

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Houby a jejich význam v potravinářství

Bakalářská práce

2020

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martina Piroutková**  
Osobní číslo: **C17252**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Houby a jejich význam v potravinářství**  
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

### Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši zabývající se houbami, jejich zpracováním a významem v potravinářství.
2. Uveďte základní skupiny hub, jejich charakteristiky, základní stavební látky a využití hub nejen pro potravinářské, ale také pro léčebné účely.
3. Diskutujte zdravotní aspekty související s konzumací hub, a to nejen aspekty souvisejícími z otrav houbami, ale také aspekty pozitivní a zdraví prospěšné.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**

Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce:

**5. února 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**4. července 2020**



---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

L.S.



---

**prof. Ing. Karel Ventura, CSc.**  
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Martina Piroutková

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D. za jeho cenné rady a čas, který věnoval pomoci při této práci, aby bylo dosaženo co nejlepšího výsledku.

Také děkuji panu Jiřímu Václavíkovi za poskytnuté materiály a povolení využít fotografie hub v této práci. V neposlední řadě také děkuji všem, kteří mi věřili a podporovali.

## **ČESKÝ NÁZEV**

Houby a jejich význam v potravinářství

## **ANOTACE**

Cílem práce bylo charakterizace a rozdělení hub dle různých hledisek. Popsány jsou nejdůležitější složky hub s příznivým vlivem na lidský organismus. Rozepsány jsou nejvýznamnější druhy hub jak pro farmaceutický, tak i pro potravinářský průmysl. V neposlední řadě se práce zabývá negativními vlastnostmi hub.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Houby,  $\beta$ -glukany, stavba hub,

## **ENGLISH TITLE**

Mushrooms and their Significance in Food Industry

## **ANNOTATION**

The aim of this work was to characterize and divide fungi according to various aspects. The most important components of fungi with a beneficial effect on the human body are described. The most significant types of mushrooms for both the pharmaceutical and food industries are presented as well. Finally, this work deals with the negative properties of mushrooms.

## **KEYWORDS**

Mushrooms;  $\beta$ -glucans; Mushroom structure,

# OBSAH

ÚVOD .....	11
<b>1 HOUBY.....</b>	<b>12</b>
1.1 STAVBA HUB.....	12
1.1.1 <i>Podhoubí</i> .....	13
1.1.2 <i>Plodnice</i> .....	13
1.2 ROZDĚLENÍ HUB .....	14
1.2.1 <i>Členění získávání organických látek</i> .....	14
1.2.2 <i>Členění dle potravinářského využití hub</i> .....	16
1.3 STAVEBNÍ LÁTKY HUB A LÉČIVÉ ÚČINKY .....	19
1.3.1 <i>Bílkoviny</i> .....	19
1.3.2 <i>Sacharidy</i> .....	19
1.3.3 <i>Tuky</i> .....	20
1.3.4 <i>Minerály a vitamíny</i> .....	20
<b>2 VLÁKNINA HUB .....</b>	<b>22</b>
2.1 CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY .....	22
2.2 ÚČINKY VLÁKNINY.....	23
<b>3 LEKTINY A HYDROFOBINY.....</b>	<b>25</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA LEKTINŮ .....	25
3.2 PŘÍNOSY A NEGATIVNÍ VLASTNOSTI LEKTINŮ .....	25
3.3 CHARAKTERISTIKA HYDROFOBINŮ.....	26
3.4 VYUŽITÍ HYDROFOBINŮ .....	26
<b>4 GLUKANY .....</b>	<b>27</b>
4.1 HISTORIE ZÁJMU O GLUKANY.....	27
4.2 STAVBA GLUKANŮ.....	28
4.3 VÝSKYT GLUKANŮ .....	29
4.4 ZDRAVOTNÍ PŘÍNOS GLUKANŮ .....	30
4.4.1 <i>Protinádorové terapie</i> .....	31
4.4.2 <i>Kardiovaskulární onemocnění</i> .....	32
4.4.3 <i>Diabetes mellitus</i> .....	32
4.5 DALŠÍ ZDROJE GLUKANŮ.....	32
4.5.1 <i>Obilná zrna - charakteristika a vlastnosti</i> .....	32
4.5.2 <i>Obilná zrna - zdravotní přínos</i> .....	33
<b>5 NUTRACEUTIKA.....</b>	<b>35</b>

5.1	CHARAKTERISTIKA NUTRACEUTIK.....	35
5.2	DOPLŇKY Z HUB .....	36
<b>6</b>	<b>VÝZNAMNÉ DRUHY HUB .....</b>	<b>38</b>
6.1	BOLTCOVITKA UCHO JIDÁŠOVO.....	38
6.2	HLÍVA ÚSTRÍČNÁ.....	39
6.3	HOUŽEVNATEC JEDLÝ.....	41
6.4	LESKLOKORKA LESKLÁ .....	43
6.5	KORÁLOVEC JEŽATÝ .....	45
<b>7</b>	<b>NEBEZPEČNÉ LÁTKY V HOUBÁCH.....</b>	<b>48</b>
7.1	HOUBOVÉ TOXINY.....	48
7.2	ŠKODLIVÉ HOUBY .....	49
7.3	TĚŽKÉ KOVY .....	50
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>



## **POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY**

AACC	American Association of Cereal Chemists (Americká asociace cereálních chemiků)
BRM	Biological Response Modifiers (modifikátory biologické odpovědi)
ILSI	International Life Sciences Institute (Mezinárodní institut pro biologické vědy)
LDL	Low Density Lipoprotein (cholesterol o nízké hustotě)
NK	Natural Killers (přírodní zabíječi)
UV	Ultraviolet (ultrafialové záření)

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Stavba a popis bedlotvaré houby .....	13
Obrázek 2 Stavba houbového glukanu .....	28
Obrázek 3 Stavba obilného (A) a kvasinkového glukanu (B) .....	29
Obrázek 4 Zpracování obilných klíčků .....	34
Obrázek 5 Ucho Jidášovo - plodnice (vlevo) a sušená forma (vpravo) .....	38
Obrázek 6 Hlíva ústříčná na kmeni (vlevo) na komerčním substrátu (vpravo) .....	40
Obrázek 7 Hlíva ústříčná - sklizené plodnice .....	41
Obrázek 8 Houževnatec jedlý .....	41
Obrázek 9 Lesklokorka lesklá - dospělé plodnice .....	43
Obrázek 10 Lesklokorka lesklá - mladé plodnice .....	44
Obrázek 11 Korálovec ježatý - pěstovaný na substrátu .....	46
Tabulka 1 Názvy s výskytem některých glukaniů .....	30

## ÚVOD

Důležitou součástí přírody jsou houby. Od pradávna slouží jako potravina nebo jako zdroj léčebných látek.

Zájem o houby je hlavně v zemích dálného východu, nejvíce v Číně a Japonsku, kde tvoří nemalou složku skoro všech jídel. V těchto zemích sahá zájem o houby a jejich výživový a zdravotní vliv tisíce let zpátky. Houby byly posvátné i pro staré Egypťany, kteří věděli, že jejich konzumace prodlužuje život. Přesto se vědní obor, který se zabývá houbami, začal rozvíjet až kolem 19. století, kdy se zájem o houby rozšířil i do západních zemí.

Houby obsahují velké množství látek potřebných pro výživu lidí, mnoho z nich má také přínos pro zdraví lidí. Obsahují vyšší množství bílkovin, vlákniny a sacharidů. Naopak nízké množství tuků. Nejvíce zkoumané látky jsou polysacharidy glukany, které mají přínos z imunitního hlediska, podporují zdravý kardiovaskulární systém, účinkují proti rakovině, snižují hladinu cukru v krvi atd. Zanedbatelné nejsou ani lektiny ze skupiny bílkovin, které jsou schopné vázat látky obsahující volné nebo vázané cukry. Obsahují také velké množství vitamínů.

Stejně jako mohou být houby pro člověka prospěšné, mohou být také zdraví škodlivé. Mnoho hub obsahuje jedovaté toxiny pro člověka a houby rostoucí ve volné přírodě často obsahují velké množství těžkých kovů.

# 1 HOUBY

Houby patří mezi organismy eukaryotické, což znamená, že mají pravé buněčné jádro. Hned po hmyzu jsou nejvíce rozmanitým eukaryotickým organismem na Zemi. Vyskytují se prakticky všude po světě. Jsou převážně suchozemské, ale nachází se i ve vodě, a to jak sladké, tak mořské. Zdrojem živin hub jsou organické látky, které přijímají přes buněčnou stěnu. Proto se jedná o organismy heterotrofní, kdy podle schopnosti získávání látek dochází k dalšímu dělení hub. Rozmnožují se pomocí výtrus [1, 2].

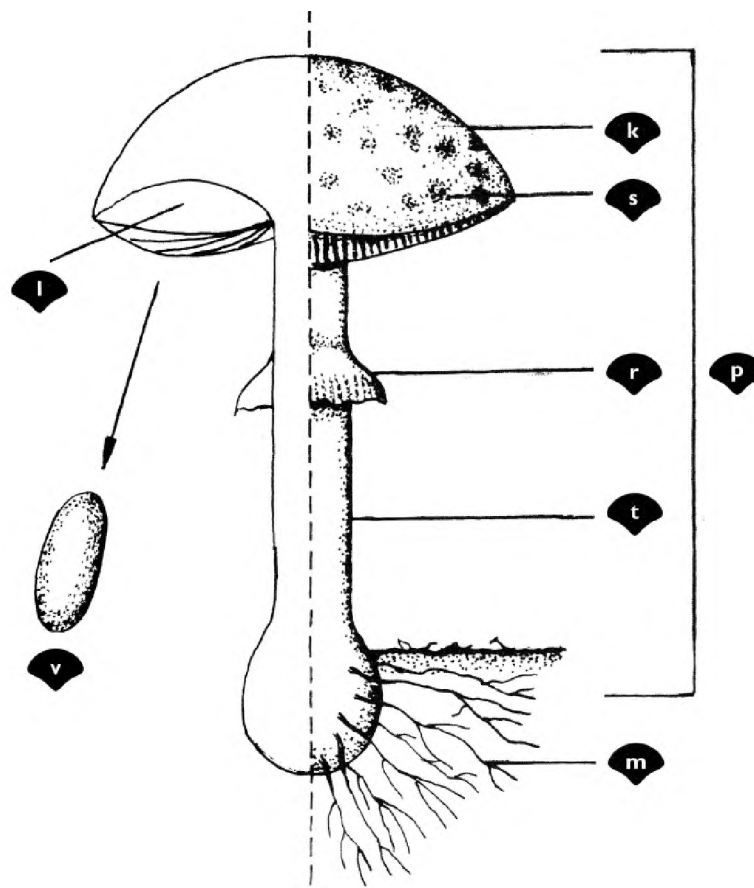
V současné době se již houby považují za samostatnou říši, stejně jako rostliny a živočichové, ale ne vždy tomu tak bylo. Původně se řadily do říše rostlin, a to jako zvláštní nezelené rostliny. Postupem času se nacházely další a další rozdíly. Největší rozdíl je právě ve stylu výživy, kdy rostliny mají chlorofyl a jsou schopné, v porovnání s houbami, organické látky vytvářet pomocí slunečního záření. Další podstatné rozdíly jsou ve stavbě těla houby [1, 3].

Houby se řadí mezi organismy s největším zastoupením na planetě a po bakteriích a rostlinách jsou důležitým přispěvatelem ke globální biomase, kdy z 550 Gt biomasy tvoří přibližně 12 Gt. Jedná se přibližně o šestkrát větší množství, než jaké představují zvířata a lidé dohromady [4].

Jejich role v přírodě i životě člověka je nezastupitelná. Stěžejní úlohou hub je podílet se rozkladu organických látek na látky anorganické a výroba humusu, což je částečný rozklad organických látek. Přesto existuje velké množství hub, které mohou způsobovat nemoci zvířat i rostlin. Například plíseň bramborová způsobila v polovině 19. století v Irsku hladomor s dlouhodobými důsledky [1, 2]

## 1.1 STAVBA HUB

Výrazným rozdílem od říše rostlin je jejich stavba, kdy houby nemají podzemní část (kořen) a nadzemní část členěnou na stonek, listy a květ. U hub je základní stavební jednotkou houbové vlákno neboli hyfa, ze které vzniká podzemní část, která se nazývá podhoubí, odborně mycelium. Z mycelia následně vyrůstá nadzemní část, které se říká plodnice, a ta se dále člení na klobouk, třeň, která může mít prsteneček, a lupeny nebo rourky. Takové stavební rozdělení mají vyšší houby, odborně makrofungi (viz obrázek 1 [3]). Houby se také liší od rostlin tím, že neobsahují chlorofyl a nejsou schopné si sami syntetizovat potřebné látky [3, 5].



- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| k – klobouk            | t – třeň                |
| s – šupiny             | p – plodnice            |
| l – lupeny (hymenofor) | v – výtrus (zvětšeno)   |
| r – prsten             | m – mycelium (podhoubí) |

Obrázek 1 Stavba a popis bedlotvaré houby [3]

### 1.1.1 Podhoubí

Jde o podzemní část houby. Je to vegetativní část složená z houbových vláken, odborně hyf. Podle druhu houby je napojeno na kořeny nebo jiné části organismu, většinou se jedná o rostliny. Případně se rozrůstají v substrátu nebo se rozpínají po povrchu. Styl růstu a větvení hyf je podobný jako kořeny u vyšších rostlin [3, 6, 7].

### 1.1.2 Plodnice

Plodnice je část houby, která je sbírána. Je to vlastně rozmnožovací orgán hub. Jsou typické pro každý druh a jedná se důležitý makroznak v určování hub. Má různé tvary,

velikost, barvu i vůni nebo chuť. Plodnice bývají jednoleté až vytrvalé, například nelupenaté houby mají plodnici většinou vytrvalou. Vytrvalá plodnice přirůstá každým rokem po obvodu. Rozdíly ve velikostech jsou výrazné. Může být v rozměrech milimetrů až metrů. Lupenotvaré houby mají naopak plodnice jednoleté, které rostou výrazně rychleji než u nelupenatých. Z tohoto hlediska se houby rozlišují dále na nelupenaté, lupenaté, holubinkotvaré, hříbotvaré a břichatkotvaré [3, 8, 9].

### **1.1.2.1 Klobouk**

Klobouk je nejdůležitější částí plodnice a udává charakteristické vlastnosti. Má rozmanité tvary (např. plochý, polokulový, ...). Hodnotí se jeho velikost, okraje a tvar. U některých hub zůstávají na povrchu zbytky blanky, která v počátku růstu překrývala celou plodnici. Nelupenaté houby mají často klobouk nasedající přímo na dřevo. Lupenaté nebo hříbotvaré houby mají klobouk vždy nasedající na třeň. Na spodní straně se nachází buď lupeny nebo rourky, které pokrývá hymenium. Na hymeniu se vytváří výtrusy. U lupenatých hub se také sleduje, jak lupeny nasedají ke třeni, kdy mohou být například odsedlé nebo sbíhavé [3, 8].

### **1.1.2.2 Třeň**

Jedná se o nosný aparát. Říká se jí „noha“ houby. Opět má pro každý druh houby charakteristické znaky. Tady je však důležité sledovat její zakončení. Může být s pochvou nebo bez pochvy, která je přirostlá nebo volná. Pochva je vlastně zbytek plachetky, která původně v raném stádiu překrývala celou plodnici. Na třeni se ještě většinou u lupenatých hub nachází prsten. Může vzniknout buď z plachetky nebo ze závoje, který překrýval u mladé houby lupeny nebo rourky [3, 8].

## **1.2 ROZDĚLENÍ HUB**

Houby je možné dělit do skupin více způsoby, a to buď podle možnosti získávání potřebných organických látek pro vývoj a život nebo podle využití ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu [3].

### **1.2.1 Členění získávání organických látek**

Houby neobsahují chlorofyl, a proto si nedokáží vyrábět potřebné živiny z jednoduchých anorganických sloučenin, jako jsou oxid uhličitý, voda a dusičnany. Musí ke

své výživě využívat složitých organických materiálů. Z získávání organických látek potřebných k výživě a růstu je možné houby rozdělit do třech skupin [3, 5].

