

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

CHEMICKÉ SLOŽENÍ JEDLÝCH HUB

AUTOR PRÁCE:

Jakub Strmeň

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Blanka Beňová, Ph.D.

**UNIVERSITY OF PARDUBICE
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

CHEMICAL COMPOSITION OF EDIBLE MUSHROOMS

AUTOR PRÁCE:

Jakub Strmeň

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Blanka Beňová, Ph.D.

Zadání

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které byly v práci použity, jsou uvedeny v seznamu literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odstavce prvního autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18. 6. 2012

Jakub Strmeň

Děkuji vedoucí mé bakalářské práce Ing. Blance Beňové, Ph.D. za vstřícné a odborné vedení, rady a připomínky k tématu. Děkuji, celé své rodině, za umožnění studia na Univerzitě Pardubice a děkuji svým přátelům za jejich podporu.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá chemickým složením některých oblíbených jedlých hub v České republice, rozdíly ve složení mezi různými druhy a metodami stanovení jednotlivých látek.

Bakalářská práce obsahuje výčet několika oblíbených jedlých hub v České republice. Zabývá se charakteristikou a energetickou hodnotou hub a především složením plodnic hub, které je popsáno spolu s možnými metodami stanovení. Hlavní popsané složky jsou tuky, bílkoviny, sacharidy, dále vitamíny, minerální a antioxidační látky.

Klíčová slova: jedlé houby, nutriční hodnota, chemické složení, hřib, hlíva

ANOTATION

This bachelor thesis deals with the chemical composition of some favourite edible mushrooms in the Czech Republic, differences in composition between different species and methods of determination of individual substances.

Bachelor thesis contains a list of several popular edible mushrooms in the Czech Republic. It deals with characteristics and energetic value and particularly composition of fungal fruiting bodies of mushrooms, which is described along with possible methods of determination. The main described components are fats, proteins, and carbohydrates, as well as vitamins, mineral and antioxidant substances.

Keywords: edible mushrooms, nutritional value, chemical composition, boletus, oyster mushroom

OBSAH

1. Úvod	10
2. Charakteristika hub.....	11
3. Výčet jedlých hub oblíbených v České republice	14
3.1. Hřib smrkový (<i>Boletus edulis</i>)	14
3.2. Bedla vysoká (<i>Masrolepiota procera</i>)	14
3.4. Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	16
3.5. Liška obecná (<i>Cantharellus cibarius</i>)	16
3.6. Babka, suchohřib žlutomasý (<i>Xerocomus chrysenteron</i>).....	17
3.7. Klouzek modřínový (<i>Suillus grevillei</i>)	18
3.8. Kozák žlutoporý neboli masák (<i>Leccinum nigrescens</i>)	18
3.9. Václavka (<i>Armillariella mellea</i>).....	19
4. Nutriční hodnota hub.....	20
5. Chemické složení hub	21
5.1. Voda a sušina.....	22
5.2. Tuky	22
5.2.1. Mastné kyseliny	23
5.2.2. Stanovení tuků	24
5.3. Bílkoviny	26
5.3.1. Stanovení bílkovin.....	26
5.4. Aminokyseliny	27
5.4.1. Stanovení aminokyselin.....	27
5.5. Sacharidy	28
5.5.1. Stanovení sacharidů	31
5.6. Vitamíny	31
5.6.1. Stanovení vitamínů	32
5.7. Minerální látky	32
5.7.1. Stanovení minerálních látek	34
5.8. Antioxidanty	34

5.8.1. Fenolické látky	34
5.8.2. Stanovení fenolických látek.....	35
6. Závěr.....	36
7. Literatura	37

1. Úvod

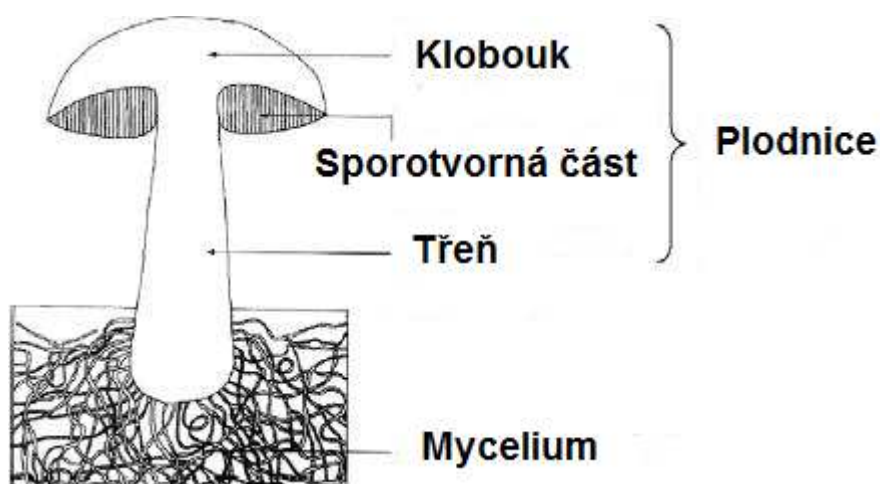
Houby jsou velmi zajímavou potravinou, která je hojně využívána již několik stovek let. Již staří Římané a Řekové považovali houby za delikatesu a přidávali je pod maso a ryby pro zlepšení chuti. Tehdy byla hlavně využívána muchomůrka císařka, hřib smrkový a lanýže. Pěstování hub a tedy s tím spojené využívání hub ve větší míře, má v Číně tradici již 800 let. Z Japonska pochází zprávy o pěstování hub staré dvě tisíciletí. V asijských zemích je nejoblíbenější houbou houževnatec jedlý, který je známý spíše pod názvem "šii-take". Ze 17. století pochází zmínky o prvních evropských pěstitelích žampionů. První pěstitelé těchto výborných hub pocházeli z Francie. Poté se přidali pěstitelé z Anglie a v 19. století po občanské válce i z Ameriky. Ve střední a východní Evropě je sbírání hub velmi populární, např. v Polsku, v německých zemích, ve Francii a také v Rusku. V České republice je sbírání hub také velmi oblíbené. V průměru každý Čech spotřebuje 1,8 kg za rok. Někteří jedinci dokáží ovšem zkonzumovat i 10 kg hub za rok. [1,2]

Houby lze z potravinářského hlediska přirovnat spíše k zelenině, než k masu, a to díky podobnému obsahu vody. Většina hub jí obsahuje přibližně 80%. Narozdíl od zeleniny však houby obsahují mnohem větší množství bílkovin, sacharidů a tuků, které jsou zdrojem energie. Houby dále obsahují látky, které nemohou být zdrojem energie, ovlivňují fungování organismu a jsou zodpovědné za specifickou chuť a vůni. V houbách jsou obsaženy různé vitamíny, například vitamín B₁, B₂, B₃, B₁₂, D, E, C, fenolické sloučeniny, látky které mají antioxidační účinky, tedy vlastnost vychytávat volné radikály a zamezovat tím jejich škodlivým účinkům a další látky. [3,4]

2. Charakteristika hub

Když se řekne houby (latinsky fungi) většina lidí si představí právě ty, které rostou v lese, které určitě každý Čech už jednou sbíral. K houbám se ale řadí i další miniaturní a mikroskopické, jako jsou kvasinky (využívané v pivovarnictví, vinařství a při kynutí těsta), rzi, sněti a plísňe. Houby mohou být původci některých onemocnění, ale je také možné z hub získat antibiotika, která jsou nepostradatelná při léčbě infekčních nemocí. Věda zabývající se houbami se nazývá mykologie (z řeckého mykés = houba, logia = věda, učení o něčem). Houby tvoří samostatnou říši vedle rostlin a živočichů. Jsou to eukaryotní, stélkaté, jedno- a mnohobuněčné organismy. Na světě existuje kolem 300 tisíc druhů hub, které dělíme na mikromycety, které mají mikroskopické rozměry, a na makromycety, které tvoří okem postřehnutelné plodnice a podhoubí. Do této kategorie se řadí houby stopkovýtrusé a vřeckovýtrusé. Právě makromycety a jejich složením se zabývá tato práce. [1,5,6]

Houby se skládají ze dvou hlavních částí, nadzemní část se nazývá plodnice, kterou můžeme ještě rozdělit na klobouk a třeň (obr. č. 1). Ve spodní části klobouku je sporotvorná část, díky které se houba může rozmnožovat. Pod substrátem (půda, dřevo) se nachází mycelium, které je pro houby velmi důležité pro různé životní funkce. Vše je znázorněno na obrázku číslo 1. [7]



