

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE**

FAKULTA BIOTECHNolóGIE A POTRAVINÁRSTVA

1130951

**VPLYV BETA-GLUKÁNOV JEDLÝCH HÚB A KVASINIEK
NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS**

2011

Jana Priebojová

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**

**VPLYV BETA-GLUKÁNOV JEDLÝCH HÚB A KVASINIEK
NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS**

Bakalárska práca

Študijný program:	Aplikovaná biológia
Študijný odbor:	1536700 Biológia
Školiace pracovisko:	Katedra biochémie a biotechnológie
Školiteľ:	Ing. Eva Szabová, PhD.

2011

Jana Priebojová

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Jana Pribojová vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Vplyv beta-glukánov jedlých húb a kvasiniek na ľudský organizmus“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 1. mája 2011

Jana Pribojová

Pod'akovanie

Ďakujem Ing. Eve Szabovej, PhD. za pripomienky, rady a odbornú pomoc pri vypracovaní bakalárskej práce.

Abstrakt

Beta-glukány sú polysacharidy, ktorých základná stavebná jednotka je D-glukóza pospájaná β -glykozidovými väzbami. Ide o rôznorodú skupinu molekúl, ktoré sa navzájom líšia molekulovou hmotnosťou, rozpustnosťou, viskozitou a trojrozmernou štruktúrou. Rozdielnosť v chemickej štruktúre spôsobuje odlišnosti v pôsobení na ľudský organizmus a rozmanitosť v celkovej biologickej aktivite. Vyskytujú sa v bunkovej stene, ako makromycét, tak aj mikromycét. Beta-glukány získané z kvasiniek a jedlých húb môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria beta-1,3-D-glukány, čo sú polyméry D-glukóz pospájaných beta-1,3-glykozidovými väzbami. Druhú tvoria značne vetvené beta-1,6-D-glukány s beta-1,6-glykozidovými väzbami. Ich účinky na ľudský organizmus sú rozmanité. Pozitívne pôsobia proti rakovine a infekciám, znižujú hladinu cholesterolu a glukózy v krvi. Majú imunomodulačný účinok a využívajú sa taktiež v dermatológii.

Kľúčové slová: Beta-1,3-D-glukány, beta-1,6-D-glukány, jedlé huby, kvasinky, účinky

Abstract

Beta-glucans are polysacharides, which major component is D-glucose linked by β -glycosidic bonds. It is a diverse group of molecules with different molecular mass, solubility, viscosity, and three-dimensional configuration. Different mode of action on human organism and overall biological activity is caused by dissimilarity of chemical structure. They occur in cell wall macromycetes and micromycetes. Beta-glucans extracted from yeasts and edible mushrooms can be divided in two groups. The first class consists of beta-1,3-D-glucans, that are polymers of D-glucose linked by beta-1,3-glycosidic bonds. The second class consists of branched beta-1,6-D-glucans with beta-1,6-glycosidic bonds. They have various effects on human organism. They positively effect on cancer and infections, decrease level of blood cholesterol and glucose. They are used in dermatology and they have immunomodulatory effect.

Key words: Beta-1,3-D-glucans, beta-1,6-D-glucans, edible mushrooms, yeasts, effects

Obsah

Obsah	5
Zoznam skratiek a značiek.....	7
Slovník termínov	8
Úvod	10
1 Cieľ práce.....	12
2 Metodika písania záverečnej práce	13
3 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....	14
3.1 Huby	14
3.1.1 Vznik húb.....	14
3.1.2 História húb.....	15
3.1.3 Morfológická a fyziologická charakteristika húb	16
3.1.4 Nutričná hodnota húb.....	18
3.1.5 Vybrané druhy jedlých húb.....	19
3.1.5.1 Hľiva ustricovitá (<i>Pleurotus ostreatus</i>) – Hiratake	19
3.1.5.2 Húževnatec jedlý (<i>Lentinus/Lentinula edodes</i>) - Shiitake	20
3.1.5.3 Trsnatec lupenitý (<i>Grifola frondosa</i>) – Maitake	20
3.1.5.4 Šampión brazílsky=mandľový (<i>Agaricus subrufescens = brasiliensis</i>).....	21
3.1.5.5 Plamienka zimná (<i>Flammulina velutipes</i>)	22
3.1.5.6 Koralovec ježovitý (<i>Hericium erinaceus</i>).....	22
3.1.5.7 Uchovec bazový - Judášové ucho (<i>Auricularia auricula</i>)	23
3.1.5.8 Trúdnik klobúčkatý (<i>Polyporus umbellatus</i>)	24
3.1.5.9 Pórnatka kokosová (<i>Poria cocos</i>)	24
3.2 Kvasinky.....	26
3.2.1 História kvasiniek	26
3.2.2 Nutričné hodnota kvasiniek	26
3.2.3 Chemické zloženie kvasiniek.....	27
3.2.4 Taxonómia rodu <i>Saccharomyces</i>	28
3.2.4.1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28
3.3 Beta-glukány.....	29

3.3.1	História beta-glukánov	29
3.3.2	Chemické zloženie beta-glukánov	30
3.3.3	Beta-1,3-D-glukány	31
3.3.4	Beta-1,6-D-glukány	32
3.4	Účinky beta-glukánov na ľudský organizmus	33
3.4.1	Imunomodulačný účinok	33
3.4.2	Beta-glukány ako nástroj na transport liekov	33
3.4.3	Beta-glukány a protirakovinová aktivita.....	34
3.4.4	Beta-glukány a cholesterol.....	35
3.4.5	Beta-glukány a inzulín	36
3.4.6	Beta-glukány a dermatológia	36
3.4.7	Beta-glukány a prevencia voči infekciám.....	37
3.4.8	Beta-glukány a krvný tlak.....	38
3.4.9	Beta-glukány a ich nežiaduci účinok	39
Záver		40
Zoznam použitej literatúry		41

Zoznam skratiek a značiek

AHCC - **A**ctive **H**exose **C**orrelated **C**ompound

CR3 - **C**omplement **r**eceptor **3**

CYP7A1 – **C**holesterol-**7**-**alfa**-**h**ydroxyláza, **cholesterol-7-alfa-mono**oxygenáza alebo cytochróm **P450 7A1**

DNA – **D**eoxiribonukleová kyselina (**D**eoxyribonucleic **a**cid)

GPI – **G**lykozylfosfatidylinozitol (**G**lycosylphosphatidylinositol)

HClO – Kyselina chlórna (**H**ypochlorous **a**cid)

HIO – Kyselina jódna (**H**ypoiodous **a**cid)

HMG-CoA-reduktáza – **H**ydroxy-**m**etyl-**g**lutaryl-**C**oA-**r**eduktáza

IL-1 - **I**nterleukín-**1**

IL-9 - **I**nterleukín-**9**

KRE gény – **K**iller toxine **r**esistance **g**enes

LDL – **L**ipoproteíny s nízkou hustotou (**L**ow-**d**ensity lipoprotein)

NO – **O**xid dusnatý (**N**itric **o**xide)

PI3K/Akt – **F**osfatidylinozitol-**3**-kináza (**P**hosphatidylinositol **3**-**k**inases/**A**kt)

siRNA - **S**mall **i**nterfering **R**NA, **s**hort **i**nterfering **R**NA alebo **s**ilencing **R**NA

Slovník termínov

1,3-beta-D-glukán-UDP-glukozyltransferáza je enzým, ktorý katalyzuje chemickú reakciu: $(1,3\text{-beta-D-glukozyl})_n + \text{fosfát} \rightarrow (1,3\text{-beta-D-glukozyl})_{n-1} + \text{alfa-D-glukóza-1-fosfát}$. Patrí medzi glukozyltransferázy.

Cytokíny sú molekuly bielkovín, ktoré sú tvorené a uvoľňované imunokompetentnými ale i neimunologickými bunkami. Pôsobia pritom ako rastové faktory, aktivujú alebo deaktivujú bunky a slúžia ako ochrana pred tkanivovými poškodeniami.

Dectin-1 je beta-glukánový receptor, ktorý sa podieľa na vrodenej odpovedi imunitného systému voči hubovitým patogénom.

Grifolan je rozvetvený beta-1,3-D-glukán získaný z huby *Grifola frondosa*.

Chemokinéza je reakcia buniek na chemickú látku, ktorá spôsobí zmeny v ich pohybe, ktorý sa zrýchli, spomalí alebo dôjde k zmene smeru. Molekuly, ktoré spôsobujú tieto zmeny sa nazývajú chemokíny.

Chemotaxia je pohyb, orientácia bunky alebo organizmu po chemickom koncentračnom gradiente ku alebo od chemického podnetu.

Killer faktor K1 produkujú niektoré kmene kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae*. Je zodpovedný za produkciu K1 toxínu, ktorý sa v prvom kroku viaže na bunkovú stenu a následne poškodzuje cytoplazmatickú membránu iných mikroorganizmov.

Laminaran je beta-1,3- a beta-1,6-glukán nachádzajúci sa v hnedých riasach.

Lentinan je to beta-1,3/1,6-glukán získaný z huby *Lentinula edodes*.

PGG-glukán je beta-1,3/1,6-glukán získaný z bunkovej steny kvasiniek druhu *Saccharomyces cerevisiae*.

Polysacharid-K je medzinárodné označovaný ako Krestin alebo PSK. Je to polysacharid izolovaný z huby *Trametes versicolor*.

Polysacharid-P je to polysacharid odvodený taktiež z huby *Trametes versicolor*, avšak z odlišného kmeňa.

Schizophyllan je extracelulárny polysacharid produkovaný hubou *Schizophyllum commune*. Hlavný reťazec je tvorený glukózami pospájaný beta-1,3-D-glykozidovými väzbami, pričom na každú tretiu glukózu hlavného reťazca sa pripája beta-1,6-D-glykozidovou väzbou ďalšia glukóza.

Skleroglukán je prírodný polysacharid produkovaný hubou rodu *Sclerotium*. Jeho štruktúra je identická so schizophyllanom.

Toll-like receptory (TLR) sú skupinou bielkovinových receptorov na povrchu cytoplazmatických membrán, schopných rozoznávať cudzie, a teda potenciálne nebezpečné štruktúry. TLR sa vyskytujú hlavne u buniek imunitného systému (monocyty, makrofágy), ale i napr. na bunkách črevného, obličkového, pľúcneho epitelu i na povrchu rohovky.

Zymosan je glukán, ktorého glukózy sú pospájané beta-1,3-D-glykozidovými väzbami. Získava sa z bunkovej steny kvasiniek a v ľudskom organizme sa viaže na TLR 2 (dôležitý receptor imunitného systému).

Úvod

Huby sú organizmy, ktoré patria medzi najstarších obyvateľov našej Zeme. Doba ich presného vzniku nie je známa, pravdepodobne kvôli ich jemnej štruktúre. Z objavených skamenelín bolo zistené približné obdobie ich výskytu. Prvé dôkazy hovoria, že existovali pred 4 miliardami rokov a to v období Prekambria. V Karbone boli nájdené fosílie všetkých významných skupín húb. O rýchlom a rozdielnom vývoji húb svedčia skameneliny z neskorých treťohôr.

Sú to heterotofné organizmy, ktoré boli v minulosti centrom sporov o zatriedenie do ríše rastlín alebo živočíchov, nakoľko majú s obidvomi pár spoločných znakov. K živočíchom bolo začleňované preto, lebo ich bunky neobsahujú chlorofyl a zdrojom energie nie slnečné žiarenie. Energiu získavajú oxidáciou hotových organických látok, pričom do ovzdušia uvoľňujú oxid uhličitý. Zásobnou látkou je najčastejšie glykogén a nie škrob ako u rastlín. Kvôli ich schopnosti nekonzumovať tuhú potravu, ale vstrebávať živiny zo substrátu a schopnosti neobmedzene rásť, sa zatriedovali do ríše rastlín. Ich nároky na živiny, kyslík, teplotu, pH, vlhkosť sú rozdielne v dôsledku ich obrovskej variability.