### **1.2.1.1 Parazitické houby**

Hostitelem pro parazita je živý organismus, který poskytuje veškeré nezbytné látky pro růst a vývoj. Ke vstupu parazitické houby do organismu a vzniku infekce dochází většinou v místě, kde je nějaké poškození nebo poranění. Napadnout mohou dřeviny, plody i člověka. U člověka způsobují kožní onemocnění, jako jsou plísňe. Houby z této skupiny způsobují problémy na pěstovaných plodinách a snižují výtěžnost. Lidé se neustále snaží efektivně většinu těchto druhů hub na plodinách likvidovat. Mezi typické parazitické houby se řadí houby dřevokazné, jako jsou například václavka obecná, hlíva ústřičná, choroše, námel a kukuřičná sněť. Hranice mezi hnilobnými (saprofytickými) a parazitickými houbami je velmi tenká a není řádně vymezena. Houba napadne živou dřevinu, u které došlo i jen k drobnému narušení struktury, a žije v ní i nadále v době, kdy napadená rostlina již odumřela [3, 8, 10].

### **1.2.1.2 Saprofytické houby**

Takové houby získávají organické látky z již odumřelých organismů. Jejich role je v přírodě nezastupitelná, starají se o rozklad odumřelých částí rostlin i živočichů v různých stádiích rozkladu. Na lukách a lesích se podílejí na tvorbě půdy ať už na zemi za vzniku hrabanky, nebo se na odumřelých stromech starají o jejich humifikaci i mineralizaci. Obsahují enzymy, které jsou schopné rozkladu i složitých organických látek na látky jednoduché pro získání výživových látek, a pro dostatek energie. Mezi tyto houby patří vyšší houby, což jsou například žampiony, smržovité houby, ale také nižší houby. Obě skupiny jsou důležité pro koloběh živin v přírodě tím, že tvoří humus velmi bohatý na živiny [3, 8, 10].

### **1.2.1.3 Symbiotické houby**

Symbióza je soužití oboustranně výhodné jak pro houbu, tak pro hostitele. Do této skupiny patří mnoho druhů hub. Je zde i mnoho známých hub rostoucích v lese. U těchto druhů hub se jedná o velmi těsné soužití mezi houbou a stromem, keřem nebo travinou. Houbové podhoubí porůstá jemnými kořínky rostliny, které oplétají, a jsou na ně napojeny. Tento složitý mykorhizický vztah stromu částečně nahrazuje kořenový systém, kdy houba od stromu přijímá potřebné složky pro svůj růst. Jedná se o organické látky, které nedokáže jinak

přijmout nebo je vytvořit. Jsou to zejména cukry. Naopak houba strom zásobuje jinými látkami, které jsou pro jeho růst a vývoj důležité a on je sám není schopen získat. Hlavně se jedná o podzemní vodu se zvýšeným obsahem minerálních látek. U dřevin, kde je podhoubí již dokonale vyvinuto, je závislost jednoho na druhém výrazně vyšší. Pokud by došlo k odumření houby vlivem zhoršení vnějších podmínek, začne strom strádat a po nějaké době uhynie. Některé druhy hub z této skupiny mají těsný vztah pouze k jednomu druhu dřeviny, jako je například klouzek sliční k modřínu a kozák březový k bříze. Naopak mnoho jich může růst u různých druhů stromů. Mykorrhizického vztahu se také využívá v lesnickém odvětví. V některých zemích se před zasazením stromu houba zaočkuje na semenáčky. Úspěšnost v uchycení mladých stromečků zasazených tímto způsobem byla vyšší a kvalitnější byl i jejich následný růst. Pokusy jsou také zaměřeny na to, aby bylo možné zvýšit pěstování hub vhodných ke sbírání a po následné úpravě ke konzumaci [3, 8, 10].

## **1.2.2 Členění dle potravinářského využití hub**

Houby se dělí do pěti skupin, kdy pro léčebné a potravinářské užití jsou pro člověka významné pouze houby s většími plodnicemi. Ty se dělí do dvou kmenů, kterými jsou houby vřekovýtrusné a stopkovýtrusné. Rozdíl je ve tvaru orgánů, ve kterých dochází k tvorbě výtrusů. Zbýlé tři jsou s ohledem na léčebné nebo potravinářské účinky nevýznamné, proto budou přiblíženy pouze okrajově [3, 6].

### **1.2.2.1 Chytridiomycety**

Chytridiomycety jsou skupinou s malým počtem zástupců. Jedná se o zoosporangické houby, které se nachází hlavně ve sladké vodě, případně v půdě. Převážně jde o saprofytické organismy, přesto se do této skupiny řadí i někteří parazité rostlin. Při nepohlavním rozmnožování vytváří zoospory, které jsou pohyblivé a jednobíčíkaté. Stélky mohou tvořit rhizoidy, což je přichytné vlákno [1, 2].

### **1.2.2.2 Mikrosporidiomycota**

Dlouho se mikrosporidiomycota řadila mezi prvoky, protože netvoří mycelium. Ve vegetativním stadiu jsou bezblanné amoeboidní buňky bez stěny, která by obsahovala chitin. Jsou parazitické. Vyskytují se v buňkách některých živočichů, převážně hmyzu. Jeden druh v tomto oddělení napadá i mozek a ledviny savců, což se vyskytuje také u člověka [1].



### 1.2.2.3 Zygomycety

Pro zygomycety je známější pojmenování houby spájkivé. Patří mezi ně velké množství zástupců z řad plísní. Tvoří mycelium, které je mnohojaderné a nepříhrádkované. K tvorbě příhrádek dochází pouze v případě vzniku orgánů nutných k rozmnožování, případně u starého podhoubí. Rozmnožování mají pohlavní i nepohlavní. Při pohlavním rozmnožování je nutné, aby došlo ke spojení pohlavně rozdílných mycelií. Tam, kde se mycelia spojí, dojde ke vzniku zygoty, ve které splyne cytoplazma a jádro. Tímto procesem dojde ke vzniku zygospory, ve které následně dochází k redukčnímu dělení. Ze zygospory vznikne vyklíčením hyfa, na které vyroste sporangium a cyklus se neustále opakuje. Spory slouží k druhému (nepohlavnímu) rozmnožování, kdy na myceliu vyroste speciální hyfa, na které vyrůstají sporangia. Ve sporangích vznikají sporangiospory. Patří sem mnoho organismů, které jsou patogenní pro člověka, ale také potřebných v biotechnologických postupech, například při přípravě organických kyselin: fumarové, mléčné, citronové a šřavelové. Napomáhají i k tvorbě bionafty a alkoholovému kvašení [1, 2, 7, 11, 12].

### 1.2.2.4 Ascomycota

Jde o výrazně rozdílné organismy, a to z hlediska morfologie, fyziologie i biochemie. Tato skupina hub je velmi početná. Řadí se do ní přibližně 40 % již známých hub. Patří sem také kvasinky, u kterých je prokázán výskyt vřecek, přestože u nich nedochází k tvorbě mycelia. Toto procentuelní vyjádření zahrnuje kolem 50 000 druhů. Přesto se bere v úvahu fakt, že stále velké množství hub čeká na své objevení. Rozmnožují se pohlavně i nepohlavně, kvasinky pučením nebo dělením [1, 11].

Při pohlavním rozmnožování je charakteristickým rysem u těchto hub vytváření pohlavních orgánů a vznik sporangií, která se nazývají vřečka a která se tvoří v plodnicích. K uvolnění výtrusu dochází štěrbinou nebo víčkem. Množství výtrusů ve vřecku je u jednotlivých druhů stálé. Nejčastěji je jich 8 v každém vřecku. Někteří zástupci tohoto druhu se rozmnožují nepohlavními výtrusy, které se nazývají konidie. Tento stav se nazývá anamorfa. Většinou se jedná o houby mikroskopických rozměrů s průměrem plodnic menších než 1 cm, ale vyskytují se i výjimky [1, 2, 6, 7, 11].

Jsou to houby mnohobuněčné s článkovaným podhoubím. Výjimkou jsou kvasinky, které jsou jednobuněčné. Většina zástupců jsou saprofytické houby, které se živí odumřelými tkáněmi rostlin a živočichů. Nachází se na různých místech, kde tvoří symbiózu s řasami a cyanobakteriemi, například na dřevu, kůře nebo listech. Některé mohou tvořit symbiózu

i s rostlinami, ale tato vlastnost se vyskytuje jen u malého množství zástupců. Jsou mezi nimi i parazité živočichů i rostlin. Velké množství se řadí mezi lišejníky, čímž zabezpečují zásobování uhlíkem. Pouze malé množství zástupců je jedlých. Přesto mají ve výživě své zastoupení, například smržovité houby nebo lanýže [1, 2, 6, 7]

### 1.2.2.5 Basidiomycota

Opět se jedná o velmi početnou skupinu hub, do které patří přibližně 22 000 druhů již popsaných vyšších hub. Tato skupina se dělí na vyšší a nižší houby. Rozmnožují se pohlavně i nepohlavně, ale to je u těchto zástupců popsáno pouze minimálně. Tvary plodnic jsou velmi rozmanité, jsou například rozlité, kloboukové, kyjovité, keříčkovité a podobně [1, 6, 7].

Stejně jako skupina vřeckovýtrusných hub se i stopkovýtrusé houby charakterizují pohlavním způsobem rozmnožování. Výtrusy se nevyvíjí uvnitř vřecek, ale na vnější straně speciálních buněk, které se nazývají bazidie. Bývají seskupeny a tvoří hymenium. Tato vrstva se nachází u kyjovitých hub na povrchu, u ostatních na spodní části, v rourkách a na lupenech. Rozmnožování, tím že jsou hyfy dvoupohlavní, podmiňuje splnutí jader, která jsou sobě komplementární. Vyklíčením z výtrusů vznikají jemná primární mycelia, která nejsou ještě schopná vytvářet plodnice. Následně, při dobrých podmínkách, po spojení dvou primárních mycelií dávají vzniku sekundárnímu myceliu, které je občas viditelné i pouhým okem jako pavučinka. Mycelium je vytrvalé a v půdě může žít mnoho let i bez vytvoření plodnice. Tato fáze je převažující v životě bazidiomycetů [1–3, 6, 7].

Jde o organismy mnohobuněčné s podhoubím, jehož hyfy jsou přehrádkované, vláknité a pohlavně rozdílné. Výjimečně se vyskytují jednobuněčné organismy, kdy se jedná opět o kvasinky. Většina druhů je suchozemských, ale pár druhů se vyskytuje také ve vodním prostředí. Většina zástupců jsou saprofytické, kdy mají velký význam při rozkladu odumřelých buněk, jako jsou zbytky rostlin nebo živočichů. Početná skupina zástupců z této třídy jsou symbiotické houby tvořící mykorhizovou vazbu s dřevinou, která je výhodná pro obě strany. Vyskytují se tu také zástupci parazitických hub [1, 2, 6, 7].

V této skupině se nachází velké množství druhů hub používaných k jídlu a významné druhy léčivých hub. Do této kategorie se však také řadí nejvíce hub, které jsou jedovaté. Do této skupiny patří tři významné řády léčivých hub. Jsou jimi chorošotvaré a lupenotvaré, do kterých se řadí převážná většina hub, pěstovaných i uměle. Posledním řádem jsou hřibotvaré houby. Tyto jsou nejčastěji sbírané a zpracovávány houby v České republice [1, 6].

## 1.3 STAVEBNÍ LÁTKY HUB A LÉČIVÉ ÚČINKY

Obecné složení hub je v různých literaturách výrazně odlišné. Je to způsobeno v první řadě tím, že lidé z řad mykologů, oproti laické veřejnosti, mezi houby nepočítají pouze vyšší houby (makromycety), ale houby jako celek, tedy také plísně, kvasinky a další. Houby jsou známé vysokými nutričními hodnotami a kulinářským využitím. Využívají se také jako léčiva. Přesto stále nebyly výrazněji doceněny a jsou podrobovány dalším výzkumům. Nezastupitelný přínos mají ve vegetariánské stravě, protože jsou zdrojem potřebných esenciálních aminokyselin. Mají vysoký přínos pro zdraví z důvodu vysoké hladiny bílkovin, vitamínů, obsahu vlákniny a polysacharidů, které mají hlavně vysoké preventivní účinky proti rakovině, infekcím, snižují cholesterol a proti vysokému tlaku. Navíc mají nízký obsah kalorií [1, 13, 14].

### 1.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou tvořeny aminokyselinami. Jedná se o základní stavební látky organismů. Druhy aminokyselin ovlivňují konečnou chuť hub a pro člověka jsou důležité. Houby jsou bohatým zdrojem bílkovin. Obsah bílkovin v houbách ovlivňují nejrůznější aspekty, kterými jsou složení substrátu, velikost mycelia, druh houby a období sklizně. Důležitý je vysoký obsah esenciálních aminokyselin, které musí lidské tělo přijímat v potravinách a nedokáže si je syntetizovat samo. Jedná se hlavně o lysin, leucin a valin. Tyto esenciální aminokyseliny jsou u hub ve větším zastoupení, než je tomu u rostlin. Množství bílkovin v jednotlivých druzích hub je proměnlivé. Vyšší zastoupení má u pěstovaných hub například hlíva ústříčná a nižší houževnatec jedlý. Z hlediska hodnocení složek potravin podle obsahu esenciálních aminokyselin se houby berou jako zdroje vysokého množství bílkovin a díky vyššímu obsahu aminokyselin jsou výživnější než zelenina a dostávají se na úroveň luštěnin. Významnou součástí bílkovin jsou enzymy, hydrofobiny a lektiny. Lektiny jsou bílkoviny schopné navazovat volné a vázané cukry. O lektinu a hydrofobinu více v kapitole 3 [1, 3, 15, 16].

### 1.3.2 Sacharidy

Houby obsahují všechny druhy sacharidů. Množství monosacharidů a oligosacharidů je však zanedbatelné z hlediska výživové hodnoty. Sacharidy jsou pro houbu podstatné. Za zmínku stojí trehalóza, která se řadí mezi nerozpustné disacharidy. Vyskytuje se kromě hub

také v tělech bakterií, hmyzu a kvasinek, kde plní funkci podpory při tvorbě buněčných stěn a membrán. Velké množství cukerných alkoholů se nachází v plodnicích. Je to například mannitol, sorbitol a další. Manitol zaujímá asi 80 % ze všech volných cukrů. Čerstvá houba tedy v průměru obsahuje přibližně 0,9 % manitolu, oproti tomu glykogenu obsahuje 0,59 %. Dominantními zástupci jsou také sacharóza, glukóza, fruktóza a xylóza. Nejdůležitější jsou polysacharidy, skládající se z více než 10 molekul. Patří sem glykogen a inulin, které houbám slouží jako zásobní sacharidy. Mezi stavební polysacharidy patří chitin a glukany, které mají i léčivé účinky. Polysacharidy rozpustné ve vodě mají protinádorové účinky. Jejich přínos bude rozebrán v kapitole 5 [1, 3, 16].

Houby obsahují velké množství vlákniny, kdy v sušině je přibližně 26 % nerozpustné a pouze 1 % rozpustné vlákniny. Mezi vlákninu se řadí velké množství nestravitelných sacharidů s různými účinky. V případě hub je to chitin, který je pro lidské tělo téměř nestravitelný. Podporuje peristaltiku střev, má vliv na snižování cholesterolu v krvi, atd. Více o vláknině pojednává kapitola 2 [3, 17].

### **1.3.3 Tuky**

V porovnání s bílkovinami a sacharidy je množství tuků v houbách velmi nízké. Obsah tuků v houbách je v každém druhu jiný. Bylo zjištěno, že množství tuků v plodnicích stoupá se stářím houby, kdy dochází ke snížení kvality plodnice. Lipidy v houbách zastupují různé sloučeniny, glykolipidy, fosfolipidy, steroidy. V buněčných membránách mají funkci ochrannou, jsou také látkami zásobními. Nejvíce zastoupené kyseliny jsou vyšší mastné kyseliny, kterými jsou hlavně kyseliny stearová, palmitová a olejová. Pro člověka nezbytné esenciální mastné kyseliny houby také obsahují, jedná se o kyselinu linolovou a  $\alpha$ -linolenovou. Linolová se vyskytuje v podobném množství, jako je tomu u vyšších mastných kyselin, ale  $\alpha$ -linolenová je pouze v množství zanedbatelném. O mastných kyselinách vyskytujících se v houbách a jejich vlastnostech, bude pojednávat kapitola 4. Ve výživě člověka houbové tuky nezastupují vysokou roli [1, 3, 16].