Obr. 1: Náčrt hlavních částí těla houby

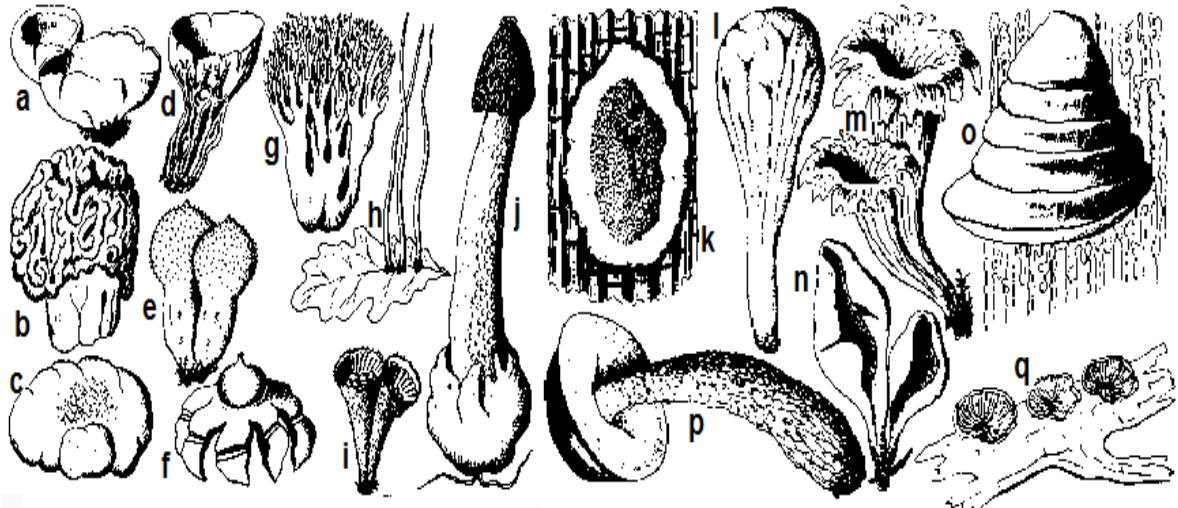
Stélka (thalus) hub má oproti rostlinám jednoduchou stavbu, není rozdělena na jednotlivá pletiva, tvořící kořeny, stonek a listy. Může být jednobuněčná, o velikosti několik mikrometrů jako je tomu u kvasinek, nebo mnohobuněčná, která dorůstá délky až několika metrů. Většina hub tvoří větvená vlákna, zvaná hyfy. Tato vlákna jsou přehrádkovaná, jsou mnohobuněčné a uvnitř buněk je jádro. Některé primitivní skupiny hub nemají septa, jsou jednobuněčné. Hyfa roste vrcholovým růstem, tzn. jádro v koncové buňce se prostým dělením (mitoticky) rozdělí a začne se tvořit přehradka, která buňku rozdělí na dvě a celý proces se může opakovat. V případě postranních vláken hyfy probíhá růst stejně. [1]

Hyfy dělíme na část vegetativní (podhoubí = mycelium) a část nesoucí rozmnožovací orgány (plodnice). Houby se mohou rozmnožovat pohlavní nebo nepohlavní cestou pomocí výtrusů (spor), které mohou být jednobuněčné nebo vícebuněčné. Spory za vhodných podmínek nabobtnají a vytvoří jemná myceliová vlákna. [1,5]

Plodnice hub jsou morfologicky odlišné části houbové stélky. Každá plodnice je tvořena vzájemně těsně propletenými hyfami. Mohou být malé, sotva postřehnutelné okem, o velikosti desetin milimetru, nebo naopak dosahovat hmotnosti až několika kilogramů. Byly nalezeny pohárkovité plodnice jihoamerického druhu *Geopyxis cacabus* vysoké jeden metr a v průměru 50 cm. Byly nalezeny trsy plodnic choroše šupinatého, rostoucího i u nás, o průměru 2 m s váhou přes 30 kg. Asi největší plodnice byla nalezena v USA. Choroš (*Oxyporus nobilissimus*) o hmotnosti 136 kg. V českých zemích také najdeme rekordmany blížící se svojí vahou k 20 kg. Většinou se jedná o houby nejedlé, ale i některé hříby mohou dorůstat úctyhodných rozměrů. Největší nalezená plodnice hříbu smrkového měla průměr klobouku 45 cm a hmotnost ke třem kilogramům. [1,5]

Nejdůležitější část plodnice, ve které vznikají spory, se nazývá hymenium. U vřeckovýtrusých hub vznikají výtrusy buď v uzavřených kulových, nebo v lahvicovitých útvarech. U stopkovýtrusých hub se tvoří výtrusy buď v rourkách u hřibovitých, nebo na lupenech u lupenatých. Plodnice kloboukových hub se skládají z třeně (stipes) a klobouku (pileus). Třeň nemusí být vždy centrální, ale může být excentrický, nebo postranní jako u hlív. Většina druhů má třeň pevně přirostlý ke klobouku. Povrch může být taky velice rozmanitý, od jemného až po tvrdou krustu chorošů. Buňky na povrchu mohou tvořit různé barevné pigmenty, mohou vylučovat slizové látky (klukuronidy, pentózy), lepkavou hmotu nebo pryskyřice. Celkové tvary plodnic jsou velmi rozmanité, některé jsou

znázorněny na obrázku číslo 2. Kromě tvarově poměrně jednoduchých plodnic hub lupenatých a rourkatých, může být tvar plodnice miskovitý, ostnitý, kyjovitý, keříčkovitě větvený, nálevkovitý nebo může být různě zprohýbaný do důlků nebo svým tvarem připomínat mozek. Plodnice některých hub nemusí ani růst na povrchu, ale v zemi, jako je tomu například u lanýžů. [1,5]



Obr. 2: Různé tvary plodnic vyšších hub - a) miskovitý, b) laločnatý, c) hlízovitý, d) kalichovitý, e) hruškovitý, f) hvězdicovitý, g) keříčkovitý, h) niťovitý, i) pohárkovitý, j) hadovkovitý, k) rozlité, l) kyjovitý, m)kornoutkovitý, n)ouškatý, o) kopytovitý, p) kloboukovitý, q) škeblovitý
převzato z: http://www.nahuby.sk/clanok.php?clanok_id=8 (17. 6. 2012)

3. Výčet jedlých hub oblíbených v České republice

Nejznámější a nejkrásnější houbou v České republice jsou bezpochyby hříby, v čele s hřibem smrkovým. Dalšími velmi oblíbenými houbami jsou bedly, hlívy, žampióny, lišky, křemenáče, kozáky a spousta dalších.

3.1. Hřib smrkový (*Boletus edulis*)

Tento hřib vyobrazený na obr. č. 3, je u nás nejhojnější, roste na podzim, hlavně v srpnu a v září ve smrkových lesích, ale je možné ho nalézt i pod duby a buky. Velikost klobouku se pohybuje v širokém rozmezí od 5 do 25 cm. Bývá zbarvený do různých odstínů hnědé a v mládí bývá kolem klobouku patrná bílá linka. Třeň je málo zbarvený, často skoro bílý, ve spodní části značně tlustý, až kyjovitý a je v horní polovině ozdobený síťkou s protáhlými oky. [8,9]



Obr. 3: Hřib smrkový

převzato z: <http://www.nature-photogallery.eu/cz/foto/2242-hrib-smrkovy/?puvod=237>

(11. 6. 2012)

3.2. Bedla vysoká (*Masrolepiota procera*)

Bedla (obr. č. 4) se nejčastěji vyskytuje ve skupinách na pasekách a ve světlých lesích na travnatých místech. Tato houba je rozšířená po celém mírném pásmu severní polokoule, ale nalezneme ji i v Austrálii, v Africe i v Indii. Bedla roste nejvíce v září, ale vyskytuje se od července a někdy až do listopadu. Plodnice a především klobouk se během vývoje hodně mění, v mládí je vejčitý, zbarvený hnědě a málo rozpraskaný. Zvětšováním klobouku povrch praská a vznikají šupinky uspořádané jako tašky na střeše. Dospělý

klobouk, který má v průměru 10 až 30 cm, je skoro plochý a uprostřed je ozdoben tupým hrbolem. Třeň může být až 40 cm vysoký, který je štíhlý a ve spodní části rozšířený v téměř kulovitou hlízu. V hořejší části nese třeň pohyblivý prstenec. [8]



Obr. 4: Bedla vysoká

převzato z: http://www.foragingguide.com/mushrooms/Parasol_Mushroom.html

(11. 6. 2012)

3.3. Žampión dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*)

V přírodě se žampión (obr. č. 5) vyskytuje na hnojených půdách nebo hromadách zetlelé organické hmoty. Plodnice nalézáme spíše v pozdním létě, od července do září. Tvoří poměrně malé plodnice, které jsou z počátku vypouklé a později ploché s průměrem 5 až 10 cm. Barva přechází od bílé, přes krémovou až po světle hnědou. Povrch klobouku je suchý a třeň je asi 10 až 15 mm silný, válcovitý a dlouhý 30 až 50 mm. [6,8]



Obr. 5: Pečárka polní (Žampion polní)

převzato z: http://www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus_bisporus.html (11. 6. 2012)

3.4. Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)

Hlíva (obr. č. 6) roste po celém světě, od tropů přes mírný pás, kde se jí daří velmi, až po polární kruh. Roste na živých i na odumřelých listnatých stromech, zřídka na smrkových. Plodnice se objevují na podzim, nejčastěji od října do listopadu. Na horách v chladnějších polohách ji můžeme najít i v létě. Hlíva ústříčná vytváří trsy podél poranění stromu. Klobouky o rozměrech 5 - 15 cm jsou uspořádané střechovitě nad sebou nebo rostou samostatně na kmenech a pařezech. Povrch je hladký nebo jemně vláknitý. Pro hlívu ústříčnou je typická šedohnědá barva, ale existují i formy, které se barevně liší, žlutohnědé nebo rezavé až tmavě hnědé (u formy *salignus*), šedomodré až šedo zelené (u formy *columbinus*). [2,6,8]