Ľudia sa už dávno začali zaoberať skúmaním a využívaním húb a to nielen hubami makroskopickými, ale i mikroskopickými. Huby sa stávali súčasťou ich života, aj keď o tom sami nevedeli. Napomáhali kvasným procesom pri výrobe piva, vína ale i pri výrobe chleba. Boli zdrojom halucinogénnych látok využívaných pri bojoch proti nepriateľom ako i pri kmeňových rituáloch.

V dnešnej dobe sú huby využívané v rôznych výrobných procesoch, napr. pri výrobe destilátov, antibiotík, enzýmov, syrov, bioplynu, herbicídov, organických kyselín a vitamínov. Dôležitejším využitím ako je ich používanie v priemysle, je ich schopnosť pomáhať pri predchádzaní a liečbe rôznych typov ochorení. Táto ich vlastnosť je spôsobená prítomnosťou polysacharidov, známych ako beta-glukány. Ide o polyméry D-glukózy, ktoré sú pospájané beta-1,3- a beta-1,6-D-glykozidovými väzbami.

Huby sú zdrojom viacerých typov beta-glukánov, ktoré sa navzájom líšia molekulovou hmotnosťou, viskozitou, rozpustnosťou a trojrozmernou štruktúrou. Všetky tieto faktory komplexne vplývajú na ich biologickú aktivitu. Z najdôležitejších pozitívnych účinkov na ľudský organizmus možno spomenúť ich imunomodulačný

účinok, dôležitý z hľadiska aktivácie imunitného systému. Uplatňujú sa pri liečbe rakoviny a majú protiinfekčné účinky. Udržujú správnu hladinu cholesterolu a glukózy v krvi. Využívajú sa v dermatológii a v súčasnej dobe sa výskum zaoberá ich použitím pri liečbe vysokého krvného tlaku.

1 Cieľ práce

Cieľom kompilačnej bakalárskej práce bolo zhromaždiť a spracovať informácie o beta-glukánoch prítomných v jedlých hubách a kvasinkách.

V práci sme sa zamerali na:

- chemickú charakteristiku beta-glukánov,
- jedlé huby a kvasinky, ktoré obsahujú beta-glukány,
- účinky beta-glukánov na ľudský organizmus.

2 Metodika písania záverečnej práce

Bakalárska práca rieši problematiku vplyvu beta-glukánov jedlých húb a kvasiniek na ľudský organizmus.

Práca bola vypracovaná na základe literatúry získanej z rôznych prístupných domácich, ako aj zahraničných zdrojov. Najväčším zdrojom informácií pri dosahovaní vytýčeného cieľa bola celosvetová internetová sieť, ako aj odborné a vedecké časopisy.

Pri vypracovaní kompilačnej bakalárskej práce sme postupovali nasledovne:

- získanie a zhromaždenie internetových zdrojov, odbornej a vedeckej literatúry,
- štúdium internetových zdrojov, odbornej a vedeckej literatúry,
- spracovanie získaných informácií.

3 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

3.1 Huby

3.1.1 Vznik húb

Huby predstavujú veľkú a rozmanitú skupinu organizmov. Až do roku 1960 boli považované za členov ríše rastlín. Potom čo sa objavil systém piatich ríš vytvorený na základe biologickej klasifikácie, huby vytvorili samostatnú ríšu, kvôli ich podobnej ekologickej funkcii ako primárnych dekompozítorov organickej hmoty a ich podobných anatomických a biochemických vlastností. Evolučný pôvod a príbuznosť rozličných húb nie je dobre zrozumiteľný. Existuje len málo skamenelín obsahujúcich huby a to pravdepodobne kvôli ich pomerne jemným tkanivám. Niekoľko skamenelín húb je dôkazom, že huby existovali v Prekambriu (pred 4 miliardami rokov), hoci identifikácia týchto veľmi skorých fosílií je problematická. Fosílie všetkých významných skupín húb boli nájdené v Karbone (asi pred 300 miliónmi rokov). Do neskorých treťohôr (asi pred 20 miliónmi rokov) dôkazy skamenelín ukazujú rýchly a rozdielny vývoj húb (**Fungi – Evolution, s.a.**).

Huby sú heterotrofné organizmy. Existujú dve teórie ich vzniku. Menej akceptovaná a staršia hovorí, že sa huby pôvodne vyvinuli z rias, ktoré stratili chlorofyl. Zelené riasy sa premenili na jednoduchšie formy, ktoré predstavovali nižšiu úroveň húb, zatiaľ čo červené riasy na vreckaté huby (Ascomycetes). Avšak dnes sa táto evolučná teória ukazuje ako zastaralá a bola nahradená druhou. Nová hypotéza uvádza, že huby vznikli z predkov bičíkovcov (Choanoflagellates), tak ako riasy a prvoky. Časom niektoré z týchto predkových bičíkovcov stratili mikroskopickú bičíkatú fázu v životnom cykle húb a transformovali sa z vodného do suchozemského prostredia a stali sa askomycétami a bazídiomycétami (**Evolution, s.a.**).

V minulosti niektorí systematici zaradovali huby do ríše rastlín, iní sa prikláňali k názoru, že ich, podobne ako polypy, treba zaradiť medzi živočíchy. K rastlinám preto, lebo nekonzumujú tuhú potravu, ale vstrebávajú živiny zo substrátu a majú teda schopnosť neobmedzene rásť. Avšak niektorými vlastnosťami sa huby podobajú živočíchom. Vyznačujú sa heterotrofným spôsobom života, pričom prijímajú hotové organické látky, ktoré rozkladajú a do ovzdušia uvoľňujú uhlík v podobe oxidu uhličitého, zatiaľ čo rastliny si organické látky vytvárajú samostatne – sú autotrofné.

Mnohé huby potrebujú vitamíny. Obal ich buniek, podobne ako pri hmyze a článkonožcoch, obsahuje chitín. Ďalšie podobnosti so živočíchmi sú v tom, že ako zásobnú látku zhromažďujú glykogén, a nie rastlinný škrob, a ako konečný produkt látkovej premeny vytvárajú močovinu (**Mazin a Šašková, 1989**).

Bunky húb neobsahujú chlorofyl a nepotrebujú prijímať slnečnú energiu. Chemické zloženie ich tiel taktiež zodpovedá ich podobnosti so živočíchmi. Hlavným stavebným materiálom väčšiny živých organizmov sú bielkoviny, zložené s aminokyselin, ktorých kvalita nie je vždy rovnaká. Plnohodnotné bielkoviny, ktoré sú potrebné na stavbu ľudského tela obsahujú všetky aminokyseliny. Rastlinným bielkovinám mnohé aminokyseliny chýbajú, preto sú neplnohodnotné. Bielkoviny húb obsahujú všetky esenciálne aminokyseliny a sú teda rovnako hodnotné ako bielkoviny živočíšneho pôvodu (**Škubla, 1989**).

3.1.2 História húb

Huby vzbudili záujem u človeka od začiatku jeho existencie. Dôkazom tohto tvrdenia je najstaršia zachovaná kultúrna pamiatka na Čukotke. Ide o nástenné maľby na skalných stenách z mladšej doby kamennej, ktoré vyobrazujú ľudské postavy a nad ich hlavami schématické plodnice húb.

Prvé písomné zmienky o hubách nachádzame v diele THEOPHRASTA (372 – 287 pred n. l.), Aristotelovho žiaka. Vo svojich spisoch uvádzal huby pod názvami „mykes“ a „hydnon“. Nakoľko vo svojich dielach píše o tom, že najviac húb vyrastá z koreňov a okolo kmeňov stromov, pozoroval pravdepodobne mykorízu (**Dermek a Lizoň, 1985**).

Za pravdepodobne prvý písomný opis huby možno považovať popis huby *Boletus romanorum*. C. PLINIUS starší popisuje zrod huby takto: „*Volvam enim terra ab hoc prius gignit, ipsum postea in volva ceu in ovo est luteum. Nec tunicae minor gratia in cibo infantis boleti. Rumpitur haec primo nascente: mox incremente, in pediculi corpus absumitur.*“ Huba, ktorú pravdepodobne opisoval bola muchotrávka cisárska, ktorá vzniká v zemi ako pošva. Huba sa nachádza v pošve ako žltok vo vajci. Obal je v mladosti živý. Potom naraz huba vyrazí von a ako rastie, preťahuje sa jej noha (**Škubla, 1989**).

Pozorovaním pivných kvasiniek na vlastne zostrojenom mikroskope s 300-násobným zväčšením sa v 17. storočí zaoberal A. van LEEWENHOEK. Jeho mikroskop bol zdokonalený anglickým prírodovedcom R. HOOKOM. Ten vo svojej knihe *Micrographia* rozdeľuje huby na mikroskopické vláknité huby a veľké huby. Objavil, že plodnice veľkých húb „sponges“ sa skladajú z jemných vláken. Zaujímavé je, že u mikroskopických vláknitých húb, ktoré pozoroval nevidel spóry.

Po prvýkrát boli spóry húb zobrazené v diele *Anatome plantarum* talianskeho lekára M. MALPIGHIHO. Spóry u mikroskopických vláknitých húb považoval za kvety, ktoré sa vytvorili v sporangiofóre. Zároveň Malpighi ako prvý zobral i mycélium lupeňovitých húb.

Slovo spóra (výtrus) zaviedol do mykológie až o 100 rokov neskôr lipský botanik J. HEDWIG (**Klán, 1989**).

Za zrod mykológie sa zaslúžil P. A. MICHELI svojím dielom *Nova plantarum genera*. V diele popísal, ilustroval a pomenoval bežné rody húb ako *Aspergillus*, *Botrytis*, *Polysporus*, *Clathrus* a *Geaster*. Zaviedol názov *Puccinia* po Tomasovi Puccinim a poskytol prvé obrázky *Sphaerobolus* (ako *Carpobolus*) (**Ainsworth, 1976**).

MICHELI bol prvý, ktorý zhromaždil spóry húb, rozšiel ich na sterilné kúsky melóna a pozoroval z nich rast mycélií. Ku koncu osemnásteho a začiatku devätnásteho storočia sa štúdiu húb a ich morfológií venovali C. H. PERSOON vo Francúzku, E. FRIES vo Švédsku, NEES von ESENBECK v Nemecku a J. H. LEVEILLE vo Francúzku. Počas devätnásteho storočia sa popisovaním viacerých húb zaoberali M. J. BERKELEY z Anglicka a bratia TULASNEOVÍ z Francúzska (**Rangaswami a Bagyaraj, 1998**).

M. J. BERKELEY po prvýkrát použil pojem mykológia (odvodený od gréckeho *mykes* – huba a *logos* – reč) na označenie vedeckej štúdie o hubách v roku 1836 vo svojej publikácii *The English Flora Of Sir James Edward Smith*, ročník 5 (**Fungus, 2009**).

3.1.3 Morfológická a fyziologická charakteristika húb

Telo húb, vrátane plodnice, pozostáva zo spleti tenkých vláken nazývaných hýfy. Hýfy prerastajú substrát vo forme mycélia (podhubie), ktoré za vhodných podmienok vytvára plodnice. Všetky plodnice sú čiastočne pokryté hyménium: je to

vrstva, v ktorej sa tvoria výtrusy. Oporu hyménium poskytujú pevné dužinaté útvary, ako napríklad klobúk a hlúbik (Kautmanová, 2004).

