

Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity v plodnicích vyšších hub

Bc. Silvie Březovská

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Silvie BŘEZOVSKÁ**
Osobní číslo: **T090211**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity
v plodnicích vyšších hub**

Zásady pro vypracování:

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Charakterizujte druhy vyšších hub v regionu a zaměřte se na druhy vybrané pro svoji další práci
2. Popište chemické složení vyšších hub se zaměřením na fenolické látky
3. Popište význam antioxidační aktivity u vybraných druhů hub

II. PRAKTICKÁ ČÁST

1. Provedte sběr vzorků zadaných vyšších hub
2. Analyzujte jednotlivé druhy hub a popište metody použité při stanovování obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity
3. Vyhodnoťte zjištěné výsledky

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] TIANJIA, J, MUHAMMAD ,M.J., ZHENHUI, J., XIANYING, L, TIEJIN, Y. Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 56, 2010, s. 209-215.
- [2] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. Tabor, OSSIS, 1999, ISBN 80-902391-5-3.
- [3] YANISHLIEVA, N. Inhibiting oxidation, *Antioxidants in Food - Practical Applications*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001, s. 21-70. ISBN 978-1-85573-463-0.
- [4] KALÁČ, P. *Houby, víme co jíme?* České Budějovice, Dona, 2008, ISBN 978-80-7322-112-6.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Miček, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

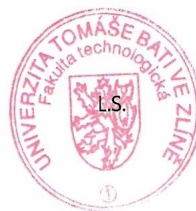
4. ledna 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

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

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit množství celkových polyfenolů ve vybraných basidiomycet, které byly sbírány převážně v lokalitách moravskoslezského kraje. Dále byla sledována antioxidační aktivita. Výsledné hodnoty byly porovnávány a vyhodnocovány. Jako basidiomyceta s největším množstvím polyfenolů byla vyhodnocena Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) a Hřib hnědý (*Boletus badius*) v mraženém stavu a Hřib hnědý (*Boletus badius*) a Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) ve stavu sušeném. Největší antioxidační aktivitu jsem zjistila u Hříbu hnědého (*Boletus badius*) a Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) jak u konzervace mražením tak i sušením.

Klíčová slova: basidiomyceta, antioxidační aktivita, fenolické látky

ABSTRACT

The objective of my thesis was to determine the total amount of polyphenols in selected basidiocarp, which were collected mainly in areas of regional moravskoslezský. In addition, antioxidant activity was monitor. The resulting values were compared and evaluated. As basidiomycetes with the largest number of polyphenols were evaluated Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) a Hřib hnědý (*Boletus badius*) in frozen and Hřib hnědý (*Boletus badius*) a Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) in the dried state. The greatest antioxidant activity, I found the Hřib hnědý (*Boletus badius*) a Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) for both the concervation by freesing and drying.

Keywords: basidiocarp, antioxidant activity, phenolic compounds

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA VYŠŠÍCH HUB	12
1.1 KONZERVACE HUB	13
1.2 BEDLA ČERVENAJÍCÍ (<i>MACROLEPIOTA PROCERA</i>).....	15
1.2.1 Výskyt a rozšíření.....	15
1.2.2 Význam	15
1.3 BEDLA VYSOKÁ (<i>MACROLEPIOTA RHAODES</i>).....	16
1.3.1 Výskyt a rozšíření.....	16
1.3.2 Význam	16
1.4 HLÍVA ÚSTRÍČNÁ (<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>).....	17
1.4.1 Výskyt a rozšíření.....	17
1.4.2 Pěstování	17
1.4.3 Význam	18
1.5 PÝCHAVKA OBECNÁ (<i>LYCOPERDON PERLATUM</i>)	19
1.5.1 Výskyt a rozšíření.....	19
1.5.2 Význam	19
1.6 HŘIB HNĚDÝ (<i>BOLETUS BADIUS</i>)	20
1.6.1 Výskyt a rozšíření.....	20
1.6.2 Význam	20
1.7 ŽAMPION ZAHRADNÍ (<i>AGARICUS BISPORUS</i>).....	21
1.7.1 Výskyt a rozšíření.....	21
1.7.2 Význam	21
1.8 ČIRŮVKA FIALOVÁ (<i>LEPISTA NUDA</i>).....	22
1.8.1 Výskyt a rozšíření.....	22
1.8.2 Význam	22
1.9 ČIRŮVKA HAVELKA (<i>TRICHOLOMA PORTENTOSUM</i>)	22
1.9.1 Výskyt a rozšíření.....	23
1.9.2 Význam	23
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VYŠŠÍCH HUB	24
2.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A NUTRIČNÍ HODNOTY EVROPSKÝCH DRUHŮ VOLNĚ ŽIJÍCÍCH A PĚSTOVANÝCH HUB.	24
2.2 SUŠINA	25
2.3 VÝZNAM V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	25
2.4 FENOLOVÉ SLOUČENINY	26
2.4.1 Flavonoidy	27
2.4.2 Význam polyfenolů	27
3 ANTIOXIDAČNÍ AKVIVITA	29

3.1	DĚLENÍ ANTIOXIDANTŮ	31
3.2	PŘÍRODNÍ ANTIOXIDANTY	32
3.3	MECHANISMUS PŮSOBENÍ.....	32
3.4	ANTIOXIDAČNÍ VLASTNOSTI FENOLICKÝCH LÁTEK VYSKYTUJÍCÍCH SE V JEDLÝCH HOUBÁCH	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
4	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	37
5	MATERIÁL A METODIKA.....	38
5.1	POPIS LOKALITY	39
5.2	SBĚR VZORKŮ A ÚPRAVA K PROVEDENÍ ANALÝZY	39
5.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ.....	40
5.3.1	Metoda s Folin-Ciocaltauovým činidlem.....	40
5.4	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY.....	41
5.4.1	Metoda činnosti radikálu DPPH.....	41
6	VÝSLEDKY	42
6.1	OBSAH CELKOVÝCH POLYFENOLŮ U MRAŽENÝCH A SUŠENÝCH HUB.....	42
6.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY U MRAŽENÝCH A SUŠENÝCH HUB.....	44
7	DISKUSE.....	46
7.1	DISKUSE - CELKOVÉ POLYFENOLŮ.....	46
7.2	DISKUSE - ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA.....	49
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
	SEZNAM TABULEK	60
	SEZNAM PŘÍLOH	61

ÚVOD

Lidé houby používali jako součást potravy už od pradávna. Dlouhodobé zkušenosti naučily člověka rozeznávat jedlé houby od nejedlých a poznat i účinky jedovatých hub.

V mnoha zemích tvořily houby značný podíl na stravě venkovských lidí, někdy sběr a prodej čerstvých nebo sušených hub představoval i významný zdroj obživy. Pro Egyptany i Římany byly součástí slavnostních pokrmů. Také slovanské národy vesměs znaly houby a považovaly si tohoto daru přírody.

Zájem o houby mají lidé i nyní, v posledních letech houbaří u nás téměř každý a také v okolních zemích se houby dostávají do popředí zájmů přátel přírody. Zdá se, že i tam, kde se lidé o sběr hub vůbec nezajímali, se nyní houbaření stává obecnou zálibou. Přesvědčili se o tom, že jim poskytuje aktivní odpočinek a zároveň i ušlechtilou zábavu v čistém, pro zdraví prospěšném prostředí lesa. Obyvatelé měst se více zajímají o život v přírodě a sběr i poznávání hub jsou neobyčejně vhodným předmětem jejich zájmu. Ovšem správný houbař musí mít nejen znalost o houbách, ale i o přírodě v lese, a také dostatek citu a dobré vůle, aby za žádných okolností neznečistil nebo jakkoliv nepoškodil prostředí lesa. V současnosti, kdy v houbařské sezóně vyrážejí do lesa stovky houbařů, pro mnohé už není úspěchem jen vyhledávání již známých druhů, ale především objevování a poznávání stále nových druhů hub. Zde už však nestačí pouze povrchní znalosti. Musí dokonale znát druhy, které sbírá, a kromě toho také bezpečně poznat hlavní jedovaté houby. Neznalost je totiž nebezpečná. Kdo sbírá houby a nezná je s naprostou jistotou, může zavinit těžkou otravu či dokonce smrt.

Mezi kvalitativní znaky potravin rostlinného původu, které determinují jejich pozitivní vztah ke zdravotnímu stavu populace, patří: zpravidla nízká energetická hodnota, většinou nízký obsah tuků, vysoký obsah monoenových a vícenenasycených mastných kyselin, výhodný obsahový podíl sodíku a draslíku, eventuelně též hořčíku a vápníku, velký obsah různých forem vlákniny, nepřítomnost cholesterolu a obsah rostlinných sterolů, obsah vitamínů rozpustných ve vodě i v tucích, výskyt esenciálních stopových prvků a obsah chemoprotektivních látek s rozmanitými zdravotně ochrannými účinky na lidský organismus včetně antioxidační aktivity.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA VYŠŠÍCH HUB

Houby jsou organismy, které bývají zařazovány do říše rostlin jako nezelené stélkaté rostliny výtrusné. Liší se však od rostlin tak značně, že vedle bakterií považujeme je dnes za zvláštní skupinu organismů, která je stejně stará jako rostliny a živočichové a jež se s těmito dvěma říšemi vyvíjela souběžně. Houby ve vědeckém pojetí jsou rozsáhlou skupinou. Řadíme sem totiž nejen druhy s velikými a masitými plodnicemi, ale také tisíce a tisíce druhů hub drobnohledných, cizopasných i hniložijných, které působí nemoci rostlin a živočichů, kvašení, hnití a jiné chemické děje pro soužití všech hub v přírodě tak důležité, že bez nich by se život zastavil.

Nauka o houbách neboli mykologie je věda obtížná. To však neznamená, že se nelze naučit znát několik desítek nejběžnějších druhů tak dobře, aby bylo možné zásobovat kuchyně od jara do podzimu čerstvými houbami. K jídlu je vhodné sbírat pouze ty druhy, které poznáme za všech okolností a naprosto jistě. Neplatí totiž vůbec všeobecná pravidla, podle nichž bychom jedlou houbu od jedovaté mohli rozeznat [1]. Houby mají nejvýš rozmanitou a proměnlivou podobu. Různě staré exempláře téhož druhu se mohou od sebe vzájemně lišit víc než různé druhy hub. Navíc existují odchylky způsobené místem výskytu i klimatem, které rovněž mohou vést k nejistotě při určování [2]. Rody a druhy hub se rozlišují posuzováním znaků plodnic, nikoliv vegetativního těla hub – mycelia. Na plodnicích takzvaně velkých hub – makromycet – můžeme posuzovat znaky, které postihneme pouhými smysly, především zrakem. Říkáme tomu znaky makroskopické. Můžeme tak posuzovat typ plodnice, tvar i povrch klobouku a třeně, výšku i tvar trubek, lupenů či ostnů, jejich hustotu, barvu atd. Ke studiu vnitřní stavby plodnic, jako jsou struktura dužniny, vnitřní stavba rouška či técie, tvar i povrch výtrusů atd., nutně potřebujeme mikroskop [3].