Obr. 6: Hlíva ústříčná

převzato z: http://www.terezia.eu/cz/produkt/hлива_ustřicna_v_kapslich (11. 6. 2012)

3.5. Liška obecná (*Cantharellus cibarius*)

Liška roste hojně v lesích jehličnatých, v malém množství se může vyskytnout i v lesích listnatých. Můžeme ji sbírat v létě a na podzim v celém mírném pásu severní polokoule a také se nalézá v Austrálii. Lišky tvoří menší plodnice, klobouk má rozměry od 1 do 7 cm v průměru. Většinou jsou žluté a mají typický tvar, jak je vidět na obrázku č. 7. [8]



Obr. 7: Liška obecná

převzato z: <http://kudlufotoatlashub.blog.cz/1002/liska-obecna-cantharellus-cibarius>

(11. 6. 2012)

3.6. Babka, suchohřib žlutomasý (*Xerocomus chrysenteron*)

Babky (obr. č. 8) rostou velmi hojně, začínají už v létě a rostou i na podzim ve všech lesích, ale nejvíce v jehličnanech. Roste jak v Evropě, v Asii, v severní Americe, tak i v Austrálii. Jsou to malé houby s kloboukem o průměru do 7 cm, který je v mládí hladký tmavohnědý a polokulovitě klenutý. Později je světle hnědý na povrchu políčkovitě popraskaný, klobouky po otlacení špinavě zelenají. Třeň je tenký kolem 15 mm, žlutý až žlutohnědý a obyčejně v horní polovině načervenalý. Na řezu se zbarvuje do modra. [8]



Obr. 8: Babka, suchohřib žlutomasý

převzato z: <http://www.orchis.webzdarma.cz/Boletales1/Boletales1.htm> (19. 6. 2012)

3.7. Klouzek modřínový (*Suillus grevillei*)

Roste jedině pod modříný, a to ve vzdálenosti od kmene, kam až sahají v zemi kořeny. Tato houba žije se stromem v symbióze. Roste od začátku léta až do podzimu. Klobouk má v průměru 4 až 15 cm, je zlatožlutý nebo oranžově žlutohnědý, v mládí skoro kulatý spojen se třeněm nažloutlým závojem. Ve stáří bývá klobouk dosti oslizlý a závoj často ztrácí. Rourky jsou nažloutlé, otlacením hnědnou. Třeň je dlouhý až 12 cm a 2,5 cm tlustý, válcovitého tvaru, zbarvený dožluta až do zlatohněda. Na řezu špinavě nahnědlý. [8]



Obr. 9: Klouzek modřínový

převzato z: <http://fotka.atlasrostlin.cz/klouzek-modrinovy/fotky-pridane-uzivateli-1882>

(19. 6. 2012)

3.8. Kozák žlutoporý neboli masák (*Leccinum nigrescens*)

Kozáky se hlavně nacházejí v dubinách na vápenitých půdách v teplejších krajinách (např. v Polabí), a proto se vyskytuje od začátku léta až do září. Klobouk má v průměru 5 až 20 cm v mládí je bledě olivově žlutý a postupem času tmavne do špinavě hnědé. V dospělosti je povrch klobouku často políčkovitě rozpukaný. Rourky ve spodu klobouku jsou citrónově žluté, otlacením hnědnou a dosti dlouhé. Třeň je citrónově žlutavý, později světlá a je špinavý, dosahuje délky až 20 cm v průměru až 2 cm silný. V horní části je podélně rýhovaný a dole je vřetenitě zakončen. Na řezu je červenající, pak černající s namodralým nádechem. [8]



Obr. 10: Kozák žlutoporý

převzato z: <http://www.flickr.com/photos/jrpix4u/5792437344> (19. 6. 2012)

3.9. Václavka (*Armillariella mellea*)

Plodnice se obvykle vyskytují v trsech. Rostou i jednotlivě na pařezech a kořenech jehličnatých i listnatých stromů. Roste v celém mírném pásu severní polokoule a v Austrálii. Její podhoubí rozkládá vnitřní jádrové dřevo a velice škodí lesům. Podhoubí při bujném růstu v noci světélkuje. Plodnice narůstají pozdě na podzim, koncem září a v říjnu. Klobouk má v průměru 4 až 15 cm. Je medově hnědý a hustě pokrytý černohnědými šupinkami. Klobouk je v mládí spojen s třenem prstenem, který zakrývá lupeny. Třeň je 5 až 12 cm dlouhý, válcovitý, ve spodu trochu ztlustělý. [8]



Obr. 11: Václavka

převzato z: <http://www.flickrriver.com/photos/dougwaynelett/2958853413/>

(11. 6. 2012)

4. Nutriční hodnota hub

Protože houby obsahují velké množství vody a také značné množství enzymů (proteázy, oxidázy), jejich plodnice nemají dlouhou životnost. Velmi rychle podléhají zkáze, čerstvé vydrží jeden až tři dny. Proto je výhodné houby hned zpracovat, nebo je po úpravě skladovat. Zdaleka nejrozšířenějším druhem úpravy hub pro skladování je jejich nakrájení a sušení vzduchem na sítích nebo na papíře. Kromě toho se houby hluboce zamrazují, což také zvyšuje jejich stabilitu při skladování. Další metodou je konzervování hub do různých solných, sladkokyselých a octových nálevů nebo můžeme houby sterilovat v tuku či ve vlastní šťávě. [10,11]

Výživová hodnota hub není velká. Sušina tvoří přibližně 10 - 20 % hmotnosti. Některé druhy mají větší výživovou hodnotu, ale záleží také na tom, zda se jedná o houby sušené, konzervované, mražené nebo jestli byly houby nějak tepelně upravené. Například žampion dvouvýtrusý, čerstvé, nijak tepelně upravované plodnice mají hodnotu energie 129 kJ na 100 g váhy. Uvařením čerstvých žampionů se část vody odstraní a tím se zvýší energetická hodnota na 167 kJ. Co se týká konzervovaných nebo mražených hub, jejich hodnota je málo nižší 94 - 115 kJ. Platí, že pokud houbu ještě povaříme, snížíme tím její obsah vody, a tím zvýšíme energetickou hodnotu. O něco výživnější jsou hříby, jejich výživová hodnota se pohybuje od 200 kJ do 300 kJ na 100 g. [10,12]

Nejčastěji se výživová hodnota určí stanovením obsahu jednotlivých složek (bílkoviny, sacharidy, tuky) a poté se podle jednoduchých níže uvedených rovnic vypočte energie v kJ nebo v kcal. Většinou se postupuje tak, že se stanoví hmotnost bílkovin, tuků a popelovin a hmotnost sacharidů je zbytek do 100%. [12]

$$\text{Energie(kcal)} = 4 \cdot (g \text{ _b\u00edlkoviny} + g \text{ _sacharidy}) + 9 \cdot (g \text{ _tuky});$$

$$\text{Energie(kJ)} = 17 \cdot (g \text{ _b\u00edlkoviny} + g \text{ _sacharidy}) + 37 \cdot (g \text{ _tuky})$$

5. Chemické složení hub

V dalších kapitolách jsou podrobněji rozebrány látky podílející se na složení některých jedlých hub, porovnány rozdíly mezi nimi a popsány metody stanovení těchto látek. Jak je uvedeno v tabulce č. 1, sušina hub obecně obsahuje 20 až 40 % bílkovin, ještě vyšší obsah mají žampiony a lišky. Tuků je v sušině obsaženo malé množství, většinou do 10 %, ale muchomůrka načervenalá obsahuje i více jak 25 % tuků a například pýchavka obecná téměř žádný tuk 0,4 %. Sacharidy mají hlavní podíl na složení sušiny, většina hub jich obsahuje od 50 do 75 % hmotnosti sušiny. Malý podíl sacharidů mají václavky, obsahující pod 20 % sacharidů v sušině. [7]

Tabulka 1: Složení sušiny některých jedlých hub v %.

