy olova 100–300 mg/kg sušiny se zjišťují v řadě druhů v bezprostředním okolí olovářských hutí. Olovo pocházející ze soudobých lidských činností, které se hromadí v povrchových organických vrstvách substrátu, přijímá velmi výrazně hřib smrkový (*Boletus edulis*), zatímco suchohřib hnědý (*Xerocomus baduis*) a suchohřib žlutomasý (*Xerocomus chrysenteron*) pomaleji a v menší míře [26]. Nejvyšší obsahy olova byly naměřeny u pýchavky bradavičnaté (*Lycoperdon nigrescens*) [61]. Obsah olova v mnoha jedlých druzích hub z neznečištěné oblasti je nižší než 2 mg/kg sušiny, ale úroveň do 5 mg/kg sušiny jsou stanoveny u mnoha druhů. Obsah až 10 mg/kg sušiny jsou obvyklé v rodech *Agaricus* (žampion), *Lepista nuda* (čirůvka fialová), a dokonce ještě vyšší v *Lycoperdon perlatum* (pýchavka obecná) [71]. Zvýšená hladina olova v houbách je v okolí dálnic. Extrémně vysoké hladiny olova v rozmezí 100 mg/kg sušiny byly pozorovány v těsné blízkosti hutí [72].

4.4 Těžké kovy v některých konkrétních rodech hub

Agaricus bisporus (žampion dvouvýtrusý) – tyto houby vážou těžké kovy především měď, kadmium, olovo, zinek, mangan, železo, chrom a nikl. Tato houba je velmi náchylná ke zvýšení obsahu rtuti a v menší míře i kadmia.

Boletus edulis (hřib smrkový) – hromadí se zde olovo, měď, kadmium, železo, mangan, zinek, atd. Jsou zde pozorovány vysoké obsahy olova.

Lepiota nuda (čirůvka fialová) – v této houbě je vysoká akumulace olova, je zde vyšší obsah rtuti, mědi, kadmia a olova.

Lepiota rhacodes (bedla červenající) – obsahuje vyšší obsah rtuti, mědi, kadmia, olova.

Psalliota campestris (žampion polní) – tyto houby obsahují největší podíl olova a kadmia

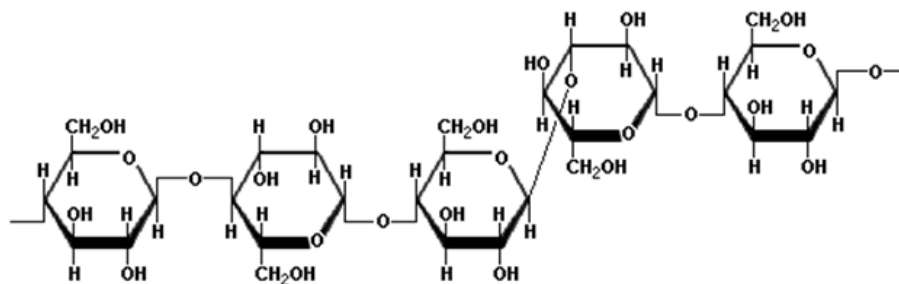
Pleurotus ostreatus (hlíva ústřicná) – vykazuje maximální příjem kadmia, minimální rtuti a zinku a žádný příjem olova.

Pleurotus sajor-Caju (hlíva spp.) – akumulace zinku je v této houbě maximální, zatímco obsah olovo a kadmia je menší.

Trichomola terreum (čirůvka zemní) – jsou zde těžké kovy jako olovo, kadmium, rtuť, měď, mangan, zinek, atd. [73]

5 BETA-GLUKANY

Beta-glukany se vyskytují v přírodě [74]. Jsou skupinou stavebních polysacharidů, řazených mezi hemi-celulosity. Stavební jednotkou je cyklická forma D-glukosy v prostorovém uspořádání označovaném beta. Tyto jednotky jsou vzájemně vázány glykosidickými vazbami označovanými v chemii sacharidů $1\rightarrow3$ a $1\rightarrow4$, u hub specificky $1\rightarrow3$ a $1\rightarrow6$ [26]. Beta-glukany se nacházejí v zanedbatelném množství v buněčných stěnách dvouděložných rostlin, ale ve větším množství jsou přítomny v buněčných stěnách některých obilovin [35]. Běžně se vyskytují v ovsu, ječmeni, pšenici. Dalšími zdroji jsou kvasinky, a některé houby [75]. Jedná se o nejhojnější polysacharidy vyskytující se vyšších houbách, ve zdravotně významném množství [76].