Križan (2004) uvádza, že pre všetky huby je charakteristický heterotrofný spôsob získavania živín, ale formy tohto spôsobu sú rôzne :

- **Saprofytické huby** – zdrojom výživy sú organické látky, ktoré odoberajú z odumretých tiel organizmov, čím ich rozkladajú. Spolu so saprofytickými baktériami majú dôležitú úlohu v prírodných ekosystémoch ako *rozkladače* (dekompozítori, reducenti).
- **Obligátne parazitické huby** – odčerpávajú živiny zo živých rastlín a živočíchov.
- **Fakultatívne parazitické druhy** – charakteristický je pre ne saprofytický spôsob výživy, ale v určitých podmienkach môžu prejsť na parazitizmus.
- **Saproparazitické druhy** – počas svojho života prekonávajú saprofytické i parazitické štádium.

Vo výžive húb je častá aj mykoríza, čo je symbióza húb s koreňmi vyšších rastlín. Existujú tri formy mykorízy :

1. **Ektotrofná** – vyskytuje sa najčastejšie na koreňoch lesných stromov, napr. *Betulaceae*, *Fagaceae*. Je pre ňu charakteristické to, že hýfy huby sa nachádzajú na povrchu koreňov rastlín a zároveň prenikajú do medzibunkových priestorov medzi pokožku a bunky kôry. Huba napomáha rastline pomocou svojich vlákien získať viac vody a živín, ale poskytuje jej aj niektoré fytohormóny, ktoré urýchľujú jej rast.
2. **Endomorfná** – je rozšírená na množstve drevín a rastlín, napr. *Poaceae* a *Orchidaceae*. Hýfy húb prenikajú do živých buniek koreňa a medzibunkových priestorov, ale neprenikajú do cievnych zväzkov. Huby napomáhajú hostiteľovi ľahšie využívať dusíkaté látky.
3. **Ektoendotrofná** – je prechodným typom mykorízy. Pri tejto forme hýfy húb žijú na povrchu koreňov rastlín a súčasne prenikajú do ich buniek (Zima a i., 1999).

Čo sa týka rozmnožovania húb, je známy nepohlavný ale aj pohlavný spôsob. Nepohlavne sa huby najčastejšie rozmnožujú spórmi, ktoré bývajú súhrne označované ako mitospóry, pretože vznikajú mitotickým delením jadra. Tie možno následne

klasifikovať podľa pohyblivosti na planospóry a aplanospóry. Pri pohlavnom rozmnožovaní poznáme 3 typy: gametogamiu, čo je kopulácia dvoch gamét, ktoré vznikli v gamentangiách, gametangiogamiu, kopuláciu celých gametangií, a somatogamiu, kde pohlavnú funkciu preberajú somatické bunky (Števlíková a i., 2006).

3.1.4 Nutričná hodnota húb

Huby sú zložené z 80 – 90 % vody a 10 – 20 % sušiny (3,53 kalórií na 1g). Majú nízky obsah sodíka a tuku a žiaden cholesterol. Sú výborným zdrojom draslíka, ktorý pomáha znižovať vysoký krvný tlak a redukovať riziko mozgovej príhody. Obsahujú riboflavín, niacín a selén, ktorý je antioxidantom a spolu s vitamínom E chráni bunky pred voľnými radikálmi (Craig, 2010).

Huby sú bohaté na meď, minerálnu látku, ktorá má kardioochranné vlastnosti. Jedna porcia húb poskytuje 20 – 40 % dennej potreby medi. V hubách s bielym klobúkom bola zistená schopnosť obmedziť aktivitu aromatázy – enzýmu zúčastňujúceho sa produkcie estrogénu a 5-alfa-reduktázy, ktorá mení testosterón na dihydrotestosterón. 100 g neuvarených húb s bielym klobúkom obsahuje:

- Kyselinu listovú (vitamín B₉) – 16 µg
- Niacín (vitamín B₃) – 3,6 mg
- Kyselinu pantotenovú (vitamín B₅) – 1,5 mg
- Riboflavín (vitamín B₂) – 0,4 mg
- Tiamín (vitamín B₁) – 0,1 mg
- Pyridoxín (vitamín B₆) – 0,1 mg
- Meď - 0,3 mg
- Železo – 0,5 mg
- Horčík – 9 mg
- Fosfor – 86 mg
- Draslík – 318 mg
- Selén – 9,3 µg
- Zinok – 0,5 mg (**Benefits of Mushrooms, s.a.**).

3.1.5 Vybrané druhy jedlých húb

Jedlé huby sú plodnice niektorých vrekatých húb (*Ascomycota*) a najmä bazídiových húb (*Basidiomycota*), ktoré rastú voľne v prírode alebo sa pestujú, a ktoré sú po úprave a spracovaní vhodné na ľudskú spotrebu; skladajú sa z hlúbika a klobúka.

1. Čerstvé jedlé huby, voľne rastúce, sú huby získané zberom v prostredí ich prirodzeného výskytu, ktoré sa uvádzajú do obehu v čerstvom stave a nie sú inak upravované.
2. Čerstvé pestované jedlé huby sú huby pestované v umelo vytvorených podmienkach, ktoré sa uvádzajú do obehu v čerstvom stave a nie sú inak upravované.
3. Sušené jedlé huby sú výrobky získané sušením celých čerstvých jedlých húb alebo pokrájaných čerstvých jedlých húb.
4. Konzervované výrobky sú výrobky z čerstvých jedlých húb upravené najmä termosterilizáciou alebo mrazením (Výnos, 2005).

3.1.5.1 Hliva ustricovitá (*Pleurotus ostreatus*) – Hiratake

Je to dobre známa huba, ktorú ľahko rozpoznať podľa toho, že rastie v trsoch na dreve. Je pomerne veľká a jej belavé lupene sa tiahnu nadol. Často sa vyskytuje bez hlúbika. Je to sapróbna huba (spôsobuje hnilobné procesy), ktorá ničí nematódy a baktérie. Spolu s podobnými druhmi ako *Pleurotus pulmonarius*, ktorá je väčšinou bledšia a objavuje sa v lete, a *Pleurotus populinus*, ktorý rastie na osike je zaradená medzi ustricovité huby (Kuo, 2005).



Obr. 1 *Pleurotus ostreatus*
(Léčivé houby, s.a.)

Klobúk má priemer 4 – 15 cm. Má konzolovitý alebo ustricovitý vzhľad, pričom prirastá bokom ku substrátu. V závislosti od podmienok rastu je premenlivej sivej, hnedej až modrej farby. **Lupene** sú široké, biele a na hlúbik hlboko zbiehavé. **Hlúbik** dosť často chýba, alebo je redukovaný. Má prevažne bielu farbu a je excentrický. **Dužina** je v mladosti pružná, neskôr tuhne. Má typickú príjemnú vôňu a je bielej farby. Výtrusný prach je biely (Janitor a i., 2006).

3.1.5.2 Húževnatec jedlý (*Lentinus/Lentinula edodes*) - Shiitake

Pôvodom je táto huba z východnej Ázie, špeciálne z Číny, kde bola pestovaná viac ako tisíc rokov. Shiitake je saprofytická huba, osídľujúca mŕtve listnaté stromy. V prirodzenom prostredí zohrávajú tieto druhy dôležitú úlohu v rozklade (**McIntosh, 2009a**).



Obr. 2 *Lentinula edodes*
(*Lentinula edodes*, s.a.)

Shiitake je považovaná za najlepšiu jedlú hubu v Ázii, kde sa používa už vyše 2000 rokov. Pestuje sa na odumretých kmeňoch stromov alebo na pilinách. V prirodzenom prostredí ju nájdeme na kmeňoch listnatých stromov. Huba má nápadnú plodnicu (sporofór), tvarom pripomínajúcu dáždňík, ktorá sa vyskytuje typicky u radu *Agaricales* v triede *Basidiomycetes*, ale tiež aj v ďalších skupinách.

Farebné prevedenie môže byť od žltohnedej po tmavohnedú, široko otvorený závoj a žltohnedé lupene. Klobúčik má mäkkú a pórovitú štruktúru (**What is Shiitake mushrooms, 2010**).

3.1.5.3 Trsnatec lupenitý (*Grifola frondosa*) – Maitake

Vedecké pomenovanie tejto huby, *Grifola frondosa*, pochádza od mena bežnej huby nájdenej v Taliansku. Meno sa vzťahuje na mýtickú beštiiu, ktorá je spolovicou lev a spolovicu orol. Japonský názov Maitake doslovne znamená „tancujúca huba“, čo sa spája s jej tvarom a niektorí verili, že sa podobá na tancujúcu vílu. Maitake rastúce vo voľnej prírode majú dobrú chuť, krehkú štruktúru a vynikajúcu arómu. Je považovaná za prvotriednu jedlú hubu (**What's Maitake, s.a.**).

Táto huba býva označovaná ako „sliepka lesov“. Ide o slabého parazita na listnatých stromoch (špeciálne na duboch) a príležitostne na ihličnatých stromoch. Vyvoláva hnilobné procesy na rozpadajúcom sa dreve a zapríčiňuje práchnivenie. Často sa objavuje na tom istom mieste aj nasledujúce roky (**Kuo, s.a.**).



Obr. 3 *Grifola frondosa* (Medical mushrooms, 2011)

Charakteristické pre tento druh sú jednoročné plodnice s jazykovitými klobúkmi, ktoré sa rozvetvujú z centrálného hlúbika. Klobúky sú kožovité, so zvlneným okrajom, pričom vrchná strana je sivá a spodná hnedá. Zbiehavá vrstva rúrok je belavá a je až 5 mm hrubá. Biela dužina má v starobe myšací pach. V mladosti je jedlá, ale nakoľko je to zriedkavý druh, jej konzumácia sa neodporúča (**Kautmanová, 2004**).

3.1.5.4 Šampión brazílsky = mandľový (*Agaricus subrufescens* = *brasiliensis*)

Táto jedlá huba bola prvýkrát popísaná na konci 19. storočia, kedy sa začala pestovať na východe Spojených štátov. Rozmach jej užívania a pestovania začal po jej znovuobjavení okolo roku 1970 v Brazílii. Je pre ňu charakteristická nasládlá chuť a mandľová vôňa (**Blazei, s.a.**).

V porovnaní s ostatnými druhmi má tento šampión dlhší a silnejší hlúbik. Plodnica obsahuje 89 – 91 % vody a sušina 47,7 % bielkovín, 17,7 % sacharidov a 0,54 % tuku. V porovnaní s hnedou formou *A. bisporus* obsahuje menej sacharidov, ale viac bielkovín a tuku. V sušine plodníc prevláda z minerálnych látok draslík. Z cukrov má výrazné zastúpenie alkoholický cukor manitol, nasledovaný trehalózou (**Agaricus blazei, s.a.**).



Obr. 4 *Agaricus subrufescens* (Wilson, 2002)

Klobúk je 6 – 13 cm široký. Povrch je pokrytý jemnými bledohnedými až sivohnedými šupinami. **Lupene** sú najprv voľné a bledé, potom sa mení farba na žltohnedú až ružovohnedú. Lupene sú v 4 až 5 skupinách. **Hlúbik** je 6 – 12 cm dlhý a 1,5 – 2,5 cm hrubý. Má cibulovitý tvar pri báze. **Výtrusný prach** je tmavohnedý. Spóry majú 5,5- 6,5 x 4,0 – 4,5 µm a pri

pozorovaní majú široko elipsovitý tvar (**Agaricus subrufescens, 2008**).

3.1.5.5 Plamienka zimná (*Flammulina velutipes*)

Táto huba je známa aj ako „zamatová noha“. Je jednou z mála húb, ktorú môžeme nájsť v zimnom období. Huby „enoki“, tiež nazývané aj „enokitake“ sú kultivované z *F. velutipes* a často ich nájdeme v potravinách a reštauráciách. Nevyzerajú ako divo rastúce huby, ale sú bledé, s dlhým hlúbikom a malým klobúkom. Je to saprofytická huba, ktorú nájdeme na pňoch, kmeňoch, koreňoch a živom dreve listnatých lesov. Niekedy sa objavuje aj na zemi (**Kuo, 2006**).