český název	latinský název	bílkoviny	tuky	sacharidy	popeloviny
Hřib smrkový	<i>Boletus edulis</i>	26,5	2,8	65,4	5,3
Bedla vysoká	<i>Macrolepiota procera</i>	23,9	2,3	68,4	5,4
Pečárka ovčí, Žampion	<i>Agaricus arvensis</i>	56,3	2,7	37,5	3,5
Klouzek zrnitý	<i>Suillus granulatus</i>	16,5	4,0	74,3	5,2
Liška obecná	<i>Cantharellus cibarius</i>	53,7	2,9	31,9	11,5
Václavka	<i>Armillariella mellea</i>	21,9	1,8	16,4	-
Čirůvka zemní	<i>Tricholoma terreum</i>	20,1	6,6	61,2	12,1
Kuřátka jarmuzová	<i>Romaria botrytis</i>	39,0	1,4	50,8	8,8
Muchomůrka načervenalá	<i>Amanita rubescens</i>	31,9	27,5	30,6	10,0
Pýchavka obecná	<i>Lycoperdon perlatum</i>	17,2	0,4	50,4	32,0
Rudočechratka fialová	<i>Lepista nuda</i>	44,2	9,0	41,4	5,4
Ryzec pravý	<i>Lactarius deliciosus</i>	29,8	2,2	62,9	5,1
Šedivka	<i>Tricholoma portentosum</i>	19,6	5,8	64,7	9,9

5.1. Voda a sušina

Voda a vzdušná vlhkost je pro houbové buňky nezbytná. Nejen, že z vody přijímají molekulární kyslík pro některé oxidační děje, ale je důležitá i pro transport živin, který nelze uskutečnit jinak. Vodu v buňkách můžeme rozdělit na vázanou a volnou. [1]

Vázaná voda tvoří asi 10 %. Menší část vody je vázaná vodíkovými můstky na bílkoviny, nebo polysacharidy. Volná voda tvoří reakční prostředí pro většinu biochemických a chemických procesů. Je nezbytná pro difúzi živin a enzymů a také pro regulaci teploty, díky vysoké měrné tepelné kapacitě ($c_{\text{voda}} = 4200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$).

Tak vysoké množství vody, respektive aktivita vody, v plodnicích ovlivňuje organoleptické vlastnosti, především pak texturu. Obsah vody velmi závisí na okolních podmínkách (teplota, vlhkost) a na stáří plodnice a také se liší u různých druhů hub. Například hřib smrkový (*Boletus edulis*) 66,9 %, václavka (*Armillariella mellea*) 77,7 %. Zbytek tvoří sušina, obvykle se pohybuje v rozmezí od 60 do 140 g/kg. Při tepelných úpravách se podíl sušiny zvyšuje, protože se z houby uvolňuje voda. Sušené houby mají schopnost snadno vázat a udržovat vzdušnou vlhkost. Pokud chceme stanovit obsah sušiny, použijeme sušárnu rozehrátou na 105°C a sušíme do konstantní hmotnosti. [1,7,13-15]

5.2. Tuky

Lipidy neboli tuky jsou u hub zastoupeny v poměrně malém množství. Jedná se o sloučeniny glycerolu a mastných kyselin. Obsah nenasycených mastných kyselin (například kyseliny linolové, olejové) je téměř u všech druhů hub vyšší než obsah nasycených mastných kyselin. Koncentrace nenasycených mastných kyselin se pohybuje od 52 do 87 % z celkového obsahu mastných kyselin. Většina tuků je obsažena ve funkčních strukturách a také jsou rozptýleny ve vakuolách ve formě kapiček (triglyceridy) nebo krystalků (ergosteroly). Tuky mohou sloužit i jako zásobárna energie. Obsah tuků se pohybuje od dvou do šesti procent sušiny. Důležité jsou fosfolipidy, kde je alkoholová skupina glycerolu nahrazena esterifikovanou kyselinou fosforečnou. Tyto sloučeniny jsou velice důležité pro tvorbu semipermeabilních buněčných membrán. Lipidy patří k významným výživovým látkám potravin. Některé druhy hub neobsahují téměř žádné tuky - pýchavka obecná 0,4 %, ale najdou se i takové, které obsahují velké množství tuků, například muchomůrka narůžovělá

27,5 %, což je třikrát až desetkrát více než u dalších druhů jako jsou hříby, lišky nebo bedly. [1,7,16]

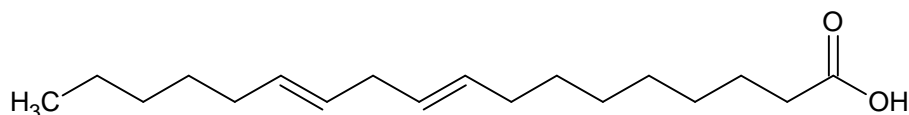
5.2.1. Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou nejdůležitější složkou lipidů. Jako mastné kyseliny označujeme karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Mastné kyseliny dělíme do tří skupin. Nasycené mastné kyseliny, nenasycené s jednou dvojnou vazbou a polyenové nenasycené (obsahují více než jednu dvojnou vazbu). V houbách nalezneme poměrně velké množství pro výživu člověka velmi důležitých nenasycených mastných kyselin, především kyselinu linolovou a olejovou, další mastné kyseliny jsou obsaženy v poměrně zanedbatelných koncentracích. Esenciální mastné kyseliny mají vliv na rozmnožování a stavbu nervových tkání. [16-19]

Nedostatek se projeví na kůži (ekzemy, šupinatá kůže), poruchami rozmnožování nebo zvýšení náchylnosti k infekcím. Skupinou vědců ze Slovenska bylo dokázáno (Bobek a kol. 1991), že hlíva ústříčná brání rozvoji aterosklerózy, protože pomáhá snižovat hladinu cholesterolu v krvi. [2]

- **Kyselina linolová**

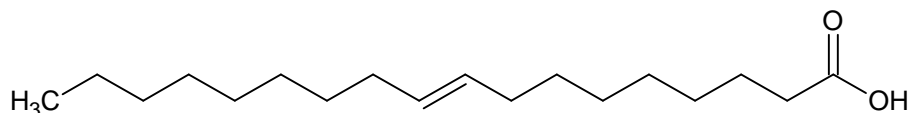
Je to esenciální nenasycená mastná kyselina. Většina kyseliny se spotřebuje na tvorbu buněčných a intracelulárních membrán. Kyselina linolová (obr. č. 12) je prekurzorem houbových alkoholů (1-okten-3-ol), které jsou považovány za hlavní nosiče charakteristického houbového aroma. Velké množství kyseliny linolové je obsaženo v plodnici chřapáče kadeřavého, který obsahuje 62,7 %, v pečárce ovčí 56 %, příbuzné žampionu a také v hlívě ústříčné, která obsahuje kolem 60 %. Například hřib smrkový obsahuje 30 až 40 % této mastné kyseliny a liška obecná 17,3 % z celkového obsahu mastných kyselin. [16,18-21]



Obr. 12: Kyselina linolová

- **Kyselina olejová**

Další významnou nenasycenou mastnou kyselinou, která je obsažena v houbách ve vyšším měřítku, je kyselina olejová (obr. č. 13). Obsah v hříbu smrkovém je 36,1 %, liška obecná obsahuje podobné množství 35,4 %, pečárka polní 15,5 % a chřapáč kadeřavý 22,9 % z celkového obsahu mastných kyselin. [16,21]



Obr. 13: Kyselina olejová

5.2.2. Stanovení tuků

Tuky lze extrahovat do nepolárních rozpouštědel, jako je například n-butan, petrolether nebo dimethylether. Nejvhodnější metodou je extrakce v Soxhletově přístroji, nebo velmi podobný aparát podle Twisselmana. Dojde k dokonalé extrakci za použití relativně malého množství rozpouštědla. Jakmile se rozpouštědla odpaří, zůstává v baňce pouze tuk, který je třeba ještě vysušit a zvážit. [18,19,22]

Stanovení funkčních skupin lipidů (tuková čísla) [22]

Pomocí tukových čísel se charakterizují vlastnosti tuků. Obsah veškerých a volných mastných kyselin, obsah esterově vázaných mastných kyselin, obsah dvojných vazeb, hydroxylových skupin a polyenových kyselin.

- **Číslo kyselosti**

Číslo kyselosti vyjadřuje obsah volných mastných kyselin. Lipidy rozpuštěné v nepolárním rozpouštědle se titrují odměrným ethanolovým roztokem KOH na vhodný indikátor (thymolftalein, fenolftalein). Výsledek se vyjádří jako hmotnost KOH (mg) na jeden gram tuku.

- **Číslo zmydlnění**

Číslo zmydlnění vyjadřuje hmotnost KOH (g), který je potřebný na neutralizaci volných mastných kyselin a hydrolýzu jejich esterů v jednom gramu tuku. Vzorek se neutralizuje a hydrolyzuje varem s nadbytkem ethanolového KOH, který se poté stanoví acidimetry, titrací odměrným roztokem HCl na vhodný acidobazický indikátor.

- **Esterové číslo**

Esterové číslo vyjadřuje obsah esterově vázaných MK. Výsledky se vyjadřují v gramech KOH, který je potřebný k hydrolýze těchto esterů na jeden gram tuku. Esterové číslo se vypočítá tak, že se od čísla zmydlnění odečte číslo kyselosti.

- **Hydroxylové číslo**

Hydroxylové číslo se používá k vyjádření obsahu parciálních esterů glycerolu v tuku. Výsledek se vyjadřuje jako hmotnost KOH (mg) na gram tuku, který je ekvivalentní obsahu hydroxylových skupin. Rozpuštěné lipidy se acetylují acetanhydridem. Hydroxylové číslo se vypočte jako rozdíl čísel zmydlnění acetylovaného a původního tuku.

- **Jodové číslo**

Jodovým číslem určujeme nenasycenost tuku, obsah dvojných vazeb. Na dvojně vazby se aduje halogen, jeho nadbytek stanovíme jodometry. Udává se jako hmotnost halogenu vyjádřený jako hmotnost jódu, který se může adovat na 100 g tuku. Můžeme využít metody podle Hanuše (BrI) nebo podle Wijse (CI).