Obr. 11. Základní struktura beta-glukanů [77]

Beta-glukany jsou zčásti rozpustnou, částečně nerozpustnou vlákninou potravou. Čím více je v molekule vazeb, tím nižší je rozpustnost polymerů. Rozpustnost se zvyšuje s teplotou [35]. Rozpustnost ve vodě závisí na jejich struktuře, vazbě na bílkoviny, případně chitin a na teplotě [26]. Beta-glukany vázané na proteiny jsou nerozpustné [35].

Z vyšších hub byla izolována řada příbuzných vysokomolekulárních beta-glukanů lišících se chemickou stavbou a tím i zdravotními účinky. Pro glukany hub je charakteristické větvení řetězců $1\rightarrow6$. Podstata účinku spočívá v posílení imunity. Preparáty izolované z několika druhů pěstovaných hub se zejména v Japonsku a Číně klinicky ověřují jako podpurné látky při léčbě rakoviny. Preparáty se získávají jak z plodnic, tak z mycelia či substrátu, na kterém byla houba pěstována. Mohou mít případně i nežádoucí účinky [26].

5.1 Obsah beta-glukanů ve vyšších houbách

Obsah beta-glukanů v houbách se pohybuje v koncentraci 0,2–0,5 g/100 g sušiny [78].

Celkový obsah beta-glukanů ve 100 g sušiny zjištěný v pěstovaném žampionu dvouvýtrusném (*Agaricus bisporus*) byl jen kolem 20 mg, zatímco ve směsi sušených tzv. pravých hřibů vesměs v rozmezí 1 200–2 000 mg a v pěstované hlívě ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) kolem 1 600 mg. Po desetiminutovém grilování poklesl obsah beta-glukanů na průměrnou hodnotu 67 % u namáčených sušených hub a na 88 % u hub čerstvých a zmražených [26].

V rodě *Agaricus* (žampion) je množství beta-glukanů zanedbatelné. U rodu *Pleurotus ostreatus* (hlíva ústříčná) a *Boletus* (hřib) je obsah v rozmezí 139–666 mg/100 g [79]. Obsah beta-glukanů v plodnicích žampionů (*Agaricus*) v různém stádiu zralosti se zvyšuje se zráním plodnice. Obsah se zvýšil s 42 mg/g u nezralých fází plodnice. Na 43 mg/g ve stádiu zralosti s nezralými spórami, a snížil na 40 mg/g ve stádiu zralosti spor při zrání [80].

Tab. 6. Obsah beta-glukanů v jednotlivých druzích hub [80]

Druh		Obsah beta-glukanů v sušině hub (%)
Název česky	Název latinky	
Boltcovitka chlupatá	<i>Auricularia polytricha</i>	42,4-48,3
Trsnatec lupenitý	<i>Grifola frondosa</i>	42,8
Houževnatec jedlý	<i>Lentinus edodes</i>	38,6
Hřib smrkový	<i>Boletus edulis</i>	23,8-28,9
Smrž kuželovitý	<i>Morchella conica</i>	7,9

Biologická účinnost beta-glukanů je dána kromě konfigurace jejich molekuly, také vazbou na bílkoviny. Tyto komplexy mají mnohem vyšší efektivitu při posilování imunitního systému člověka [81]. Typickým příkladem je *Agaricus brasiliensis* (žampion mandlový), jehož bílkovinný komplex má zkratku ATOM. Houba je nově populární v USA a jižní Americe a setkáváme se s jejím rozšiřováním i do Evropy [82].

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce, bylo popsat taxonomii a anatomii vyšších hub. Zaměřila jsem se na chemické složení. Největší část byla věnována bílkovinám ve vyšších houbách. Popsala jsem obsah aminokyselin a bílkovin v jednotlivých druzích. Dále jsem se zabývala beta-glukany a těžkými kovy.