Obr. 5 *Flammulina velutipes*
(*Flammulina velutipes*, s.a.)

Patrí medzi o stopkatovýtrusné a lupenaté huby. Klobúk je 2 – 6 cm široký. Na začiatku je vyklenutý, potom tuhý plochý a hladký. Za vlhka býva pomerne slizký a hladký, pričom na okraji má slabé ryhovanie. Farbená škála sa pohybuje od žltej po oranžovo hnedú. Lupene sú pomerne riedke a vysoké 5 – 12 mm. Sú belavej až svetlo oranžovej farby (**Podešva, 2007**).

Hlúbik je 3 – 10 cm dlhý a 0,3 – 1,5 cm široký. Môžeme ho nájsť sploštený, ale väčšinou je valcovitého tvaru. Z farieb dominuje žltá a oranžová. Tmavohnedé chlípky v hornej časti vytvárajú hustý porast pripomínajúci zamatový povlak. Hlúbik je dutý, mnohokrát pokrývaný a poprehýbaný. Dužina má svetlo krémovú farbu. V mladosti je pružná a pevná, potom hubovitá a vodnatá. Dužina v hlúbiku je tvrdá a vláknitá, preto je celý hlúbik dosť ohybný. Výtrusný prach nie je čisto biely, ale má nažltlú farbu (**Hájková, 2007**).

3.1.5.6 Koralovec ježovitý (*Hericium erinaceus*)

Huba „yamabushitake“ (*H. erinaceus*) je ďalší názov pre levie hrivu. Huba má mäkké výhonky, ktoré produkujú spóry častejšie ako lupene ostatných húb. Preferuje rast na duboch, javoroch, platanoch a orechoch. Koralovec nemá hlúbik, ale častejšie je pripevnený na strom. Je to huba, ktorú nájdeme rásť po celej severnej Amerike a je zaradená medzi ohrozené druhy vo Veľkej Británii (**Yamabushitake Mushroom, s.a.**).



**Obr. 6 *Hericium erinaceus*
(Kirkpatrick, s.a.)**

a pritisknuté k povrchu, na spodnej strane sú 1 – 4 (-6) cm dlhé, husté a belavé. Dužina je mäkká, belavá, plná alebo s niekoľkými dutinami (**Běťák, 2010**).

Takmer polovica nálezov pochádza zo živých drevín, rastie ale i na pňoch a spadnutých stromoch, výnimočne na opracovanom dreve. Plodnice dorastajú v priemere do veľkosti 10 – 15 (-25) cm. Sú kompaktné. Nevetvené, nanajvýš v niekoľkých okrúhlych lalokoch členené a so zúženou bázou, ktorou vyrastajú zo substrátu. Celý

povrch plodnice je pokrytý ostňami, ktoré sú na hornej strane poskrúcané. Ostne sú krátke

3.1.5.7 Uchovec bazový - Judášové ucho (*Auricularia auricula*)

Auricularia auricula správnejšie nazývaná *Auricularia auricula – judae* je bežne



**Obr. 7 *Auricularia auricula*
(Indiana mushrooms, s.a.)**

Rastie na mŕtvom dreve listnatých stromov (buk, javor a i.), ale najmä na čiernej baze. Plodnice rastú najčastejšie od marca do novembra. Je jednou z mála húb, ktorú môžeme nájsť taktiež v zime. Plodnice tejto huby dosahujú priemer 3 – 12 cm a sú hrubé 0,1 – 0,3 cm. Úzkou bázou sú prirastené k substrátu. V ranných štádiách majú miskovitý tvar, ten časom prechádza do tvaru podobnému ľudskému uchu alebo mušle. Za vlhka sú plodnice veľmi pružné, škoricovej až červenohnedej farby. Vonkajšia strana

známa pod názvami Judášove ucho, židovské ucho a ucho stromu. Tento druh je celosvetovo rozšírený. Patrí medzi bazídiové huby, ale jej telo sa nepodobá typickým hubám. Elastické ucho ako reprodukčná štruktúra sa objavuje samostatne alebo v malých skupinách. Ide o divoko rastúcu hubu, ale aj o jednu z piatich komerčne najpestovanejších húb. Je to vďaka jej schopnosti rásť na odumretom dreve (**McIntosh, 2009b**).

je jemne zamatovo plstnatá, vnútorná je hladká, lesklá, žilkovaná a je pokrytá výtrusorodou vrstvou. Za sucha plodnica stráca pružnosť a tvrdne, má šedú až šedočiernu farbu. Ide o hubu s nevýraznou chuťou a vôňou, ktorá je však žiadaná pre svoju chrupavičnatú konzistenciu (Svobodová, 2007).

3.1.5.8 Trúdnik klobúčkatý (*Polyporus umbellatus*)

Táto huba rastie v trsoch ako parazit a to na báze živých kmeňov. Neskôr prechádza na



Obr. 8 *Polyporus umbellatus*
(Németh, 2007)

saprofytický spôsob života, kedy žije okolo pňov listnatých stromov, najmä dubov a hrabov. Pre život uprednostňuje lesy v pahorkatinách, ale aj tam nie je veľmi rozšírený. Rastie od júna po september (Hagara, Antonín a Baier, 2005).

Klobúk je nepravidelný a má priemer 2 – 4 cm s vláknito plstnatým a šupinovito rozpraskaným povrchom. Šupiny majú okrovohnedú až sivohnedú

farbu. Zo spoločného hlúbika vyrastá zhluk plodníc, ktoré sú husto natlačené vedľa seba. Vytvárajú nepravidelné guľovité útvary o veľkosti 10 – 50 cm. Hlúbik má zvyčajne belavú až krémovú farbu, pričom sa excentricky nepravidelne pripája k ostatným hlúbikom. Hlúbik vyrastá rozkonárením zo sklerócia, ktorý odčerpáva živiny z drevného substrátu. Dužina je bielej farby a má príjemnú, jemne korenistú chuť. Výtrusný prach je bielej farby (Janitor, 2006).

3.1.5.9 Pórnatka kokosová (*Poria cocos*)

Je to druh huby, ktorá zvyčajne rastie na boroviciach. Môže mať bielu až bledočervenú farbu, pričom typická farba je svetlohnedá s vrúbkovaním na vonkajšej strane. Je relatívne mäkká na dotyk, bez vône a má nepatrné elastické vlastnosti. *Poria cocos* je stará a veľmi využívaná huba v čínskej medicíne. Ide o tuhú hubu známou ako „Fu Ling, Tuckahoe a Hoelen“, ktorá rastie na koreňoch odumretých borovíc. Huba



meria v priemere 20 – 25 cm. Zbiera sa väčšinou od júla do september (**What is Poria, 2010**).

Obr. 9 *Poria cocos*
(What is Poria, 2010)

3.2 Kvasinky

3.2.1 História kvasiniek

Kvasinky sú považované za najstaršie priemyselné organizmy používané človekom. Je pravdepodobné, že boli používané pred vývojom písaného jazyka. Hieroglyfy naznačujú, že starý Egyptania používali kvasinky pri procese fermentácie na produkciu alkoholických nápojov a na oživenie chleba pred viac ako 5000 rokmi. Biochemický proces fermentácie nebol pochopený a vyzeral pre prvých ľudí ako záhadný, ale i magický jav (**History of Yeast, s.a.**).

Holand'an, Antonie van LEEUWENHOEK (1632 – 1723), pravdepodobne ako prvý pozoroval bunku kvasiniek cez svoj nezvyčajný mikroskop zostrojený z drobných, guľatých, vybrúsených šošoviek. Pozoroval guľovité telo, okrúhle alebo oválne, v kvapke skvaseného piva. V roku 1818 ERXLEBEN vyjadril názor, že kvasinky sú žijúce organizmy zodpovedné za kvasenie. CAGNIARD – LATOUR (1835) vo Francúzsku, a SCHWANN a KUTZING (1837) v Nemecku, objavili prítomnosť jednobunkových organizmov v sedimentoch ciev, a hoci mikroorganizmy neboli definované, určili fermentáciu ako výsledok ich činnosti počas rastu. Nakoniec, PASTEUR (1822 – 1895), vo svojich prácach *Etudes sur la Bière* a *Etudes sur la Vin* dokázal, že prítomnosť týchto organizmov bola pre fermentačný proces esenciálna. Približne v rovnakom čase ako Pasteur sa skúmaním základných vlastností pivovarníckych a pekárskych kvasiniek zaoberal HANSEN. Je považovaný za zakladateľa odboru zaoberajúceho sa morfológickými vlastnosťami kvasiniek. V roku 1896 zverejnil prvý kompletný systém taxonómie kvasiniek. Následne roku 1928 GUILLIERMOND rozšíril štúdium systematiky a životných cyklov kvasiniek, a prispel k porozumeniu mnohých fylogenetických vzťahov medzi jednotlivými druhmi (**Spencer a Spencer, 1997**).

3.2.2 Nutričné hodnota kvasiniek

Kvasinky používané vo výžive považujú mnohí za najhodnotnejší a dostupný doplnok. Obsahujú viac proteínov ako mäso a sú výborným zdrojom vitamínov skupiny B. Poskytujú kompletné proteíny, pozostávajúce z 18 aminokyselín, ale i 15 minerálnych prvkov (**Yeast Meets West, 2008**).

Minerálne látky sú zastúpené hlavne chrómom a selénom. Vitamíny skupiny B zahŕňajú hlavne B₁ (tiamín), B₂ (riboflavín), B₃ (niacín), B₅ (kyselina pantoténová), B₆ (pyridoxín), B₉ (kyselina listová) a vitamín H alebo B₇ (biotín). Avšak, pivovarnícke kvasinky neobsahujú vitamín B₁₂, esenciálny vitamín nájdený v mäse a mliečnych produktoch. Majú horkú chuť a nemali by byť zamenené za pekárske a torula kvasinky, v ktorých je chróm zastúpený v nižšom množstve (**Brewer's yeast, 2006**).

3.2.3 Chemické zloženie kvasiniek

Dôležité prvky zastúpené v kvasinkách vo významnom množstve sú dusíkaté látky. Okrem nich sú prítomné tuky, glykogén, živicové látky, celulóza a minerálne látky. Voda je zastúpená 70 – 80 %-ami. Anorganické zložky kvasiniek pozostávajú takmer výlučne z fosfátov. Z nich najväčšiu časť tvorí fosforečnan draselný a zvyšok je tvorený fosforečnanmi vápnika a horčíka. Minerálie v kvasinkách uzatvára malé množstvo zlúčenín železa, kremičitanov a sulfátov (**Composition Of Yeast, 2010**).

Pekárske kvasinky (Composition Of Yeast, 2010)

Zložky	Zastúpenie v %
Voda	76,41
Rozpusťné dusíkaté látky	1,12
a) amidy	0,80
b) albumíny	0,16
c) peptóny	0,11
d) iné	0,05
Nerospusťné dusíkaté látky	11,35
Minerálne látky	1,65
Živicové látky	0,08
Tuk, celulóza, atď.	9,39

3.2.4 Taxonómia rodu *Saccharomyces*

3.2.4.1 *Saccharomyces cerevisiae*

Ríša : *Fungi*

Oddelenie : *Ascomycota*

Trieda : *Saccharomycetes*

Čeľad : *Saccharomycetaceae*

Rod : *Saccharomyces* (***Saccharomyces cerevisiae*, 2010**)

Saccharomyces cerevisiae, ktoré v latinčine znamenajú „cukornaté huby“, sú používané ľudstvom tisícky rokov. Verí sa, že boli prvýkrát nájdené na pokožke hrozna. Existujú a rastú v haploidnej, ale i diploidnej bunkovej forme. Haploidný životný cyklus pozostáva z mitózy, rastu a konečnej smrti, ktorá je rýchla pri pôsobení extrémne stresujúcich podmienok. Diploidné bunky prechádzajú mitózou, taktiež rastom, ale pri pôsobení tých istých stresových okolností prechádzajú sporuláciou. Následne po nej sa bunky podrobujú meióze a produkujú množstvo haploidných spór (***Saccharomyces cerevisiae*, 2009**).