5.2.3. Stanovení mastných kyselin

Velmi výhodné je využití plynové chromatografie s plamenovou ionizační detekcí. Tato metoda je velmi přesná, detekční limity jsou v pikogramech. Aby mohly být mastné kyseliny stanoveny, musí dojít k úpravě vzorku, která je založena na zmydlnění lipidů a na následné esterifikaci volných mastných kyselin v alkalickém prostředí methanolu. Mastné kyseliny nejsou těkavé, proto se musí převést na methylestery mastných kyselin (FAME), které jsou ke stanovení mnohem výhodnější. Methylestery mastných kyselin se připraví buď přímo esterifikací methanolem za přítomnosti katalyzátoru (bortrifluorid - BF_3), nebo transesterifikací methanolickým roztokem hydroxidu sodného. [18,19,22,23]

5.3. Bílkoviny

Houby jsou často označovány jako "maso lesa". Obsah bílkovin v houbách je mnohokrát menší než v mase, ale co se týče kvality těchto bílkovin, jsou rovnocenné. Obsah bílkovin je ovlivněn řadou faktorů, zejména druhem houby, fází vývoje a také se liší obsah v třeni a v klobouku. [24]

Bílkoviny jsou velmi složité molekuly (biopolymery) s vysokou molekulovou hmotností. Skládají se z peptidů a ty jsou tvořeny jednotlivými aminokyselinami, které jsou mezi sebou vázané tzv. peptidovými vazbami. Aminokyseliny jsou z hlediska výživy člověka velmi důležité, neboť si některé aminokyseliny nedokáže sám syntetizovat. Musí je přijímat v potravě. Houby obsahují všech 20 základních aminokyselin, které buňka tvoří z uhlíkatých a dusíkatých komponent. Obsah bílkovin se opět u různých druhů hub velice liší, hřib smrkový obsahuje 26,5 % a kuřátka jarmuzová (*Ramaria botrytis*) 39 % hmotnosti sušiny. [1,13,24]

5.3.1. Stanovení bílkovin

Bílkoviny se z hlediska stanovení dělí na hrubé, čisté a travitelné bílkoviny. Hrubými bílkovinami jsou myšleny veškeré dusíkaté látky. Chceme-li stanovit čisté bílkoviny, musíme je nejdříve vysrážet. To provedeme například síranem měďnatým v prostředí hydroxidu sodného. Sraženinu zfiltrujeme a filtrát podrobíme analýze. Pokud jsou bílkoviny hydrolyzované pepsinem či trypsinem, jedná se o travitelné bílkoviny. [22]

Jednou z nepřímých metod stanovení bílkovin je Kjeldahlova metoda, kdy se vzorek nejprve nechá zmineralizovat kyselinou sírovou za přítomnosti selenového katalyzátoru. Dusíkaté látky se převedou na síran amonný, z něhož se v alkalickém prostředí uvolní amoniak. Amoniak se predestiluje do standardizované kyseliny sírové a pomocí alkalimetrické titrace se stanoví přebytek kyseliny a určí se obsah dusíkatých látek. Nebo lze zmineralizovaný vzorek podrobit titraci podle Hanuše. Síran amonný reaguje s formaldehydem a vzniklá kyselina sírová je stanovena alkalimetricky na fenolftalein. Pro výpočet se používá konverzní faktor (4,38), který je určen z procentuálního zastoupení dusíku v houbových bílkovinách, Tato korekce byla provedena na základě dohody, protože část dusíku je navázána v chitinu, ve volných aminokyselinách a v močovíně. [22,25]

Pro stanovení bílkovin lze využít ještě dalších metod spektrofotometrických, jako je například metoda biuretová, kdy měďnaté ionty reagují za vzniku barevných komplexů, nebo

infračervenou spektrometrii. Dále lze při stanovení využít jednoduchých fyzikálně-chemických metod, jako jsou refraktometrické, turbidimetrické a polarografické. [22]

5.4. Aminokyseliny

Obsah volných aminokyselin je velmi nízký, asi 1 % hmotnosti sušiny. Nejčastěji se vyskytující volné aminokyseliny jsou kyselina glutamová, alanin, threonin a lysin. Kyselina glutamová většinou zaujímá více než 50 % veškerých volných aminokyselin. Threonin a lysin jsou esenciální aminokyseliny. Aminokyselin není velké množství, ale jsou zodpovědné za chuť. Na sladké chuti se podílejí alanin, glycin, threonin a serin. Hořkou chuť mají na svědomí arginin, histidin, isoleucin, leucin, methionin, phenylalanin a valin. Aminokyseliny bez chuti jsou lysin a tyrosin. [7,15]

5.4.1. Stanovení aminokyselin

Pro stanovení aminokyselin musíme nejprve izolovat čisté bílkoviny, protože další látky jako lipidy nebo sacharidy komplikují stanovení. Druhým krokem je samotná hydrolýza bílkovin, tedy proces, kdy se štěpí peptidové vazby a zůstávají základní stavební jednotky - aminokyseliny. Hydrolýzu lze provést kyselinou chlorovodíkovou - kyselá hydrolýza, nebo hydroxidy (sodný nebo draselný) - alkalická hydrolýza. Také se dají použít enzymy štěpící velké bílkovinné molekuly. Dříve než byla dostatečně rozvinuta chromatografická technika, se stanovení provádělo biologickými zkouškami. Nicméně jsou velmi zdlouhavé a nákladné. Proto se v současné době dává přednost chromatografii, titračním a spektrofotometrickým metodám. [20,26]

- **Formolová titrace**

Protože aminokyseliny mají amfoterní povahu, mají tedy vlastnosti jako kyseliny i zásady, není možné je stanovit pomocí běžných alkalimetrických titrací. Aminoskupinu lze zablokovat například reakcí s neutrálním roztokem formaldehydu, kdy vzniká dimethylolaminokyselina. Takto upravené aminokyseliny lze titrovat hydroxidy podobně jako slabé kyseliny na vhodný acidobazický indikátor. [22,27]

- **Spektrofotometrie**

Metoda je postavena na barevné reakci aminokyselin s činidlem. Často se využívá ninhydrin s kyselinou mravenčí. Při reakci aminokyseliny s ninhydrinem vzniká Ruhemanův purpur. Reakce probíhá při laboratorní teplotě velmi pomalu, proto se provádí při zvýšené teplotě na vodní lázni. Absorbance vzorku je měřena ve viditelném světle při 570 nm, kdy je dosaženo nejvyšší absorbance. Aminokyseliny jako je prolin a hydroxyprolin poskytují odlišný komplex, který se měří při 510 nm. [22,28]

- **Chromatografie**

Při využití chromatografie máme mnoho možností. Nejčastěji se využívá ionexové kapalinové chromatografie, ale můžeme využít i tenkovrstvou nebo papírovou kapalinovou chromatografii, nebo plynovou chromatografii. Chromatografie je separační metoda, při které se oddělují jednotlivé složky obsažené ve vzorku. Tyto složky jsou unášeny mobilní fází a zachycují se na stacionární fázi díky své velikosti, rozpustnosti, schopnosti sorpce nebo elektrostatické síly mezi stacionární fází a ionty vzorku. [22,23]

- **Biologické testy**

V dnešní době se již nevyužívají ke stanovení výživové hodnoty bílkovin, ale používají se výjimečně v krmivářské praxi. Tyto metody jsou postaveny na sledování množství podávaných proteinů v krmivu a na přírůstku hmotnosti zvířete. Výsledky jsou jen orientační, protože přírůstky hmotnosti nemusí být způsobeny pouze nárůstkem svalové hmoty. Metody vyžadují přesné stanovení dusíku v tkáních, což může tvořit komplikace při přípravě vzorku (hlavně homogenizaci). [20]

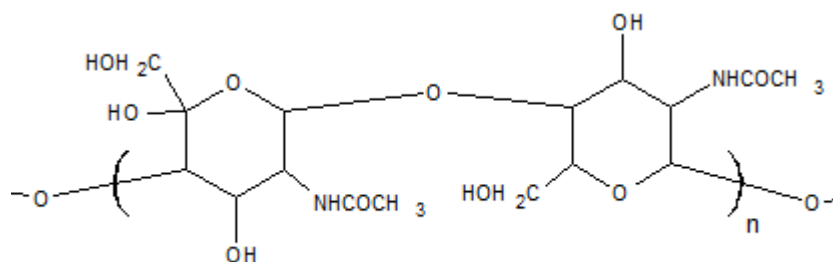
5.5. Sacharidy

Výrazný podíl na složení sušiny mají polysacharidy. Nejčastěji jsou součástí buněčné stěny hub. Nejdůležitějšími jsou chitin, chitozan, glukany, glykogen a vzácně i celulóza. Polysacharidy netvoří pouze buněčnou stěnu, ale také se vyskytují ve vazbách s proteiny a lipidy nebo slouží jako zásobárna energie. Vznikají glykoproteiny, glykolipidy a další. Obsah polysacharidů se opět může u různých druhů hub výrazně lišit, pohybuje se od 20 % do 75 % hmotnosti sušiny. Například hřib smrkový obsahuje 65,4 % a naopak václavka obecná pouze 16,4 %. [1,7]