Houby tvoří z 86–94 % voda, zbytek připadá na sušinu. Mezi další látky patří sacharidy, bílkoviny, tuky, vitaminy a minerální látky. Nejdůležitější sacharidy jsou chitin, glukany, galaktany, mannany a rozpustné cukry. Tuků je zde malé množství. Jedná se o sloučeniny glycerolu a mastných kyselin. Vitaminy jsou zastoupeny v poměrně velkém množství. Jedná se o vitaminy skupiny B, C, D, E a K. Obsahují dostatek minerálních látek. Nejvíce je zde draslíku a fosforu, méně vápníku, železa a mědi.

Bílkoviny tvoří důležitou složku sušiny hub. Obsah dusíkatých látek se značně liší. Bílkovin je v sušině obsaženo 8–36 %. Jsou zde zastoupeny všechny esenciální aminokyseliny. Množství některých aminokyselin je nedostatečné. Ve velkém množství je obsažen alanin, arginin, glycin, histidin, kyselina glutamová, kyselina asparagová, prolin a serin. V čirůvce havelce (*Trichomola portentosum*) a čirůvce zemní (*Trichomola terrum*) jsou z aminokyselin obsaženy zejména kyselina glutamová a alanin. Nejnižší zastoupení bílkovin má liška obecná (*Cantharellus cibarius*). Na rozdíl od čirůvky májovky (*Calocybe gambosa*) a bedle útlé (*Lepiota prominens*), které mají naopak nejvyšší obsah.

Kromě výživově zajímavých bílkovin se v houbách vyskytují bílkoviny, které mají účinky výživově nepříznivé až toxické. Jejich škodlivost je potlačena řádnou tepelnou úpravou potravin, při níž dochází ke změnám v prostorovém upořádání bílkovin. Smrtelně jedovaté jsou cyklické peptidy muchomůrky zelené (*Amanita phalloides*), zatímco méně nebezpečné jsou cyklické peptidy pavučince plyšového (*Cortinarisu orellanus*). Toxicita těchto peptidů neklesá během skladování či tepelných úprav hub.

Některé houbové plodnice mají schopnost ze svého okolí přijímat nežádoucí látky, jedná se především o olovo, kadmium a rtuť. Obsah kovů v plodnicích je závislý na druhu a i na rodu houby. Menší roli mají velikost a stáří plodnice. Vysoké obsahy jsou zjišťovány v plodnicích ze silně znečištěných lokalit. Nepříznivá situace je v okolí hutí barevných kovů, ale také uvnitř velkých měst se silným spádem kontaminovaného prachu. Obsahy kadmia ve většině jedlých hub, které rostou, v čistých oblastech jsou nižší. Obsah těžkých

kovů je v zátěžových lokalitách 0,4–1,5 mg/kg sušiny. Nejvíce kadmia je obsaženo v muchomůrce červené (*Amanita muscaria*) dále pak v některých druzích žampionů. Množství rtuti je závislé na druhu. Bohaté na rtuť jsou rody *Tricholomataceae* (čirůvkovité), *Agaricaceae* (žampionovité) a *Lycoperdaceae* (pýchavkovité). Zvýšený obsah olova je především v houbách v blízkosti vozovek. Výrazně kumulujícími druhy jsou pýchavka obecná (*Lycoperdon hein*), bedla červenající (*Macrolepiota rhacodes*) a čirůvka fialová (*Lepista nuda*).