### **1.3.4 Minerály a vitamíny**

Lidské tělo potřebuje také vitamíny, protože při metabolických procesech dochází ke vzniku mnoha radikálů, které mohou vést k zánětlivým reakcím a poškození buněčné struktury. Z toho důvodu jsou důležité antioxidanty, které se v houbách vyskytují ve vyšším počtu. Patří mezi ně také vitamíny, jako jsou kyselina askorbová, karotenoidy a tokoferoly.

Tyto látky mohou i v malém množství ovlivňovat vývoj a růst organismu. Výskyt vitamínů je však v každém druhu různý, průměrné hodnoty vitamínů B a D jsou 10 mg/100 g čerstvých hub. U ergosterolu, což je provitamin vitamínu D, u kterého dochází k přeměně na vitamín vlivem UV záření, je tato hodnota 60 mg/100 g. Ten se podílí na tvorbě buněčné stěny a zabraňuje cholesterolu ve vstřebávání do krve. Samotný vitamín D, který se vyskytuje ve vyšším množství u volně rostoucích hub, byl podroben množství studií. Bylo zjištěno, že jeho nedostatek je spojen se vznikem vývojového syndromu, cukrovky, vysokého tlaku a některých typů rakoviny. Přesto má nedostatek tohoto vitamínu až polovina populace. Houby obsahují v malém množství také kyselinu askorbovou, niacin,  $\beta$ -karoten a kyselinu listovou. Kyselina listová je důležitá při krvetvorbě a výrobě nukleových kyselin. Její nedostatek způsobuje padání vlasů, špatný stav pokožky a dlouhodobí nedostatek může způsobit chronický nedostatek bílých krvinek. Karotenoidy jsou silné antioxidanty a jsou důležité zejména pro správnou funkci očí. V houbách je zastoupen z této skupiny hlavně  $\beta$ -karoten a lykopen. Výskyt těchto látek je však pouze v řádech 1 mg/100 g. V případě minerálních látek je to podobné jako u vitamínů, což znamená, že zastoupení je u každého druhu různé. Podstatným důvodem je však charakter půdy. Ve velkém množství je hlavně zastoupen draslík, následně fosfor, dusík, síra, hořčík, železo, vápník atd. Pro houby je mimořádný obsah selenu, kterého mohou obsahovat až stokrát více než zelené rostliny. Některé druhy mohou obsahovat také germanium, které má protinádorové účinky. Bohužel je nutné myslet také na to, že houby z prostředí přijímají také látky škodlivé, jako jsou například těžké kovy. Patří mezi ně hlavně olovo, rtuť a kadmium [1, 3, 16, 18].

## 2 VLÁKNINA HUB

Definice vlákniny nikdy nebyla úplně ustálena, ale za obecnou definici se považuje definice přijatá společností AACC (Americká asociace pro klinickou chemii): „Vlákninu tvoří jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou odolné proti trávení a absorpci v lidském tenkém střevě s úplnou nebo částečnou fermentací v tlustém střevě. Vláknina potravy zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a související rostlinné látky. Vláknina vykazuje prospěšné fyziologické účinky.“ [19].

### 2.1 CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY

Potraviny přírodního charakteru, kdy se nejedná o živočišné produkty, jako jsou maso a mléčné výrobky, které žádnou vlákninu neobsahují, nabývají svého objemu hlavně ze zbytků rostlinných buněk. Jedná se o nestravitelné, nebo pouze částečně stravitelné neškrobové polysacharidy a lignin (lignin není polysacharid, proto se vypisuje zvlášť), které nepodléhají enzymatické hydrolýze v tenkém střevě a žaludku. Tyto nestrávené látky se nazývají vláknina. Dělí se na dvě skupiny. Nerozpustnou vlákninu, která je nerozpustná ve vodě, nebo se sráží v 78% ethanolu. Rozpustná vláknina je v 78% ethanolu plně rozpustná. Celkovou vlákninu udává součet rozpustné a nerozpustné vlákniny. Každý typ vlákniny má lehce odlišný vliv na lidský organismus. Energetický přínos vlákniny je minimální, její primární funkce je ochranná [19–21].

Potraviny rostlinného původu obsahují velké množství různých forem vlákniny. Do nerozpustné vlákniny patří celulóza, hemicelulóza, arabinoxylany, lignin, chitin a chitosan. Celulóza a hemicelulóza se nachází nejvíce v obilných otrubách, luštěninách a ořechách. Důležitým zástupcem jsou také arabinoxylany, které díky esterovému navázání kyseliny ferulové mají silné antioxidační vlastnosti při vychytávání radikálů. Největší výskyt ligninu je převážně v kořenové zelenině, jako jsou celer, mrkev a brokolice a nepodléhá rozkladu. Chitin se nachází v buněčných stěnách nižších rostlin, hub, vnějšího obalu hmyzu a krunýře mořských korýšů. Mezi rozpustnou vlákninu patří pektiny, inulin,  $\beta$ -glukany a guma. Pektiny se vyskytují převážně v ovoci a zelenině.  $\beta$ -glukany přesto, že patří mezi rozpustnou vlákninu, se nachází stejně jako celulóza v obilných otrubách, kvasinkách a houbách. Nezbytnou součástí jsou také gummy, lépe řečeno rozpustné slizy, jakou jsou guar, arabská guma, algináty, karageny a agar. Rozpustná vláknina má důležitou schopnost navázat vodu, po té dochází k nabobtnání a vzniku roztoků rosolovitého typu a zapříčiňují pocit nasycení.

Vláknina v potravě by měla obsahovat více nerozpustné složky, a to přibližně v poměru jedné třetiny rozpustné a dvou třetin nerozpustné [22, 23].

## 2.2 ÚČINKY VLÁKNINY

Účinky nerozpustné vlákniny jsou zásadní pro správné fungování lidského organismu. Vláknina funguje jako kartáč pro lidská střeva, kdy zrychluje průchod natrávené potravy tlustým střevem. Mají důležitou roli při fekálním spojování, čímž dochází ke snížení rizika vzniku zácpy. Nerozpustná vláknina je metabolicky inertní a napomáhá při pohybu střev. Rozpustná vláknina je v tlustém střevě pomalu trávena, kdy je plně fermentována na mastné kyseliny, se středně dlouhým řetězcem. Slouží jako prebiotika, což je živná půda pro mikroflóru v tlustém střevě. Snižuje celkovou hladinu cholesterolu, váže žlučové kyseliny a prodlužuje dobu pocitu nasycení [20, 23, 24].

Studie přínosu stravy založené na příjmu potravin s vysokým obsahem vlákniny dokazuje její přínos na zdraví lidí. Má preventivní vliv u mnoha neinfekčních a civilizačních onemocnění, jako jsou Crohnova nemoc nebo rakovina tlustého střeva. Byla porovnávána úmrtnost u vegetariánů a nevegetariánů. Pravděpodobnost úmrtí na infarkt nebo srdeční selhání je u vegetariánů o 24 % nižší. Potraviny s vyšším obsahem vlákniny také podporují snížení váhy, kdy vláknina zabraňuje chuti k jídlu, a nabuzuje pocit sytosti. Proto se k redukci hmotnosti využívají diety s vysokým obsahem vlákniny. Vláknina také pomáhá u lidí s diabetem, kdy v dostatečném množství je schopna regulovat vstřebávání cukrů. V tomto případě má největší podíl  $\beta$ -glukan. Zamezuje kolísání hladiny cukru v krvi, kdy dochází k pomalejší absorpci potravin s nízkým glykemickým indexem. Pravidelnou konzumací vlákniny dochází ke zpomalení absorpce glukózy a navýšení příjmu antioxidantů. V případě přijímání potravy s nízkým obsahem vlákniny dochází ke zpomalení střevní peristaltiky, čímž může docházet k zácpě, případně dojde ke vzniku chronických onemocnění trávicího traktu. Naruší se rovnováha, kdy se rozmnoží škodlivé mikroorganismy, které narušují hladký posun natrávené potravy ve střevech. Dostatečný přísun vlákniny zajišťuje živnou půdu pro probatické bakterie, kterým dodává potřebnou výživu. Při nízkém příjmu vlákniny dochází k problémům i v tlustém střevě, kdy dochází k usazování nestrávených zbytků a následným zánětům ve střevech, které mohou vést až k rakovině. Doporučuje se každý den přijmout přibližně 30 g vlákniny, ale většina lidí přijme pouze polovinu doporučeného množství. Dříve byl příjem vlákniny výrazně vyšší a dosahoval doporučené denní dávky, ale kvůli vyššímu příjmu tuků a cukrů v potravě se její příjem snížil. Přesto příliš vysoký příjem vlákniny také

není správný. V tomto případě dochází ke špatnému vstřebávání minerálů a vitamínů. Vysoký příjem vlákniny v potravě není vhodný ani pro malé děti do dvou let věku, kdy zabraňuje správnému vstřebávání látek potřebných pro růst a může ohrozit zdravý vývoj. Stejně tak je to rizikové pro starší osoby, které již mají nízký příjem energie a tímto by se příjem energie ještě více snížil [20–22, 24, 25].



### **3 LEKTINY A HYDROFOBINY**

Již stovky let se v Asii houby používají v potravinářství a čínské medicíně. Ví se, že největší přínos mají hlavně polysacharidy. Ale nesmí se zapomínat ani na lektiny a hydrofobiny, které v případě léčby nádorů a celkově v lékařství mohou mít široké zastoupení. Jedná se o dva typy látek bílkovinné povahy, které mají v dalším výzkumu velký potenciál. V případě lektinů je to hlavně léčba rakoviny, u hydrofobinů se předpokládá biotechnologické využití a využití ve farmaceutickém průmyslu [15, 26].

#### **3.1 CHARAKTERISTIKA LEKTINŮ**

Lektiny jsou velkou skupinou glykoproteinů zkoumaných v houbách, ale vyskytují se také v rostlinách, zvířatech a bakteriích. Původně se myslelo, že jsou to látky, které jsou pro lidský organismus pouze toxické a nemají žádný kladný vliv. Postupně se ukázalo, že mají i pozitivní účinky. Jde o skupinu bílkovin, které jsou schopné vázat určité látky obsahující volné nebo vázané cukry. Většina lektinů izolovaných z jedlých hub jsou dimery, minimum jsou pak monomerní, případně multimerní. Významnou účast mají v dějích, kde je nutné rozpoznávání na specifických reakcích. Navazují se na sacharidy, které nemají enzymatickou aktivitu na jejich ligandu a jsou odlišné od protilátek a volných sacharidových sensorických bílkovin [3, 15, 27, 28].

#### **3.2 PŘÍNOSY A NEGATIVNÍ VLASTNOSTI LEKTINŮ**

Lektinů bylo již izolováno velké množství. Typy, které byly charakterizovány, vykazovaly jedinečné vlastnosti ať fyziologické, tak také molekulární. Mají rozmanité struktury, účastní se glykosylace a každý má určitou specifikaci na daný sacharid. Základní účinky ligandu lektinu ohledně léčebného přínosu se týkají glukózy a galaktózy, kdy je schopný tyto sacharidy účinně vázat. Nejzajímavější skupinou jsou právě houbové imunomodulační bílkoviny, které mají velký terapeutický a léčebný potenciál. Mají schopnost potlačování růstu nádorových buněk, antioxidační vlastnosti a imunomodulační aktivitu. U rakoviny pomáhají v utlumení růstu hlavně v případě leukemie, kdy zajišťují blokování určitých bílkovin. Lektiny izolované z polničky topolové výrazně podporují apoptózu u nádorových buněk, z tohoto hlediska by se dalo takového izolátu využívat jako protinádorové léčivo [3, 15, 27].

Lektiny ale mohou být pro tělo skutečně škodlivé. Ve větších dávkách, důležitá je hlavně koncentrace v určité houbě a typ lektinu, mají negativní vliv, protože jsou schopné srážet červené krvinky a působit antinutričně. Lektiny mohou také vyvolat záněty žaludku, zvracení, krvavé průjmy, které zapříčiní ztrátu tekutin a upadnutí do šoku. V plodnicích hlívy ústříčné se vyskytuje velké množství lektinů, které však lidské zdraví nepoškozují [3].

### **3.3 CHARAKTERISTIKA HYDROFOBINŮ**

Hydrofobiny jsou cysteinové, transmembránové bílkoviny, typické pro vláknité houby, které obsahují přibližně 100 aminokyselin s molekulovou hmotností asi 10 kDa. Obsahují velké množství nepolárních (hydrofobních) aminokyselin, například valin, leucin, menthionin, atd. Sekvence hydrofobinů jsou rozmanité, přesto všechny sdílí čtyři disulfidové můstky, které jsou důležité pro stabilitu bílkovin. Hydrofobiny se dělí na dvě skupiny, a to podle rozdílů ve struktuře, hlavně velikostí intercysteinových prostorů, které udávají jejich konečné vlastnosti. Primární struktura hydrofobinů první třídy obsahuje více aminokyselin v porovnání s druhou třídou. Hydrofobiny 2. třídy mají strukturu z  $\alpha$ -helixu. Třída hub vřeckovýtrusných produkuje obě dvě třídy, pouze první třídu hydrofobinů produkuje stopkovýtrusné houby. Primární struktura 1. třídy obsahuje více aminokyselin, než 2. třída a zároveň má více sekvenčních možností. Nacházejí se v různých fázích životního cyklu hub. Vyskytují se na stěnách hyf a ve sporách. Některé druhy souvisí s růstem a vývojem hub [29–31].

### **3.4 VYUŽITÍ HYDROFOBINŮ**

Hydrofobiny mají potenciál využití jak v průmyslových a strojních technologiích, tak v lékařských odvětvích. V technologiích se jedná o ochranu kovových povrchů, na plastové úpravy jsou to hlavně hydrofobiny první třídy. Takto modifikované materiály jsou používány při vývoji biomedicínských přístrojů, hlavně u biosenzorů a k imobilizaci bílkovin. Další využití je u vývoje biokompatibilních povrchů, které umožňují regeneraci tkáně i adhezi buněk. Proto jsou takové materiály navrhované pro regenerativní medicínu se schopností regulovat proliferační a životní dráhy endoteliálních buněk. Hydrofobiny mají také silné protinádorové účinky, mají silnou imunitní odpověď, která je však bez příznaků toxicity. Proto se může hydrofobinů využít v kombinaci s chemoterapií nebo ozařováním, nebo mohou být použity zároveň k výrobě hydrofobních protirakovinných léčiv. Takové molekuly se specifickým účinkem na rakovinné buňky by mohly být do organismu zavedeny pomocí genetického inženýrství nebo adsorpcí [26, 29].

## 4 GLUKANY

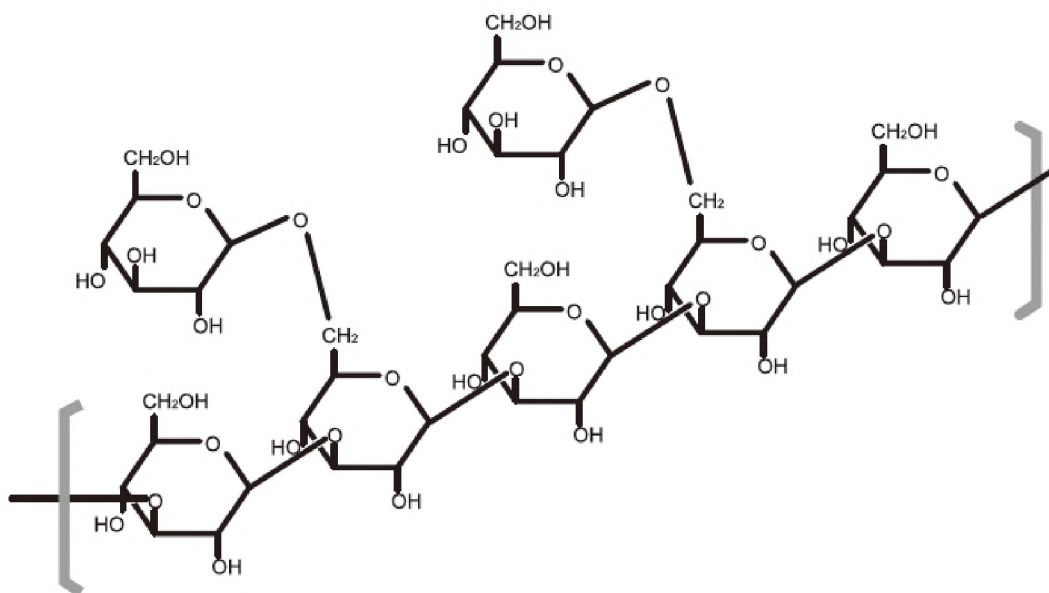
Nejvýznamnější látky s léčivými účinky jsou specifické polysacharidy. Díky sloučeninám, ze kterých jsou složeny, se nazývají glukany. Pojem glukany zahrnuje široké spektrum chemických látek s různými vlastnostmi a účinky na lidský organismus. Jedná se o glukózové polymery, tvořící buněčné stěny organismů. Jsou mezi nimi i kvasinky, bakterie a houby.  $\beta$ -glukan je obecný název přiřazený skupině heterogenních polysacharidů. Vyskytují se v různých konfiguracích. Nejvíce aktivní jsou glukany se spojením 1,3 a do postranního řetězce 1,6 glykosidickou vazbou. Dalším důležitým kritériem u glukanů je spojení dle polohy a to, že vazba se nachází v poloze  $\alpha$  nebo  $\beta$ . Glukany slouží k posílení imunity, protinádorově, antibakteriálně, antivirově a podporují hojení ran [3, 32–35].