Výskyt plodnic je silně závislý na počasí, na průběhu ročních dob, na vlivu okolního prostředí a na výskytu určitých rostlin. Ani jeden houbový rok se nepodobá tomu druhému. Je dosti nejisté, zda úroda bude stejná či nikoli. Houby nepotřebují světlo jako rostliny s chlorofylem. Lesní půda poskytuje bohatou organickou výživu a většinou i dostatečnou vlhkost, proto je místem výskytu většiny jedlých hub. Každý typ lesa, i na světlo chudý jehličnatý les s kyselou půdou, kde už téměř neroste nic zeleného, poskytuje útočiště houbám [2]. Trvanlivost podhoubí není u všech druhů stejná. U některých druhů žije podhoubí i několik desítek let na stejném místě, u jiných vydrží jen několik měsíců. Někdy

se podhoubí rozrůstá podle toho, kde má k dispozici více živných látek, např. na více pohnojených místech na loukách, nebo více vláhy, např. po obvodu korun stromu. Podhoubí některých druhů tvoří takzvané odpočinková stadia, která mohou velmi dlouho vydržet v půdě, např. za dlouhého období sucha, a teprve za vhodných podmínek se opět rozrůstají v nové. Pro tvorbu plodnic potřebují houby dostatek vhodných organických látek v substrátu, některé druhy i určité minerální látky, přiměřenou teplotu a dostatečnou půdní a vzdušnou vlhkost. Nároky jednotlivých druhů hub na tyto faktory jsou rozdílné. Jiné nároky také mají jarní houby, které potřebují teplejší dny, kdežto podzimní houby vyžadují dostatečné srážky. Všeobecně však platí, že naleziště bývá nejčastěji v mechu, na zetlelém listí nebo na mrtvých živných dřevinách [3].

Houby se konzumují již po staletí. Kdysi to byly především houby nalezené v přírodě, naopak dnes se zvyšuje podíl hub uměle vypěstovaných. V současnosti se uměle vypěstuje 6 miliard kilogramů hub, což je přibližně jeden kilogram na obyvatele planety.

Rozdíl mezi houbami uměle pěstovanými a volně vyrostlými v přírodě spočívá v množství druhů, které je v přírodě vyšší, a v potravní bezpečnosti. Houby vyrostlé v přírodě mohou přijímat a kumulovat rizikové látky z ovzduší a půdy, jako například těžké kovy, polychlorované bifenyly a jiné sloučeniny z průmyslových emisí. U pěstovaných hub toto nebezpečí nehrozí, protože jsou pěstovány na speciálních půdách, které jsou přísně kontrolovány, vzduch v pěstírnách je filtrován a použití pesticidů je omezeno.

V České republice ročně na osobu připadá 1,8 kg hub z lesa a asi 0,4 kg hub uměle vypěstovaných. Zatímco u průměrného občana Evropské Unie je to téměř nulové procento hub z lesa a asi 2,5 kg hub uměle vypěstovaných [4,5].

1.1 Konzervace hub

Houby a houbové pokrmy, hlavně v létě, se kazí dosti rychle. Dusíkaté látky v nich obsažené se rozkládají a vznikají jedy, které způsobují otravy. Tím nemá být ovšem řečeno, že bychom houbový pokrm nemohli jíst ohřátý druhý den, uložíme-li jej přes noc na chladném místě podobně jako jiná masitá jídla. Houbová jídla však nevaříme do zásoby v době letního parna [1]. Nejčastější a nejúčinnější konzervárenská úprava nesbíraných hub je sterilací ve sladkokyselém nebo kyselém nálevu, nakládání do soli a sušení. Jelikož tedy velmi rychle podléhají zkáze, musíme o jejich jakost pečovat hned po sběru. Houby sbírané v ranních hodinách jsou ovlivněny nočním chladem a tolik se nekazí. Čištění

probíhá při sběru a je dobré je tedy ukládat do košíku, aby se nezapařily. Konzervace by měla proběhnout do 24 hodin. Do té doby je lze ponechat na vzdušném a chladném místě [6].

Mražené houby – Pro dlouhodobé uchování a konzervaci hub na horší časy a mimo hlavní houbařskou sezónu se hodí skutečně jen ty nejlepší plodnice. Pro tyto účely se zpracovávají přebytky, které se nedají v krátké době použít v čerstvém stavu, houby se ale mohou ke zmrazení sbírat i záměrně. Dobře zmrazené houby by se svými vlastnostmi od čerstvých měli lišit jen nepatrně. Měli by se ale uchovávat pouze po dobu 6 měsíců a teplota v mrazničce by neměla stoupnout nad $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Platí pravidlo, že houby mohou být zmrazené jen jednou, to znamená, že například při delším výpadku proudu se musí zpracovat tepelně, jinak jsou nepoužitelné. Houby můžeme buďto zmrazit syrové, nebo tepelně upravené. V prvním případě se očištěné, suché houby naskládají celé nebo pokrájené do vhodných plastových krabiček s víčky, či do plastových uzavřených sáčků. Dbá se přitom na využití prostoru, houby se ale nijak nepěchují, zmáčknou se pouze šetrně. Druhý postup spočívá v tom, že se buď houby předvaří v osolené vodě, či podusí ve vlastní šťávě nebo na tuku. Tak se lépe využije prostor nádobek na uložení, ale houby ztratí svůj vzhled a chuť. Čerstvé zamrazené houby se mohou rovnou bez rozmrazování vkládat do připravovaných pokrmů. Podušené houby je lepší nechat v teplé nebo ve vlažné vodě pomalu rozmrazit, a až potom je vkládat do pokrmů [7].

Sušené houby – Zde jsou vhodné téměř všechny druhy našich jedlých hub. Ty se na sucho očistí a zbaví nahnilých a červivých částí. Otřou se suchým hadříkem a nakrájí podélně na plátky silné 3-5mm a sušíme rozložené na lískách, sítu nebo prkénku, na slunci, v sušárně nebo na kamnech. Je možnost také na slunci předsušit a poté dosušit v troubě. Rozhodně se nepoužívají plechy, jelikož by houby zčernaly a na plech se lepily. Sušení v troubě by mělo být při počáteční teplotě $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ a poté zvýšena na $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Houby se suší nejdéle 2 dny, aby si uchovaly pěknou barvu, zejména bělomasé druhy. Znakem správně usušených hub je, že chrastí. Plní se do suchých sklenic v suchém prostředí. Sklenice by měly mít šroubový uzávěr nebo to mohou být „rýhovky“, u nichž víčko upevníme pérkem. Uchováváme v místnosti s vyšší teplotou [6].

1.2 Bedla červenající (*Macrolepiota procera*)

Tato houba se vyznačuje kloboukem v průměru 5-15 cm, zprvu skoro kulovitý, později zvoncovitý až skoro ploše rozložený, s menším nebo tupým hrbolem uprostřed, na povrchu rozpraskaný v nápadné, široké a veliké šupiny. Ty jsou zprvu bledé, pak hnědé a ve stáří tmavé. Lupeny ve stáří s načervenalým ostřím a po poranění červenající, později hnědnoucí. Tloušťka třeně bývá v rozmezí 10-15 mm a obvykle je bělavý, či trochu špinavě zbarvený, později červenavě hnědý. Délka může být 12-15 cm a ze spodu bývá ztlouštělý, až do kulovité hlízy. V horní polovině se vyskytuje vatovitě vláknitý prsten, na okraji rozdělen ve dvě vrstvy [1]. Dužina v klobouku je suše vatovitá, v třeni tvrdě vláknitá [8], bílá, při řezu se zbarvuje oranžově, pak červeně až dorezava. Vůně je dosti silná a příjemná, stejně jako její chuť. Výtrusy jsou hladké, bezbarvé elipsoidního tvaru [1].

1.2.1 Výskyt a rozšíření

Nalézt ji můžeme nejčastěji v jehličnatých lesích, ale místy i v lesích listnatých či v hájích nebo dokonce v zahradách. Je rozšířená v celém mírném pásu severní polokoule a také v Austrálii. Vyskytuje se v létě a na podzim, nejvíce však v září [1,3].

1.2.2 Význam

Je to velmi dobrá jedlá houba, téměř se rovnající bedle vysoké, která je známější. Je však masitější a šťavnatější a proto hodnotnější. Červenání a hnědnutí povrchu plodnic některé houbaře odrazuje, ale neprávem. Chutné jsou zejména klobouky této bedle (*Macrolepiota*) Třeň se často suší a semele na houbový prášek [3,8].



Obr. 1. Bedla červenající (*Macrolepiota procera*) [9]

1.3 Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*)

Rozměr klobouku může v průměru dosahovat 10-30 cm. Ten je zprvu vejčité kuželovitý, hnědý a málo rozpraskaný. Zvětšováním povrchová vrstva praská v hnědé nebo nahnědlé šupiny, jež jsou uspořádány jako tašky na střeše, kromě středu, který nepraská a je souvisle hnědý. Mezi šupinami je vidět bílou, vatovitou dužinu klobouku. Lupeny jsou bílé, husté, břichaté a od třeně oddělené malou mezerou. Třeň je dole ztluštělý v dosti velkou a skoro kulovitou hlízu, jinak štíhlý, později uvnitř dutý a snadně vylomitelný z klobouku. Může být dlouhý 20-40 cm, v mládí souvisle hnědavý, později povrchová hnědá vrstva rozpraskává v nepravidelné kroužkovité šupiny [1]. V hořejší třetině nese třeň pohyblivý prsten, který má dvojité okraj ozdobně roztrhaný v cípy [10]. Dužina klobouku je bílá, v dospělosti dosti vatovitá, ve třeni tužší, dosti dřevnatá, vonící dosti silně a příjemně a chutnající rovněž příjemně. Nezbarvuje se po poranění, jak to bývá u Bedle červenající (*Macrolepiota procera*). Výtrusy bezbarvé, elipsoidní [1].

1.3.1 Výskyt a rozšíření

Vyskytuje se na pasekách, ve světlých lesích a na okrajích lesů. Houba roste od počátku léta až dlouho do podzimu [1,8]. Na travnatých místech se jedná o dosti hojně rostoucí houbu, která je rozšířená v celém mírném pásu severní polokoule a také v Austrálii, v Africe a v Indii [11].