Beta-glukany jsou stavební polysacharidy. Nacházejí se v buněčných stěnách dvouděložných rostlin, ve větší míře jsou přítomny v buněčných stěnách některých obilovin. Dalšími zdroji jsou kvasinky. Jedná se o nejvíce se vyskytující polysacharid ve vyšších houbách ve zdravotně významném množství. Jsou zčásti rozpustnou, částečně nerozpustnou vlákninou potravou. Pro glukany hub je charakteristické větvení řetězců 1 → 6. Obsah beta-glukanů se pohybuje v plodnicích basidiomycet v koncentraci 0,2–0,5 g/100 g sušiny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠANTAVÝ, F. *Biochemie pro studující medicíny*. 1. vydání. Praha: Zdravotnické nakladatelství Avicenum, 1975. 672 s.
- [2] MURRAY, R. K. *Harperova biochemie*. 4. vydání. Praha: H & H, 2002. 872 s. ISBN 80-7319-013-3
- [3] ŠÍPAL, Z., et. al. *Biochemie*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1992. 480 s. ISBN 80-04-21736-2
- [4] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. 3. vydání. Havlíčkův Brod: Nakladatelství OSSIS, 2009. 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2
- [5] HOZA, I., KRAMŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. 1. vydání. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 168 s. ISBN 80-7318-295-5
- [6] ANONYM. *Předúprava vlny* [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z <<http://www.skolertextilu.cz/zus/index.php?page=11>>
- [7] VODRÁŽKA, Z., KRECHL, J. *Bioorganická chemie*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1991. 408 s. ISBN 80-00547-7
- [8] MAREČEK, A., HONZA, J. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. 1. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. 250 s. ISBN 80-7182-057-1
- [9] ANONYM. [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z <<http://cmgm.stanford.edu/biochem/biochem201/Slides/Protein%20Structure/Forming%20Peptide%20Bond.JPG>>
- [10] HOLEČEK, V. *Biochemie*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Avicenum, 1983. 302 s.
- [11] KOŠTÍŘ, J. *Biochemie známá i neznámá*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Avicenum, 1980. 381 s.
- [12] KOVÁŘ, L. *Praktický houbař*. 1. vydání. Praha: Dokořán, 2010. 174 s. ISBN 978 80-7363-298-4
- [13] SMOTLACHA, M., MALÝ, J. *Atlas tržních a jedovatých hub*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 272 s.

- [14] KOVÁŘ, L. *Břevír o houbách*. 1. vydání. Praha: OLYMPIA, 1999. 160 s. ISBN 80-7033-593-9
- [15] GARIBOVÁ, L. V., SVRČEK, M., BAIER, J. *Houby poznáváme, sbíráme, upravujeme*. 1. vydání. Praha: Lidové nakladatelství, 1989. 304 s.
- [16] KALINA, T., VÁŇA, J. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2005. 608 s. ISBN 80-246-1036-1
- [17] KIRK, P. M., CANNON, P. F., MINTER, D. W., STALPERS, J. A. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of fungi*. 9.ed. International Mycological Institute CAB International, Wallingford 2001
- [18] ERHART, J., PŘÍHODA, A., ERHARTOVÁ, M. *Houby ve fotografii*. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1977. 254 s.
- [19] KLÁN, J. *Co víme o houbách*. 1. vydání. Praha: SPN, 1989. 310 s. ISBN 80-04-21143-7
- [20] ANONYM. *Plíseň hlavičková* [online]. [cit. 2011-25-2]. Dostupný z <<http://ucivo.webnode.cz/album/houby-spajive-zygomycotina/plisen-hlavickova-jpg/>>
- [21] SMOTLACHA, M. *Kapesní atlas hub*. 1. vydání. Praha: OTTOVO nakladatelství, 2002. 304 s. ISBN 80-7181-675-2
- [22] ANTONÍN, V., HAGARA, L. *Velký atlas hub*. 1. vydání. Praha: OTTOVO nakladatelství, 2006. 432 s. ISBN 80-7360-334-9
- [23] SVRČEK, M. *Houby*. 4. vydání. Praha: Aventinum, 2002. 279 s. ISBN 80-7151-202-8
- [24] PŘÍHODA, A., URBAN, L. *Kapesní atlas hub 2 díl*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 255 s.
- [25] GERRIT, J. KEIZER. *Encyklopedie Houby*. 2. vydání. Česlice: Rebo Productions CZ, 2005. 288 s. ISBN 80-7234-479-X
- [26] KALAČ, P. *Houby víme, co jíme?* České Budějovice: DONA s. r. o., 2008. 114 s. ISBN 978-80-7322-112-6