### 4.1 HISTORIE ZÁJMU O GLUKANY

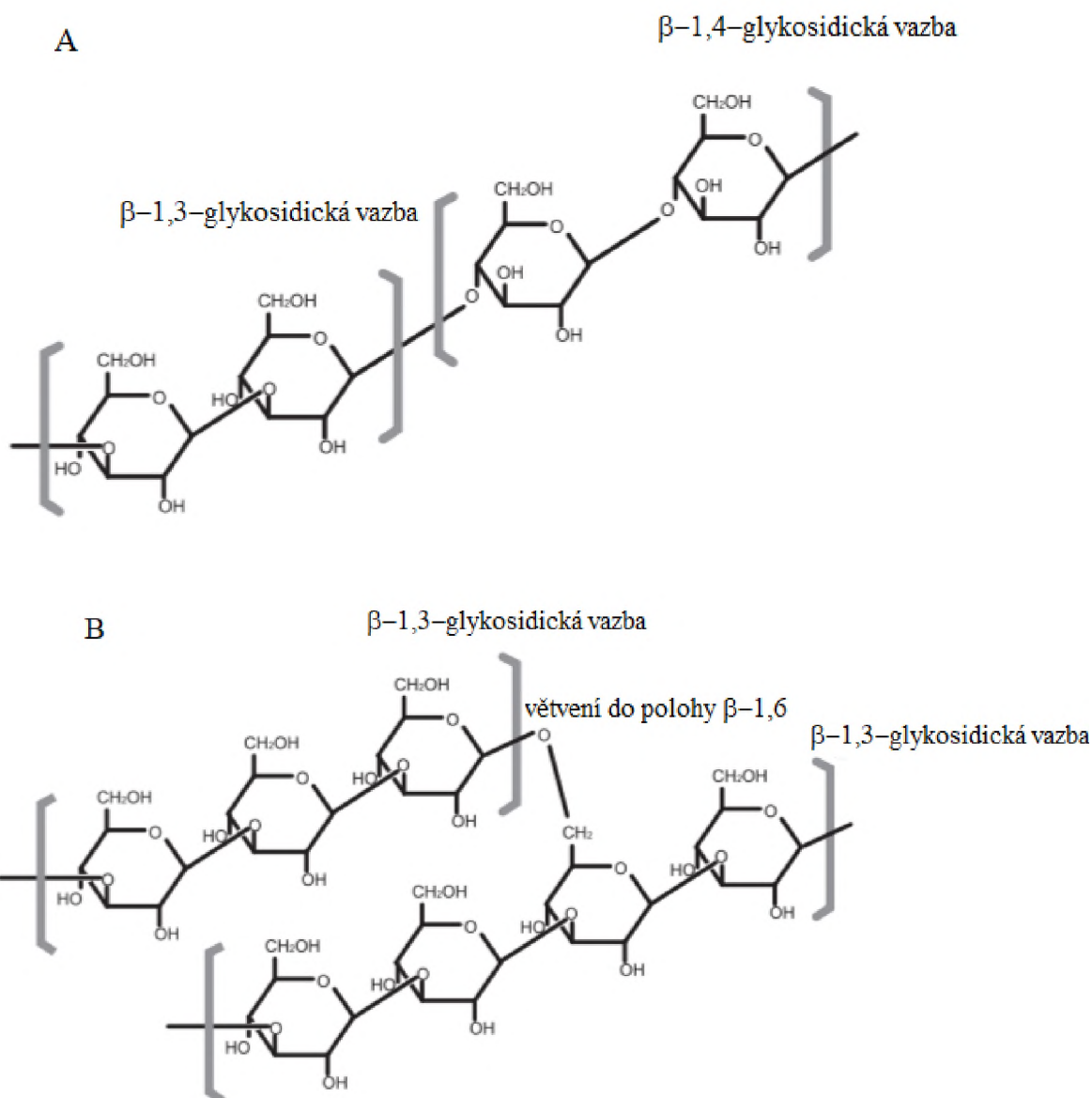
Výzkum  $\beta$ -glukanů více začal až v 60. – 70. letech minulého století. Ve výzkumu je možné sledovat dvě linie, které jsou založené na různých počátečních bodech. Postupným výzkumem se však scházejí. V Evropě a USA byly glukany zkoumány v pekařských kvasnicích, které byly schopné stimulovat nespecifickou imunitní odpověď. Polysacharid z těchto kvasinek se nazývá zymosan. Přesto, že jeho možný vliv byl již známý, z počátku se pochybovalo, zda za touto imunostimulační vlastností je právě zymosan. Až později při podrobném zkoumání zymosanu byl glukan bezpečně identifikován jako důvod tohoto účinku. Di Luzio a Riggi [36] byli průkopníky v tomto výzkumu. Ve svých pracích dokázali, že podávání glukanu způsobuje významnou stimulaci fagocytů v retikuloendotelovém systému, a že posiluje obranné mechanismy a rezistenci na nádory. Druhá linie výzkumu byla v Asii, konkrétně v Japonsku. Tam probíhal intenzivní výzkum imunomodulačních aktivit  $\beta$ -glukanů, které však neizolovali z kvasinek, ale z léčivých hub. Důvodem bylo, že v asijské medicíně je konzumace léčivých hub naprosto přirozená. Jedná se hlavně o houby houževnatec jedlý, trstnatec lupenitý a lesklokorka lesklá. V japonských studiích dostávaly myši s rakovinou  $\beta$ -glukan. Toto počáteční vyšetřování provedl Goro Chihara [37], který izoloval  $\beta$ -glukan z houby lesklokorky lesklé, kterou nazval „lentinan“. U myši došlo k rychlému snížení počtu nádorových buněk. V podrobných studiích o biologických účincích těchto hub, zejména o jejich antikarcinogenním účinku, bylo opět zjištěno, že  $\beta$ -glukany jsou hlavní příčinou nespecifické imunomodulace. Lentinan byl později schválen jako léčivo pro léčbu rakoviny a je používán přes 30 let [1, 38].

## 4.2 STAVBA GLUKANŮ

Jedná se o látky patřící mezi polysacharidy, složené z cyklického sacharidu D-glukopyranózy a spojené pomocí  $\beta$ -glykosidické vazby. Mezi  $\beta$ -glukany není zahrnuta celulóza. Důvodem je, že je tvořena  $\beta$ -1,4 glykosidickou vazbou, protože  $\beta$ -glukany s léčebnými účinky jsou tvořeny primárně pomocí 1,3 glykosidické vazby. Patří do skupiny hemicelulózy, což je z části rozpustná a částečně nerozpustná vláknina, konkrétněji jde o heteroglukany. Jedná se o lineární spojení a do větvení následně různým počtem 1,4 a 1,6 glykosidických vazeb.  $\beta$ -glukany mohou být tedy lineární nebo větvené. Kromě  $\beta$  vazby se vyskytují také glukany s vazbou v poloze  $\alpha$ , které se ve velkém množství vyskytují hlavně v houbách. Tyto vazby jsou v poloze 1,3; 1,4 a větví se do polohy 1,6. Stavba glukanu nacházejícího se v houbách je uvedena na obrázku 2 [32]. Glukany přítomné v cereáliích mají vazby v poloze 1,3 a 1,4 a nemají větvení.  $\beta$ -glukany z kvasinek, například *Saccharomyces cerevisiae*, jsou velké molekuly skládající se z lineárního základního řetězce s vazbou v poloze 1,3 a napojeny na další lineární řetězec pomocí 1,6. Stavba u mořských řas a bakterií je také především lineární. Stavbu obilných a kvasinkových glukánů zobrazuje obrázek 3 [32, 34].



Obrázek 2 Stavba houbového glukanu [32]



Obrázek 3 Stavba obilného (A) a kvasinkového glukanu (B) [32]

### 4.3 VÝSKYT GLUKANŮ

β-glukany jsou sloučeniny, které se vyskytují ve většině buněčných organismů, nachází se převážně v buněčných stěnách. Každý má odlišné účinky na lidský organismus, různé větvení a aktivitu. Primárním zdrojem β-glukanů pro člověka jsou obilná zrna (nejvíce ječmen a oves), houby, kvasinky a mořské řasy. S větvením jednotlivých glukanů seznamuje předchozí podkapitola. Zastoupení β-glukanů v nejvýznamnějších zástupcích z jednotlivých organismů (tabulka 1) [32, 34].

Tabulka 1 Vybrané zdroje glukanu [3, 32]

Kategorie	Český název	Latinský název	Název glukanu	Typ vazby
Vyšší rostliny	Oves	<i>Avena sativa</i>		$\beta$ -1,3 a $\beta$ -1,4 glykosidická vazba bez větvení
	Ječmen	<i>Hordeum vulgare</i>		
Houby	hlíva ústříčná	<i>Pleurotus osteratus</i>	<b>pleuran</b>	vazba $\beta$ -1,3 v hlavním řetězci s rozvětvením s jednotkami glukózy v poloze $\beta$ -1,6
	houževnatec jedlý	<i>Lentinula edodes</i>	<b>lentinan</b>	
	klanolístka obecná	<i>Schizophyllum commune</i>	<b>SPG</b>	
	outkovka pestrá	<i>Trametes versicolor</i>	<b>coriolin</b>	
	penízovka sametonohá	<i>Flammulina velutipes</i>	<b>flammulin</b>	
	trstnatec lupenitý	<i>Grifola frondosa</i>	<b>grifolan</b>	
Mořské řasy	chaluha	<i>Laminaria digitata</i>	<b>laminarin</b>	vazba $\beta$ -1,3 v hlavním řetězci s postraními řetězci v poloze $\beta$ -1,6
		<i>Saccharina longicruris</i>		
		<i>Durvillaea antarctica</i>		
Kvasinky	pekařské droždí	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<b>zymosan</b>	
Mikrořasy	krásnoočko štíhlé	<i>euglena gracilis</i>	<b>aramylon</b>	lineární řetězec s vazbami $\beta$ -1,3

#### 4.4 ZDRAVOTNÍ PŘÍNOS GLUKANŮ

Houby, díky svému přínosnému vlivu na lidské zdraví, byly od pradávna tradičně používány jako léčivé prostředky. Velký zájem a rozsáhlé studie jejich vlivu na zdraví jsou nejvíce v Japonsku a Číně. Nejvíce bioaktivními sloučeninami jsou právě polysacharidy, které jsou zodpovědné za širokou škálu biologických aktivit. Nejvíce studovaná je jejich schopnost modulace imunitního systému. Houbové polysacharidy, ve kterých se vyskytuje  $\beta$ -vazba, prokázaly, že za určitých okolností jsou schopné posílit imunitní systém člověka a modulovat imunologické odpovědi. Díky této vlastnosti se také běžně nazývají modifikátory biologické odpovědi (BRM), což znamená, že se využívají v biologické léčbě (imunoterapii). Důsledkem aktivace imunitního systému hostitele vykazují tyto polysacharidy mimo jiné významnou protinádorovou, antivirovou a antimikrobiální aktivitu [39].

#### 4.4.1 Protinádorové terapie

Polysacharidy z vyšších hub jsou široce využívány v nádorových terapiích. Používají se z plodnic i kultivované z podhoubí. Zásahu na tom mají jejich vlastnosti, které fungují jako zesilovače imunitní reakce. Na jejich účinnost má vliv chemické složení, molekulová hmotnost, větvení nebo čistota. Studie, které se zabývaly výzkumem této aktivity, prokázaly, že izolované polysacharidy z různých hub mají schopnost poskytovat protinádorovou aktivitu. Jedná se hlavně o houby z rodu pečárkovitých. Konkrétní druhy hub z jiných rodů jsou např. lesklokorka leská, trstnatec lupenitý, houževnatec jedlý, atd. Bylo zjištěno, že velké množství houbových polysacharidů má vysokou mitogenní aktivitu, která zahrnuje několik mechanismů, jako je tlumení růstu a množení (antiproliferace) rakovinných buněk a indukování řízeného zániku a rozpadu buňky (apoptóza). Důležitým mechanismem je také regulace imunitního systému a antimetastatické účinky. Aktivace makrofágů, T-lymfocytů a přírodních zabíječských buněk (NK) patří mezi antimetastatické účinky. Zabíječské buňky mají schopnost vylučovat protizánětlivé mediátory a cytosiny. Mohou také potlačovat expresi bílkoviny a genu E-selektinu, který inhibuje přilnavost nádorových buněk k hostitelským buňkám. Důležitou vlastností je také diferenciací nádorových buněk [39–41].

V terapiích proti nádorům se polysacharidy často používají jako pomocné látky. Největší zastoupení v této oblasti léčby má lentinan. Jde o polysacharid vázaný na  $\beta$ -1,3, a 1,6 z houby houževnatec jedlý, známější pod pojmenováním Shiitake. Používá se v kombinované léčbě pacientů s opakujícím se nebo pokročilým stadiem rakoviny žaludku, popřípadě tlustého střeva. Byla provedena studie, kde bylo zahrnuto 89 pacientů s pokročilou rakovinou žaludku. Prokazatelné zlepšení se u pacientů projevilo po 80 dnech, když jim byly intravenózně podávány 2 mg lentinanu každý týden. Podobný účinek se projevil pacientů s rakovinou prsu. Tam se jednalo o prokazatelný efekt po 106 dnech, kdy byly podávány přibližně stejné dávky lentinanu. Studie obsahovala 30 pacientů, u kterých byla použita kombinace lentinanu společně s chemoendokrinní terapií. Účinnost kombinované léčby byla vyšší, než když byla chemoendokrinní terapie podávána zvlášť. Docházelo ke zlepšení hodnot hormonů, jako jsou hladiny estradiolu v séru, hormonů stimulujících folikuly, atropinu a prolaktinu. Lentinan v kombinaci s epirubicinem projevoval redukční účinek proti nádorovým buňkám. Kombinovaná terapie lentinanu a epirubicinu s nízkou dávkou epirubicinu byla ve zvýšení obranné aktivity účinnější, než při aplikaci samotného epirubicinu [39].

#### **4.4.2 Kardiiovaskulární onemocnění**

Glukany z hub mohou být prospěšné v předcházení kardiiovaskulárním onemocněním a jejich komplikacím. Jedlé houby jsou zařazeny jako funkční potraviny vhodné na prevenci arterosklerózy. Důvodem je vysoký obsah vlákniny a nízký obsah tuku. Mechanismus účinku je založen na antikoagulační a antiagregační aktivitě v krevních destičkách. Tato vlastnost podporuje účinné snižování LDL cholesterolu v cévách. LDL cholesterol je nízkodenzitní bílkovina, která se díky své velikosti a nízké hustotě usazuje v cévách a zapříčiňuje jejich poškození a ucpávání. Schopnost snižování hladiny cholesterolu je spojena s antioxidačními schopnostmi. Strava, která je bohatá na  $\beta$ -glukany, prokazatelně snižovala hladinu celkového cholesterolu a LDL. Stejně tak jako množství vnitřního tuku [39].

#### **4.4.3 Diabetes mellitus**

$\beta$ -glukany jsou také vhodné při léčbě cukrovky. Ohledně výzkumu tohoto účinku jsou prováděna velká množství klinických studií. Tyto studie jsou především testovány na potkanech. U těch již bylo prokázáno, že příjem glukánů účinně snižuje hodnotu glukózy v krvi. Nejvíce využívaný v této souvislosti je žampion, z něj extrahovaný glukán prokazoval nejvyšší antihyperglykemickou aktivitu. U sledovaných lidí s cukrovkou 2. typu, kteří měli příjem  $\beta$ -glukánů po dobu minimálně 3 týdnů vyšší než 3 g, došlo k prokazatelnému snížení váhy. K léčbě je využíván také ovesný  $\beta$ -glukán, který účinně snižuje hladinu glykemie po jídle. Glukany mají také schopnost účinně stimulovat hormon leptin, který reguluje chuť k jídlu. Pokud je příjem glukánů až 6 g, dojde k prokazatelnému navýšení množství leptinu. To díky pocitu plnosti reguluje chuť k jídlu a napomáhá účinku hubnutí [42–44].