1.3.2 Význam

Jedlá houba, která je dosti silně aromatická, a proto ji lze dobře upotřebit v kuchyňské úpravě [1]. K jídlu se používají pouze klobouky, protože třeně jsou příliš tuhé a vláknité.

Nejhodnotnější jsou mladé plodnice s klobouky dosud uzavřenými [3]. Je to houba tak význačná, že ji snadno pozná i začátečník [1].



Obr. 2. Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*) [9]

1.4 Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)

Klobouk hlívy ústříčné má v průměru 5-15 cm a řidčeji může být i větší. Ne vždy se třením ve středu, spíše výstředným a poměrně krátkým, často zcela zakrnělým. Klobouk je okrouhle šklebovitý až jazykovitě protažený, různě zbarvený, většinou světle až temně šedý nebo skoro černý, jindy modrošedý, ale také zelenofialový, hladký a lysý. Plodnice vyrůstají obvykle ve větším počtu pohromadě, takže ploše odstávající klobouky stojí obvykle nad sebou. Lupeny bělavé až našedlé, později často slabě nafialovělé a sbíhající na třeň, který je většinou dosti malý nebo jen naznačený, bílý a obvykle pokrytý štětinatou plstí. Dužnina kožovitě masitá, ale šťavnatá, chuti a vůně nenápadné. Výtrusy elipsoidně válcovité [1].

1.4.1 Výskyt a rozšíření

Roste na kmenech a dřevech stromů listnatých i jehličnatých a její podhoubí působí bílou hnilobu dřeva. Plodnice se objevují většinou pozdě k podzimu. Často v dutinách kmenů nalezneme čerstvé plodnice i v zimě, když půda v okolí je zmrzlá na kost. Roste v celém mírném pásu severní polokoule a vyskytuje se i na polokouli jižní. V mnoha zemích se hlíva ústříčná s úspěchem pěstuje [1, 3].

1.4.2 Pěstování

Lze jí pěstovat např. na špalcích dřeva zapuštěných do země, na větenech kukuřičných klasů nebo na slámě. V posledních letech byly vyšlechtěny speciální kulturní formy této

houby. Pěstují se ve velkém na sterilované slámě v balících, z nichž se narovnají celé stěny, které se zakryjí foliemi z umělé hmoty, aby si sláma uchovala stálou vlhkost. Později se folie svísele prořízne a z těchto míst pak vyrůstají souvislé vrstvy plodnic, které se sklízí mladé. Optimální teplota pro vývoj plodnic je 11 °C, v přírodě začínají růst proto v říjnu a za mírné zimy je lze najít až do února. Pro pěstování je potřebná vlhkost 80 % a světlo, které má intenzitu 500-600 luxů. V Japonsku je známá jako hiratake, která se vyskytuje téměř ve všech vegetačních pásmech a její průmyslové pěstování je zavedeno v České republice. Obsahuje β -glukan pleuran, který působí aktivačně na imunitní systém [4].

1.4.3 Význam

Je to jedlá houba střední jakosti. Je tužší než jiné druhy jakostních jedlých hub, a proto je obtížněji stravitelná. Často obrůstá celé kmeny, takže můžeme sebrat na jednom místě i několik kilogramů plodnic. Z hlediska složení obsahuje důležité polysacharidy, β -glukany, které vykazují imunostimulační a protirakovinný efekt. Výživná hodnota je blízká výživové hodnotě zeleniny, proto ji lze využít v dietetické potravě. Je cenným zdrojem bílkovin a aminokyselin, minerálních látek i vlákniny. Obsah a vliv jejích látek s pozitivními účinky na lidský organismus jsou zkoumány po celém světě [12].



Obr. 3. Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) [9]

1.5 Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*)

Plodnice jsou hruškovité, 4-8 cm vysoké, bílé, posázené na povrchu bradavkovitými ostny, které se snadno odlamují a sedí na poměrně pevné bláně, ukrývající v sobě jako ve vaku výtrusorodé pletivo, takzvaného glebu. V mládí je bílá, později se zbarvuje žlutě až žlutoolivově a vodnatě měkne. V době zralosti celá plodnice uschne a vnitřek se změní v prach, který obsahuje velké množství výtrusů, jež jsou kulaté, slabě bradavkaté. Výtrusy se práší ven otvorem na temeni hruškovité plodnice, který se vytvoří až v době zralosti. Šlápneme-li na suché plodnice v lese, zvedne se okrově žlutohnědý oblak prachu, který rozvane vítr po krajině a zapráší i naši obuv. Spodní část plodnice, která je dole trochu stopkatě protažená, výtrusy neobsahuje [1,13].

1.5.1 Výskyt a rozšíření

Roste v lesích všech druhů, hlavně však v smrčinách je velice hojná, a to od června až do zámrazu. Roste v houfech, někdy i v trsech nebo v hnízdech [1].

1.5.2 Význam

Je to jedna z nejlahodnějších jedlých hub, ale u nás je sbírána jen zřídka, přitom je v porovnání s jinými houbami stravitelnější a má příjemnou a jemnou chuť. Sbírají se jen zcela mladé plodnice, pokud jsou uvnitř bílé a dosti tuhé. Snadno uvnitř žloutnou, hnědnou a nakonec měknou. V tomto stavu již nejsou požitelné. V kuchyni se využívají čerstvé nebo sušené. Je to houba poměrně málo aromatická a tak se může přidávat do pokrmu ve větším množství [1,3].



Obr. 4. Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) [9]

1.6 Hřib hnědý (*Boletus badius*)

Průměr klobouku má 5-13 cm, v mládí je polokulovitý s podvinutým a plstnatým okrajem, pak bočníkovitý až poduškovitě rozprostřený. Třeň je tlustý, v mládí skoro kulovitý, vejčitý až soudečkovitý, později kyjovitý, nakonec nejčastěji válcovitý, často pohnutý. Pokožka má základní barvu světle olivově žlutavou a je překryt hnědým podélným, vláknitým, hustým žiháním, na kterém lze lupou vidět jemné přitisklé, hnědé šupinky [8]. Většinou na pohled nakonec převládne hnědá barva, světlejší, než má pokožka klobouku. Po poranění nejprve modrají až dozelená, pak blednou do špinavě modré barvy a po několika hodinách zhnědnou, zasucha však obvykle jen nápadně zmodrají [13]. Dužina je v mládí bílá, pak nažloutlá, pod pokožkou klobouku i třeně nahnědlá, na řezu výrazně modrá, pokud nejsou plodnice zaschlé. U mladých plodnic je pevná, pak v klobouku měkne a v třeni se stává vláknitou [8].

1.6.1 Výskyt a rozšíření

Roste hlavně ve smrčinách nejrozmanitějších typů od nížin až vysoko do hor, hlavně v holém jehličí nebo v mechu. Jinak roste i v borových lesích a v porostech kosodřeviny nad horní hranicí lesa či v rozmanitých typech smíšených porostů, pokud se v nich vyskytují jehličnaté stromy. Hlavní doba růstu je v létě, ale přetrvává až do podzimu [8,13].

1.6.2 Význam

Má příjemnou chuť a jemnou houbovou vůni, ne však význačně hřibovitou. Je to dobrá jedlá houba, která má své uplatnění v kuchyni [8].



Obr. 5. Hřib hnědý (*Boletus badius*) [9]

1.7 Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*)

Žampion má v mládí zavalitý nahnědlý třeň ve tvaru hrušky a na povrchu hnědý jemně šupinatý klobouk, který se přimyká skoro ke třeni. Později se pochva trhá a zůstává v podobě bílé až bílo nahnědlé plachetky. Samotný klobouk je malý v poměru ke třeni a značně kulovitý, se stářím přibývá zvláště na průměru, avšak udržuje svůj půlkruhový tvar. Dosahuje průměru 5–12 cm. Je masitý a zespoda jsou z počátku lupeny masovité barvy v podobě stříšky, později se rozprostírají do vodorovné hladiny a mění se i jejich barva v tmavě hnědou. Stejně tak klobouk přibírá tmavší hnědou barvu a postupně od jeho obvodu ke středu se šíří šupiny. Někdy jsou lupeny v mládí zcela bílé. Výtrusy jsou vejčité až kulovité, purpurově hnědé barvy, dosahující rozměrů 6,5–7,5 na 5,5–6,5 mikrometrů. Třeň bývá 40–80 mm dlouhý, značně tlustý o průměru 10–30 mm, plachetka na něm zůstává ohnuta dolů. Dužina je bílá, šťavnatá, po porušení mírně masově zbarvená, později mění barvu do rezava [14].

1.7.1 Výskyt a rozšíření

Nalézt jej můžeme jak ve smíšených lesích, tak v jejich krajních částech. Mimo les roste na hnojených pozemcích, jako jsou louky, komposty, zahrady a pole. Příznivé období růstu u nás je od června do října [15].

1.7.2 Význam

Má široké uplatnění v kuchyni a je velice oblíbeným zástupcem hub. Je snadno poznatelný i pro houbaře začátečníky a pro svou typickou chuť a vůni oblíbený [14,15].



Obr. 6. Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*) [9]

1.8 Čirůvka fialová (*Lepista nuda*)

Její klobouk bývá v průměru 6-16 cm, masitý, vyklenutý až rozložený, v mládí fialový, později nahoře zahnědlý, s okrajem nejprve podehnutým, později tenkým a hladkým. Stářím klobouk vybledá a hnědne. Lupeny jsou dosti husté, široké a nepříliš vysoké. Třeň je krátký a tlustý, plný a pevný, živě fialový a hladký. Dužina je fialová, později bledne, má chuť i vůni příjemnou, ale specifickou a dost pronikavou. Výtrusy jsou elipsovité, na povrchu bradavčité a bezbarvé. Výtrusný prach je bílý, slabě narůžovělý [3].

1.8.1 Výskyt a rozšíření

Roste hojně v lesích všeho druhu v podzimních měsících až do zimy. Dává však přednost jehličnatým lesům, či listnatým bohatých na humus [2]. Nalézáme ji i v sadech a parcích [3]. Lze ji však celkem snadno i uměle vypěstovat na kompostech z listí, staré slámy, plev, řezanky apod. [8].

1.8.2 Význam

Čirůvka fialová je chutná jedlá houba. Její plodnice jsou vytrvalé, nehnijí, nečerviví, jsou odolné vůči mrazu a dobře se přepravují [3].