- [27] SEMERDŽIEVA, M., VESELOVSKÝ, J. *Léčivé houby dříve a nyní*. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1986. 180 s.
- [28] ANONYM. *Chitosan* [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z: <<http://www.swicofil.com/products/055chitosan.html>>
- [29] VÁŇA, P. *Léčivé houby podle bylináře Pavla*. Praha: Eminent, 2003. 185 s. ISBN 80-7281-113-4
- [30] BIELLI, E. *Houby: obsáhlý rádce pro určování a sběr hub*. 1. vydání. Praha: 2001. 224 s. ISBN 80-242-0548-3
- [31] DVOŘÁK, D. *Kapesní atlas jedlých hub*. 1. vydání. Velké Bílovice: TeMi CZ, 2008. 202 s. ISBN 978-80-87156-08-7
- [32] BUREL, J. *Atlas hub*. 1. vydání. Praha: Columbus, 2007. 132 s. ISBN 978-80-7249-231-2
- [33] HAGARA, L. *Atlas hub*. 3. vydání. Martin: Neografia 1998. 461 s. ISBN 80-88892-09-0
- [34] ANONYM. *Houby* [online]. [cit. 2011-25-2]. Dostupný z <<http://www.vyukovematerialy.cz/biol/rocnik6/les2.htm>>
- [35] BERNAŠ, E., JAWORSKA, G., LISIEWSKA, J. Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Technological Aliment* 2006, 5 (1): 5-20
- [36] UZUN, Y., GENCCLEP, H., TUNCTURK, Y. Determination of Protein and Nitrogen Fractions of Wild Edible Mushrooms, *Asian Journal of Chemismy* 2009, 21(4): 2769-2776. ISSN 0970-7077
- [37] DEMBITSKY, V. M., TARENT'EV, A. O., LEVITSKY, D. O., Amino and Fatty Acids of Wild Mushrooms of the Genus Boletus. *Records of Natural Products* 2001, 4 (4): 218-223. ISSN 1307-6167
- [38] COLAK, A., FAIZ, Ö., SESLI, E. Nutritional Composition of Some Wild Edible Mushrooms. *Turkish Journal of Biochemistry* 2006, 34 (1): 25-31. ISSN 0250-4385

- [39] MANZI, P., MARCONI, S., AGUZZI, A., PIZZOFERRATO, L. Commercial mushrooms nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry* 2004, 84, (2): 201-206. ISSN 0308-8146
- [40] MDACHI, SJM., NKUNYA, MHH., NYIGO, VA., URASA, IT. Amino acids composition of some Tanzanian wild mushrooms. *Food Chemistry* 2004, 86 (2): 179-182. ISSN 0308-8146
- [41] BELUHAN, S., RANOGAJEC, A. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry* 2011, 124 (3): 1076-1082. ISSN 0308-8146
- [42] COLAK, A., FAIZ, O., SESLI, E. Nutritional Composition of Some Wild Edible Mushrooms. *Turkish Journal of Biochemistry* 2011, 34 (1): 25-31. ISSN 0250-4685
- [43] LEONGUZMAN, MF., SILVA, I., LOPEZ, MG. Proximate chemical composition, free amino acid contents, and free fatty acid contents of some wild edible mushrooms from Queretaro, Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1997, 45 (11): 4329-4332. ISSN 0021-8561
- [44] RIBEIRO, B., ANDRADE, PB., SILVA, BM., BAPTISTA, P., SEABRA, RM., VALENTAO, P. Comparative Study on Free Amino Acid Composition of Wild Edible Mushroom Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2008, 56 (22): 10973-10979. ISSN 0021-8561
- [45] ZAKIA, B., SRINIVASAN, K. S., SRIVASTAVA, H. C. Amino Acid Composition of the Protein from a Mushroom (*Pleurotus spp.*). *Central Food Technological Research Institute* 1963, 184-187.
- [46] LEPŠOVÁ, A. *Houby jako elixír života*. 2. přepracované a rozšířené vydání. Český Těšín: Víkend, 2005. 84 s. ISBN 80-7222-369-0
- [47] GINTEROVÁ, A. *Nitrogen fixation by higher fungi*. Bratislava: Biologia, 1973.
- [48] OYETAYO, FL., AKINDAHUNSI, AA., OYETAYO, VO. Chemical profile and amino acids composition of edible mushrooms *Pleurotus sajor-Caju*. *Biochemistry Department* 2007, 18 (4): 383-9.