### **4.5 DALŠÍ ZDROJE GLUKANŮ**

#### **4.5.1 Obilná zrna - charakteristika a vlastnosti**

$\beta$ -glukany se v obilí vyskytují hlavně v buněčné stěně endospermu zrna (obsahuje až 75 % z celého množství  $\beta$ -glukanů) a aleuronové vrstvy. Konečné rozložení záleží na jejich celkovém množství. Bylo zjištěno, že pokud ječmen obsahuje malé množství glukánů, je jich právě nejvíce v aleuronové vrstvě. Naopak pokud je jich průměrně nebo více, většina se nachází v buněčné stěně endospermu. Tyto  $\beta$ -glukany jsou skupinou lineárních polysacharidů. Lineární spojení po sobě jdoucích glukóz zajišťují glykosidické vazby v polohách 1,4 a 1,3,



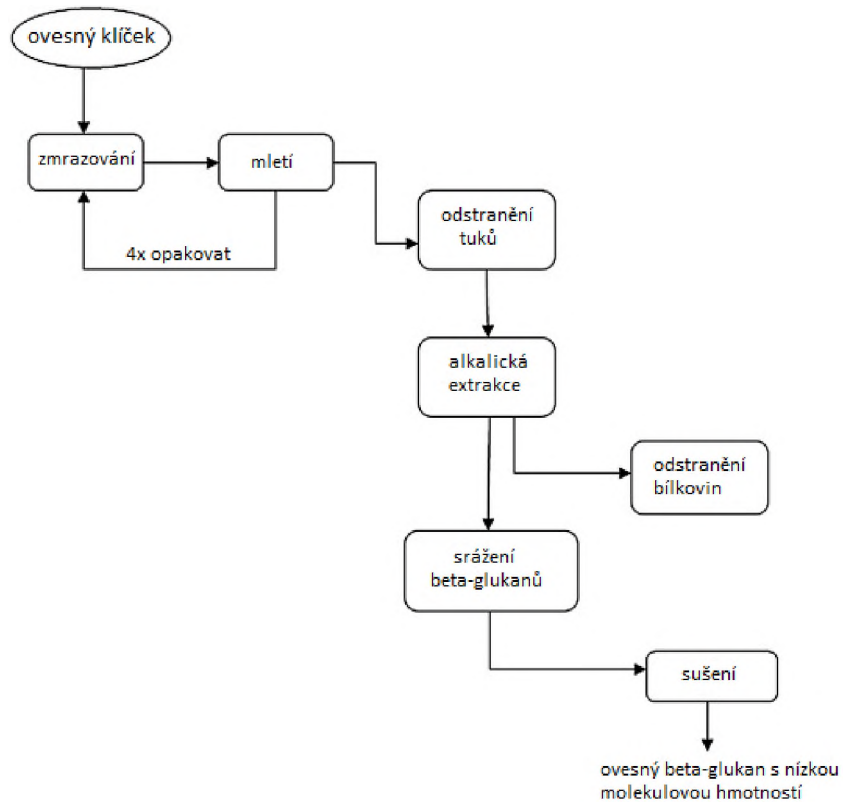
kdy mohou obsahovat až 250 000 glukózových jednotek. Množství  $\beta$ -glukanů v ovsu a ječmenu se liší v závislosti na podmínkách a růstu rostlin. Významnými zdroji  $\beta$ -glukanů jsou ječmen a oves, ostatní obiloviny mají výrazně nižší množství. Většinou glukany z obilí obsahují 70 % s vazbou 1,4 a zbylých 30 % je vazba 1,3. Části glukóz, které obsahují 2-3 jednotky s vazbou 1,4, jsou spojeny jednou glukózovou vazbou 1,3. Tyto podobné sloučeniny se rozlišují právě v poměrech triosylových a tetraosylových jednotek, kdy ječmen má poměr 1:3, oves 1:2 a pšenice 1:4. Důvodem je, že  $\beta$ -glukany z pšenice obsahují menší množství vazeb 1,3, díky tomu pravidelnější strukturu. Tím se snižuje jejich rozpustnost a mají jiné chování než  $\beta$ -glukany z ječmene nebo ovsa [34, 45].

Aktivita cereálního  $\beta$ -glukanu byla spojena hlavně s jeho schopností vytvářet viskózní roztok a gely. Rozpustnosti  $\beta$ -glukanů klesají od ovsa, v kterém jsou nejlépe rozpustné, až po pšenici, kde jsou rozpustné nejméně. Molekulové hmotnosti těchto sloučenin jsou ve velkém rozsahu od desítek po stovky kDa.  $\beta$ -glukany jsou využívány jak v potravinářském, tak v kosmetickém průmyslu, kdy v každém odvětví je užívaný jiný typ. V každé situaci je preferována jiná vlastnost těchto sloučenin. Molekuly s nízkou molekulovou hmotností vytváří měkké gely. Molekuly s vyšší hmotností ve vodě bobtnají a vytváří viskózní roztoky. Ty jsou například špatné v případě výroby piva, proto se k přípravě sladu používá ječmen s nízkým množstvím  $\beta$ -glukanů. Fyzikální struktura cereálních  $\beta$ -glukanů ovlivňuje nejen jejich viskozitu, ale také metabolickou aktivitu zprostředkovanou receptory odpovídajícími této struktuře [34, 45].

#### **4.5.2 Obilná zrna - zdravotní přínos**

Velké množství studií potvrdilo, že  $\beta$ -glukan z ovsa je účinný při snižování hladiny LDL cholesterolu. Obilný glukan s nižší molekulovou hmotností má menší vliv na hladinu cholesterolu, ale působí jako důležité prebiotikum. Významný je také při redukci hladiny glukózy bezprostředně po jídle a inzulínové odpovědi při jejím snižování. Právě tato fyziologická aktivita  $\beta$ -glukanů z ovsa byla přiřazována jeho schopnosti zvyšovat gastrointestinální viskozitu v horním zažívacím traktu. Byl prokázán také imunostimulační účinek, který byl spojen nejen s 1,3 vazbou, ale také se specifickou vazbou větvení 1,4 a 1,6. Tyto účinky jsou však častější u  $\beta$ -glukanů hub. Podle výzkumů je dobré přijímat 3 g rozpustné vlákniny každý den a docílit snížení možnosti vzniku onemocnění kardiovaskulárního systému až o 25-35 %. Důvodem je schopnost  $\beta$ -glukanů vázat vodu

a vytvářet gelovité hmoty v žaludku a tím zvyšovat pocit sytosti. Pomocí této vlastnosti se dá zabránit vzniku nadváhy a obezity. Ukazatelem kvality je co nejvyšší koncentrace  $\beta$ -glukanů s co nejvyšší molekulovou hmotností. Přesto probíhají výzkumy, které se snaží prokázat přínosy  $\beta$ -glukanů s nízkou molekulovou hmotností při léčbě rakoviny (obrázek 4) [34, 46, 47].



Obrázek 4 Zpracování obilných klíčků [46]

## 5 NUTRACEUTIKA

### 5.1 CHARAKTERISTIKA NUTRACEUTIK

Vztahy mezi stravou a onemocněním vedly k vývoji nové vědecké disciplíny, která se nazývá věda o funkčních potravinách. Termín nutraceutika byl vytvořen Stephnem DeFelicem, zakladatelem Nadace pro inovace v medicíně. Větší rozšíření se začalo objevovat v roce 1995. Nutraceutika (název vznikl ze spojení nutrition - výživa a pharmaceutical - léčivý), jsou takové potraviny nebo jejich extrakty, které mají nejen výživovou hodnotu, ale i pozitivní vliv na zdraví člověka. Nutraceutikum může být potravinový extrakt, jediná složka nebo živina. Nutně se nemusí jednat o komplexní jídlo. Mezi nutraceutika patří potravinové doplňky, které obsahují z dané potraviny účinnou látku v koncentrovanějším množství. Také se sem řadí funkční potraviny. Pojem funkční potravina se stále více dostává do podvědomí veřejnosti. Přesto zatím tyto zajímavé, a důležité složky nemají konkrétní legislativní ustanovení. To je způsobeno tím, že česká ani evropská legislativa nebere funkční potraviny jako speciální kategorii, ale jako složku příslušné potraviny, pro které již legislativní normy jsou. Proto jejich ustanovení neudává jednoznačné požadavky na příslušné označení. V případě funkčních potravin se vztahuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002, které udává zásady a požadavky pro obecné potravinové právo [48]. Na funkční potraviny by se však dala aplikovat také legislativa pro zvláštní výživu, geneticky modifikované organismy a doplňky stravy a nové potraviny [49–51].

Před několika lety došlo k navržení nové definice pojmu nutraceutika, která má za úkol je dostatečně odlišit od doplňků stravy a léčiv. Nutraceutika jsou definována hlavně jako:

- fytokomplex v případě potravin rostlinného původu,
- skupina sekundárních metabolitů v případě potravin živočišného původu.

Oba jsou koncentráty a podávány ve správné farmaceutické formě. Jsou schopny vykazovat příznivé účinky na zdraví, včetně prevence nebo léčby nemocí. Tím nutraceutika definují úplně novou kategorii, za kterou lze považovat potravinový doplněk. Důležité je v tomto ohledu nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 [52], které se týká veškerých výživových a zdravotních tvrzení, která se nachází na etiketách výrobků. Toto nařízení udává povinnost, že veškerá tvrzení musí být podložena a zdůvodněna vědeckým výzkumem. Každý členský stát schvaluje tato tvrzení individuálně. V Evropské unii je uznána prozatímní definice ILSI (Mezinárodní institut pro biologické vědy). Ten za funkční potraviny

považuje takové potraviny, které:

- mohou být součástí běžné stravy (nejedná se tedy o výživové doplňky),
- kromě nějaké výživové hodnoty má další pozitivní vliv na orgány a jejich funkce,
- souvisí se zlepšením zdravotního stavu a pohody,
- snižují riziko vzniku onemocnění.

Důležité je klinické ověření efektu na lidské zdraví. Vždy nejde měřit konkrétní přínos na organismus. Proto do hodnocení vstupují biomarkery. To jsou měřitelné parametry, které slouží jako indikátory biologických procesů. Slouží ke sledování, jak organismus na příslušnou potravinu reaguje a k jakým dochází odezvám [49–51, 53, 54].

## 5.2 DOPLŇKY Z HUB

Houby byly známy svým přínosem na lidské zdraví již 1000 let před našim letopočtem. Zdravotně přínosné účinky byly u léčivých hub prokázány nejen u léčiv, ale právě také jako nová třída produktů, což jsou funkční potraviny, nutraceutika a potravinové doplňky. V knihách o tradiční čínské medicíně lze najít využití divokých hub. Oblast s vysokým využíváním hub je hlavně v Orientu. Studie potvrdily, že příjem hub nebo z nich vytvořených produktů je účinný při prevenci nebo léčbě specifických nemocí. Mezi hlavní látky, díky kterým je možné houby řadit mezi nutraceutika, patří lipidy, vitamíny, jako je například vitamin E a vitamin C. Patří tam také bílkoviny, peptidy a aminokyseliny včetně lektinů. Nelze zapomenout na sacharidy, hlavně polysacharidy, jako je třeba lentinan. Vlivem potvrzení přínosu na zdraví a díky splnění definice funkční potraviny se houbám postupně dostává celosvětového uznání. Tento fakt podporuje rostoucí podvědomí o nutnosti fungování organismu jako celku, s rovnovážným rozdělením potravin, pro udržení zdraví. Jedlé houby obsahují velké množství bioaktivních sloučenin. Některé houby mají vysoký obsah kyselých polysacharidů, vlákniny a antioxidantů, včetně vitamínů C, B<sub>12</sub> a D, ergothionu a polyfenolů. Tento výskyt sloučenin říká, že takové houby mohou mít antioxidační, protinádorové, antimikrobiální, hypoglykemické a další vlastnosti. Bílkovina v houbách je srovnatelná s bílkovinou ve svazech. Obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, které lidský organismus požaduje (valin, leucin, isoleucin, lysin, methionin, treonin, fenylalanin a tryptofan). Zásluhou toho, že poskytují tyto nezbytné esenciální aminokyseliny, slouží jako adekvátní náhrada za maso ve vegetariánské stravě. Houby, které mají léčivé a funkční vlastnosti, jsou zástupci těchto rodů: houževnatec, boltcovitka, korálovcovité, vějířovcovité a další. K druhům, které jsou známy jen pro své léčivé vlastnosti, patří lesklokorka a chorošovité houby. Houbová

nutraceutika jsou tradiční přípravky, které byly používány ve starověku ve formě výtažků, tonika, koncentrátů, kvašených nápojů, tinktur, čajů, polévek, bylinných přípravků, prášků a suchých zdravých potravin [53–55].

Mezi důležité farmakologické účinky a fyziologické vlastnosti hub patří posílení imunity, udržování homeostázy a celková regulace biorytmu. Slouží k prevenci civilizačních nemocí, jako jsou rakovina, mozková mrtvice a srdeční choroby. Při včasném zařazení hub jako funkční potraviny mohou pomoci zabránit zhoršování stavu u již nemocných lidí. Mohou také zabránit případným následkům nemocí. Složky, jako jsou glukany, byly použity při léčbě rakoviny, a to hlavně u rakoviny plic, žaludku a prsu. Mycelium z hub může být také použito jako jedna ze složek při vývoji obohacených potravinářských výrobků. Například extrakt z houby rezavce šikmého je v Ruské federaci národně schválen kvůli schopnosti léčit některé druhy rakoviny. Složky z korálovce ježatého nazývané hericenony napomáhají při poškození mozku, díky tomu je jejich hlavní využití především v léčbě, přesněji zpomalování, Alzheimerovy choroby. Vlastností je vyvolání exprese neurotrofického faktoru v astrocytech. Jedná se o bílkovinu, která podporuje růst nervových buněk. V některých případech dochází ke kombinacím s jinými přírodními látkami, kterými jsou rostliny nebo řasy. Taková nutraceutika mají spíše antioxidační aktivitu, nebo vliv na hladinu glukózy v krvi. Existují také komerčně vyráběné hubové doplňky stravy, které se vyrábějí po celém světě. Lidé je konzumují jako potravinové doplňky stravy [54, 56].

## 6 VÝZNAMNÉ DRUHY HUB

V této kapitole bude prezentováno pět nejvýznamnějších hub, které jsou významné nejen v potravinářství, ale hlavně jako houby s léčivými vlastnostmi.

### 6.1 BOLTCOVITKA UCHO JIDÁŠOVO

Boltcovitka, latinsky *Auricularia auricula-judae*, je houba, která má bohaté využití nejen v potravinářství, ale také ve farmaceutickém průmyslu díky vysokému množství farmaceuticky významných látek. Bohaté využití má především v čínské medicíně, kde je využívána po tisíce let. K jejímu cílenému pěstování docházelo již v 6. století. V zemích, jako jsou Japonsko, Čína, Korea a Rusko, se Jidášovo ucho řadí mezi nejpopulárnější houby. Užití názvu se různí, v Číně se užívá jméno „muer“, které znamená „dřevnatá ouška“. V Evropě houba dostala název Jidášovo ucho, protože byla údajně nalezena na stromě, na kterém se oběsil Jidáš [1, 3, 57, 58].

Jedná se o dřevokaznou houbu. Roste na mrtvém dřevě, převážně bezu, ale vyskytuje se také na jiných listnatých stromech. Nalézt ji lze od léta do zimy. Na dřevu roste buď jednotlivě, nebo ve skupinách. Rozšířená je v celém mírném pásmu. Houba vzhledově připomíná lidské ucho. Tento tvar je způsoben tím, že se stavbou jedná o chorošotvarou choubu, což znamená, že nemá členění plodnice na klobouk a třeň, ale její klobouk vyrůstá přímo z podkladu. Plodnice (obrázek 5 vlevo [59]) jsou z počátku miskovitě a postupně přechází do nepravidelných tvarů. Konzistence je tuhá a pružná, barva je světlé hnědá až po tmavou. Se stářím se kvalita houby snižuje a mohou být porostlé zelenou řasou. Takové houby jsou k dalšímu sběru nevhodné [1, 3, 58].