Obr. 7. Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) [9]

1.9 Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*)

Klobouk má v průměru 4-12 cm, šedý s odstínem žlutavým nebo zelenavým, hnědým nebo i nafialovělým. Na povrchu mívá jemně světlé, jindy tmavší, paprscitě černé jemné žilkování. Lupeny bílé, vodnatě našedlé, s odstínem citrónově žlutým, dosti široké, u třeně vykrojené a zoubkem sbíhající, dosti tlusté [16]. Třeň je bílá se žlutým nebo vodnatě šedavým nádechem, řidčeji až trochu nazelenalý, hedvábně lesklý, válcovitý, někdy

i trochu kořenovitě prodloužený. Dužnina je bělavá, část trochu našedlá a v tření pod povrchem někdy trochu nažloutlá, vonící slabě a příjemně po čerstvé mouce [1].

1.9.1 Výskyt a rozšíření

Vyskytuje se v borech na písčitých půdách, ale i v jiných lesích jehličnatého typu. Je rozšířená v celém mírném pásu severní polokoule. Roste pozdě na podzim a vegetuje skoro až do zámrazu [1].

1.9.2 Význam

Je vhodná k jakékoli kuchyňské úpravě [15].



Obr. 8. Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*) [9]

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VYŠŠÍCH HUB

Výživnost hub je zcela nepatrná. Houby obsahují velké množství vody [1]. Různé druhy hub se svým složením navzájem značně liší, ale obecně můžeme konstatovat, že houby obsahují okolo 90 % vody [17]. V sušině je ovšem možné chemicky zjistit množství dusíkatých látek, které, přepočteny na bílkoviny, dávají značné číslo. Většinou to však nejsou bílkoviny, nýbrž dusíkatá látka příbuzná chitinu, nazývaný mykochitin. Ten z podstatné části tvoří vlákna hub, respektive stěny buněk [1]. Houby dokážou syntetizovat základní aminokyseliny a z nich bílkoviny z anorganických substrátů, jakými jsou voda, oxid uhličitý a sloučeniny dusíku (dusičnany). Obsahují však také z hlediska výživy významné esenciální a dvě semiesenciální aminokyseliny - arginin a histidin [17,18]. Z minerálních látek jsou v houbách nejhojněji zastoupeny sloučeniny vápníku, draslíku a fosforu. Dále houby obsahují sloučeniny hořčíku, železa a stopy fluóru, mědi, manganu, kobaltu titanu, ale i olova. Obsah těchto látek stoupá se stářím plodnice, a vyšší výskyt je možný u hub rostoucích u cest [1]. Houby dále obsahují i vitamíny, především skupinu vitamínu B (B₁, B₂), jehož je nejvíce v nižších houbách, především v kvasinkách. Některé žlutomasé houby mají hodně provitamínu A. Přítomnost protikřivického vitamínu D v houbách je velmi zajímavá, neboť tento vitamín není obsažen v jiných rostlinách a zůstává zachován i v sušených houbách. Podle posledních výzkumů byl v některých houbách zjištěn i vitamín C [19].

2.1 Chemické složení a nutriční hodnoty evropských druhů volně žijících a pěstovaných hub.

Četné druhy volně rostoucí houby jsou široce konzumovány jako pochoutka ve střední a východní Evropě. Věrohodné hodnocení jejich nutriční hodnoty jsou zatím omezené v důsledku neúplné znalosti jejich složení a to hlavně díky velmi omezené informaci o dostupnosti jejich složek. Obsah sušiny je obvykle kolo 10 %. Strukturální polysacharidy a bílkoviny obsahují hlavní složky sušiny, zatímco obsah tuků je nízký. Chitin, glykogen, mannitol a trehalosa sacharidů jsou typické prvky. Podíl esenciálních aminokyselin je výživově příznivý, zatímco obsah jiných mastných kyselin je zanedbatelný. Nízká spotřeba energie, vysoký podíl nestravitelné vlákniny, konkrétně β-glukanů a antioxidační složky a chuť. Mohou vyvolávat rostoucí zájem jak u výzkumných pracovníků, tak u spotřebitelů. Schopnost některých druhů hromadit více škodlivých stopových prvků

a radioaktivního cesia a výskyt jiných škodlivých látek v jedlých houbách jsou již stručně popsány.

Spotřeba volně rostoucích hub byla raději pozvolna nahrazena pěstováním hub v mnoha zemích střední a východní Evropy. Houbaření však je "národní hobby" v České Republice. Ačkoli je průměrná roční spotřeba 1,8 kg ročně, někteří jednotlivci mohou spotřebovat i více než 10 kg. Houby jsou konzumovány jako pochoutkou, a to zejména pro jejich specifické aroma a texturu. Jak čerstvé tak konzervované druhy lze kulinářsky zpracovávat v různých podobách. Znalost nutriční hodnoty volně rostoucích hub je omezená ve srovnání s jinými druhy zeleniny. To není překvapující, protože volně rostoucí houby jsou široce vnímány jako pochoutka než jako potrava. Navíc tyto houby jsou konzumovány jen zřídka v mnoha jiných evropských zemích [5,20].

2.2 Sušina

Tab. 1. Složení sušiny % u vybraných druhů basidiomycet [20]

Houby	Bílkoviny	Lipidy	Sacharidy	Popel
Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>)	17,2	0,4	50,4	3,2
Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>)	26,5	2,8	65,4	5,3
Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>)	44,2	9,0	41,4	5,4
Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>)	23,9	2,3	68,4	5,4
Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>)	19,6	5,8	34,6	9,9

2.3 Význam v potravinářství

Potravinářská cena hub nezáleží v jejich výživnosti, nýbrž v tom, že obsahují množství soli, dále vitamínů a aromatických látek, které podporují trávení a zlepšují chuť pokrmů. Houby se svým složením spíše podobají zelenině [1]. Zelenina, obsahující množství nestravitelné celulózy, je velmi blízka houbám s nestravitelnými chitinovými látkami. Tyto látky mají příznivý vliv na peristaltiku střev a trávicí procesy a nabývají stále více na důležitosti, protože absorbují zbytky nestrávené potravy převážně dráždivého charakteru. Tím si také vysvětlujeme protinádorové působení hub při používání houbových pokrmů, které ještě zesiluje obsah cytostatických látek. Houby považujeme za přirozený

„biologický“ doplněk stravy, u něhož nerozhoduje kalorická hodnota, ale především charakteristická vůně a chuť, které pomáhají trávicím procesům [19].

2.4 Fenolové sloučeniny

V rostlinách se vyskytují četné látky fenolového charakteru. Z hlediska výživy se zájem soustřeďuje zejména na flavonoidy (především kvercetin a kemferol), lignany, fenolové kyseliny a lignin. U hub jsou zatím dostupné pouze ojedinělé údaje [18]. Pro pěstované druhy pečárku dvouvýtrusou (*Agaricus bisporus*) a houževnatce jedlého (*Lentinus edodes*) uvádějí nestanovitelně nízké obsahy flavonoidů a lignanů. Obsahy fenolových kyselin trans-skořicové, p-hydroxybenzoové, protokatechuové a kávové byly ve srovnání s rostlinami nízké, řádově jen v jednotkách a desítkách mikrogramů ve 100 g čerstvé hmoty [21]. Stanovení, v sušených tzv. pravých hříbech, obsahu celkových fenolů se pohybovalo v rozmezí 900-1700 mg ve 100 g sušiny [22]. Řada fenolových látek je nositeli žádoucích antioxidačních účinků [18].

Tab. 2. Nejběžnější typy fenolických látek v houbách seřazené podle počtu uhlíků [11,23]

Složení	Počet uhlíku	Typy fenolických látek	Příklady
C ₆	6	jednoduché fenoly, benzochinony	katechol, hydrochinon
C ₆ -C ₁	7	fenolické kyseliny / aldehydy	kyselina salicylová
C ₆ -C ₂	8	acetofenony, benzofurany	isobenzofuranon
C ₆ -C ₃	9	fenylpropanoidy, benzopyrany (kumariny)	chromen
C ₆ -C ₄	10	naftochinony	juglon, plumbagin
C ₆ -C ₅	11	ageratochromeny (prekoceny)	prekocen I, II
(C ₆) ₂	12	dibenzofurany, dibenzochinony, bifenyly	difenyleter, PCB
C ₆ -C ₁ -C ₆	13	13 dibenzopyrany, benzoferony, xantony	difenylmetan, fluoren
C ₆ -C ₂ -C ₆	14	stilbeny, antrachinony, fenantreny	resveratrol, emodin
C ₆ -C ₃ -C ₆	15	flavonoidy, izoflavony, chalkony, aurony	aurony kvercetin, genistein
C ₆ -C ₄ -C ₆	16	norlignany (difenylbutadieny)	hinokiresinol
C ₆ -C ₅ -C ₆	17	norlignany (conioidy)	sugiresinol
(C ₆ -C ₃) ₂	18	lignany, neolignany	
(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	30	biflavonoidy	amentoflavon
(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	n	kondenzované taniny (flavolany)	gallotaniny, ellagitaniny
(C ₆ -C ₃) _n	n	ligniny	
(C ₆) _n	n	katecholmelaniny	rostlinné pigmenty

Fenolické látky jsou aromatické metabolity, které obsahují nebo původně obsahovaly jednu či více „kyselých“ hydroxylových skupin vázaných na aromatický kruh. Jedná se buď o metabolity primární (mají úlohu v buněčné stěně) nebo sekundární. Úlohou sekundárních metabolitů je ochrana hub, určení specifických vlastností struktury buněk, dodání chuťových a vonných vlastností, dodání barvy houbám aj. Mají významnou úlohu při regulaci růstu, vývoji, reprodukci a obraně. Houby obsahují několik typů fenolických látek. Jedná se o lignany, ligniny, suberiny, flavonoidy (anthokyany, proanthokyanidiny), isoflavonoidy, dále o kumariny, furanokumariny, stilbeny a ostatní typy látek. Polyfenoly se vyskytují v plodech hub, zelenině, zrnech a nápojích. Hlavní rozpustnou fenolickou sloučeninou nalezenou ve slupce hub je c-L-glutaminyl-4-hydroxybenzen [24].

2.4.1 Flavonoidy

Flavonoidy jsou přirozeně se vyskytující fenolické sloučeniny v rostlinách, ale také v houbách. O flavonoidech a příbuzných sloučeninách je známo, že mají silné antioxidační vlastnosti. Bylo zjištěno, že inhibují peroxidaci lipidů a odstraňují volné radikály a aktivní kyslík moieties (chelát železa a ionty). Rutin, polyfenolický flavonoid, údajně vykazuje vyšší antioxidační aktivitu než jiné flavonoidy, jako jsou naringin, galangin a quercetin. Rutin je flavonoid hojně konzumován v potravinách. Chrysin je přírodní flavonoid a bylo zjištěno, že mají protirakovinné účinky. Vysoké koncentrace flavonoidů jako chrysin (40 mg/100 g) a rutin (31,2 mg/100 g) byl zjištěny v extraktu Hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*), která možná vysvětluje antioxidační vlastnosti [25].