Saccharomyces cerevisiae sa zaraďujú do ríše húb. Dôvodom pre túto klasifikáciu je prítomnosť chitínu v bunkovej stene, nie je prítomný peptidoglykán, a spojenie lipidov esterickou väzbou. Taktiež aj to, že používajú DNA ako templát pre syntézu bielkovín. Ide o jednobunkové organizmy, ktoré nie sú schopné vytvárať plodnice ako ostatné huby. Ich ďalšou vlastnosťou je vysoká adaptačná schopnosť. Sú schopné rozkladať živiny aeróbnou respiráciou a kvasením. Určitú dobu dokážu žiť v prostredí s nedostatkom kyslíka. Ďalšou adaptáciou je schopnosť ako pohlavného tak aj nepohlavného rozmnožovania, čo im umožňuje žiť v rozličnom prostredí (***Sacchraromyces cerevisiae*, s.a.**).

3.3 Beta-glukány

3.3.1 História beta-glukánov

Od roku 1940 vedci prostredníctvom skúmania beta-glukánov rozšírili vedecké dôkazy o pozoruhodných schopnostiach jednej látky získanej z pekárskeho droždia, ktorá účinne zosilňuje a aktivuje imunitnú odpoveď tela v boji proti rakovine, vredom, ožiareniu, infekciám a traume. Pretože Zymosan, imunitný stimulátor, obsahoval neprečistenú zmes látok z bunkových stien kvasiniek zahŕňajúcu proteíny, lipidy a polysacharidy, mal na pacientov veľa negatívnych účinkov. Keď, Dr. Louis PILLEMER a jeho kolegovia prvýkrát študovali Zymosan zistili, že nešpecificky zosilnil a modifikoval imunitný systém (**History of beta-1,3/1,6-glucan research, 2011**).

Dr. Nicolas DILUZIO z Tulanskej univerzity v New Orleanse izoloval beta-1,3-D-glukán ako účinnú zložku z bunkovej steny pekárskych kvasiniek. Joyce CZOP z Harvardskej univerzity objavil na makrofágoch receptory pre molekulu beta-1,3-D-glukánov (**Innate immunity and beta 1,3-glucan, s.a.**).

Prospešný účinok beta-1,3-D-glukánu pri liečení rakoviny bol objasnený v roku 1975 Petrom W. MANSELLOM a jeho kolegami. V polovici osemdesiatych rokov 20. storočia výskumníci z lekárskej fakulty Tulanskej univerzity informovali o tom, že beta-1,3-D-glukán, ktorý bol injekčne vpichnutý priamo do zhubného nádoru v prsníku žien s rakovinou zabezpečil úplné zahojenie rán po amputácií tejto žľazy. V roku 1985 Výskumný ústav rádiológie amerických ozbrojených síl oznámil výsledky svojich experimentov, ktorými dokázali ochranný účinok beta-1,3-D-glukánov pred rakovinou (**History of beta-1,3/1,6-glucan research, 2011**).

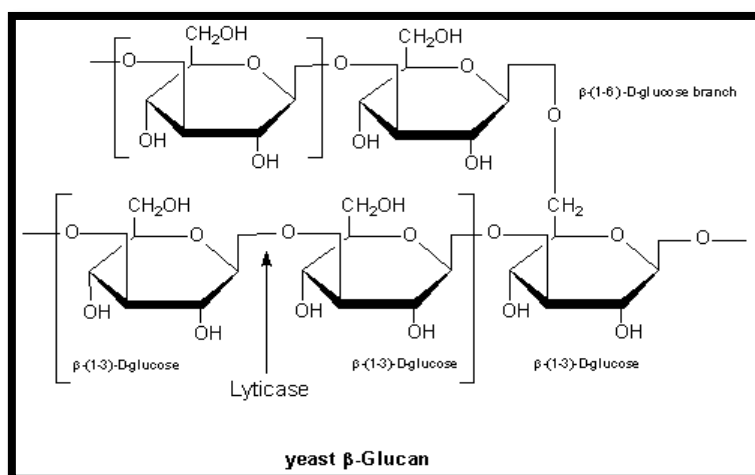
Vzhľadom k nadmernému užívaniu antibiotík, vďaka čomu sa stávajú baktérie rezistentné, a alergií ľudí na lieky dochádza k ťažkostiam pri liečbe. Mnoho prípadov v posledných rokoch spôsobilo, že vedci a lekári z mnohých odborov sa začali zaoberať beta-1,3-D-glukánmi v snahe vyriešiť mnohé problémy. V roku 1994 schválil kongres firme DSHEA (Dietary Supplement Health and Education Act) používanie beta-1,3-D-glukánu ako doplnku stravy, ktorý umožňuje udržiavať správne fungujúci imunitný systém (**Innate immunity and beta 1,3-glucan, s.a.**).

3.3.2 Chemické zloženie beta-glukánov

Beta-glukán je chemické označenie polyméru beta-glukózy, takých sacharidov, ktoré sa líšia polohou glykozidovej väzby. Výskum chemického zloženia beta-glukánov má dlhú históriu. Zloženie bunkovej steny kvasiniek sa stalo predmetom skúmania už 19. storočí. Až zistenie, že v bunkovej stene kvasiniek sa môže nachádzať niekoľko rôznych typov beta-glukánov, viedlo k detailnej frakcionácii komponentov stien sacharomycét a k chemickej charakterizácii nájdených zložiek a ustálil sa názor, že hlavnou zložkou beta-glukánov zo stien *Sacchromyces* je mierne vetvený beta-1,3-D-glukán s vysokou molekulovou hmotnosťou (okolo 240 kDa), s obsahom asi 3 % vetveného beta-1,6-D-glukánu. Ide o chemicky značne heterogénne látky. Je potrebné zdôrazniť, že aj keď pojmom beta-glukány je označený celý rad podobných látok, ktoré síce vyvolávajú v makroorganizme podobné alebo takmer identické imunitné reakcie, sú ale rôzneho pôvodu, môžu sa líšiť primárnou, sekundárnou a terciárnou štruktúrou a niektorými ďalšími vlastnosťami, ako hlavne rozpustnosť vo vode, v alkáliách za chladu a za tepla atď. (Novák, 2007).

Glukány sa zaraďujú medzi homopolysacharidy. Ich štrukturálnym komponentom je šesťuhlíkatý sacharid glukóza, ktorá je pospájaná do dlhých reťazcov. V reťazcoch sú jednotlivé glukózy viazané väzbami v pozíciách 1,3 a 1,6. Z hlavného reťazca polysacharidu sa vetvia postranné reťazce. Za najaktívnejšiu formu beta-1,3-D-glukánov sa považujú tie, ktoré obsahujú postranné reťazce v pozíciách 1,6 a rozvetvujú sa z dlhšieho beta-1,3-D-glukánového hlavného reťazca, preto je v niektorých literárnych zdrojoch uvádzaný beta-1,3-D-glukán aj ako beta-1,3/1,6-D-glukán (Chovancová a Šturdík, 2005).

Obr. 10 Yeast β -Glucan (Carbohydrate analysis, 2011)



Beta-glukány rôzneho pôvodu možno rozdeliť do dvoch skupín :

1. *Beta-glukány tvoriace vo vode gél (rozpustné)*, ktoré sa ďalej delia na :
 - a) vysokomolekulárne vetvené beta-glukány (napr. grifolan, schizophyllan, skléroglucan)
 - b) lineárne beta-glukány (napr. laminaran)
 - c) chemicky modifikované beta-glukány (napr. karboxymetylované, sulfonované či fosforylované beta-glukány)
2. *Partikulárne (nerozpustné) beta-glukány* (napr. kvasinkový glukán) (**Novák, 2007**).

3.3.3 Beta-1,3-D-glukány

Polysacharid beta-1,3-D-glukán je zložkou bunkovej steny mnohých húb. Syntéza tohto lineárneho polyméru je katalyzovaná enzýmom 1,3-beta-D-glukán-UDP glukozyltransferáza. Možno ho získať z rôznych zdrojov, ktoré zahŕňajú kvasinky, huby, baktérie a obilniny, ako ovos, jačmeň a raž. Každý z týchto beta-glukánov má unikátnu štruktúru, ktorá je daná rôznym spojením glukóz, a tým získavajú rôzne chemické vlastnosti. Napr. beta-1,3-D-glukán získaný z baktérií a rias je lineárny a používa sa pri zahusťovaní jedál. Beta-glukán kvasiniek je vetvený na beta-(1,6) a beta-(1,3)glukány, čo zlepšuje jeho schopnosť viazať sa na makrofágy a stimulovať ich. Chemická štruktúra beta-1,3-D-glukánov závisí od zdroja, z ktorého pochádza a na základe rozsiahleho výskumu sa uznal očistený beta-1,3-D-glukán získaný zo *Saccharomyces cerevisiae* ako najúčinnější protiinfekčný beta-glukánový imunomodulátor. Úloha beta-1,3-D-glukánu získaného z kvasiniek spočíva z časti v stimulovaní vrodených protiplesňových obranných mechanizmov v boji voči rôznym vonkajším vplyvom.

Beta-1,3-D-glukán existuje v nasledujúcich formách :

1. Trojitý špirálovitý multimér zabezpečujúci stavbu a podporu bunkovej steny.
2. Samostatná špirála ako fragment trojitej špirály.
3. Nepravidelný závit je najmenšou súčasťou beta-glukánov (**What is Beta glucan, 2010**).

3.3.4 Beta-1,6-D-glukány

Beta-1,6-D-glukán je vo vode rozpustný polymér obsahujúci v priemere asi 130-150 glukózových jednotiek. Jeho úloha v bunkovej stene spočíva v spájaní GPI viazaných proteínov s beta-1,3-D-glukánom a chitínom. Pri výstavbe bunkovej steny v stresových podmienkach, kedy dochádza k nadprodukcii chitínu, slúži ako akceptorové miesto pre vznikajúci chitín. Zistilo sa, že hladina beta-1,6-D-glukánu je ovplyvňovaná niekoľkými génmi. Obsah beta-1,6-D-glukánu silne ovplyvňujú rôzne proteíny, ktoré sú lokalizované v endoplazmatickom retikule, Golgiho aparáte a na povrchu steny (**Mazáň, Mazáňová a Farkaš, 2006**).

Beta-1,6-D-glukán je značne vetvený polysacharid, ktorý navzájom spája všetky zložky bunkovej steny. Napriek rozsiahlym genetickým a biochemickým analýzám, miesto a spôsob syntézy beta-1,6-D-glukánu je nejasný. Vzhľadom k tomu, že glukán je primárnym receptorom pre kvasinkový killerový faktor K1, mutácia v génoch potrebných pre syntézu glukánu vedie k rezistencii na toxíny (KRE gény). KRE gény kódujú rôzne extracelulárne a intracelulárne proteíny, pričom sa zúčastňujú na N- a O-glykozylnácii manoproteínov. Ďalšie produkty KRE génov nie sú známe, rovnako ako biochémia a lokalizácia syntézy beta-1,6-glukánu (**Lipke a Ovalle, 1998**).