Obrázek 5 Ucho Jidášovo - plodnice (vlevo) a sušená forma (vpravo) [59, 60]

Jidášovo ucho obsahuje vysoké množství vlákniny, až 7 g, a významných chemických sloučenin. Ve 100 g sušiny je také přibližně 11 g bílkovin, 0,2 g tuku a 65 g sacharidů, kdy významné jsou polysacharidy, hlavně glukany a heteroglykany. Obsahuje také velké množství popelovin, které se blíží k hodnotě 6 g. Má vysoký obsah draslíku, kterého obsahuje 1200 mg, 400 mg fosforu, vápník, hořčík, železo a měď. Ucho Jidášovo je schopno měď přijímat ze substrátu a hromadit ji uvnitř pletiva. Obsahuje také  $\beta$ -karoten a vitamíny skupiny B [1, 3, 58].

Houba má příznivý vliv na celkový organismus. Podporuje funkci imunitního systému. Napomáhá při kardiovaskulárním onemocnění, kdy účinně snižuje LDL cholesterol, množství glukózy v krvi a lipidů. Podporuje také aktivitu enzymu superoxid dismutázy, což je důležitý antioxidant. Podporuje vychytávání volných radikálů v mozku a játrech. Má koagulační účinky, proto je vhodná při pooperačních stavech, nebo při silných krváceních. Používá se při léčbě hemeroidů a hemoroidního krvácení, podporuje správnou peristaltiku střev [1, 3, 58].

V potravinářství jsou tyto houby populární především díky své struktuře. Nemá typickou houbovou chuť a udržuje si tuhou a chrupavčitou texturu i poté, co je houba povařena. Je velmi populární v asijské kuchyni. Houby se nejdříve usuší (obrázek 5 vpravo [60]), z důvodu lepšího uchování, protože houby poté stačí jen vložit do vlažné vody a navrátí se do svého původního stavu i se zachováním všech vlastností. Takové houby se pokrájí a užívají se hlavně do salátů nebo polévek. V České republice je možné sehnat pouze houby sušené [1, 3].

## 6.2 HLÍVA ÚSTŘIČNÁ

Hlíva ústřičná, latinsky *Pleurotus ostreatus*, je velmi populární a hojně kultivovaná jedlá houba. Hub z rodu hlíva je velké množství, uvádí se více než 750 druhů. Nejvíce prostudovaná a užívaná je však hlíva ústřičná. Důležitá je v potravinářském průmyslu pro svou dobrou chuť a vůni, ale také ve farmaceutickém průmyslu s pozitivním dopadem na lidské zdraví. Tato houba, stejně jako všechny ostatní v této kapitole, je široce užívána hlavně ve východní Asii, především v Číně a Japonsku. V těchto zemích je již pracována po staletí, avšak komerční pěstování této houby začalo o mnoho let později. První komerční pěstování této houby v Evropě bylo až po první světové válce, a to především v Německu, Itálii a Maďarsku [1, 3, 61, 62].

Hlíva ústřičná je dřevokazná lupenitá houba. Tvoří velké trsy (obrázek 6 vpravo [63]), většinou rostoucí stupňovitě nad sebou. Roste převážně na dřevu listnatých stromů (obrázek 6

vlevo [63]). Najdeme ji na mrtvých i živých kmenech, které poškozují bílou hnilobou. Rozšířena je v mírném klimatickém pásmu. Nalézt ji lze od podzimu do jara. Jedná se o období, kdy jiné druhy nijak výrazně nerostou. Houba vzhledem připomíná lasturu, její třeň může být krátká a masitá, někdy se vůbec nemusí vyskytovat. Plodnice je šedá, hladká, lupeny jsou dlouhé a bílé [1, 3].



Obrázek 6 Hlíva ústříčná na kmeni (vlevo) na komerčním substrátu (vpravo) [63]

Hlíva obsahuje velké množství esenciálních aminokyselin, kterými jsou arginin, alanin a glutamin. Nejvýznamnější je kyselina glutamová. Obsahují také 18 mastných kyselin, ze kterých až 55 % tvoří kyselina linolenová, jinak je tam také kyselina olejová,  $\alpha$ -linolenová a palmitová. Čerstvé plodnice jsou z 80-90 % voda, 40 % tvoří bílkoviny, ostreolysin a eryngeolysin. Důležitou složkou je také polysacharid  $\beta$ -glukan, který se v hlívě nazývá pleuran. Dále obsahuje vitamíny skupiny B (nejvýznamněji je B<sub>9</sub> kyselina listová), C, K a minerální látky, kterými jsou hlavně draslík, železo a fosfor. Ze stopových prvků je to především selen, zinek a jod [1, 3, 61, 64].

Plodnice hlívy má významné protirakovinné účinky, a to díky přítomnosti glukanů. Ty se vyskytují jak v klobouku, tak v třeni a jejich množství je proměnlivé podle druhu houby. U  $\alpha$ -glukanů se projevuje především apoptóza buněk u rakoviny tlustého střeva. Užívá se jich také v prevenci proti kardiovaskulárním onemocněním, kdy hlíva ústříčná účinně snižuje množství LDL cholesterolu v krvi a zabraňuje kornatění cév. Pomáhá také při artritidě, osteoporóze a dlouhotrvajících zánětech. Její přínos je také u celkové podpory imunitního systému, jako například u léčby ekzémů, chřipce, angíny a astmatu. Podporuje růst vlasů a jejich dobrý stav, při růstu kostí a zvyšují množství bílých krvinek. Používá se také u ztuhlosti šlach a svalů, které uvolňuje [1, 3, 62].

V kuchyni se hlíva také hojně zpracovává (obrázek 7 [65]). Používá se do velkého množství pokrmů, kde často nahrazuje maso. Používá se například do falešně dršťkové polévky, obalená jako řízky, do salátu a dalších pokrmů. Většinou jsou takto zpracované



pouze klobouky, zatímco třeň se odstraňuje kvůli vyšší tuhosti. Přesto není dobré ji zlikvidovat, protože obsahuje vysoké množství glukanu. Proto se doporučuje třeň usušit a následně rozemlít na prášek. Takový prášek je poté vhodné používat na dochucení polévek [1, 3].



Obrázek 7 Hlíva ústříčná - sklizené plodnice [65]

### 6.3 HOUŽEVNATEC JEDLÝ

Houževnatec jedlý (obrázek 8 [66]), latinsky *Lentinula edodes*, známější pod názvem Shiitake, je především v Číně a Japonsku nesmírně populární a lahůdková houba. V Číně a Japonsku její pěstování sahá tisíce let zpět a používána na císařském dvoře. Zbytek světa tuto houbu objevil teprve ve 20. století, přesto již zaujímá druhé místo v popularitě, těsně za žampiony [1, 3, 67].



Obrázek 8 Houževnatec jedlý [66]

Shiitake je dřevokazná, lupenitá houba, rostoucí na živých i odumřelých kmenech listnatých stromů. Jedná se hlavně o duby, buky a habry. Rozšířená je v subtropických oblastech, do mírného nebo tropického pásma se nerozšiřuje. Její oblastí jsou především jižní Japonsko, Čína a Tchaj-wan. Klobouk je klenutý, postupně rovný až vmáčknutý, barva je od červenohnědého nádechu až po tmavě hnědou s bělavými šupinkami. Okraj klobouku je původně zavínutý směrem pod klobouk a se stárnutím houby se obrací směrem vzhůru. Dužnina má příjemnou vůni, která se však při sušení mění v nepříjemnou. Podle plodnice se Shiitake rozděluje na dva typy, kdy první je „donko“ a druhý „koshin“. Donko má rozpraskaný povrch a silnější dužninu a díky svým vlastnostem je kvalitnější a dražší. Koshin má tenčí dužninu a hladký povrch a jedná se o levnější a méně kvalitní typ [1, 3, 67].

Shiitake je jednou z nejvíce studovaných a prozkoumaných hub. Plodnice obsahuje hodně bílkovin, a to až 20 %. Obsahuje 18 aminokyselin a všechny pro člověka nezbytné esenciální aminokyseliny, především lysin a leucin. Tento poměr je lepší než u mléka, sójových bobů, masa nebo vajec. Obsahuje velké množství vitamínů skupiny B a provitamínu D. Množství minerálních látek je kolem 5 %, ve kterých má nejvyšší podíl vápník, fosfor, zinek a železo. Zinek má vliv na hladinu testosteronu v krvi a na kvalitu kůže a nehtů. Nejvýznamnější látkou, kterou Shiitake obsahuje, je však polysacharid lentinan, který je již uznán jako účinná látka při léčbě rakoviny. Významný je také enzym asparagiáza, který se využívá při léčbě leukemie [1, 3].

Léčebný přínos této houby je velký, zužitkovat se dá úplně celá houba. Podhoubí je možné použít při léčbě žaludečních vředů, žloutenky typu B, cirhózy a některých druhů rakoviny. Dá se použít i pro vnější užití na kožní onemocnění, jako jsou ekzémy a akné. Jinak výtažky z houby účinně působí proti rakovině, při vředech, chudokrevnosti i žlučnickových kamenech. Využívá se také při podpoře léčby lidí s AIDS, kdy látky přítomné v houbě zamezují destrukci buněk virem HIV a zároveň podporují imunitu. Houba napomáhá také při léčbě nachlazení a chřipky, kdy celkově podporuje odezvu imunitního systému. Používá se i při chemoterapiích a radioterapiích, účinně snižuje toxické účinky na zdravé části organismu [1, 3, 68].

V kuchyni je zpracovávána podobně jako naše jedlé houby, hodí se jako náhrada masa, nebo k jeho dochucením, využívají se také do omáček k těstovinám. Plodnice je také možné konzervovat pomocí mléčného kvašení. V Číně se nazývají „perlou mezi houbami“ díky své lahodné chuti a výraznému aroma [3].

## 6.4 LESKLOKORKA LESKLÁ

Lesklokorka lesklá (obrázek 9 [69]), latinsky *Ganoderma lucidum*, je v Asii nejuznávanější léčivou houbou. V Japonsku nese pojmenování Reishi, pod kterým je známá i v České republice. Své uplatnění v čínské medicíně má přes 4000 let. Původně se jednalo o léčebnou houbu bohatých lidí, převážně z řad císařské rodiny. V Číně má velké množství názvů, které vystihují její velkou univerzálnost ve zdravotnickém využití, nejčastěji „elixír života“ nebo „houba nesmrtelnosti“. V Asii je proto užívána jako univerzální houba na zlepšení celkového zdravotního stavu a prodloužení života. Je brána za královnu léčivých hub. V léčebných vlastnostech je více uznávána než ženšen. Existuje více podruhů, které se liší barvou a tvarem plodnice. Pro léčebné vlastnosti se užívají ty, které jsou barvy červené a purpurové. Oblíbenost této houby ve východní Asii je tak vysoká, že si ji lidé pěstují doma v květináčích, stejně jako bonsaje [1, 3, 70].



Obrázek 9 Lesklokorka lesklá - dospělé plodnice [69]

Lesklokorka lesklá je dřevokazná houba patřící do skupiny chorošovitých hub. Roste na živém i mrtvém dřevě listnatých stromů. Ve východní Asii se ve volné přírodě vyskytuje převážně na odumřelých kmenech japonské švestky. Jde o vzácnou, ale zároveň o rozšířenou houbu. Roste jednotlivě nebo ve skupinách v období od května do srpna. Nalézt ji lze od nížin po hory, vyskytuje se převážně v subtropickém pásu, konkrétněji v přímořských oblastech. Je možné se s ní setkat i na Moravě, v Čechách je její výskyt ve volné přírodě vzácností. Plodnice jsou jednoleté, různých tvarů a barev. V počátku u mladé houby (obrázek 10 [71]) je plodnice válcovitá, postupně se objevuje klobouk, který je v začátku jeho růstu kruhovitý, polokruhovitý nebo bokem přisedlý. V dospělosti mají plodnice klobouk kruhového nebo

ledvinového tvaru, který je zvlněný a lesklý, skoro jako by byl nalakovaný. Od této vlastnosti má houba české jméno. Barva klobouku se s věkem mění. Na počátku je nažloutlá a postupně se mění přes červenohnědou, purpurovou až na fialovou. Třeň je u této houby většinou postranní, středová je pouze vzácně. Je štíhlá a může být až 20 cm dlouhá, naopak u přisedlých plodnic může chybět nebo být velmi krátký, kolem 2 cm. Opět je lesklá a červenohnědá až purpurová [1, 3, 70, 72].



Obrázek 10 Lesklokorka lesklá - mladé plodnice [71]

Reishi je velmi cenným zdrojem biologicky aktivních látek. Z polysacharidů jsou nejdůležitější  $\beta$ -glukany, které mají protirakovinotvorné účinky. Z hub se polysacharidy dostávají pomocí výluhu horkou vodou. Lesklokorka je jedinou houbou, která obsahuje vysoké množství triterpenoidů. Jsou složeny z izoprenových jednotek a mají nízkou molekulovou hmotnost. Jejich molekuly jsou menší než molekuly glukánů. Z hub se dostávají extrakcí organickými rozpouštědly. Zástupci triterpenoidů jsou například kyseliny ganodermová, lucidenová atd. Nevyskytují se ve všech částech houby, například v myceliu se nevyskytují vůbec. Množství v plodnicích je ovlivněno místem a podmínkami při pěstování. Přítomnost triterpenoidů způsobuje hořkost, která se s přibývajícím množstvím stupňuje. Reishi také obsahuje mastné kyseliny, jako jsou kyselina stearová, palmitová a olejová. Z vitamínů jsou to především vitamíny skupiny B, dále pak C a D. Opomenout nelze minerální látky, především hořčík, zinek a mangan. Obsahuje také vysoké množství organického germania, které opět v plodnicích výrazně kolísá v rozmezí 800–2000 ppm. Jeho přínos je pro organismus velký a bude přiblížen v následujícím odstavci [1, 3, 70, 72].

Vlivem výskytu mnoha prospěšných látek je její přínos na zdraví skutečně velmi vysoký. Polysacharidy a jejich deriváty, vyskytující se v této houbě, mají vysoké protinádorové, antialergické a imunostimulační účinky. Proti infekčním chorobám se slibně

jeví právě triterpenoidy, které podporují tvorbu interferonů, ty se účinně navazují na buňky a vytváří protivirovou rezistenci. Účinné jsou také proti oparům a bakteriálním nemocněním. Lesklokorka se také využívá při léčbě nádorových onemocnění, při které se využívají hlavně polysacharidy a organické germanium. Využívá se především jako podpůrná látka při chemoterapiích, kdy snižuje její negativní dopady na organismus. Pozitivní přínos má také při kardiovaskulárních onemocněních, kdy účinně snižuje tlak, množství LDL cholesterolu v krvi a podporuje normální průtok krve. Reguluje také hladinu cukru a tuku v krvi. Využívá se i při léčbě únavového syndromu, podporuje vyrovnávání se stresem a zlepšuje funkci imunitního systému. Díky vysokému množství organického germania je 1,5krát vyšší příjem kyslíku krvi, než když Reishi konzumováno není. Lesklokorku využívají jako tonikum šerpové žijící v Himalájích, napomáhá jim lépe snášet vysoké nadmořské výšky. Kvůli své schopnosti zlepšovat fyziologické funkce organismu, je také hojně využívána při výcviku ruských kosmonautů [1, 3, 70, 72].

Kulinářské využití má tato houba minimální. Používá se pouze k dochucení pokrmů vývarem nebo práškem, který se dělá z plodnic. Ke konzumaci pozitivních látek z těchto hub dochází pomocí potravinových doplňků. Tyto doplňky se dělají hlavně ze spor, které obsahují nejvíce účinných látek. Konzistence a barva sporového prachu je podobná kakaovému prášku. Je velmi hořký a konzumuje se v potahovaných kapslích [1, 3].

## 6.5 KORÁLOVEC JEŽATÝ

Korálovec ježatý, latinsky *Hericium erinaceus*, je houba známá především v Orientu. Svým tvarem si vysloužil nejrůznější názvy. V anglickém jazyce je to v překladu „lví hřiva“ nebo německy „opičí hlava“. Z latinského překladu *erinaceus* znamená ježek, proto je u nás přejatý název Korálovec ježatý. V Japonsku je známý po staletí a užíván při obtížích zažívacího traktu. Nepoužívá se pouze jako léčivo, ale slouží také k přípravě pokrmů. V Severní Americe byl Indiány prášek z této houby využíván k ošetření ran a zastavení krvácení. K jeho umělému pěstování došlo až v 70. letech 20. století v Číně. V České republice je možné se s ním také setkat, ale je velmi vzácný a chráněný [1, 3, 73].