2.4.2 Význam polyfenolů

Polyfenoly nacházející se v houbách vykazují pestrou škálu biologických účinků. Patří k nim zejména antimikrobní a antioxidační vlastnosti. Patří mezi skupinu primárních antioxidantů. Polyfenoly také přispívají k organoleptickým vlastnostem potravin [26]. Polyfenolické látky, jako nejširší skupina antioxidantů, hrají důležitou úlohu i v bránění procesu oxidačních změn. Oxidační proces zde může způsobit tvorbu řady senzorycky negativních látek [24]. Antioxidační účinek polyfenolů je komplexní a lze jej přičíst několika mechanismům. Řada flavonoidů i dalších polyfenolů inhibuje enzymy zodpovědné za produkci superoxidového anion-radikálu. Mnohé polyfenoly vytváří chelátové vazby s kovy, především s mědí a dvojmocným železem [27].

Řada polyfenolů je snadno oxidovatelná. Snadnost oxidace závisí na redoxním potenciálu. Látky s nízkou hodnotou redox potenciálu ($< 0,75$ V) jsou schopny redukovat některé

volné radikály s oxidačními účinky, např. superoxidový, peroxylový, alkoxylový a hydroxylový. Při reakcích poskytují vodík a samy se přitom většinou přeměňují na málo reaktivní fenoxyllový radikál nebo neradikálové chinoidní struktury. Reakce je velmi významná, neboť radikály jsou eliminovány dříve, než reagují s dalšími buněčnými komponentami. Za určitých okolností mohou některé fenolické látky působit i jako prooxidanty. Za přítomnosti zvýšeného množství přechodných kovů může fenoxyllový radikál reagovat i s kyslíkem za vzniku superoxidu a chinonu. Hlavní rozpustnou fenolickou sloučeninou nalezenou ve slupce hub je c-L-glutaminyl-4-hydroxybenzen [27].

3 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

Antioxidační aktivita je definována jako schopnost sloučeniny nebo směsi látek inhibovat oxidační degradaci různých sloučenin (např. zabraňovat peroxidaci lipidů). Měly bychom rozlišovat dva pojmy, a to antioxidační kapacita a aktivita. Antioxidační kapacita poskytuje informaci o délce trvání antioxidačního účinku, zatímco aktivita charakterizuje počáteční dynamiku průběhu antioxidačního procesu při určité koncentraci antioxidantu [28].

Antioxidační chování je třeba posuzovat z více sledovaných parametrů, neboť některé antioxidanty mohou inhibovat nárůst primárních oxidačních produktů, zatímco jiné mohou bránit jejich rozkladu, který se projevuje především vznikem sensoricky nežádoucích látek udělujících potravině žluklé aroma. Důležitá je též přítomnost dalších látek v systému, které mohou působit synergicky, nebo antagonicky. Antioxidační účinek látek vyplývá z jejich specifické struktury. U látek fenolového typu (tokoferoly, flavonoidy, fenolové kyseliny), které jsou schopné přerušit řetězovou radikálovou reakci, závisí antioxidační schopnost na počtu a poloze hydroxylových skupin i typu dalších substituentů (alkyl, alkoxykupina, allylové uskupení, glykosidická část). Tyto strukturální faktory podmiňují snadnost odštěpení vodíku z molekuly antioxidantu, čímž se inaktivují radikály vzniklé oxidací lipidů nebo metabolickými pochody (např. hydroxylový radikál), dále ovlivňují míru stabilizace vzniklého radikálu antioxidantu, snadnost reakce s jiným radikálem či schopnost chelátovat kovy katalyzující oxidaci. Kromě struktury ovlivňuje antioxidační aktivitu antioxidantů i pH systému a stabilita sloučenin během zpracování suroviny (teplota, fermentace) [29]. O látky s antioxidačními účinky je velký zájem nejen v řadě oborů potravinářství, ale i lékařství, a to v souvislosti s pozitivními účinky na lidské zdraví. Kyslík je jedním ze základních prvků nezbytných pro udržení života, ale může mít škodlivé účinky, pokud množství jeho reaktivních sloučenin ve formě volných radikálů přesáhne potřebu buněk a není zablokováno. Volné radikály jsou nestálé reaktivní částice s oxidační účinností, které mají volný nepárový elektron. Typickým příkladem jsou velmi účinné hydroxylové radikály (OH) či peroxid vodíku (H_2O_2), resp. jeho radikály. Volné radikály jsou vytvářeny při metabolických pochodech a podílejí se na syntéze pro organismus tak nezbytných látek, jako jsou bílkoviny, hormony či nukleové kyseliny. Vznikají také jako součást přirozené obrany proti mikrobům, virům a parazitům napadajícím lidský organismus. Některé z radikálů mohou poškodit buňky, které však mají na obranu proti nim určité detoxikační, tj. antioxidační, mechanismy. Jejich hlavní součástí jsou vitamíny E a C, tripeptid glutation a enzym superoxidismutáza. Oxidační/antioxidační

rovnováha je organismem účinně regulována. Pokud však dojde k výrazné nadprodukci reaktivních sloučenin kyslíku, možnosti regulace jsou překročeny a organismus je vystaven oxidačnímu stresu. Na tvorbě volných radikálů se podílejí také vnější vlivy – působení toxických sloučenin včetně znečištěného životního prostředí, ultrafialové záření, jehož intenzita roste v důsledku narušování ochranného štítu ozónosféry, napadení mikroorganismy, cigaretový kouř a přílišná tělesná námaha [30].

Příliš agresivními oxidačními pochody je postižena řada klíčových složek buněk. Radikály reagují s deoxyribonukleovou kyselinou (DNA), s nenasycenými mastnými kyselinami v buněčných membránách, s bílkoviny. Oxidace DNA vyvolává mutace a zvyšuje riziko vzniku nádorů, oxidace bílkovin urychluje stárnutí a spolu s oxidací mastných kyselin vzrůstá rozsah aterosklerózy, komplikací při cukrovce a oslabuje se obranyschopnost.

Významnou pomoc pro zvýšení obrany organismu vůči nadměrnému výskytu volných radikálů představují ty složky potravy, které volné radikály převádějí různými mechanismy na méně škodlivé formy. Tyto látky se označují jako antioxidanty.

Ty se dají členit podle několika hledisek, např. na antioxidanty rozpustné v tucích (lipoofilní) a rozpustné ve vodě (hydrofilní). Nejvýznamnějšími látkami první skupiny jsou vitamin E a karotenoidy, skupiny druhé vitamin C a některé rostlinné fenoly [31].

Dostatek antioxidantů v potravě pomáhá snížit především riziko srdečně cévních chorob a některých typů rakoviny. Proto je jim věnována ve výzkumu potravin mimořádná pozornost. Hlavními zdroji jsou ovoce, zelenina, čaj, obiloviny a houby. Není jednoduché zobecnit výsledky publikovaných výzkumných prací, protože byly použity různé testy stanovení antioxidantních účinků. Navíc se antioxidantní kapacita zjišťuje buď ve vodních výluzích hub, což je srovnatelné s přípravou hub jako potravin, nebo v extraktech získaných působením některých rozpouštědel, zejména alkoholů (metanolu či etanolu) [20]. Ze skupin hub, jejichž pěstování má původ ve východoasijských zemích, byla značná antioxidantní kapacita zjištěna v Hlívě ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) [32]. Účinnost extraktů některých druhů pěstovaných hub je natolik vysoká, že se o nich uvažuje jako o přísadce pro ochranu rostlinných olejů před žluknutím.

Údajů o antioxidantní kapacitě volně rostoucích hub je méně a bohužel jen omezeně se týkají druhů významně konzumovaných ve středoevropských podmínkách. Dle některých prací zaznamenaly ve vařených houbách pokles obsahu fenolových látek

a antioxidační kapacity, zatímco sušení při 40 °C vedlo k nárůstu hodnot a zmrazení hodnot podstatněji neovlivnilo [20].

Existuje shoda několika prací, že rozhodujícími nositeli antioxidační aktivity v ověřovaných druzích hub jsou látky fenolového charakteru. Pro výsledný antioxidační přínos může být nepříznivá aktivita oxidačních enzymů hub – polyfenoloxidáz a peroxidázy – které katalyzují přeměnu antioxidantů na látky se sníženou účinností nebo neúčinné [33]. Tyto enzymy jsou aktivovány při mechanickém porušení pletiva, tedy při pomačkání, nakrájení plodnice, příp. krystalky ledu při pomrznutí v přírodě či konzervaci zmrazením. Činnost enzymů je potlačena tepelnými úpravami. Doba prodlevy mezi např. nakrájením na plátky a tepelným zpracováním by proto měla být co nejkratší [18].

Další ze sloučenin hub, které se přisuzují významné antioxidační účinky, je ergothionein. Jeho obsahy spolu s obsahy celkových fenolů bývají mnohdy zjišťovány. Celkově je však tato problematika v samých počátcích ve srovnání s výzkumem věnovaným ovoci, zelenině a výrobkům z nich. Nicméně už nyní je zřejmé, že některé druhy hub obsahují látky se značnými antioxidačními účinky.

Rostliny jsou během růstu vystaveny různým druhům poškození vyvolaného infekcemi přenášenými virem, poraněním a nepříznivými vlivy, které působí na rostlinu během života, způsobují poškození rostlinné tkáně nebo morfologické změny ve stavbě.

Antioxidanty jsou látky, které prodlužují údržnost potravin tak, že je chrání před znehodnocením způsobeným oxidací, jejímž projevem je žluknutí přítomných tuků, bílkovin a další snadno se oxidujících složek potravin (např. aromatických látek). Oxidace lipidů vyvolává další chemické změny v potravinách, které negativně ovlivňují jejich výživnou hodnotu, hygieno-toxikologickou a senzorickou (vůni, chuť, barvu) hodnotu [26,34,35].

3.1 Dělení antioxidantů

Antioxidanty interferují s procesem oxidace lipidů a jiných oxylabilních sloučenin tak, že:

- 1) reagují s volnými radikály (antioxidanty primární) nebo redukují vzniklé hydroperoxydy (antioxidanty sekundární)
- 2) váží do komplexů katalyticky působící kovy
- 3) eliminují přítomný dusík

K primárním antioxidantům náleží všechny povolené látky (askorbová a erythorbová kyselina a jejich deriváty, tokoferoly, fenolové antioxidanty, galláty).