3.4 Účinky beta-glukánov na ľudský organizmus

3.4.1 Imunomodulačný účinok

Beta-glukány spadajú do skupiny imunomodulačných látok nazývaných PAMP, *pathogen associated molecular patterns*. Tieto molekuly sú nešpecificky identifikované zložkami imunitného systému ako štruktúry, proti ktorej sa musí začať imunitná odpoveď. Účinok beta-glukánov sa realizuje pomocou priameho kontaktu s imunokompetentnými bunkami, makrofágmi. Tieto bunky obsahujú na svojom povrchu niekoľko receptorov (toll-like receptor, Dectin-1), ktorými sú molekuly beta-glukánov selektívne viazané, vytvára sa spojenie, ktoré môžeme porovnať s metódou „zámky a kľúča“. Nie každý kľúč otvorí každú zámku, len špecifická, pravá molekula sa môže zabudovať a vytvoriť spojenie s receptorom. Po tomto sa aktivuje kaskáda signálov a výsledkom je imunitná odpoveď celého organizmu. Prírodná dostupnosť a imunomodulačný efekt beta-glukánov je priamo závislý od štruktúry konkrétneho beta-glukánu a čistoty získaných molekúl (**Procházka, Végh a Kuniaková, s.a.**).

Väzba beta-glukánu na špecifický receptor (Dectin-1, CR3) aktivuje makrofágy. Táto aktivácia sa skladá z niekoľkých navzájom prepojených procesov, vrátane zvýšenej chemokinézy; chemotaxie; migrácii makrofágov k časticiam, ktoré sa potom podrobujú fagocytóze; degranulácii, ktorá vedie k zvýšenej expresii adhézných molekúl na povrch makrofágov; adhézii k endotelu a migrácii makrofágov do tkanív. Okrem toho, beta-glukán v následnosti na tieto deje spúšťa intracelulárne procesy, charakterizované dýchacími záchvatmi po fagocytóze napadnutých buniek (tvorba reaktívnych foriem kyslíka a voľných radikálov ako peroxidu vodíka, NO, HClO, HIO), zvýšeným obsahom hydrolytických a metabolických enzýmov, a signálne procesy vedúce k ďalšej aktivácii fagocytov, sekrécii cytokínov a ďalších látok spúšťajúcich zápalové reakcie (interleukín: IL-1, IL-9) (**Vetvicka, 2011**).

3.4.2 Beta-glukány ako nástroj na transport liekov

Existuje množstvo výskumov, ktoré sa zaoberajú používaním beta-glukánov ako systémov zabezpečujúcich transport liekov, a to buď v priamej forme, ako pomocná látka, alebo v kombinácii s inými látkami, ktoré sú vhodné na transport liečiv. V poslednej dobe sa výskum zameriava na glukány získané z pekárenských kvasiniek, nakoľko sa doteraz používal na transport liekov curdlan (β -glukán získaný

z *Agrobacterium bioar* a *Alcaligenes faecalis*) a skléróglukan (získaný zo *Sclerotium rolfii*). Beta-glukány nachádzajúce sa v *Saccharomyces cerevisiae*, môžu byť spracované do dutých, vysoko pórovitých mikročastíc. Ich použitie bolo popísané pred viac ako pätnástimi rokmi, keď vyvinuli beta-glukánové sacharidové mikročastice (Adjuvax) slúžiace ako špecifické antigény a transportéry liekov. Použitie Adjuvaxu vyústilo do viac ako tisícnásobného zvýšenia protilátkovej odpovede. V poslednom čase sa glukánové častice úspešne využívajú pri príprave zhustených polyplexov, teda komplexov s DNA, siRNA, bielkovinami a nanočasticami. Všetky tieto rozdielne typy polyplexov sú založené na jednoduchej vlastnosti beta-glukánov, a to schopnosti byť fagocytované početnými typmi buniek. Beta-glukány tak predstavujú prírodný, lacný a bezpečný prostriedok zabezpečujúci vstup týchto látok do buniek (Vetvicka, 2011).

3.4.3 Beta-glukány a protirakovinová aktivita

Imunoceutikálie sú látky, ktoré majú imunoterapeutickú účinnosť, keď sú prijímané orálne. Viac ako 50 druhov húb poskytuje potenciálne imunoceutikálie, ktoré vykazujú protirakovinovú aktivitu in vitro i u živočíšnych modelov. Šesť z týchto polysacharidov sa skúma v súvislosti s ľudskou rakovinou, zahŕňajúc Lentinan, Schizophyllan, AHCC, Maitake D-frakcia, polysacharid-K a polysacharid-P. Existuje množstvo odbornej literatúry tykajúcej sa protirakovinového účinku Lentinanu na živočíšny a ľudský karcinóm. Prvýkrát ho izoloval a študoval CHIHARA, ktorý dokázal, že jeho protirakovinová aktivita bola vyššia ako u iných polysacharidov húb. MAEDA a kolektív však informovali, že daný polysacharid bol aktívny len pre niekoľko, ale nie pre všetky typy tumorov. Taktiež sa osvedčil v predĺžení života pacientov s nádorovým ochorením, najmä žalúdka, hrubého čreva a konečníka. V náhodne kontrolovanej štúdii pacientov liečených tegafurom, a liečených tegafurom s Lentinom, bolo zistené, že celkové prežívanie bolo vyššie u skupiny, kde sa použila kombinácia liečiv. Výsledkom boli tieto závery: 19,5 % pacientov prežilo viac ako jeden rok, 10,4 % viac ako dva roky a 6,5 % viac ako tri roky. Podľa kritérií Japonskej spoločnosti pre liečbu rakoviny, pre hodnotenie klinických efektov rakovinovej chemoterapie sa ukázalo, že pacienti liečení týmto sacharidom prejavili výrazne vyššiu mieru odpovede. Boli vyvinuté karcinostatiká, ktoré obsahujú polysacharidy Krestin a Lentinan. Používajú sa v súčasnosti v liečbe rakoviny

zažívacích orgánov, pľúc a prsníka, rovnako ako pri rakovine žalúdka a krčka maternice (**Daba a Ezeronye, 2003**).

Beta-glukány z Maitake stimulujú produkciu bielych krviniek v kostnej dreni. Znížená produkcia kostnej drene znamená znížené množstvo bielych krviniek, čo vedie k zvýšenému riziku infekcie a rakoviny. Tento účinok beta-glukánov sa využíva u pacientov s rakovinou, ktorí podstupujú chemoterapiu a rádioterapiu (**Murray, 2004**).

Vedci zaoberajúci sa Maitake, identifikovali štyri základné mechanizmy, ktorými Maitake bojuje proti rakovine:

1. ochraňuje zdravé bunky pred tým, aby sa stali rakovinovými,
2. posilňuje schopnosť imunitného systému vyhľadať a zničiť rakovinové bunky,
3. pomáha získať kontrolu nad delením buniek a nad programovanou bunkovou smrťou (apoptózou),
4. pomáha zabrániť šíreniu (metastáz) rakoviny (**Mayell, 2001**).

Ďalší spôsob, ktorým môže beta-glukánová frakcia z Maitake inhibovať tvorbu rakoviny, je zvýšenie apoptózy. Rakovinové bunky majú tendenciu potlačiť tento prirodzený proces bunkovej smrti. Namiesto umierania sa počet patologických buniek násobí. Týmto spôsobom môžu byť karcinomatické bunky doslova vypnuté (**Murray, 2004**).

3.4.4 Beta-glukány a cholesterol

Dietetické beta-glukány znižujú koncentráciu krvného cholesterolu u ľudí aj zvierat. Nedávne štúdie odhalili mechanizmy, ktorými tieto polysacharidy môžu regulovať homeostázu cholesterolu. Existujú dôkazy, že betaglukánmi oddelené žľčové kyseliny v čreve, majú zníženú schopnosť spätného vstrebávania a návratu do pečene. Zníženie koncentrácie pečenejších žľčových kyselín aktivuje enzým CYP7A1, ktorý konvertuje cholesterol na žľčové kyseliny. Tento dej vedie k zníženiu obsahu cholesterolu v pečenejších bunkách a na druhej strane vedie ku zvýšeniu množstva receptorov pre LDL-cholesterol na plazmatickej membráne týchto buniek, čím sa urýchľuje transport lipoproteínu s nízkou hustotou (LDL) z krvi do hepatocytov. Znížené množstvo intracelulárneho cholesterolu taktiež zvyšuje aktivitu hydroxy-metylglutaryl-CoA-reduktázy (HMG-CoA-reduktázy), limitujúceho enzýmu v syntéze

cholesterolu. Statíny inhibujú HMG-CoA-reduktázu a tým pomáhajú potlačiť tvorbu hepatocitárneho cholesterolu, čím sa vyvoláva zvýšenie jeho vyčerpania beta-glukánmi. Vďaka tejto kombinácii látok dochádza ku zníženiu koncentrácie LDL v krvnej plazme (**Chen a Huang, 2009**).

3.4.5 Beta-glukány a inzulín

Podľa výskumníkov Hiroaki NANBA a Keiko KUBO, autorov knihy „Biológia húb a výrobky z húb“, ľudia trpiaci diabetom typu 2 môžu tiež využívať hubu Maitake. Skúmali špecifické, vysokomolekulárne polysacharidy v Maitake, nazývané X-frakcie. Výskumníci zistili, že huba Maitake môže redukovať inzulínovú rezistenciu, a tým zvýšiť citlivosť na inzulín. X-frakcie sa javia ako účinné látky s antidiabetickými vlastnosťami (**Benefits of Maitake Mushroom, 1998**).

Pri odhaľovaní účinkov tejto huby na diabetes, japonskí vedci krmili diabetické myši múčkou z mycélia huby *Grifola frondosa*. Myšiam bol podávaný jeden gram múčky za deň, pričom u nich spozorovali pokles krvného cukru. Zaujímavosťou tohto experimentu však bolo, že u skupiny myši došlo k zvýšeniu produkcie inzulínu. Zdá sa, že huby môže ľuďom trpiacim na diabetes pomáhať dvomi odlišnými spôsobmi, a to buď zvýšenou produkciou inzulínu, alebo kontrolou hladiny cukru v krvi (**Halpern, 2007**).

Jedným z možných mechanizmov účinku beta-glukánov, ktorý znižuje hladinu glukózy v krvi je sprostredkovanie signálnou cestou cez aktiváciu enzýmu kináza PI3K/Akt. Znížená aktivita PI3K/Akt zohráva kľúčovú úlohu v patogeneze diabetu. Beta-glukány pôsobia ako aktivátory kinázy prostredníctvom niekoľkých receptorov, napr. Dectin-1, CR3, z ktorých každý pôsobí v špeciálnej signálnej dráhe. Interakcie medzi beta-glukánmi a ich receptormi boli podrobne preskúmané. Najdôležitejším faktom však je, že podávanie beta-glukánov by mohlo obnoviť zníženú aktivitu PI3K/Akt pri cukrovke (**Chen a Raymond, 2008**).

3.4.6 Beta-glukány a dermatológia

Široké uplatnenie beta-glukánov je aj v dermatológii. Vyskytujú sa v produktoch na holenie, v ktorých sa prejavuje ich protidráždiaci efekt pri poranení žiletkou alebo pri folikulitíde. Foto-ochranný efekt beta-glukánov, rovnako ako ich schopnosť zmierniť,

zvlhčiť a chrániť pokožku pred možnými podráždeniami, zapríčinenými inými kozmetickými prípravkami, oddŕaže jej starnutia (**Burgess, 2005**).