Korálovec je saprofytická, až parazitická houba. Nejčastěji se vyskytuje na odumřelých kmenech listnatých stromů, ale někdy se může objevit i na živých kmenech těchto stromů. Ve výjimečných případech může napadnout i opracované dřevo. Korálovec je široce rozšířen v Evropě, Severní Americe a Asii, ale vyskytuje se vzácně. V Číně a Japonsku je jeho pěstování nejvíce zastoupené. Plodnice (obrázek 11 [74]) mají kulovité až vejcovité

tvár o průměru 10–25 cm a nejsou nijak větvené. Mladé plodnice jsou bílé, s přibývajícím věkem žloutnou až po hnědou. Povrch plodnice je pokrytý tenkými ostny, které jsou až 6 cm dlouhé. Ty nesou hymenium s bazidiemi. Dužnina je měkká, bělavá s ovocnou vůní a chutí. Může být celistvá nebo s drobnými dutinkami [1, 3, 73].



Obrázek 11 Korálovec ježatý - pěstovaný na substrátu [74]

Plodnice obsahují v sušině vysoký podíl bílkovin (až 32 %), které jsou složeny z velkého množství aminokyselin. Obsahuje biologicky aktivní látky. Polysacharidy z této houby jsou důkladně studovány kvůli vysokému potenciálu využití ve farmaceutických přípravcích nebo funkčních potravinách. Důležité jsou nízkomolekulární látky fenolické povahy, hericenony. V myceliu se vyskytují diterpeny, které se nazývají erinaciny. Jeden z nich se využívá ke snižování bolesti, protože má charakter opiátu. Z minerálních látek se v korálovci vyskytuje vysoký obsah draslíku, fosfor, germanium a zinek. Sodíku obsahuje pouze malé množství [1, 3].

Houba účinně regeneruje sliznice a epitely trávicího systému. Využívá se k léčbě žaludečních problémů, chronické gastritidy, dvanáctníkových zánětů a vředů. Má protirakovinný účinek a používá se při léčbě rakoviny žaludku, střev a děložního krčku. U rakoviny žaludku jeho podáváním prokazatelně docházelo k redukci metastáz, a to až v 70 % oproti skupině, které korálovec podáván nebyl. Stejně jako předchozí houby snižuje hladinu cukru v krvi. Hericenony a erinacin Q vyvolávají produkci nervového růstového faktoru, který podporuje tvorbu myelinu. Díky těmto složkám je využíván při léčbě nemocí nervového původu. Užíván je také u Alzheimerovy a Parkinsonovy choroby, kdy může vést

ke zlepšení stavu pacientů. Léčí také vyčerpanost, posiluje celkovou imunitu a potlačuje zánět [1, 3, 73].

Kulinářské využití má hlavně v Číně a Japonsku, kde je velmi populární. Mladé plodnice jsou velmi chutné s lehce nahořklou chutí, kterou připomínají lilek nebo humra. Vlivem těchto vlastností se z nich dají připravit pokrmy připomínající plody moře. Zapékají se, smaží a velmi mladé plodnice mohou být použity na přípravu steaků. V Evropě se používá pouze v luxusních restauracích, protože mezi konzumenty není příliš známá [1, 3].

## 7 NEBEZPEČNÉ LÁTKY V HOUBÁCH

Houby jsou známé svým kladným vlivem na lidské zdraví a příznivými nutričními hodnotami, a proto stále více přitahují ve velkém množství potravinářský a farmaceutický průmysl. Z velkého množství hub je jen velmi malý počet jedlých a delikátních hub, které jsou vhodné ke spotřebě. Základní omezení, jsou hlavně chuť, textura a toxicita. Mechanismus otravy z hub je v dnešní době známý. Otravy z hub jsou globálním problémem, který je příčinou velkého množství úmrtí. Mnoho druhů hub bylo charakterizováno jako nebezpečné pro zdraví a definované jako toxické druhy. I u některých druhů hub s prospěšnými vlastnostmi se vyskytují toxické látky. Toxické nejsou pouze vyšší houby, ale také druhy z řad mikromycet, do kterých se řadí i plísňe. Nelze opomenout také těžké kovy, které houby získávají ze svého okolí [1, 75, 76].

### 7.1 HOUBOVÉ TOXINY

Houby obsahují velké množství toxinů, které většinou produkují plísňe. Mykotoxiny jsou nebezpečné jak pro zvířata, tak pro lidi. Existuje jich velké množství a každý působí jinak. Většinou dochází k poškození jater, ledvin, plic a sleziny. Toxicita látek se liší na základě mnoha faktorů, mezi které patří druh houby, spotřebované množství, zeměpisná poloha a způsob zpracování. Makromycety obsahují pro člověka jedovaté látky, které se rozdělují do tří skupin s ohledem na vážnost otravy. První skupina obsahuje houby, které mají lokálně působící jedy. Jejich toxicita se projevuje za 1–2 hodiny po konzumaci. Tyto houby narušují trávicí trakt. Patří sem například hřib satan, pečárka zápašná a další. Do druhé skupiny patří houby, které ovlivňují nervová centra a tím způsobují zvracení, průjem, bolesti hlavy a pocení. Tyto příznaky se objevují do 2 hodin po konzumaci. Intoxikace se projevuje nekontrolovatelným pláčem, halucinacemi a může dojít až ke ztrátám vědomí. Do této skupiny se řadí houby rodu muchomůrka. Třetí skupina hub obsahuje toxické látky, které ovlivňují a poškozují játra, ledviny a další životně důležité orgány. Účinky se objevují výrazně později, než u předchozích skupin, a to po 8–48 hodinách. Tato doba již vede k nevratným poškozením těchto životně důležitých orgánů, buněk a centrálního nervového systému lidského těla. Po konzumaci těchto hub (stačí i malé množství) následuje smrt [1, 76, 77].



## 7.2 ŠKODLIVÉ HOUBY

Houby člověku nemusí primárně škodit pouze tím, že jsou jedovaté, ale mohou škodit také na zemědělské úrovni. Některé druhy jsou schopné zapříčinit velké škody v zemědělství. Jsou to především nejrůznější rzi a sněti, které se vyskytovali v nedávné době na Středním východě. Příčinou byl prudký rozmach zemědělství. Tyto patogeny se z volně rostoucí trávy přemístily a přizpůsobily se růstu na obilninách. Obávanou rzí je *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Způsobuje na pšenici hnědé skvrny, hlavně na stéblech, a má schopnost rychlého šíření spor díky rozptylu větru a dešti. Kvůli šíření z východní Afriky do Indie se vyskytují obavy, aby nedocházelo k dalším šířením, protože dokáže zničit až 70 % úrody. Na ošetření je rezistentní. Ani po sklizni se riziko výskytu houbových chorob nezmenšuje. Sklizené plodiny napadají saprofytické houby, které jsou známé pod názvem plísň. Kvůli tomu, že většina plísňí produkuje mykotoxiny, které jsou škodlivé, je riziko, že dojde ke znehodnocení celé sklizně. Většina mykotoxinů je při zpracování termicky stabilní. Kontaminovaný produkt se nesmí dále využívat a zpracovávat [1, 77, 78].

Člověku také škodí dřevokazné houby, které napadají mrtvé dřevo. Takovou nejznámější houbou je dřevomorka domácí, která se také nazývá „rakovina budov“. Napadá dřevo na stěnách, střeších i stropech. Tyto hnilobné houby potřebují volnou vodu jako difúzní medium pro trávicí enzymy. Dřevomorka se řadí do skupiny hnědé hniloby. Na degradaci dřeva se kromě enzymatických procesů podílí i další faktory. Jedná se o sloučeniny s nízkou molekulovou hmotností, jako je oxalát a další. Houby hnědé hniloby rozkládají celulosovou složku dřeva, kdy lignin zůstává jako hnědý prášek, dřevo ztrácí svou pevnost a rozpraská. Proto může dojít k propadu konstrukce bez na první pohled zjevné příčiny. Pokud se již objeví plodnice s bílým myceliem, je na záchranu dřeva již pozdě a takto napadené dřevo je třeba zlikvidovat [1, 79].

Houby mohou lidem také škodit konkrétně na těle. Toto onemocnění se nazývá mykóza. Množství takto parazitujících hub není nijak vysoké, jen kolem dvaceti druhů. Mykózy mohou napadat jak povrch těla, tak orgány uvnitř organismu. Náchylnější jsou lidé s nějakým dalším onemocněním, jako jsou cukrovka, obezita a poruchy štítné žlázy. Nejrozšířenější onemocnění je dermatomykóza, která napadá kůži. Původci těchto onemocnění jsou vláknité houby. Tyto houby parazitují na keratinu ve vlasech, nehtech a kůži. Jedná se o civilizační chorobu, která postihuje stále větší množství lidí v populaci. Toto onemocnění je spíše nepříjemné než nebezpečné [1].

### 7.3 TĚŽKÉ KOVY

Přínos hub je významný také v ekosystému, a to nejen kvůli rozkladu organických látek, ale také díky své schopnosti absorbovat do sebe těžké kovy ze znečištěného prostředí. Z pohledu konzumenta je tato vlastnost hub výrazným problémem a komplikací v možnostech sběru volně rostoucích hub. Těžké kovy jsou hlavním problémem v oblasti veřejného zdraví, kdy způsobují problémy. Jejich škodlivé účinky na člověka jsou spojovány se schopností bioakumulace v organismu. Tam jejich koncentrace narůstá, protože organismus není schopen je metabolizovat nebo jinak přirozeně vyloučit. Vlivem rozvoje průmyslu a zemědělství se používá více chemických látek pro zlepšení výnosnosti pěstovaných plodin. Přibýváním odpadů a jeho nešetrnou a nesprávnou likvidací dochází k nárůstu kontaminace půdy. Kromě těžkých kovů jsou dalšími kontaminanty herbicidy, pesticidy a uhlovodíky. Hlavními problémy těžkých kovů je jejich cytotoxicita, mutagenita a karcinogenita. Protože jsou houby používány jako potravina, dochází k velkému množství výzkumů zaměřených na výskyt těžkých kovů v plodnicích. Výsledkem těchto výzkumů je, že houby by bylo možné také užívat jako filtry pro pročišťování ovzduší zamořeného těžkými kovy. Mnoho kovů je silně toxických již ve stopovém množství, například rtuť, arzen a kadmium. V poslední době se zdá bioabsorpce jako slibná metoda na odstraňování těžkých kovů z přírody a odpadních vod. Bylo by využíváno právě mikroorganismů. Z řad rostlin má velký vliv teplota, pH a celková koncentrace kovu. Proto se o houbách uvažuje jako o příslušném biosorbentu těžkých kovů. Podle studií interakcí mycelia s těžkými kovy se zdá, že houby mají ve srovnání s rostlinami schopnost vytvářet vyšší koncentrace absorbovaných těžkých kovů, jako jsou olovo, rtuť a kadmium. Z toho je možné odvodit, že houby mají účinný mechanismus na absorpci stopových prvků [76, 80–82].

## ZÁVĚR

Práce měla za cíl seznámení s houbami, které jsou v přírodě nenahraditelné. Jejich vliv je pozitivní, ale stejně tak může být negativní. Seznámení s houbami bylo především z hlediska stavby, ale také jednotlivých složek s nezastupitelným vlivem na zdraví a výživu člověka.

Část práce pojednávala o stavbě vyšších hub, a popisu jejich jednotlivých částí s jejich členěním podle příjmu organických látek a využitím v potravinářství. Velké množství hub obsahuje také  $\beta$ -glukany. Ty mají vliv na imunitní systém lidského těla. S nejnovějším výzkumem se také začíná potvrzovat jejich přínos v léčbě civilizačních onemocnění, jako jsou rakovina, cukrovka, obezita a další. Účinně také snižují hladinu cholesterolu v krvi. Proto mají  $\beta$ -glukany velký potenciál ve farmaceutickém průmyslu. Již dnes se dá koupit velké množství potravinových doplňků. Důležitý je také přínos vlákniny. Houby se skládají převážně z polysacharidů, které slouží pro střeva jako „kartáč“. V dnešní době jsou také na vzestupu látky bílkovinné povahy, lektiny, v které se také vkládá velký potenciál v možnostech léčby.

Druhy hub, které jsou prezentované v této práci, jsou neustále podrobovány dalším klinickým výzkumům, kde se počítá s rostoucím potenciálem jejich využití.

Poslední část práce je věnována negativním látkám v houbách, přítomnosti škodlivých mykotoxinů a jejich schopnost do sebe vstřebávat těžké kovy. To je vlastnost, kterou je možné v budoucnu využít pro eliminaci těžkých kovů ze zamořených míst přírody.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ANTONÍN, Vladimír. *Houby jako lék*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2013. ISBN 978-80-7451-257-5.
- [2] RAGHUKUMAR, Seshagiri. Fungi: Characteristics and Classification. In: Seshagiri RAGHUKUMAR, ed. *Fungi in Coastal and Oceanic Marine Ecosystems: Marine Fungi*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-54304-8.
- [3] VALÍČEK, Pavel. *Houby a jejich léčivé účinky*. Benešov: Start, 2011. ISBN 978-80-86231-54-9.
- [4] LORON, Corentin C., Camille FRANÇOIS, Robert H. RAINBIRD, Elizabeth C. TURNER, Stephan BORENSZTAJN a Emmanuelle J. JAVAUX. Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada. *Nature*. 2019, **570**(7760), 232–235.
- [5] REN, Lu, Conrad PERERA a Yacine HEMAR. Antitumor activity of mushroom polysaccharides: a review. *Food & Function*. 2012, **3**(11), 1118–1130.
- [6] HAGARA, Ladislav. *Ottova encyklopedie hub*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2015. ISBN 978-80-7451-407-4.
- [7] JULÁK, Jaroslav a Emil PAVLÍK. *Lékařská mikrobiologie pro zubní lékařství*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1792-3.
- [8] BAIER, Jiří a Bohumil VANČURA. *Zaměnitelné houby*. Praha: Aventinum, 2012. ISBN 978-80-7442-032-0.
- [9] PAPOUŠEK, Tomáš a Miroslav BERAN. *Velký fotoatlas hub z jižních Čech*. České Budějovice: Tiskárna Josef Posekaný, 2010. ISBN 978-80-254-5908-9.
- [10] SOCHA, Radomír a Jiří BAIER. *Celoroční průvodce houbaře aneb na houby od jara do zimy*. Praha: Aventinum, 2010. ISBN 978-80-7442-004-7.
- [11] JAHODÁŘ, Luděk. *Léčivé rostliny v současné medicíně: (Co Mattioli ještě nevěděl)*. Praha: Havlíček Brain Team, 2010. ISBN 978-80-87109-22-9.
- [12] SPATAFORA, Joseph W., Ying CHANG, Gerald L. BENNY, Katy LAZARUS, Matthew E. SMITH, Mary L. BERBEE, Gregory BONITO, Nicolas CORRADI, Igor GRIGORIEV, Andrii GRYGANSKYI, Timothy Y. JAMES, Kerry O'DONNELL, Robert W. ROBERSON, Thomas N. TAYLOR, Jessie UEHLING, Rytas VILGALYS, Merlin M. WHITE a Jason E. STAJICH. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. *Mycologia*. 2016, **108**(5), 1028–1046.