K sekundárním antioxidantům se řadí např. cystein, peptidy obsahující cystein, lipoová kyselina, methionin aj. přirozeně se vyskytující sloučeniny, které se však jako antioxidanty nepoužívají. Ze syntetických sloučenin se jako sekundární antioxidant používal dilaurylester 3,3' – thiodipropionové kyseliny. Další neméně významná je klasifikace podle původu, kdy se rozeznávají antioxidanty:

- 1) přírodní
- 2) syntetické

3.2 Přírodní antioxidanty

Z přírodních antioxidantů jsou jako aditiva povoleny pouze tokoferoly, ale i ty se dnes získávají převážně syntézami. Četné další přírodní antioxidanty jsou přítomny v řadě olejů a jiných tuků (zejména v některých druzích koření). Nemají však obvykle konstantní složení, bývají méně účinné a jsou dražší než syntetické antioxidanty.

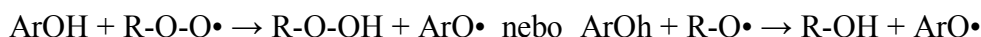
Podle struktury rozeznáváme antioxidanty:

- 1) fenolové (z povolených přírodních látek k nim náleží tokoferoly, fenolové antioxidanty a galláty, ale také řada dalších sloučenin přítomných v potravinách, koření a jiných přírodních materiálech)
- 2) endioly (z povolených látek zahrnují askorbovou a erythorbovou kyselinu, dále jejich soli aj. deriváty)
- 3) jiné látky

3.3 Mechanismus působení

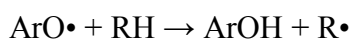
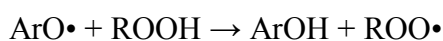
Fenolové sloučeniny (ArOH) mohou jako primární antioxidanty interferovat s oxidací lipidů (R-H) v kompetitivní reakci k propagační fázi autooxidační reakce tím, že reagují s radikály hydroperoxidů (ROO•) nebo alkoxylovými radikály (RO•) vzniklými oxidací lipidů a poskytují jim atom vodíku, čímž přerušují řetězovou radikálovou reakci [26,34,35].

Jako produkty vznikají fenolové (aryloxylové) radikály antioxidantů:



Tyto radikály reagují s volným hydroperoxylovým nebo alkoxylovým radikálem oxidované mastné kyseliny v terminační fázi reakce.

Fenoxylové radikály nesmí ovšem vstupovat do řetězové reakce ani iniciovat štěpení dalších molekul lipidů. K těmto reakcím může docházet při vysokých koncentracích antioxidantu, který potom působí jako prooxidant:



Relativní stabilita a malá reaktivita fenolových radikálů souvisí s delokalizací nepárového elektronu v aromatickém systému. Fenoxylový radikál je proto obtížně atakovatelný vzdušným kyslíkem. Situace je zřejmá na příkladu nesubstituovaného fenolu.

Samotný fenol je jako antioxidant neúčinný, avšak substituce alkylovými skupinami v ortho- nebo para- poloze zvyšuje konjugacním efektem hustotu elektronů na skupině OH a zvyšuje tak schopnost fenolu reagovat s volnými radikály. Stabilitu vzniklého fenoxylového radikálu dále zvyšuje přítomnost objemných substituentů v ortho- poloze.

Antioxidační aktivitu fenolu se také zvyšuje přítomnost další hydroxylové skupiny v ortho- poloze nebo para- poloze. Účinnost derivátů 1,2-dihydroxybenzenu se přičítá stabilizaci fenoxylového radikálu intramolekulární vodíkovou vazbou. Aktivita 2-methoxyfenolu je nižší, neboť vznikající radikál se nemůže vodíkovou vazbou stabilizovat.

Antioxidační aktivita derivátů 1,2- a 1,4-dihydroxybenzenu je zčásti způsobena také tím, že radikál semichinonu může být dále oxidován lipidovým radikálem nebo může disproportionovat na příslušný chinon a hydrochinon.

Primárními antioxidanty jsou také fenolové kyseliny, zejména substituované skořicové kyseliny, jejich estery (depsidy) a glykosidy. Fenoxylový radikál značně účinných 4-hydroxysubstituovaných skořicových kyselin se stabilizuje rezonancí.

Primárními antioxidanty jsou i mnohé flavonoidní látky. Velmi účinné jsou chalkony poskytující rezonanci stabilizované radikály [26].

3.4 Antioxidační vlastnosti fenolických látek vyskytujících se v jedlých houbách

Celkový obsah fenolických a flavonoidních látek, vyskytujících se v osmi druzích jedlých hub, a to Pečárka (*Agaricus*), Hřib smrkový (*Boletus edulis*), Čirůvka májovka (*Calocybe gambou*), Liška obecná (*Cantharellus cibarius*), Stroček trubkovitý (*Craterellus cornucopioides*), Šťavnatka březnovka (*Hygrophorus marzuolus*), Ryzce (*Lactarius*) a Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) byly příslušně vyhodnoceny Folin-Ciocalteu testu a kolorimetrické reakce s NaNO_2 a AlCl_3 v základní média.

V tomto článku, který se týkal výše zmíněných hub, měly obsah polyfenolických látek mezi 1 a 6 mg/g u sušených hub, v závislosti na druhu, zatímco koncentrace flavonoidů se pohybovala mezi 0,9 a 3,0 mg/g sušiny. V houbách byly zjištěny flavonoidy jako myricetin a katechin. Profil a koncentrace jednotlivých látek byly stanoveny pomocí HPLC. Antioxidační vlastnosti methanolového výtažku z houby byly vyhodnoceny sledováním kyseliny linolové a prokázali největší účinnost proti oxidaci tuků u Lišky obecné (*Cantharellus cibarius*) (74 %) a Pečárku (*Agaricus*) jako druh s nejnižší antioxidační aktivitou (10 %) [36].

Biologicky aktivní látky a fenolické látky obsažené v houbách přilákaly mnoho pozornosti pro jejich vynikající vlastnost jako antioxidanty, protizánětlivé nebo protinádorové látky. Fenolické sloučeniny jsou aromatické sloučeniny hydroxylované, které mají jeden nebo více aromatických kruhů s jednou nebo více hydroxylovou skupinou. Patří mezi ně velké množství podtříd, jako jsou flavonoidy, fenolové kyseliny, včetně kyselin hydroxybenzoové, hydroxyskořicové, stilbeny, lignany, třísloviny a oxidované polyfenoly, s rozmanitými strukturami.

Mezi ochranná opatření v biologických systémech patří to, že fenolické sloučeniny vykazují antioxidační aktivitu. Tak i fenoly mohou být klasifikovány jako inhibitory volných radikálů (řetězce jistič), peroxid radikálu, iontů kovů nebo kyslíkové radikály [20]. Antioxidační aktivita fenolických-výtažků je obvykle korelovaná s celkovým obsahem fenolických látek a hodnotí se pomocí Folin-Ciocalteu testu. Nicméně mohou mít

jednotlivé fenolické sloučeniny lišící se antioxidačními účinky v důsledku synergismus, nepřátelství, co-antioxidační a přítomnost oxidace retardéru.

Proto je žádoucí provést důkladnou studii houbového fenolického profilu s cílem identifikovat a kvantifikovat účinných látek [36].

Výsledkem mnoha studií bylo také zjištěno, že vliv na antioxidační aktivitu má tepelná úprava. Tedy že při prodloužení doby ohřevu a vyšší teploty ohřevu se výrazně zvyšuje celková antioxidační aktivita u hub, například u Shiitake (*Lentinus edodes*) [30]. Může to být vysvětleno zvýšením množství antioxidačních sloučenin, zejména volných polyfenolických látek. Mnoho antioxidačních sloučenin v rostlinných materiálech, jsou většinou přítomné v kovalentně vázané formě s nerozpustnými polymery [37]. Proto se navrhuje tepelné ošetření, které naruší buněčnou stěnu a uvolní antioxidační sloučeniny z nerozpustné části hub, který, podle pořadí, zvyšuje rezervu antioxidační látky. Dalším důvodem pro vyšší antioxidační aktivitu by mohly být vznik nových sloučenin, které mají antioxidační aktivita při tepelném zpracování nebo tepelným zpracováním [30].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

V této diplomové práci jsem se zabývala stanovením obsahu celkových polyfenolů a antioxidační aktivity u vybraných druhů vyšších hub. Druhy vybrané pro tuto práci jsou všeobecně známé jak u houbařů, tak u konzumentů a z hlediska technologického zpracování velice oblíbené. Tato práce má za cíl po provedení laboratorního měření zhodnotit výsledky a porovnat, zda se obsah liší oproti hodnotám měřených u jiných pracích či na jiných územích sběru. Jelikož podmínky a prostředí, ve kterém byly houby sbírány, mají rozhodující význam na celkový obsah všech látek v plodnicích, jisté rozdíly se tedy dají očekávat.

Cíle práce:

- 1) provedení sběru vzorků vyšších hub
- 2) analyzovat a popsat metody použité při stanovení obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity
- 3) vyhodnotit zjištěné výsledky

5 MATERIÁL A METODIKA

Houby rostou téměř všude, tedy nejen ve všech typech lesů ale také se vyskytují na lukách, pastvinách, na obdělávané půdě, na lesních mýtinách, v zahradách, parcích. Houby mají svoje biorytmy a vegetační období. Na růstu hub se zásadním způsobem podílí vlivy počasí. V průběhu celého roku, jako uzavřeného a opakujícího se cyklu v naší přírodě, se mění podmínky pro růst hub. Z hlediska mykologie se cykly čtyř ročních období mohou poněkud překrývat, někdy ale počasí prostě způsobí absenci růstu druhů. Jindy může nastat situace, že nalézáme jarní houby na podzim. Počasí je tedy skutečně zásadním faktorem a zvláště v posledních letech se projevuje svými výkyvy, které možná souvisejí s celkovými klimatickými změnami. Dalšími faktory jsou bezesporu vlhkost vzduchu a přítomnost znečišťujících látek ve vzduchu. Růst hub je také ovlivněn teplotou vzduchu, ale i teplotou půdy či substrátu. Ta je samozřejmě pro jednotlivé duhy odlišná a specifická [38,39].