Beta-glukán je bezpečná, prírodná a neagresívna alternatíva botulotoxínu, kolagénovej injekcie a laserového ošetrenia. Prínosy beta-glukánov pre kožu:

1. Beta-glukány sú schopné reaktivovať starnutie kože bunkami imunitného systému.
2. Tieto sacharidy majú dlhú históriu bezpečného používania v starostlivosti o kožu a v dermatológii ako film vytvárajúce hydratačné krémy.
3. Tieto kozmetické prípravky zlepšujú hojenie rán vďaka stimulácii kolagénového ložiska, aktivácii buniek imunitného systému a obranu proti chorobám.
4. Beta-glukánové krémy podporujú hojenie rán a redukujú negatívne následky chirurgických procedúr (**Anti-Wrinkle Benefits of Beta Glucan, 2011**).

3.4.7 Beta-glukány a prevencia voči infekciám

Biologicky aktívne zložky húb, beta-glukány, okrem protirakovinových, hypoglykemických a hypocholesterolových vlastností, majú aj protivírusové a antimikrobiálne účinky. Protimikrobiálna aktivita bola nájdená v tekutej kultúre *Lentinula edodes* s chloroformom a etylacetátom alebo vo vodnom extrakte sušených húb. Voľná mycéliová kultúra *Lentinula edodes* prejavila výraznejší protimikrobiálny účinok proti gram-pozitívnym než gram-negatívnym baktériám, pričom najviac boli inhibované baktérie *Bacillus subtilis* a *Staphylococcus aureus* (**Hassegawa, Kasuya a Vanetti, 2005**).

Do dnešného dňa boli zaznamenané početné štúdie a klinické pokusy vykonávané s kvasinkovým beta-glukánom a celými glukánovými časticami. Tieto štúdie sa pohybovali od vplyvu beta-glukánov na pochirurgické nozokomiálne infekcie po úlohu kvasinkových beta-glukánov v liečbe antraxovej infekcie.

Beta-glukán získaný z kvasiniek podporoval fagocytózu a následné usmrtenie patogénnych baktérií. V tridsiatich deviatich medicínskych centrách v USA bola vykonaná klinická štúdia s injekčnou formou týchto polysacharidov (Betafectin, PGG-glukán), ktorá zahŕňala 1249 pacientov rozdelených podľa toho, či mali zápal hrubého

čreva a konečníka, alebo ho nemali, avšak išlo o pacientov, ktorý čakali na operáciu. PGG-glukán bol podávaný jedenkrát predoperačne a trikrát pooperačne o množstve 1 mg.kg^{-1} telesnej hmotnosti. Z pokusu vyplynulo, že u väčšiny pacientov došlo k rozvoju vážnej infekcie do tridsiatich dní po operácií. Výsledky klinickej štúdie však ukázali, že liečba injekčnou formou PGG-glukánom znížila závažné pooperačné infekcie o 39 % pri skupine pacientov bez zápalu hrubého čreva a konečníka (**Beta-glucan, s.a.**).

V inej štúdií sa vedci taktiež zaoberali vplyvom týchto polysacharidov na zníženie počtu infekcií pri pacientoch s vysokým rizikom ich vzniku pri chirurgických zákrokoch. Bolo vybraných 67 pacientov, ktorým bola podávaná buď neaktívna substancia alebo substancia v množstve 0,1, 0,5, 1, 2 mg PGG-glukánu na kilogram telesnej hmotnosti. K vzniku závažných infekcií došlo len u štyroch pacientov, ktorým bola podávaná neaktívna substancia, u troch, ktorým bola podaná dávka $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ a len u jedného, ktorému bola podaná dávka o 2 mg.kg^{-1} hmotnosti (**Babineau a i., 1994**).

Okrem toho, môžu beta-glukány ponúknuť jeden z najlepších spôsobov ochrany proti biologickému ataku ešte pred konkrétnou očkovacou látkou. Kanadskí vedci dokázali, že beta-glukány poskytujú kompletnú ochranu proti antraxovej infekcii. Hoci testovanie na ľuďoch nebolo vykonané z pochopiteľných dôvodov, pokusy na živočíchoch vyzerajú sľubne. Napríklad u myší, ktoré dostali beta-glukán týždeň pred infekciou baktériami vyvolávajúcimi antrax, prežitie narástlo z 50 % na 100 %. Keď bol beta-glukán podaný až potom, ako došlo k infekcii, prežitie sa v liečenej skupine zvýšilo z 30 % na 90 %. Tieto výsledky ukazujú na potenciál beta-1,3-glukánov ako imunomodulátorov zabezpečujúcich vysoký stupeň ochrany voči antraxu (**Kiefer, 2011**).

3.4.8 Beta-glukány a krvný tlak

U ľudí so sklonom k nízkemu krvnému tlaku a mdlobám sa ukázalo, že extrakt z Maitake (alebo pokrm z danej huby) zapríčinil zhoršenie ich stavu. Zdá sa teda, že extrakt z *Grifola frondosa* sa stane súčasťou liečby pri vysokom krvnom tlaku, hlavnom faktore kardiovaskulárnych chorôb a infarktu. U pacientoch s nepružnými tepnami nebol daný výťažok dostatočne účinný, preto, pre dosiahnutie vyššej efektivity, sa výskum zaoberá kombináciou huby s inými látkami. Zaujímavé synergické účinky

možno očakávať v kombinácii s extraktom z *Ganoderma lucidum* a *Cordyceps sinensis* (Halpern, 2007).

3.4.9 Beta-glukány a ich nežiaduci účinok

O negatívnych zdravotných účinkoch pôsobenia beta-glukánov sa vedie nezanedbateľná polemika. Na základe niekoľkých dôkazov sa zistilo, že vdychovanie beta-glukánov môže byť dráždivé. Inhalačné problémy mali za následok stimuláciu zápalových buniek, pričom skupina ľudí použila pomerne vysokú koncentráciu beta-glukánu z huby *Polypore* a *Grifola frondosa* (nie však z bežne dostupného zdroja) rozptýleného v ovzduší. Štúdie ukazujú, že skupina ľudí, ktorá vdychovala prach s prídavkom beta-glukánov zaznamenala nosnú hyperreaktivitu. V inej štúdii za rovnakých podmienok, zaznamenala skupina ľudí zmeny v nosovom objeme. Pri použití beta-glukánov v kultúre s lymfocytmi sa zistilo, že beta-glukány zvýšili uvoľnenie histamínu len v kombinácii s iným antigénom (Burge, 2010).

Záver

Beta-glukány sa stávajú dôležitými látkami používanými v medicíne, či už v tradičnej alebo alternatívnej. Jedným z hlavných kritérií, prečo je tomu tak, je ich širokospektrálne použitie s minimálnymi možnými nepriaznivými účinkami na ľudské zdravie. Získaná odolnosť baktérií na antibiotiká, nedostatočne účinné liečivá a neschopnosť liečby obrovského množstva ochorení viedli k záujmu vedcov a výskumníkov o objavenie látok, ktoré by boli maximálne účinné a minimálne škodlivé. Svoju pozornosť zamerali na prírodu, kde tieto biologicky účinné látky objavili. Ich zdrojmi sú rôzne typy organizmov. Najviac využívanými sa však stali beta-glukány získané z makromycét i mikromycét.

Beta-glukány získané z jedlých húb a kvasiniek sa líšia štruktúrou a využitím. Svojou prítomnosťou v ľudskom organizme podnecujú imunitný systém k zvýšenej aktivite. Majú priaznivý účinok pri liečbe rakoviny a v boji proti infekciám. Udržujú správnu hladinu LDL-cholesterolu a glukózy v krvi. Tým pomáhajú predchádzať hypercholesterolémií, ateroskleróze a napomáhajú pri liečbe diabetu typu 2. Uplatnenie našli i v dermatológii, kde pomáhajú redukovať podráždenia kože a oddialiť jej starnutie. Najnovší spôsob používania beta-glukánov je pri liečbe vysokého krvného tlaku.

Zoznam použitej literatúry

1. *Agaricus blazei* [2010] [online] [cit. 2010-12-13]. Dostupné na internete: <http://www.diochi.cz/main/database/herbar/herb_zampion_vice.php>.
2. *Agaricus subrufescens* [2008] [online] [cit. 2010-12-13]. Dostupné na internete: <http://www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus_subrufescens.html>.
3. AINSWORTH, G. C. 1976. *Introduction to the history of mycology*. 1. vyd. Great Britain : Cambridge University Press, 1976. 370 s. ISBN 0-521-21013-5.
4. *Anti-Wrinkle Benefits of Beta Glucan* [2011] [online] [cit. 2011-03-07]. Dostupné na internete: <<http://hubpages.com/hub/Anti-Wrinkle-Benefits-of-Beta-Glucan>>.
5. BABINEAU, T. J. a i. 1994. A Phase II Multicenter, Double-blind, Randomized, Placebo-Controlled Study of Three Dosages of an Immunomodulator (PGG-Glucan) in High-Risk Surgical Patients. In *Archives of surgery*, roč. 129, č. 11, 1994, s. 1204-1210.
6. *Benefits of Maitake Mushroom: Fight cancer and balances bloos sugar* [1998] [online] [cit. 2011-03-05]. Dostupné na internete: <http://www.healthcastle.com/herb_mushroom_maitake.shtml>.
7. *Benefits of Mushrooms* [s.a] [online] [cit. 2010-12-2]. Dostupné na internete: <<http://lifestyle.iloveindia.com/lounge/benefits-of-mushrooms-1337.html>>.
8. *Beta-glucan* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-15]. Dostupné na internete: <<http://www.search.com/reference/Beta-glucan>>.
9. BĚŤÁK, J. *Hericum erinaceus* [2010] [online] [cit. 2010-12-20]. Dostupné na internete: <<http://botany.cz/cs/hericum-erinaceus/>>.
10. *Blazei* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-13]. Dostupné na internete: <<http://www.zdravime.sk/produkty/blazei>>.
11. *Brewer's yeast* [2006] [online] [cit. 2011-01-11]. Dostupné na internete: <<http://www.umm.edu/altmed/articles/brewers-yeast-000288.htm>>.
12. BURGE, H. 2010. Health effects of Glucans. In *The Environmental reporter*, roč. 8, č. 6. Dostupné na internete: <<http://www.emlab.com/s/sampling/env-report-06-2010.html>>.
13. BURGESS, CH. M. 2005. *Cosmetic Dermatology*. Springer : Berlin, 2005, 170 s. ISBN 3-540-23064-5.