- [49] ANONYM. *Žampiony* [online]. [cit. 2011-25-1]. Dostupný z <<http://www.bonduelle.cz/strana2.php?jmeno=zampiony>>.
- [50] VETTER, J. The amino acid composition of the edible *Russula* and *Agaricus* mushrooms species. *Lebensm Unters Forsch* 1993, 197 (4): 381-4.
- [51] MATILLA, P., SALO-VÄÄNÄNEN, P., KÖHKÖ, K., ARO, H., JALAVA, T. Basic Composition and Amino Acid Contents of Mushrooms Cultivated in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2002, 6419-6422. ISSN 0021-8561
- [52] OUZOUNI, PK., PETRIDIS, D., KOLLER, WD., RIGANAKOS, KA. Nutritional value and metal kontent of wild edible mushrooms college from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry* 2009, 115 (4): 1575-1580. ISSN 0308-8146
- [53] FOLARANMI, VA. Amino acids and trace minerals of free edible wild mushrooms from Nigeria. *Journal of Food Composition and Analysis* 1991, 4 (2): 167-174. ISSN 1996-0875
- [54] LUI, G., WANG, H., ZHOU, BH., GUO, XX., HU, XM. Compositional analysis and nutritional studies of *Trichomola matsukate* collected from Southwest China. *Journal of Medicinbal Plants Research* 2010, 4 (12): 1222-1227
- [55] EISENHUT, R., FRITZ, D., TIEFEL, P. Investigations on nutritionally valuace constituents (mineral, substances, amino-acids, aromatic substances) of *Hericium-erinaceus* (Bull, FR) pers. *Gartenbauwissenschaft* 1995, 60, (5): 212- 218. ISSN 0016-478X
- [56] DENELLE, E., EAKER, D. Amino-acid and total protein-content ot the edible mushrooms *cantharellus-cibarius*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1992, 60 (3): 337-333. ISSN 0022-5142
- [57] MIZUNO, T. Shiitake, *Lentinus edodes*: functional properties for medicinbal and food purposes. *Food Reveviews International* 1995, 11: 7-21. ISSN 8755-9129
- [58] STAMETS, P., CHILTON, J.S. The mushroom cultivator: a practical guide to growing mushrooms at home. *Agarikon Press*, 1983. 415 s. ISSN 8755-9129

- [59] ANONYM: [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z: <<http://course1.winona.edu/sberg/ChemStructures/phalloidin.gif>>
- [60] PATOČKA, J. *Pozor na muchomůrku tygrovanou!* [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z: <<http://www.toxicology.cz/modules.php?name=AvantGo&file=print&6>>
- [61] CIBULKA, J. Cizorodé prvky v houbách: Jíst či nejíst? Obsah kadmia, olova, rtuti a cezia 137. *Vesmír*. 1984, 75 (7)
- [62] CHEN, XH; ZHOU, HB; GLU, GZ. Analysis of Several Heavy Metals in Wild Edible Mushrooms from Region of China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2009, 83 (2): 280-285. ISSN 0007-4861
- [63] KALAČ, P. A review of edible mushroom radioactivity. *Food Chemistry* 2001, 75 (1) : 29-35. ISSN 0308-8146
- [64] KALAČ, P., SVOBODA, L. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry* 1991, 69 (3): 273-281. ISSN 0048-9697
- [65] KALAČ, P., BURDA, J., STAŠOVÁ, I. Concentrations of lead, kadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter. *Sci Total Environ* 1991, 105: 109-119. ISSN 0048-9697
- [66] LAUB, E., WALIGORSKI, F., WOLLER, R., LICHTENTHAL, H., Cadmium uptake by mushrooms. *Lebensm Unters Forsch* 1977, 164 (4): 269-71. ISSN 0044-3026
- [67] SEEGER, R. Mercury Content of mushrooms. *Lebensm Unters Forsch* 1976, 160 (3): 303-12. ISSN 0044-3026
- [68] COCCHI, L., VESCOVI, L., PETRINI, LE., PETRINI, O., Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry* 2006, 98 (2): 277-284. ISSN 0308-8146
- [69] MEILEWSKA, D., STEFÁNSKA, A., WENTA, J., MAZUR, M., BIELAWSKI, L., DANISIEWICZ, D., DRYZOŁOWSKA, A., FALANDYSZ, J. Mercury in free species of *Suillus* mushroom from some site in Poland. *Roz Panstw Zakl Hig* 2008, 59 (2): 147-53.