Zkoumané plodnice basidiomycet byly vybrány následující:

- a) Bedla červenající (*Macrolepiota procera*)
- b) Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*)
- c) Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*)
- d) Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*)
- e) Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)
- f) Hřib hnědý (*Boletus badius*)
- g) Čirůvka fialová (*Lepista nuda*)
- h) Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*)

5.1 Popis lokality

Sběr vybraných vzorků hub se uskutečnil ve čtyřech lokalitách. První z nich je chráněná krajinná oblast Beskydy. Zde jsou lesy převážně smíšené, ale v některých oblastech se nachází čistě smrkový les. Nadmořská výška sběru byla okolo 600 m. Průměrné roční srážky se pohybují kolem 2187 mm a průměrná roční teplota bývá přibližně 2,6 °C. Zde byly houby sbírány v období června a července a našly se bedle (*Macrolepiota*), Hřib hnědý (*Boletus badius*) a také Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*). Druhou lokalitou jsou Veřovické vrchy s nadmořskou výškou 700 m, průměrnou roční teplotou 6,8 °C a úhrnem srážek 1352 mm. Zdejší podmínky byly příznivé pro bedle (*Macrolepiota*), žampiony (*Agaricus*) a hříby (*Boletus*). Sběr zde pobíhal nejčastěji v období srpna. Třetí oblastí bylo okolí Bystřičky s nadmořskou výškou 534 m, průměrnou roční teplotou 7,2 °C a 1118,4 mm srážek. Tady jsou lesy smíšené a byla vysoká úroda čirůvek (*Lepista*), hříbu (*Boletus*), pýchavek (*Lycoperdon*) a hlívy (*Pleurotus*), která se našla pouze v této lokalitě. Sběr se uskutečnil v měsících srpen, září, říjen a začátkem listopadu. Čtvrtá z nich je Přírodní park Podbeskydí. Zde je les smíšený s nadmořskou výškou 475 m a průměrné roční srážky v této oblasti jsou 900,9 mm. Průměrná roční teplota je 8,2 °C. V této oblasti byl sběr prováděn na konci srpna a začátkem září, přičemž zde byly objeveny jak Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) tak i Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*). Také byly ještě nalezeny hříby (*Boletus*) a pýchavky (*Lycoperdon*).

5.2 Sběr vzorků a úprava k provedení analýzy

Pro tuto práci jsme zvolili 8 druhů hub, které byly posbírány v období měsíců června až listopadu roku 2010 ve výše popsaných lokalitách. Všechny tyto druhy se podařilo posbírat, proto nebylo nutné, některé druhy dokupovat. Pro analýzu jsme zvolili vzorky v sušeném a mraženém stavu. Ihned po jejich sběru byly plodnice očištěny a rozděleny. Analýza byla provedena v lednu 2011 na Fakultě technologické ve Zlíně.

Sušené – je to jednoduchá a nenáročná konzervace, při které si houby zachovávají poměrně dost chuťových a aromatických látek. Princip spočívá ve snížení obsahu vody z 90 % obsažené vody na 10 % až 14 % obsahu vody. Plodnice hub byly nakrájené na pravidelné plátky a poté vystaveny slunečnímu záření na dobu nezbytnou na jejich předsušení. Poté byly dosušeny do konstantní hmotnosti při 105 °C. Jejich uskladnění bylo provedeno

do skleněných nádob s těsnícím vrškem, z důvodu zamezení přístupu vzduchu a hmyzu. Dále se sklenice převážely a byly uskladněny v místech s omezeným přístupem světla.

Mražené – je to rychlé a účinné uchování hub při teplotách -10 až -18 °C. Principem je přeměna většiny vody, která je v houbách obsažena, v ledové krystalky. Plodnice se zamrazují hned po sběru, lehce očištěné od špíny, mechanicky nepoškozené a zdravé. Uchování je vhodné z důvodu převzetí pachu, vysychání a ochrany v samostatných nádobách nepropustných pro vodu a plyn. Během převozu se dohlíží na udržení teploty a zamezení druhotného zamrazení. Houby byly zamražené v celku.

5.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Před provedením laboratorního měření byla vybrána metodika, podle které bude měření probíhat.

5.3.1 Metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem

Nejdříve se navážilo s přesností na 0,01g 5g vzorku do třecí misky, přidalo se 50 ml metanolu a směs se rozetřela. Po homogenizaci se směs kvantitativně převedla do Erlenmayerovy baňky. Baňka se obalila hliníkovou folií a umístila do vodní lázně o teplotě 25 °C na 24 hodin. Po uběhnutí této doby bylo zfiltrováno přes papírový filtr do baňky. Tento postup byl stejný pro vzorky mražené i sušené. Pouze u sušených hub se neodvažovalo 5 g, ale pouze 1 g. Reakční směs byla připravena z 0,1 ml zfiltrovaného extraktu, 0,5 ml F-C činidla, 1,5 ml 20 % Na₂CO₃ a do 10 ml doplněno H₂O. Zároveň byl připraven také slepý pokus (blanc), který obsahoval pouze destilovanou vodu, F-C činidlo, 20 % roztok Na₂CO₃, proti němu byly pak měřeny ostatní vzorky při vlnové délce 765 nm. Měření bylo provedeno dvakrát vedle sebe.

Ze zásobního roztoku kyseliny gallové byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 50, 100, 200, 400, 600, 800 mg/l. Tyto koncentrace byly získány ředěním s H₂O v poměrech:

800 mg/l - bez ředění, 600 mg/l - 3:1, 400 mg/l - 1:1, 200 mg/l - 1:3, 100 mg/l - 1:7, 50 mg/l - 1:1 z 100 mg/l. Dále bylo přidáno 0,5 ml F-C činidla, 1,5 ml 20 % Na₂CO₃. Absorbance byla opět proměřena při vlnové délce 765 nm.

5.4 Stanovení antioxidační aktivity

Před provedením laboratorního měření byla vybrána metodika, podle které bude měření probíhat.

5.4.1 Metoda činnosti radikálu DPPH

Tato metoda spočívá v reakci volného radikálu DPPH (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl) s antioxidanty obsaženými ve vzorku. Během reakce dochází ke změně barvy a úbytku absorbance. Absorbance je měřena při vlnové délce 515 nm.

Nejdříve se, stejně jako při stanovování obsahu celkových polyfenolů, připravil extrakt vzorku. Byl připraven pracovní roztok SS z 0,024 g DPPH do 100 ml metanolu. Z tohoto roztoku byl připraven roztok WS, který vznikl smícháním 10 ml roztoku SS s 45 ml metanolu. Byla proměřena absorbance. Byla vytvořena reakční směs přidáním 450 μ l zfiltrovaného vzorku s 8,55 ml pracovního roztoku WS a na hodinu ponecháno ve tmě. Poté se proměřila absorbance jednotlivých vzorků. Byly provedeny vždy dvě měření vedle sebe.

Kalibrační řada byla vytvořena ze zásobního roztoku vitamínu C o koncentracích 40, 80, 120, 160, 200 mg/l. Tyto koncentrace byly získány ředěním H₂O v poměrech: 800 mg/l - bez ředění, 200 mg/l - 1:3, 160 mg/l - 1:4, 120 mg/l - 3:17, 80 mg/l - 1:9, 40 mg/l - 1:1 z 800 mg/l. Antioxidační aktivita byla vyjádřena z poklesu absorbance v % podle vztahu:

$$\% = \frac{A_0 - A}{A_0} * 100$$

Výsledky se zanesou do grafu a získá se kalibrační křivka. Výsledky jsou pak vyjádřeny jako ekvivalent odpovídající antioxidační kapacitě, kterou by způsobilo množství kyseliny askorbové (AAE) [40].

6 VÝSLEDKY

6.1 Obsah celkových polyfenolů u mražených a sušených hub

V tabulce č. 3 jsou uvedené naměřené hodnoty celkových polyfenolických látek u plodnic hub, které byly po sběru konzervované mražením. Největší obsah byl zjištěn u Čirůvky fialové (*Lepista nuda*) 2,3222 mg/g. Tato hodnota je výraznější, než například u Hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a Žampionu zahradního (*Agaricus bisporus*). V první jmenované je obsah celkových polyfenolů 0,6555 mg/g, což je podobné jako u Žampionu zahradního (*Agaricus bisporus*) s hodnotou 0,6500 mg/g. Druhá nejvyšší hodnota byla naměřena u Hříbu hnědého (*Boletus badius*) s obsahem 1,8833 mg/g. O něco menší hodnota byla zjištěna ještě u Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) s 1,7556 mg/g, Pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*) s 1,4111 mg/g a Čirůvky havelky (*Tricholoma portentosum*) s 1,3777 mg/g. U Bedle vysoké (*Macrolepiota rhaodes*) byla naměřena hodnota taky pod 1 mg/g jako u hlívy (*Pleurotus*) a žampionu (*Agaricus*), a to 0,7889 mg/g vzorku.

Tab. 3. Obsah celkových polyfenolů vyjádřených jako kyselina gallová u jednotlivých druhů mražených hub (mg/g)

Druh houby	Množství polyfenolů v mg/g
Bedla červenající (<i>Macrolepiota procera</i>)	1,7556
Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>)	0,7889
Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>)	1,4111
Žampion zahradní (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,6555
Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,6500
Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>)	1,8833
Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>)	2,3222
Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>)	1,3777

Při pohledu na tabulku č. 4, kde jsou obsahy naměřených celkových polyfenolů u sušených hub, jsou hodnoty mezi jednotlivými druhy značně odlišné. Největší množství bylo zjištěno v Pýchavce obecné (*Lycoperdon perlatum*), a to 3,1389 mg/g vzorku. Naopak u Hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a Čirůvky havelky (*Tricholoma portentosum*) se naměřilo 0,6944 mg/g a 0,4444 mg/g. Vyšší hodnoty byly zjištěny u Čirůvky fialové (*Lepista nuda*), Bedle vysoké (*Macrolepiota rhaodes*) a Bedle červenající (*Macrolepiota procera*), a to 1,6111 mg/g, 1,8055 mg/g a 1,25 mg/g vzorku. Ještě větší množství polyfenolů má pak Hřib hnědý (*Boletus badius*), který má 2,3056 mg/g a Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*) s 2,1389 mg/g.

Tab. 4. Obsah celkových polyfenolů vyjádřených jako kyselina gallová u jednotlivých druhů sušených hub (mg/g)

Druh houby	Množství polyfenolů v mg/g
Bedla červenající (<i>Macrolepiota procera</i>)	1,2500
Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>)	1,8055
Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>)	3,1389
Žampion zahradní (<i>Agaricus bisporus</i>)	2,1389
Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,6944
Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>)	2,3056
Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>)	1,6111
Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>)	0,4444

6.2 Stanovení antioxidační aktivity u mražených a sušených hub

Tabulka č. 5 znázorňuje naměřenou antioxidační aktivitu u vybraných druhů hub, které byly po sběru uchovány v zmraženém stavu. Největší hodnota byla naměřena u Hříbu hnědého (*Boletus badius*) s 1,8901 mg/g vzorku. U všech ostatních se hodnoty pohybovaly ve velmi malých rozmezích. Bedla červenající (*Macrolepiota procera*) měla 1,7635 mg/g a obdobně s 1,7626 mg/g i Čirůvka fialová (*Lepista nuda*). Další klesající hodnoty měly Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*), Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*) a Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), a to s naměřenými hodnotami antioxidační aktivity 1,4371 mg/g, 1,3996 mg/g, 1,1980 mg/g a 1,1520 mg/g ve vzorku. Výjimkou byl Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*), u kterého je dle mého měření hodnota aktivity nejnižší, tedy 0,8172 mg/g.