-
14. *Composition Of Yeast* [2010] [online] [cit. 2011-01-11]. Dostupné na internete: <<http://chestofbooks.com/food/beverages/Alcohol-Properties/Composition-Of-Yeast.html>>.
 15. CRAIG, W. *Health Benefits of Mushrooms* [2010] [online] [cit. 2010-12-1]. Dostupné na internete: <<http://www.vegetarian-nutrition.info/updates/mighty-mushrooms.php>>.
 16. DABA, A. S. – EZERONYE, O. U. 2003. Anti-cancer effect of polysaccharides isolated from higher basidiomycetes mushrooms. In *African Journal of Biotechnology*, roč. 2, č. 12, 2003, str. 672-678. Dostupné na internete: <<https://tspace.library.utoronto.ca/retrieve/3208/jb03120.pdf>>.
 17. DERMEK, A. – LIZOŇ, P. 1985. *Malý atlas húb*. 2. vyd. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1985. 548 s. 67-022-85.
 18. *Evolution* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-1]. Dostupné na internete: <<http://faculty.college-prep.org/~bernie/sciproject/project/Kingdoms/Fungi%207/fungi%20website/evolution.html>>. MAZIN, V. V. – ŠAŠKOVÁ, L. S. 1989. *Huby, rastliny a ľudia*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1989. 199 s. ISBN 80-07-00008-9.
 19. *Fungi – Evolution* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-1]. Dostupné na internete: <<http://science.jrank.org/pages/2890/Fungi-Evolution.html>>.
 20. *Fungus* [2009] [online] [cit. 2010-12-1]. Dostupné na internete: <<http://www.docstoc.com/docs/6016460/Fungus>>.
 21. HAGARA, L. – ANTONÍN, V. – BAIER, J. 2005. *Veľký atlas húb*. 1. vyd. Praha : Ottovo nakladatelství, 2005. 432 s. ISBN 80-7360-333-0.
 22. HÁJKOVÁ, J. *Penízovka sametonohá – Flammulina velutipes* [2007] [online] [cit. 2010-12-16]. Dostupné na internete: <<http://www.priroda.cz/lexikon.php?detail=1052>>.
 23. HALPERN, G.M. 2007. *Healing mushrooms. Effective treatments for today's illnesses*. NY : Square One Publishers, 2007. 186 s. ISBN 978-0-7570-0196-3. Dostupné na internete: <http://www.alohamedicinals.com/HealingMush_Private_10-18-06.pdf>.
 24. HASSEGAWA, R. H. – KASUYA, M. C. M. – VANETTI, M. C. D. 2005. Growth and antibacterial activity of *Lentinula edodes* in liquid media supplemented with agricultural wastes. In *Electronic Journal of Biotechnology*,
-

-
- roč. 8, č. 2, 2005, str. 213-217. Dostupné na internete: <<http://www.ejbiotechnology.info/content/vol8/issue2/full/3/>>.
25. *History of beta-1,3/1,6-glucan research* [2011] [online] [cit. 2011-02-23]. Dostupné na internete: <<http://www.betaglucan.org/history.htm>>.
26. *History of Yeast* [s.a.] [online] [cit. 2011-01-10]. Dostupné na internete: <http://www.dakotayeast.com/yeast_history.html>.
27. CHEN, J. – HUANG, X. F. 2009. The effects of diets enriched in beta-glucans on blood lipoprotein concentrations. In *Journal of Clinical Lipology*, roč. 3, č. 3, 2009, str. 154-158.
28. CHEN, J. – RAYMOND, K. 2008. Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. In *Vascular Health and Risk Management*, roč. 4, č. 6, 2008, s. 1265-1272. Dostupné na internete: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2663451/>>.
29. CHOVANCOVÁ, A. – ŠTURDÍK, E. 2005. Vplyv beta-glukánov na imunitný systém človeka. In *Nova Biotechnologica*, roč. V-I, 2005, str. 105-121.
30. *Innate immunity and beta 1,3-glucan* [s.a.] [online] [cit. 2011-02-23]. Dostupné na internete: <<http://www.beta13dglucan.org/betaglucanhhistory.html>>.
31. JANITOR, A. a i. 2006. *Príručka hubára*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 2006. 134 s. ISBN 80-07-01281-8.
32. KAUTMANOVÁ, I. 2004. *Huby*. 1. vyd. Bratislava : Ikar, 2004. 304 s. ISBN 80-551-0830-7.
33. KIEFER, D. *Immune protection – Naturally Boosting Immunity During Cold Season* [2011] [online] [cit. 2011-03-20]. Dostupné na internete: <<http://rejuvitality.com/2009/04/naturally-boosting-immunity-during-cold-season/>>.
34. KLÁN, J. 1989. *Co víme o houbách*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 312 s. ISBN 80-04-21143-7.
35. KRIŽAN, J. 2004. *Maturita z biológie*. 1.vyd. Bratislava : Príroda, 2004. 280 s. ISBN 80-07-01145-5.
36. Kuo, M. *Pleurotus ostreatus : The Oyster Mushroom* [2005] [online] [cit. 2010-12-3]. Dostupné na internete: <http://www.mushroomexpert.com/pleurotus_ostreatus.html>.
37. KUO, M. *Flammulina velutipes* [2006] [online] [cit. 2010-12-16]. Dostupné na internete: <http://www.mushroomexpert.com/flammulina_velutipes.html>.
-

-
38. KUO, M. *Grifola Frondosa : The Hen of the Woods* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-12]. Dostupné na internete:
<http://www.mushroomexpert.com/grifola_frondosa.html>.
39. LIPKE, P. N. – OVALLE, R. 1998. Cell wall architecture in yeast: New structure and challenges. In *Journal of bacteriology*, roč. 180, č. 15, str. 3735-3740. Dostupné na internete: <<http://jb.asm.org/cgi/content/full/180/15/3735>>.
40. MAYELL, M. 2001. Maitake Extracts and Their Therapeutic Potential. In *Alternative Medicine Review*, roč. 6, č. 1, 2001, str. 48-60. Dostupné na internete:
<http://www.thorne.com/media/alternative_medicine_review/2001/Volume_6/Number_1/Maitake_Extract.pdf>.
41. MAZÁŇ, M. – MAZÁŇOVÁ, K. – FARKAŠ, V. 2006. Bunková stena húb – výzva pre výskum nových antimykotík. In *Chemické listy*, roč. 100, 2006, str. 433-439.
42. MAZIN, V. V. – ŠAŠKOVÁ, L. S. 1989. *Huby, rastliny a ľudia*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1989. 199 s. ISBN 80-07-00008-9.
43. MCINTOSH, P. *Lentinula edodes, the Shiitake Mushroom* [2009a] [online] [cit. 2010-12-3]. Dostupné na internete: <<http://www.suite101.com/content/lentinula-edodes-the-shiitake-mushroom-a120517>>.
44. MCINTOSH, P. *Auricularia auricula, the Wood Ear Mushroom* [2009b] [online] [cit. 2010-12-20]. Dostupné na internete:
<<http://www.suite101.com/content/auricularia-auricula-the-wood-ear-mushroom-a120532>>.
45. MURRAY, M. T. *The medical Mushroom for Cellular Immune Protection* [2004] [online] [cit. 2011-03-02]. Dostupné na internete:
<http://www.myhealthmybody.com/trellis/ADM4300_Maitake>.
46. NOVÁK, M. 2007. β -glukany, historie a súčasnosť. In *Chemické listy*, roč. 101, 2007, str. 872-880.
47. PODEŠVA, Z. *Flammulina velutipes* [2007] [online] [cit. 2010-12-16]. Dostupné na internete: <<http://botany.cz/cs/flammulina-velutipes/>>.
48. PROCHÁZKA, Z. – VÉGH, V. – KUNIAKOVÁ, R. *Beta-glucan or oyster mushroom* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-01]. Dostupné na internete:
<<http://www.pleuran.sk/doc/clanky/odborne/Beta->
-

-
- Glucan%20or%20The%20Oyster%20mushroom,%20MUDr.Vegh,%20MUDr.P rochazka,%20Lekarnik.pdf>.
49. RANGASWAMI, G. – BAGYARAJ, D. G. 1998. *Agricultural Microbiology*. 2. vyd. New Delhi : Prentice – Hall of India, 1998. 422 s. ISBN 81-203-0668-6.
50. *Saccharomyces cerevisiae* [2009] [online] [cit. 2011-01-12]. Dostupné na internete: <<http://www.probiotic.org/saccharomyces-cerevisiae.htm>>.
51. *Saccharomyces cerevisiae* [2010] [online] [cit. 2011-01-12]. Dostupné na internete: <http://species.wikimedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae>.
52. *Saccharomyces cerevisiae* [s.a.] [online] [cit. 2011-01-12]. Dostupné na internete: <http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2007/nelson_andr/>.
53. SPENCER, J.F.T. – SPENCER, D. M. 1997. *Yeasts in natural and artificial habitats*. Berlín : Springer-Verlag, 1997. 381 s. ISBN 3-540-56820-4.
54. Svobodová, V. *Auricularia auricula – judae* [2007] [online] [cit. 2010-12-20]. Dostupné na internete: <<http://botany.cz/cs/auricularia-auricula-judae/>>.
55. ŠKUBLA, P. 1989. *Tajomné huby*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1989. 359 + 24 s. ISBN 80-07-00009-7.
56. ŠTEVLÍKOVÁ, T. a i. 2006. *Mikrobiológia*. 2. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006. 156 s. ISBN 80-8069-683-7.
57. VETVICKA, V. 2011. Glucan-immunostimulant, adjuvant, potential drug. In *World Journal of Clinical Oncology*, roč. 2, č. 2, 2011, str. 115-119. Dostupné na internete: <<http://www.wjgnet.com/2218-4333/pdf/v2/i2/115.pdf>>.
58. *Výnos* [2005] [online] [cit. 2010-12-2]. Dostupné na internete: <http://www.svssr.sk/dokumenty/legislativa/2608_2005.pdf>.
59. *What is Beta glucan* [2010] [online] [cit. 2011-02-24]. Dostupné na internete: <<http://www.transferpoint.com/Articles.asp?ID=152>>.
60. *What is Poria* [2010] [online] [cit. 2010-12-21]. Dostupné na internete: <<http://www.mdidea.com/products/new/new04503.html>>.
61. *What is Shiitake mushrooms* [2010] [online] [cit. 2010-12-3]. Dostupné na internete: <<http://www.mdidea.com/products/new/new05902.html>>.
62. *What's Maitake* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-12]. Dostupné na internete: <http://www.maitake.com/template.php?page=whats_maitake>.
63. *Yamabushitake Mushroom* [s.a.] [online] [cit. 2010-12-20]. Dostupné na internete: <<http://www.webvitamins.com/nutrient.aspx?ID=1559>>.
-

-
64. *Yeast Meets West* [2008] [online] [cit. 2011-01-10]. Dostupné na internete: <<http://www.efn.org/~sundance/NutritionalYeast.html>>.
65. ZIMA, M. a i. 1999. *Fyziológia rastlín*. 2. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1999. 152 s. ISBN 80-7137-587-X.
1. Obr. 1 *Pleurotus ostreatus: Léčivé houby* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete: <<http://www.biorenesance.cz/biorenesance/0/0/2/51>>.
2. Obr. 2 *Lentinula edodes: Lentinula edodes* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete: <<http://toxicopoeia.com/?get=plants&plant=Lentinula%20Edodes>>.
3. Obr. 3 *Grifola frondosa: Medical mushrooms* [2011] [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete: <<http://www.bitterrootrestoration.com/medicinal-plants/medicinal-mushrooms.html>>.
4. Obr. 4 *Agaricus subrufescens: Wilson, N. Agaricus subrufescens* [2002] [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Agaricus_subrufescens.jpg>.
5. Obr. 5 *Flammulina velutipes: Flammulina velutipes* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné na internete: <<http://www.orchis.webzdarma.cz/Agaricales1/Flammulina%20velutipes.JPG>>.
6. Obr. 6 *Hericium erinaceus: Kirkpatrick, J. Hericium erinaceus* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-11]. Dostupné na internete: <[http://www.mykoweb.com/CAF/photos/Hericium_erinaceus\(jk-29577\).jpg](http://www.mykoweb.com/CAF/photos/Hericium_erinaceus(jk-29577).jpg)>.
7. Obr. 7 *Auricularia auricula: Indiana mushrooms* [s.a.] [online] [cit. 2011-03-11]. Dostupné na internete: <http://www.indianamushrooms.com/images/auricularia_auricula_80911.JPG>.
8. Obr. 8 *Polyporus umbellatus: Németh, L. Polyporus umbellatus* [2007] [online] [cit. 2011-03-11]. Dostupné na internete: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Polyporus_umbellatus.jpg>.
9. Obr. 9 *Poria cocos: What is Poria* [2010] [online] [cit. 2011-03-11]. Dostupné na internete: <<http://www.mdidea.com/products/new/new04505.html>>.
10. Obr. 10 *Yeast β -glucan: Carbohydrate analysis* [2011] [online] [cit. 2011-02-24]. Dostupné na internete: <<http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzyme-explorer/learning-center/carbohydrate-analysis.html>>.
-