- [13] GUO, Ya-Jun, Gui-Fang DENG, Xiang-Rong XU, Shan WU, Sha LI, En-Qin XIA, Fang LI, Feng CHEN, Wen-Hua LING a Hua-Bin LI. Antioxidant capacities, phenolic compounds and polysaccharide contents of 49 edible macro-fungi. *Food & Function*. 2012, **3**(11), 1195.
- [14] VALVERDE, María Elena, Talía HERNÁNDEZ-PÉREZ a Octavio PAREDES-LÓPEZ. Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *International Journal of Microbiology*. 2015, **2015**, 376387(1–14).
- [15] ERJAVEC, Jana, Janko KOS, Maja RAVNIKAR, Tanja DREO a Jerica SABOTIČ. Proteins of higher fungi – from forest to application. *Trends in Biotechnology*. 2012, **30**(5), 259–273.
- [16] BILAL, Ahmad Wani, BODHA a Abdul Hamid WANI. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010, **4**(24), 2598–2604.
- [17] NILE, Shivraj Hariram a Se Won PARK. Total, soluble, and insoluble dietary fibre contents of wild growing edible mushrooms. *Czech Journal of Food Sciences*. 2014, **32**(3), 302–307.
- [18] MUSZYŃSKA, Bożena, Agata GRZYWACZ-KISIELEWSKA, Katarzyna KAŁA a Joanna GDULA-ARGASIŃSKA. Anti-inflammatory properties of edible mushrooms: A review. *Food Chemistry*. 2018, **243**, 373–381.
- [19] BEMILLER, James N. *Carbohydrate chemistry for food scientists*. 3rd vyd. Cambridge, MA: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-12-812069-9.
- [20] MÁLKOVÁ, Hana. *Máte v jídelníčku dostatek vlákniny?* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.florence.cz/casopis/archiv-florence/2017/4/mate-v-jidelnicku-dostatek-vlakniny/>.
- [21] TLÁSKAL, Petr, Jarmila BLATTNÁ, Pavel DLOUHÝ, Jana DOSTÁLOVÁ, Ctibor PERLÍN, Jan PIVOŇKA, Václava KUNOVÁ a Olga ŠTIKOVÁ. *Výživa a potraviny pro zdraví*. 2016. ISBN 978-80-906659-0-3.
- [22] SHARMA, Prerna, Chetna BHANDARI, Sandeep KUMAR, Bhoomika SHARMA, Priyanka BHADWAL a Navneet AGNIHOTRI. Dietary Fibers: A Way to a Healthy Microbiome. In: *Diet, Microbiome and Health*. London: Academic Press, 2018, ISBN 978-0-12-811440-7.
- [23] BAR-EL DADON, Shimrit, Shahal ABBO a Ram REIFEN. Leveraging traditional crops for better nutrition and health - The case of chickpea. *Trends in Food Science & Technology*. 2017, **64**, 39–47.

- [24] SLAVIN, Joanne. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients*. 2013, **5**(4), 1417–1435.
- [25] ZOU, Jun, Benoit CHASSAING, Vishal SINGH, Michael PELLIZZON, Matthew RICCI, Michael D. FYTHE, Matam Vijay KUMAR a Andrew T. GEWIRTZ. Fiber-Mediated Nourishment of Gut Microbiota Protects against Diet-Induced Obesity by Restoring IL-22-Mediated Colonic Health. *Cell Host & Microbe*. 2018, **23**(1), 41–53.
- [26] WÖSTEN, Han A. B. a Karin SCHOLTMEIJER. Applications of hydrophobins: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2015, **99**(4), 1587–1597.
- [27] SINGH, Senjam, Hexiang WANG, Yau CHAN, Wenliang PAN, Xiuli DAN, Cui YIN, Ouafae AKKOUH a Tzi Bun NG. Lectins from Edible Mushrooms. *Molecules*. 2014, **20**(1), 446–469.
- [28] GABIUS, Hans-Joachim, Sabine ANDRÉ, Jesús JIMÉNEZ-BARBERO, Antonio ROMERO a Dolores SOLÍS. From lectin structure to functional glycomics: principles of the sugar code. *Trends in Biochemical Sciences*. 2011, **36**(6), 298–313.
- [29] PISCITELLI, Alessandra, Paola CICATIELLO, Alfredo Maria GRAVAGNUOLO, Ilaria SORRENTINO, Cinzia PEZZELLA a Paola GIARDINA. Applications of Functional Amyloids from Fungi: Surface Modification by Class I Hydrophobins. *Biomolecules*. 2017, **7**(4), 45.
- [30] KHALESI, Mohammadreza, Kurt GEBRUERS a Guy DERDELINCKX. Recent Advances in Fungal Hydrophobin Towards Using in Industry. *The Protein Journal*. 2015, **34**(4), 243–255.
- [31] CICATIELLO, Paola, Alfredo Maria GRAVAGNUOLO, Giorgio GNAVI, Giovanna Cristina VARESE a Paola GIARDINA. Marine fungi as source of new hydrophobins. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016, **92**, 1229–1233.
- [32] NAKASHIMA, Ayaka, Koji YAMADA, Osamu IWATA, Ryota SUGIMOTO, Kohei ATSUJI, Taro OGAWA, Naoko ISHIBASHI-OHGO a Kengo SUZUKI.  $\beta$ -Glucan in Foods and Its Physiological Functions. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2018, **64**(1), 8–17.
- [33] DU, Bin, Chengyuan LIN, Zhaoxiang BIAN a Baojun XU. An insight into anti-inflammatory effects of fungal beta-glucans. *Trends in Food Science & Technology*. 2015, **41**(1), 49–59.
- [34] WIEGE, Iva, Marcela SLUKOVÁ, Kateřina VACULOVÁ a Pavel SKŘIVAN. Není beta-glukan jako beta-glukan. *Výživa a potraviny*. 2018, **73**(1), 22–26.

- [35] WANG, Qiang, Xiaojing SHENG, Aimin SHI, Hui HU, Ying YANG, Li LIU, Ling FEI a Hongzhi LIU.  $\beta$ -Glucans: Relationships between Modification, Conformation and Functional Activities. *Molecules*. 2017, **22**(2), 257.
- [36] RIGGI, Stephen J. a Nicholas. R. DI LUZIO. Identification of a reticuloendothelial stimulating agent in zymosan. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1961, **200**(2), 297–300.
- [37] CHIHARA, Goro, Junji HAMURO, Yukiko Y. MAEDA, Yoshiko ARAI a Fumiko FUKUOKA. Fractionation and Purification of the Polysaccharides with Marked Antitumor Activity, Especially Lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (an Edible Mushroom). *Cancer Research*. 1970, **30**(11), 2776–2781.
- [38] SIMA, Petr, Luca VANNUCCI a Vaclav VETVICKA. Glucans and Cancer: Historical Perspective. *Cancer Translational Medicine*. 2015, **1**(6), 209–214.
- [39] VILLARES, Ana, Laura MATEO-VIVARACHO a Eva GUILLAMÓN. Structural Features and Healthy Properties of Polysaccharides Occurring in Mushrooms. *Agriculture*. 2012, **2**(4), 452–471.
- [40] VANNUCCI, Luca, Jiri KRIZAN, Petr SIMA, Dmitry STAKHEEV, Fabian CAJA, Lenka RAJSIGLOVA, Vratislav HORAK a Mustafa SAIEH. Immunostimulatory properties and antitumor activities of glucans (Review). *International Journal of Oncology*. 2013, **43**(2), 357–364.
- [41] BALDASSANO, Sara, Giulia ACCARDI a Sonya VASTO. Beta-glucans and cancer: The influence of inflammation and gut peptide. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2017, **142**, 486–492.
- [42] RAHAR, Sandeep, Gaurav SWAMI, Navneet NAGPAL, Manisha A. NAGPAL a Gagan Shah SINGH. Preparation, characterization, and biological properties of  $\beta$ -glucans. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*. 2011, **2**(2), 94–103.
- [43] DE SILVA, Dilani D., Sylvie RAPIOR, Kevin D. HYDE a Ali H. BAHKALI. Medicinal mushrooms in prevention and control of diabetes mellitus. *Fungal Diversity*. 2012, **56**(1), 1–29.
- [44] BOZBULUT, Rukiye a Nevin SANLIER. Promising effects of  $\beta$ -glucans on glyceamic control in diabetes. *Trends in Food Science & Technology*. 2019, **83**, 159–166.
- [45] SUCHECKA, Dominika, Joanna GROMADZKA-OSTROWSKA, ŻYŁA, Joanna HARASYM a Michal OCZKOWSKI. Selected physiological activities and health promoting properties of cereal beta-glucans. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2017, **26**(3), 183–191.

- [46] CHOROMANSKA, Anna, Julita KULBACKA, Nina REMBIALKOWSKA, Justyna PILAT, Remigiusz OLEDZKI, Joanna HARASYM a Jolanta SACZKO. Anticancer properties of low molecular weight oat beta-glucan – An in vitro study. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015, **80**, 23–28.
- [47] HARASYM, Joanna, Dominika SUCHECKA a Joanna GROMADZKA-OSTROWSKA. Effect of size reduction by freeze-milling on processing properties of beta-glucan oat bran. *Journal of Cereal Science*. 2015, **61**, 119–125.
- [48] *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin* [online]. 1. únor 2002 [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2002/178/oj/ces>.
- [49] KOHOUT, Pavel. Možnosti ovlivnění imunitního systému nutraceutiky. *Klinická farmakologie a farmacie*. 2010, **24**(1), 47–50.
- [50] TAUFEROVÁ, Alexandra. Kečup – funkční potravina? *Výživa a potraviny* 6. 2010, **65**, 150–152.
- [51] SANTINI, Antonello a Ettore NOVELLINO. Nutraceuticals - shedding light on the grey area between pharmaceuticals and food. *Expert Review of Clinical Pharmacology*. 2018, **11**(6), 545–547.
- [52] *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin* [online]. 30. prosinec 2006 [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj/ces>.
- [53] REIS, Filipa S., Anabela MARTINS, M. Helena VASCONCELOS, Patricia MORALES a Isabel C.F.R. FERREIRA. Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*. 2017, **66**, 48–62.
- [54] PRASAD, Shalinee, Himanshi RATHORE, Satyawati SHARMA a Ajay Singh YADAV. Medicinal Mushrooms as a Source of Novel Functional Food. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. 2015, **4**(5) 221–225.
- [55] GUILLAMÓN, Eva, Ana GARCÍA-LAFUENTE, Miguel LOZANO, Matilde D'ARRIGO, Mauricio A. ROSTAGNO, Ana VILLARES a José Alfredo MARTÍNEZ. Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia*. 2010, **81**(7), 715–723.
- [56] RATHORE, Himanshi, Shalinee PRASAD, Mandira KAPRI, Abhay TIWARI a Satyawati SHARMA. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications. *Journal of Functional Foods*. 2019, **56**, 182–193.



- [57] KADNIKOVA, Irina A, Rui COSTA, Tatiana K KALENIK, Olga N GURULEVA a Shi YANGUO. Chemical Composition and Nutritional Value of the Mushroom *Auricularia auricula-judae*. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2015, **3**(8), 478–482.
- [58] JO, Woo-Sik. *Mushroom Science Crop Details [cultivation technology and functionality]*, 2015. ISBN 978-89-09-19043-5 93480 [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/276285740\\_beoseoshag\\_gaglon\\_jaebaegisulgwa\\_gineungseong\\_Mushroom\\_Science\\_Crop\\_Details\\_cultivation\\_technology\\_and\\_functionality](https://www.researchgate.net/publication/276285740_beoseoshag_gaglon_jaebaegisulgwa_gineungseong_Mushroom_Science_Crop_Details_cultivation_technology_and_functionality).
- [59] VÁCLAVÍK, Jiří. *Ucho Jidášovo* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/ucho-jidasovo>.
- [60] CHEFSHOP.CZ. *Sušené houby Jidášovo ucho 100 g*. [online]. [cit. 2020-07-03]. Dostupné z: <https://www.chefshop.cz/susene-houby-jidasovo-ucho-100-g/>.
- [61] MOHAMED, Eman Mostafa a Fatma Ali FARGHALY. Bioactive Compounds of Fresh and Dried *Pleurotus ostreatus* Mushroom. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*. 2014, **3**(1), 4–14.
- [62] RADZKI, Wojciech, Marta ZIAJA-SOŁTYS, Jakub NOWAK, Jolanta RZYMOWSKA, Jolanta TOPOLSKA, Aneta SŁAWIŃSKA, Monika MICHALAK-MAJEWSKA, Marta ZALEWSKA-KORONA a Andrzej KUCZUMOW. Effect of processing on the content and biological activity of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* mushroom. *LWT - Food Science and Technology*. 2016, **66**, 27–33.
- [63] VÁCLAVÍK, Jiří. *Hliva ústříčná* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/hliva-ustricna-zrnita-sadba>.
- [64] LEE, Soo-Jung, Hun-Hwan KIM, Seon-Ho KIM, Sung-Hee KIM a Nak-Ju SUNG. Physico-chemical characteristics and antioxidant activities in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn. *Journal of Mushroom*. 2019, **17**(1), 24–33.
- [65] VÁCLAVÍK, Jiří. *Hliva ústříčná* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/hliva-ustricna-houbova-zahradka-15-litru>.
- [66] VÁCLAVÍK, Jiří. *Houževnatec jedlý* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/shiitake-houbova-zahradka-3-litry>.
- [67] CHEN, Lianfu, Yuhua GONG, Yingli CAI, Wei LIU, Yan ZHOU, Yang XIAO, Zhangyi XU, Yin LIU, Xiaoyu LEI, Gangzheng WANG, Mengpei GUO, Xiaolong MA a Yinbing BIAN. Genome Sequence of the Edible Cultivated Mushroom *Lentinula edodes* (Shiitake) Reveals Insights into Lignocellulose Degradation. *PLOS ONE*. 2016, **11**(8), 1–20.

- [68] MORALES, Diego, Renata RUTCKEVSKI, Marisol VILLALVA, Hellen ABREU, Cristina SOLER-RIVAS, Susana SANTOYO, Marcello IACOMINI a Fhernanda Ribeiro SMIDERLE. Isolation and comparison of  $\alpha$ - and  $\beta$ -D-glucans from shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) with different biological activities. *Carbohydrate Polymers*. 2020, **229**, 115521.
- [69] VÁCLAVÍK, Jiří. *Lesklokorka lesklá - reishi* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/reishi-ganoderma-lucidum-lesklokorka-leskla-120-tobolek-multipack-31-zdarma>.
- [70] BISHOP, Karen S., Chi H. J. KAO, Yuanye XU, Marcus P. GLUCINA, R. Russell M. PATERSON a Lynnette R. FERGUSON. From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals. *Phytochemistry*. 2015, **114**, 56–65.
- [71] VÁCLAVÍK, Jiří. *Lesklokorka lesklá* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/ganoderma-lucidum-reishi-lesklokorka-leskla-tobolky-60-ks>.
- [72] SIWULSKI, Marek, Krzysztof SOBIERALSKI, Iwona GOLAK-SIWULSKA, Sławomir SOKÓŁ a Agnieszka SEKARA. *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. – health-promoting properties. A review. *Herba Polonica*. 2015, **61**(3), 105–118.
- [73] THONGBAI, Benjarong, Sylvie RAPIOR, Kevin D. HYDE, Kathrin WITTSTEIN a Marc STADLER. *Hericium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. *Mycological Progress*. 2015, **14**(10), 91.
- [74] VÁCLAVÍK, Jiří. *Korálovec ježatý* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.jedlehouby.cz/koralovec-jezaty-hericium-erinaceus>.
- [75] JO, Woo-Sik, Md. Akil HOSSAIN a Seung-Chun PARK. Toxicological Profiles of Poisonous, Edible, and Medicinal Mushrooms. *Mycobiology*. 2014, **42**(3), 215–220.
- [76] GOVORUSHKO, Sergey, Ramin REZAEI, Josef DUMANOV a Aristidis TSATSAKIS. Poisoning associated with the use of mushrooms: A review of the global pattern and main characteristics. *Food and Chemical Toxicology*. 2019, **128**, 267–279.
- [77] ALSHANNAQ, Ahmad a Jae-Hyuk YU. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017, **14**(6), 1–20.
- [78] VISSER, Botma, Liezel HERSELMAN, Robert F. PARK, Haydar KARAOGLU, Cornelia M. BENDER a Zacharias A. PRETORIUS. Characterization of two new *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* races within the Ug99 lineage in South Africa. *Euphytica*. 2011, **179**(1), 119–127.

- [79] GABRIEL, Jiří a Karel ŠVEC. Occurrence of indoor wood decay basidiomycetes in Europe. *Fungal Biology Reviews*. 2017, **31**(4), 212–217.
- [80] TÜRKMEN, Mustafa a Derya BUDUR. Heavy metal contaminations in edible wild mushroom species from Turkey's Black Sea region. *Food Chemistry*. 2018, **254**, 256–259.
- [81] DAMODARAN, Dilna, Vidya Shetty KODIALBAIL a Raj Mohan BALAKRISHNAN. Uptake of certain heavy metals from contaminated soil by mushroom—*Galerina vittiformis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014, **104**, 414–422.
- [82] QUARCOO, A. Determination of heavy metals in *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) and *Termitomyces clypeatus* (Termite mushroom) sold on selected markets in Accra, Ghana. *Mycosphere*. 2013, **4**(5), 960–967.