Jak bylo uvedeno výše, hlavní podíl v sušině mají sacharidy. Z jednoduchých cukrů se v houbách objevuje trehalóza, která může být hydrolyzována na glukózu. Další jednoduchý cukr, který je pro člověka stravitelný je mannitol. Významným je glykogen jako zásobní polysacharid. Další sacharidy obsažené v plodnicích hub jsou polysacharidy - chitin, chitozan glukany. Tyto jsou odpovědné za tvar a pevnost buněčných stěn a tvoří tzv. vlákninu, tedy nestravitelnou část. Vlákna, ač snižuje stravitelnost hub, je důležitá pro správný chod celého zažívacího traktu a také na sebe může vázat nebezpečné látky, odbourává cholesterol a má dokonce protirakovinné účinky. [17,29]

- **Chitin**

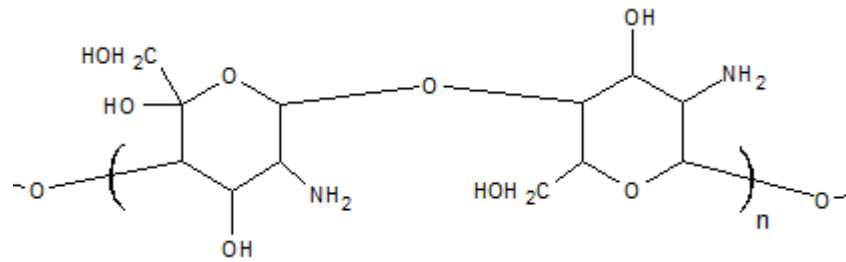
Přírodní, téměř lineární, dusík obsahující polysacharid, který je odpovědný za pevnost a tvar buněčné stěny hub. Poprvé byl popsán v roce 1884. Je tvořen dlouhým řetězcem N-acetyl-D-glukózaminových jednotek vázaných právě β -1 \rightarrow 4 vazbami. Chitin je svou strukturou velice podobný celulóze (obr. č. 14). Hydroxylová skupina na druhém uhlíku je nahrazena acetaminoskupinou. Pro syntézu chitinu je nepostradatelný enzym chitinsyntetáza. Chitin je nerozpustný ve vodě a velmi málo rozpustný v kyselém prostředí. V lidském organismu je téměř nerozpustný. Střevní mikroflóra neobsahuje potřebné štěpící enzymy (chitosanasy, chitinasy). Pouze ve slinách (lysozymem) a v žaludku (lysozymem a kyselinou chlorovodíkovou) se částečně hydrolyzuje. [1,17,29,30]



Obr. 14: Chitin

- **Chitozan**

Chitozan (obr. č. 15) je svou strukturou velmi podobný chitinu, jediný rozdíl je v navázané skupině na druhém uhlíku. Chitozan má na místo N-acetylové (NHCOCH₃) aminoskupinu (NH₂). Proto mají rozdílné chemické vlastnosti. Chitozan je rozpustný ve vodě, v kyselinách i v organických rozpouštědlech a nerozpustný v neutrálních a zásaditých roztocích. Je stejně jako chitin nestravitelný, ale výhodný z hlediska snižování hladiny cholesterolu a tuků. [17]



Obr. 15: Chitozan

- **Glukany**

Glukany jsou větvené polymery glukózy spojené glykosidickými vazbami. Můžeme je rozdělit na α - a β -glukany (podle typu glykosidické vazby). Některé glukany se podílejí na tvorbě buněčných stěn (β -1,3-D-glukany, β -1,6-D-glukany) nebo jsou vylučovány ve formě slizu (α -1,3-glukany, α -1,4-glukany). Využití si našly ve farmacii a medicíně. Mají antivirové, antikoagulační a velmi ceněné jsou pro své protirakovinné účinky. Rozpustnost glukánů ve vodě závisí především na jejich struktuře. Čím více vazeb 1→4 je v molekule, tím je molekula méně rozpustná. Naopak nerozpustnější jsou polymery obsahující vazby v poměru 30 ku 70 (1→3 : 1→4). Rozpustnost se také zvyšuje s rostoucí teplotou. Glukany vázané na proteiny jsou nerozpustné. [1,17]

Mezi nejvýznamnější zdroje β -glukanů patří houževnatec jedlý (*Lentinus edodes*), kterému se neřekne jinak než "šii-take" a někteří zástupci rodu *Pleurotus* neboli hlíva. Hlíva ústříčná obsahuje od 0,2 do 0,4 g β -glukanů ve 100 g sušiny. Podobný obsah je i u ostatních hlív (máčková, plicní). Houževnatec jedlý obsahuje kolem 0,22 g na 100 g sušiny. Větší část těchto glukánů je obsažena jako nerozpustná vláknina. [31]

- **Glykogen**

Glykogen je zásobní látkou hub. Vyskytuje se ve formě granulí v buněčné cytoplazmě. Je tvořen glukózovými jednotkami, které jsou navzájem spojené do řetězce vazbami α -1 → 4 a α -1 → 6. Předpokládá se, že syntéza glykogenu probíhá stejně jako u živočišných buněk. [1,17]

- **Trehalóza**

Trehalóza je využívána jako transportní disacharid složený ze dvou glukózových jednotek. U některých druhů je množství trehalózy tak malé, že ji nelze dokázat. U některých se vyskytuje pouze v mládí a u dospělých plodnic se nevytváří, např. pečárka polní obsahuje

jen velmi malé množství 0,02 g, pýchavka obrovská (*Lycoperdon giganteum*) 0,5 g a šedivka neboli havelka 1,46 g na 100 g čerstvých hub. [1,18]

- **Mannitol**

Mannitol je cukerný alkohol, který vzniká enzymovou redukcí sacharidu mannózy. Pečárka polní (žampion) ho obsahuje 14 - 20 g/100 g sušiny, velké množství je v kyji uťatém (*Clavariadelphus truncatus*) 40 - 45 g/100 g sušiny. Poměrně malé množství nalezneme v pýchavce obrovské kolem 1 g na 100 g sušiny. [18,24,32]

5.5.1. Stanovení sacharidů

Při stanovení obsahu sacharidů je nezbytné extrahovat tyto látky do vody nebo 80% ethanolu, který je vhodný pro potraviny, kde může docházet k enzymatickým změnám. Po extrakci se ke vzorku přidávají čiridla, a to z důvodu odstranění ostatních opticky aktivních látek a odbarvení roztoku vzorku. Při určení obsahu sacharidů ve vzorku se využívá několika metod. Například metody chemické, které využívají redukujících schopností monosacharidů a oligosacharidů. Metody bývají založeny na redukcí komplexně vázaných solí některých kovů (Cu^{2+} , Bi^{3+} , Ag^+). Ještě se využívá redukce Fehlingova činidla a vzniklý oxid měďný se stanoví jodometricky nebo gravimetricky. Aldózy se oxidují snadněji než ketózy, které lze dokázat barevnými reakcemi s různými fenoly za přítomnosti minerální kyseliny. Dále se využívají metody instrumentální, například chromatografie. [24]

5.6. Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické látky, které hrají v metabolismu klíčovou roli. Můžeme je rozdělit do dvou skupin podle rozpustnosti v tucích nebo ve vodě. Jednotlivé vitamíny jsou jen zřídka tvořeny jedinou sloučeninou. Sloučeniny, které patří do vitaminové skupiny, se nazývají vitamery. [33]

V houbách nalezneme některé zástupce **vitamínu B**, jako jsou thiamin (vitamín B₁), riboflavin (B₂) a nikotinová kyselina (B₃). [4]

Ergokalciferol neboli **vitamín D** je esenciální látkou pro člověka. Houby, jsou obecně velmi dobrým přírodním zdrojem vitamínu D. Houbové steroly, jsou trošku odlišné od těch rostlinných. Rostlinné steroly obsahují pouze jednu dvojnou vazbu v kruhu sterolu, houby

obsahují dvě dvojnásobné vazby v kruhu. Ergosterol je ve větší míře obsažen v žampionu, a to v obou formách, hnědé i bílé; a také u hlívy ústříčné v řádech několika mg na 100 g sušiny. Dále již v menším množství u májovky a václavky. Bylo dokázáno, že uměle pěstované houby (žampiony a hlívy) neobsahují téměř žádné množství tohoto vitamínu. Oproti tomu v přírodě rostlé plodnice ho obsahují dosti. [3,20,33-35]

Vitamín C neboli kyselina askorbová byl objeven v májovce a václavce, obsah činil 140 až 150 mg/100g sušiny pro májovku a 155 - 200 mg/100g sušiny ve václavce. [3]

U některých druhů byl objeven i **vitamín A**, respektive jeho provitamín β -karoten. Obsah byl ale velmi malý, v řádech desítek až stovek μg na g hub. Větší množství bylo obsaženo v žampionu polním, kačence náprstkovité a v choroši voštinovém. [36]