- [70] GRAY, SN. Fungi as a potential bioremedeation agents in soil contaminated with heavy or radioactive metals. *Biochem. Soc. Transact* 1998, 26: 666-670. ISSN 0300-5127
- [71] LIUKHOONEN-LILJA, H., KUCESI, T., LAAHISOVIRTA, K., LODENIUS, M., PIEPPONEN, S. The effect of lead processing wort on the lead, kadmium and mercury contents of fungi. *Lebensm Unters Forsch* 1986, 176: 120-123
- [72] MLANJANA, D. Těžké kovy biosorpce houbami. *Indický technologický institut* 2005
- [73] AKRAMINE, D., KONDROTAS, A., DIDZIAPETRIENE, J., KEVELAITIS, E. Effect of beta-glucans on the imine system. *Medicina-eithuamia* 2007, 43 (8): 597-606
- [74] OLSON, L. Beta Glucan Cure for Fungus. *Show Contributor Updated* 2010
- [75] RUIZ-HERRERA, J. Biosynthesis of beta-glucans in fungi. *Anatomie Van Leeuwenhoek* 1991, 60 (20): 72-81
- [76] MANZI, P., PIZZOFERRATO, L. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry* 2010, 68 (3): 315-318. ISSN 0308-8146
- [77] ANONYM: *Carbohydrates – Chemical Structure* [online]. [cit. 2011-5-4]. Dostupný z: <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>>
- [78] MANZI, P., AGUZZI, A., PIZZOFERRATO, L. *Nutritional* value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food chemistry* 2001, 73 (3): 321-325. ISSN 0308-8146
- [79] CAMELINI, CM., MARASCHIN, M., DE MENDONCA, MM., ZUCCO, C., FERREIRA, AG., TAVARES, LA. Structural characterization of beta-glucans of *Agaricus brasiliensis* in different stages of fruiting body maturity and their use in nutraceutical product. *Biotechnology Letters* 2005, 27 (17): 1 295-1 299. ISSN 0141-5492
- [80] ANONYM, Mushroom and yeast beta-glucan, *Assay produce – K-ybgl* 2009
- [81] PURVES, W., SADAVA, S., ORIAN, G.H., HELLER, H.C. Life. *The Science of Biology* 2004: 1 121

- [82] ROP, O., MLČEK, J., JURIKOVA, T. Beta-glucans in higher fungi and their health effects. *Nutrition Reviews* 2009, 67 (11): 624-631. ISSN 0029-6643

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Obecný vzorec aminokyselin [6]</i>	11
<i>Obr. 2. Vznik peptidové vazby [9]</i>	14
<i>Obr. 3. Struktury proteinů [5]</i>	18
<i>Obr. 4. Plíseň hlavičková (Mucor mucedo) [20]</i>	21
<i>Obr. 5. Lanýž letní (Tuber aktivum), Smrž jedlý (Morchella vulgaris) [22]</i>	22
<i>Obr. 6. Liška obecná (Cantharellus cibarius), Pýchavka dlabaná (Calvati utrififormis), hřib broznový (Boletus aereus) [23, 21, 26]</i>	23
<i>Obr. 7. Chemická struktura chitinu [28]</i>	24
<i>Obr. 8. Nákres plodnice hub [34]</i>	28
<i>Obr. 9. Chemický vzorec faloidinu [59]</i>	37
<i>Obr. 10. Chemický vzorek ibotenové kyseliny [60]</i>	37
<i>Obr. 11. Základní struktura beta-glukanů [77]</i>	44

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Obsah dusíkatých látek v různých druzích hub [37].....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 2. Obsah dusíkatých látek v některých druzích jedlých hub [26]</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 3. Obsah dusíku a bílkovin v některých druzích hub [38]</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 4. Zastoupení esenciálních aminokyselin (% z celkového obsahu aminokyselin) v některých druzích jedlých hub [26].....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 5. Aminokyselinové složení vybraných druhů čerstvých jedlých hub [35].....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 6. Obsah beta-glukanů v jednotlivých druzích hub [80].....</i>	<i>45</i>