Vitamín E je další vitamín s antioxidační schopností, který je obsažen v žampionu polním 9,2 mg/g, v holubince bílé 4,2 mg/g, hříbech a také v hlívě ústříčné, ale v mnohem menším množství. [36]

5.6.1. Stanovení vitamínů

Vitamíny se v praxi stanovují metodami chemickými nebo mikrobiologickými, při kterých se využívá různých mikroorganismů vyžadující daný vitamín, a enzymovými, například pomocí peroxidáz. Nejčastěji se využívá vysokoúčinné kapalinové (HPLC) nebo tenkovrstvé (TLC) chromatografie. Dále se využívá hmotnostní spektroskopie a v poslední době se využívá metod radiometrických, při níž se pracuje se sloučeninami označenými radioaktivními izotopy. Tyto metody jsou velmi citlivé a selektivní. [24,33]

5.7. Minerální látky

Minerální látky jsou součástí popelovin, tvoří 3 až 10 % sušiny. Některé druhy ovšem obsahují i mnohem větší množství, pýchavka obecná až 30 %. Tyto látky definujeme jako prvky, které zůstávají ve vzorku po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý, vodu a další. Prvky se mohou hromadit v plodnicích transportem přes podhoubí nebo u chorošovitých hub, které tvoří trvanlivé plodnice, atmosférickou depozicí, tedy ulpíváním prvků na plodnici přímo ze vzduchu. Mezi výživově nezbytné majoritní minerály řadíme sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, chlor a síru. Minoritními látkami jsou železo a zinek

a stopové prvky například kobalt a měď. Toto rozdělení zhruba odpovídá i zastoupení těchto prvků v lidském organismu. Houby mohou kumulovat i škodlivé těžké kovy jako jsou kadmium, olovo nebo rtuť. Obsah těchto látek značně souvisí se znečišťováním životního prostředí, a také s tím, že podhoubí může růst několik měsíců nebo i let, tedy za tuto dlouhou dobu může navázat velké množství kovů. Výraznou schopnost hromadit těžké kovy mají žampióny, bedly a pýchavky, toto souvisí s vyšším obsahem bílkovin. Některé druhy však toxické kovy neakumulují. Pokud jsou houby konzumovány v rozumné míře a z míst, kde nedochází ke stálé expozici, nehrozí žádné nebezpečí otravy. [2,37-39]

Tabulka 2: Obvyklé zastoupení majoritních prvků v přírodě rostoucích hub vyjádřený v g na kg sušiny.

Prvek	Množství prvků (g.kg ⁻¹ sušiny)
Sodík	0,1 - 0,4
Draslík	20 - 40
Vápník	0,1 - 0,5
Chlor	1 - 6
Hořčík	0,8 - 1,8
Fosfor	5 - 10
Síra	1 - 3

Makro- a mikroelementy

Obsah **draslíku** v houbách převyšuje obsah všech ostatních minerálů. Nejvíce draslíku mívají lanýže, nejméně zase žampióny. Koncentrace **sodíku** obsaženého v plodnicích hub je nižší než draslíku, a proto je výhodné zařadit je do stravy u lidí, kteří mají problémy s vysokým tlakem. Nejvíce sodíku bylo nalezeno v houževnatci a v hlívách. Obsah **hořčíku** a **vápníku** se pohybuje ve velmi malém množství, většinou nepřesáhne ani 1 g/kg sušiny. Obsah **fosforu** je mnohem, může být až desetinásobný. Dobrým zdrojem fosforu jsou smrže nebo muchomůrka načervenalá neboli masák. Biologická dostupnost **železa** obsaženého v houbách je velmi vysoká a až 90 % může být absorbováno. **Selen** je esenciální stopový prvek. Například žampión polní, nebo hlíva ústřičná ho obsahuje podobné množství, kolem 90 mg/kg sušiny, hříby obsahují od 10 do 50 mg/kg sušiny. [3,40-44]

Těžké kovy

Množství **olova** souvisí s druhem houby, také na místě sběru a vzdálenosti od zdroje znečištění, také na stáří plodnice a mycelia. Mnohem větší obsah olova mají houby saprotrofní, tedy ty které získávají organické látky z neživého materiálu, například žampióny, bedly, hlívy. Mnohem větší koncentrace olova je v plodnicích hub, které rostou podél silnic

nebo v městských oblastech. **Rtuť** je určitě jeden z nejtoxičtějších prvků pro člověka a další živočichy. Ještě mnohem nebezpečnější jsou organické sloučeniny rtuti - methylrtuť. Elementární rtuť se jednoduše odpařuje a může zůstat v ovzduší dlouhou dobu. Vysoké koncentrace rtuti byly nalezeny v různých druzích hřibů, v žampionu, a poměrně velké množství rtuti bylo nalezeno v rudočechratce fialové (*Lepista nuda*). Obsah rtuti lze snížit povařením nebo smažením a to až o 40 %. Obsah **kadmia** může dosahovat stovek mg na kilogram sušiny. [37-39]

5.7.1. Stanovení minerálních látek

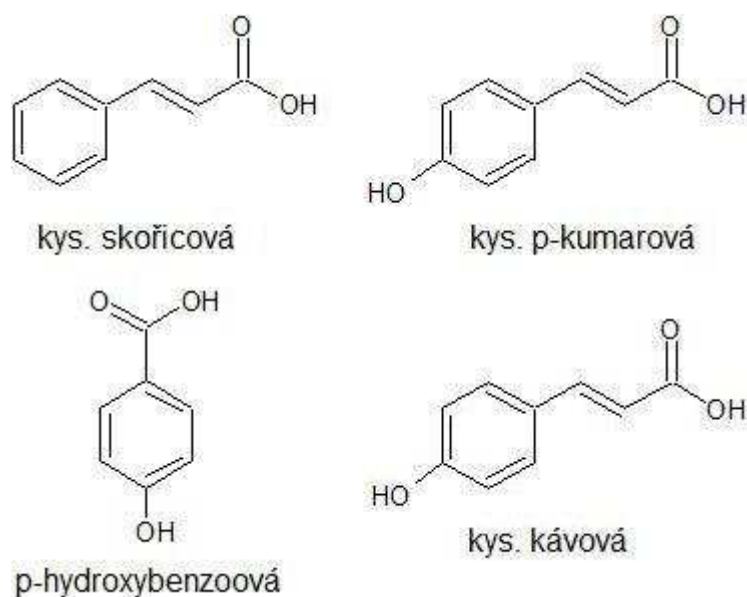
Úprava vzorku před vlastním stanovením spočívá v usušení vzorku v sušárně a rozdrcení na prášek. Tento prášek se převede do keramického kelímku a nechá se zpopelnit při vysoké teplotě kolem 600 °C; nebo se mineralizace provede kyselinami a jinými oxidačními činidly. Při stanovení minerálních látek se využívají metody plamenové fotometrie, atomové absorpční spektrometrie, chromatografie a další titrační, vážkové nebo elektrochemické metody (polarografie, iontově selektivní elektrody). [37]

5.8. Antioxidanty

Antioxidanty jsou látky, které snižují aktivitu kyslíkových radikálů, snižují pravděpodobnost vzniku těchto radikálů nebo je převádí na látky méně reaktivní. Zabraňují oxidaci organismu. Antioxidanty můžeme rozdělit do dvou skupin na enzymové (kataláza, superoxiddismutáza) a na neenzymové (flavonoidy, polyfenoly). Některé antioxidanty jsou esenciální, jsou tedy nepostradatelné pro člověka a musí být přijímány spolu s potravou, například beta-karoten, vitamíny B₂, C a E. Houby jsou využívány jako dobrý zdroj antioxidantů. [42]

5.8.1. Fenolické látky

Houby obsahují fenolické látky, které mají antioxidační a antimikrobiální účinky. Jsou to zejména deriváty kyseliny benzoové (*p*-hydroxybenzoové), kyseliny skořicové a její deriváty např. kávová a *p*-kumarová (obr. č. 16). V májovce byly objeveny všechny zmíněné kyseliny, nejvíce však kyseliny *p*-hydroxybenzoové a skořicové. V hnojníku obecném bylo zjištěno téměř dvojnásobné množství kyseliny *p*-hydroxybenzoové, okolo 62 mg/kg sušiny. Výrazněji menší množství a ne všechny tyto kyseliny jsou obsaženy v lišce oranžové nebo václavce. [3,45]



Obr. 16: Kyselina skořicová, kyselina *p*-kumarová, kyselina kávová, kyselina *p*-hydroxybenzoová.

Flavonoidy

Flavonoidní látky jsou velmi rozšířené fenolové sloučeniny obsahující v molekule dva benzenové kruhy spojené tříuhlíkovým řetězcem. Uspořádání vypadá $C_6-C_3-C_6$. U většiny flavonoidů je tříuhlíkový řetězec součástí heterocyklického (pyranového) kruhu. Pouze některé flavonoidy jsou důležité kvůli svým výrazným chuťovým nebo biologickým účinkům. Flavonoidy tvoří cheláty s dvojmocnými kovovými kationty (Cu^{2+} , Fe^{2+}), a tak fungují jako antioxidanty. [33,45]

5.8.2. Stanovení fenolických látek

Fenolické látky se nejčastěji extrahují methanolem. Extrakt se nechá reagovat s činidlem podle Folin-Ciocalteu. V alkalickém prostředí dochází k oxidaci fenolických látek za vzniku komplexu. Výsledný obsah fenolických látek je určen jako ekvivalent kyseliny galové na gram vzorku.

Antioxidační kapacita je dalším možným způsobem popisu analyzovaného vzorku, která je vyjádřena jako vlastnost látek vylučovat volné radikály a tedy zamezovat jejich škodlivým účinkům. Antioxidační kapacita se určuje mnoha metodami, např. DPPH nebo se využívá metod založených na přímém hodnocení redoxních vlastností např. FRAP, voltametrie. Výsledky stanovení jsou považovány za odhady, protože závisí na různých faktorech (typ radikálu, matrice vzorku, iniciátor, přítomnost přechodných kovů a další). [46]

6. Závěr

Cílem této práce bylo vypracovat rešerši o jedlých houbách rostoucích na území České republiky, které jsou běžně sbírány a konzumovány. Práce obsahuje popis některých oblíbených jedlých hub; popisuje, jak se vypočítá nutriční hodnotu hub a především chemické složení.

Hlavní složkou sušiny hub jsou polysacharidy (chitin, chitozan, glukany), které se podílejí především na tvaru a pevnosti plodnic a další polysacharidy slouží jako zásobní látky (glykogen). Houby obsahují i jednoduché cukry, jako jsou trehalóza a manitol. Menší díl sušiny připadá na bílkoviny, které jsou svou kvalitou srovnatelné s bílkovinami v masu. Tučky jsou zastoupeny v houbách v malém množství, ale obsahují esenciální mastné kyseliny (kyselinu linolovou a olejovou).

Nakonec jsou popsány i méně zastoupené, ale také velmi významné látky jako jsou vitamíny skupiny B, vitamín D a vitamíny s antioxidačními účinky, vitamín C, a E. Dále houby obsahují minerální látky, některé makro- a mikroelementy (draslík, fosfor, železo, aj.) a i esenciální prvky (selen). Některé houby naopak mohou akumulovat těžké kovy (rtuť, kadmium, olovo), jiné schopnost akumulovat nemají. Houby obsahují významné antioxidanty v podobě fenolických kyselin (skořicové, benzoové a jejích derivátů).

V každé kapitole jsou popsány některé možné metody stanovení těchto látek, které se využívají v potravinářské a krmivářské praxi. Nejedná se o návody, ale pouze o popis těchto metod.

7. Literatura

- [1] KLÁN, J. *Co víme o houbách*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989.
- [2] LEPŠOVÁ, A. *Houby jako elixír života: hlíva ústříčná (nové poznatky), houževnatec jedlý, penězovka sametonohá, kukmák sklepní a další*. Praha: Víkend, 2005.
- [3] VAZ, J., A., BARROS L., MARTINS A., SANTOS-BUELGA C., VASCONCELOS, M., FERREIRA, I. Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chemistry*. 2011, 126, 610-616.
- [4] MALLAVADHANI, U., V., SUDHAKAR, A., V., S., SATYANARAYANA, K., V., S., MAHAPATRA A., LI W., VANBREEMEN, R., B. Chemical and analytical screening of some edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2006, 95 (1), 58-64.
- [5] SEMERDŽIEVA, M. a VESELSKÝ, J. *Léčivé houby dřívě a nyní*. Praha: Akademie Praha, 1986.
- [6] JABLONSKÝ, I., SRB A., ŠAŠEK V. *Pěstování jedlých hub*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985.
- [7] KALAČ, P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*. 2009, 113 (1), 9-16.
- [8] PILÁT, A. a O. UŠÁK. *Kapesní atlas hub*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1968.
- [9] *Houbař* [online]. 2004 [cit. 2012-06-13]. Dostupné z: <http://houbar.cz/default.aspx?show=3&text=35>
- [10] MANZI, P., MARCONI S., AGUZZI, A., PIZZOFERRATO, L. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*. 2004, 84 (2), 201-206.
- [11] VRABEC, V. *Jihočeská houbařská kuchařka*. Olomouc: Svépomoc. 1986.
- [12] MANZI, P., AGUZZI, A., PIZZOFERRATO, L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food chemistry*. New York: Marcel Dekker, Inc., 2001, 73, 321-325.
- [13] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 1999.
- [14] Kovář, L. *Breviř o houbách*. Nakladatelství Olympia, Praha 1999.

- [15] BELUHAN, S., RANOGAJEC, A. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2011, 124 (3), 1076-1082.
- [16] KAVISHREE, S., HEMAVATHY, J., LOKESH, B., R., SHASHIREKHA, M., N., RAJARATHNAM, S. Fat and fatty acids of Indian edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2008, 106 (2), 597-602.
- [17] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 1999.
- [18] BARROS, L, P BAPTISTA, D CORREIA, S CASAL, B OLIVEIRA a I FERREIRA. Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chemistry*. 2007, 105 (1), 140-145.
- [19] PEDNEAULT, K., ANGERS, P., AVIS, T., J., GOSSELIN, A., TWEDDELL, R., J. Fatty acid profiles of polar and non-polar lipids of *Pleurotus ostreatus* and *P. cornucopiae* var. "citrino-pileatus" grown at different temperatures. *Mycological Research*. 2007, 111 (10), 1228-1234.
- [20] PÁNEK, J.. *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis, 2002.
- [21] PEDNEAULT, K., ANGERS, P., GOSSELIN, A. TWEDDELL, R., J. Fatty acid composition of lipids from mushrooms belonging to the family Boletaceae. *Mycological Research*. 2006, 110 (10), 1179-1183.
- [22] DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J. *Analýza potravin*. Praha: VŠCHT, 1988.
- [23] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Pavel Klouda, 2003.
- [24] ŠÍCHO, V., Vodrážka, Z., Králová, B. *Potravinářská biochemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
- [25] BRAAKSMA, A., SCHAAP, D., J. Protein analysis of the common mushrooms *Agaricus bisporus*. *Postharvest Biology and Technology*. 1996, 7, 119-127.
- [26] DÍEZ, V., ALVARES, A. Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. *Food chemistry*. 2001, 75, 417-422.
- [27] KÁŠ, J., KODÍČEK, M., VALENTOVÁ, O. *Laboratorní techniky biochemie*. Praha: VŠCHT, 2005.
- [28] *News from HPLC analysis* [online]. 2000 [cit. 2012-06-13]. Dostupné z: <http://hplc1.sweb.cz/Amk/amk.htm>
- [29] VETTER, J. Chitin content of cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. *Food Chemistry*. 2007, 102 (1), 6-9.

- [30] RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*. 2006, 31 (7), 603-632.
- [31] MANZI, P., PIZZOFERRATO, L. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 2000, 68, 315–318.
- [32] PEREIRA, E., BARROS, L., MARTINS, A., FERREIRA I. Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*. 2012, 130 (2), 394-403.
- [33] BENEŠOVÁ, L. *Potravinářství 4*. Praha: ÚZPI - Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997.
- [34] MATTILA, P., LAMPI, A., RONKAINEN, R., TOIVO, J., PIIRONEN, V. Sterol and vitamin D₂ contents in some wild and cultivated mushrooms. *Food Chemistry*. 2002, 76, 293-298.
- [35] MATTILA, P., PIIRONEN, V., UUSI-RAUVA, E., KOIVISTOINEN, P. New analytical aspect of vitamin D in foods. *Food Chemistry*. 1996, 57, 95-99.
- [36] ELMASTAS, M., ISILDAK, O., TURKEKUL, I., TEMUR, N.. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007, 20 (3-4), 337-345.
- [37] GARCÍA, M. Á., LONSO, J., MELGAR, M. J. Lead in edible mushrooms Levels and bioaccumulation factors. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, 167 (1-3), 777-783.
- [38] MELGAR, M., J., ALONSO, J., GARCÍA, M., A. Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factors and toxicological risk. *Science of The Total Environment*. 2009, 407 (20), 5328-5334.
- [39] KALÁČ, P.. Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000-2009. *Food Chemistry*. 2010, 122 (1), 2-15.
- [40] GENÇCELEP, H., UZUN, Y., TUNÇTÜRK, Y., DEMIREL, K. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2009, 113, 1033-1036.
- [41] SMOTLACHA, M., MALÝ, J. *Atlas tržních a jedovatých hub*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1986.
- [42] Antioxidanty a houby. *Mico Medica* [online]. 2011 [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://www.mycomedica.cz/clanky-antioxidanty-a-houby.html>
- [43] COSTA-SILVA, F., MARQUES G., MATOS C., BARROS A., NUNES, F. Selenium contents of Portuguese commercial and wild edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2011, 126 (1), 91-96.

- [44] RUDAWSKA, M., LESKI, T., Macro- and microelement contents in fruiting bodies of wild mushrooms from the Notecka forest in west-central Poland. *Food Chemistry*. 2005, 92, 499-506.
- [45] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. Tábor: OSSIS, 1999.
- [46] HOLASOVÁ, M., FIEDLEROVÁ, V. Laboratorní přístroje a postupy. *Chemické listy*. 2011, 105, 766-772.