Tab. 5. Stanovení antioxidační aktivity u mražených druhů vyšších hub vyjádřených na kyselinu askorbovou (mg AAE.g⁻¹ mražené hmoty)

Druh houby	Antioxidační kapacita v mg/g
Bedla červenající (<i>Macrolepiota procera</i>)	1,7635
Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>)	1,1980
Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>)	1,4371
Žampion zahradní (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,8172
Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	1,1520
Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>)	1,8901
Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>)	1,7626
Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>)	1,3996

V tabulce č. 6 je vyjádřena aktivita u plodnic vyšších hub v sušeném stavu. Je zřejmé, že největší antioxidační aktivita byla naměřena u Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) a Hříbu hnědého (*Boletus badius*). Obě tyto houby jí mají nad 7 mg/g vzorku a to 7,900 mg/g v prvním případě a 7,5489 mg/g v tom druhém. Menší aktivita se potom projevila u Pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*) s 5,6400 mg/g a také u Žampionu zahradního (*Agaricus bisporus*) s 3,0283 mg/g a Čirůvky fialové (*Lepista nuda*) s 3,2990 mg/g, nebyla však nejnižší. Jak Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*) s 2,8811 mg/g, tak Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*) s 2,9381 mg/g mají hodnoty dosti podobné. Také v Hlívě ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) se projevila antioxidační aktivita, ale ne v takové míře jako u ostatních již popsaných hub. Ta je 1,8459 mg/g vzorku.

Tab. 6. Stanovení antioxidační aktivity u sušených druhů vyšších hub vyjádřených na kyselinu askorbovou (mg AAE.g⁻¹ sušené hmoty)

Druh houby	Antioxidační kapacita v mg/g
Bedla červenající (<i>Macrolepiota procera</i>)	7,9000
Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>)	2,8811
Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>)	5,6400
Žampion zahradní (<i>Agaricus bisporus</i>)	3,0283
Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	1,8459
Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>)	7,5489
Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>)	3,2990
Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>)	2,9381

7 DISKUSE

Bylo sbíráno 8 druhů hub, Bedla červenající (*Macrolepiota procera*), Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*), Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*), Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), Hřib hnědý (*Boletus badius*), Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*) za období červen až listopad roku 2010 v lokalitách Moravskoslezského kraje. Houby byly zakonzervovány sušením a mražením. Poté byly stanoveny v laboratorních podmínkách obsahy celkových polyfenolických látek metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem a antioxidační aktivita metodou činnosti radikálu DPPH.

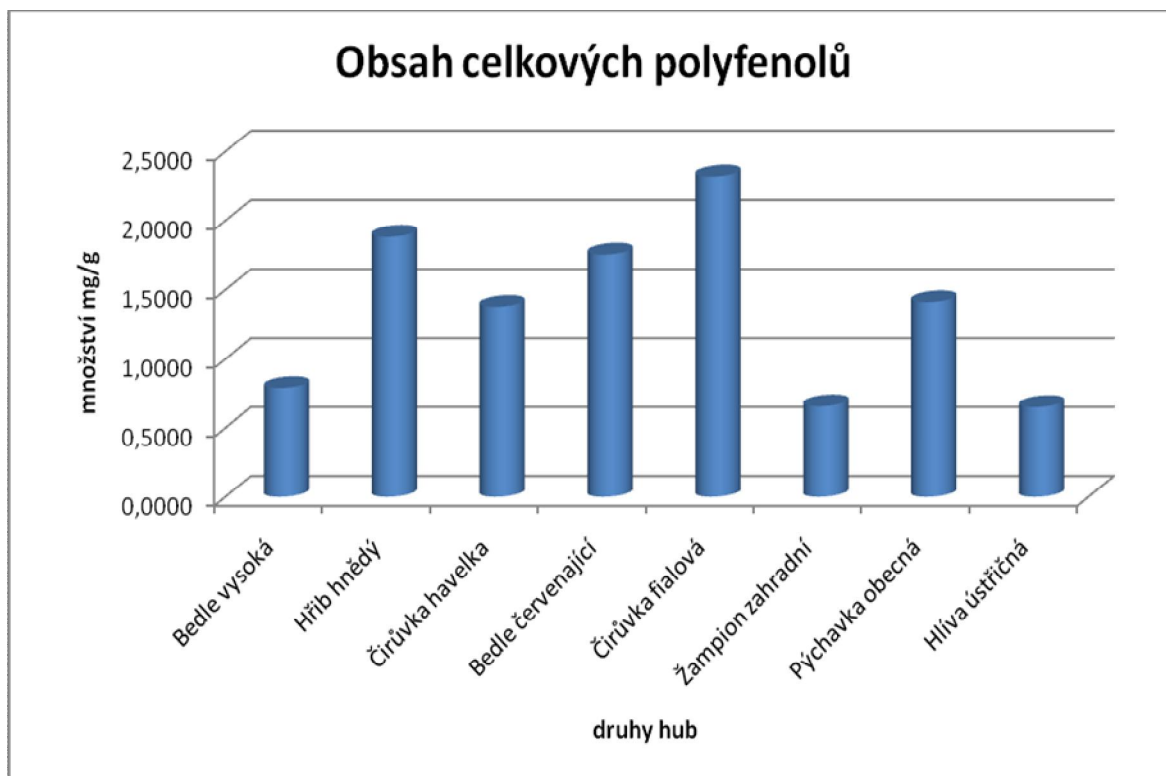
Obsah polyfenolických látek u rozdílných druhů hub je velmi variabilní a závisí na mnoha faktorech. Především na typu, půdně - klimatických poměrech, zralosti při sklizni, podmínkách konzervace, stresujících faktorech ať už klimatického, mechanického nebo mikrobiálního charakteru [41,42].

Na obsahu antioxidační aktivity se podílí zejména obsah polyfenolických látek, barviv (zejména karotenoidy), vitaminů C, vitaminů E a dalších látek. V porovnání s obsahem polyfenolických látek u hub je zpravidla obsah antioxidační aktivity vyšší [43].

7.1 Diskuse - celkové polyfenolů

Z článku, kde stanovovaly obdobné druhy hub, se obsah fenolických látek pohyboval v rozmezí od 1 do 6 mg/g [36]. Z naší práce (viz. Obr. 9.) je vidět, že v porovnání s článkem měla nižší hodnoty Bedla vysoká (*Macrolepiota rhaodes*) (0,7889 mg/g), Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*) (0,6555 mg/g) a Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) (0,6500 mg/g). Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u Čirůvky fialové (*Lepista nuda*) (2,3222 mg/g).

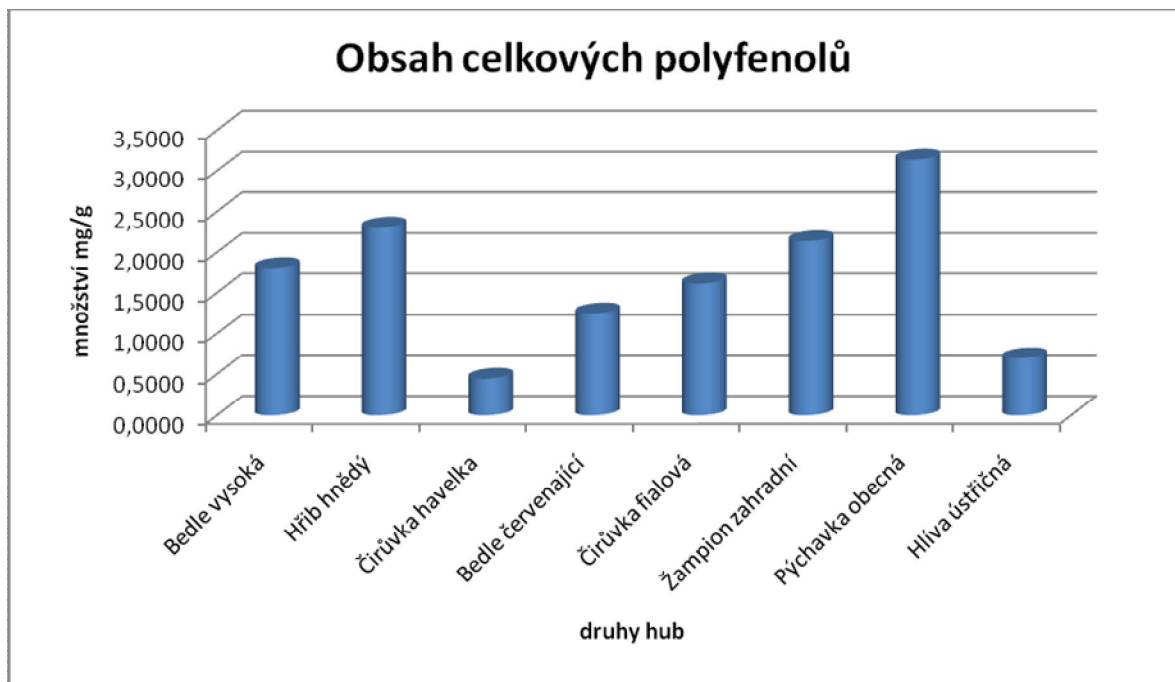
Z literatury, která se zabývala zjišťováním množství celkových polyfenolů u hub v Portugalsku, byla stanovena hodnota pro žampion (*Agaricus*) 2,72 – 8,95 mg/g [39,41]. V mé práci byla stanovena hodnota pro Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*) 0,6555 mg/g. Stejně zdroje uvádí, že průměrná hodnota celkových polyfenolů u Hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) byla vyšší jak 1 mg/g [39,41,44]. Námi naměřená hodnota však byla 0,6500 mg/g.



Obr. 9. Srovnání obsahu celkových polyfenolů u mražených hub

Obsah fenolických látek u hub konzervovaných sušením může být obdobný jako u hub konzervovaných mražením. Z grafu (viz. Obr. 10) plyne, že nejvyšší hodnota byla dosažena u Pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*) (3,1389 mg/g). Okolo 2 mg/g se pohybovaly hodnoty pro Hřib hnědý (*Boletus badius*) a Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*). Nejnižší hodnota byla stanovena pro Čirůvku havelku (*Tricholoma portentosum*). V literatuře byla hodnota pro Hřib hnědý (*Boletus badius*) stanovena v rozmezí 2,5 až 4,5 mg/g [44]. Naměřená hodnota tomuto rozmezí odpovídala. Dále hodnota pro Bedle (*Macrolepiota*) by mohla dosahovala dle literatury [39] hodnoty 3,17 mg/g. Obě naměřené hodnoty pro Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) i vysokou (*Macrolepiota rhaodes*) byly nižší, a to 1,2500 mg/g a 1,8055 mg/g. Obsah fenolických

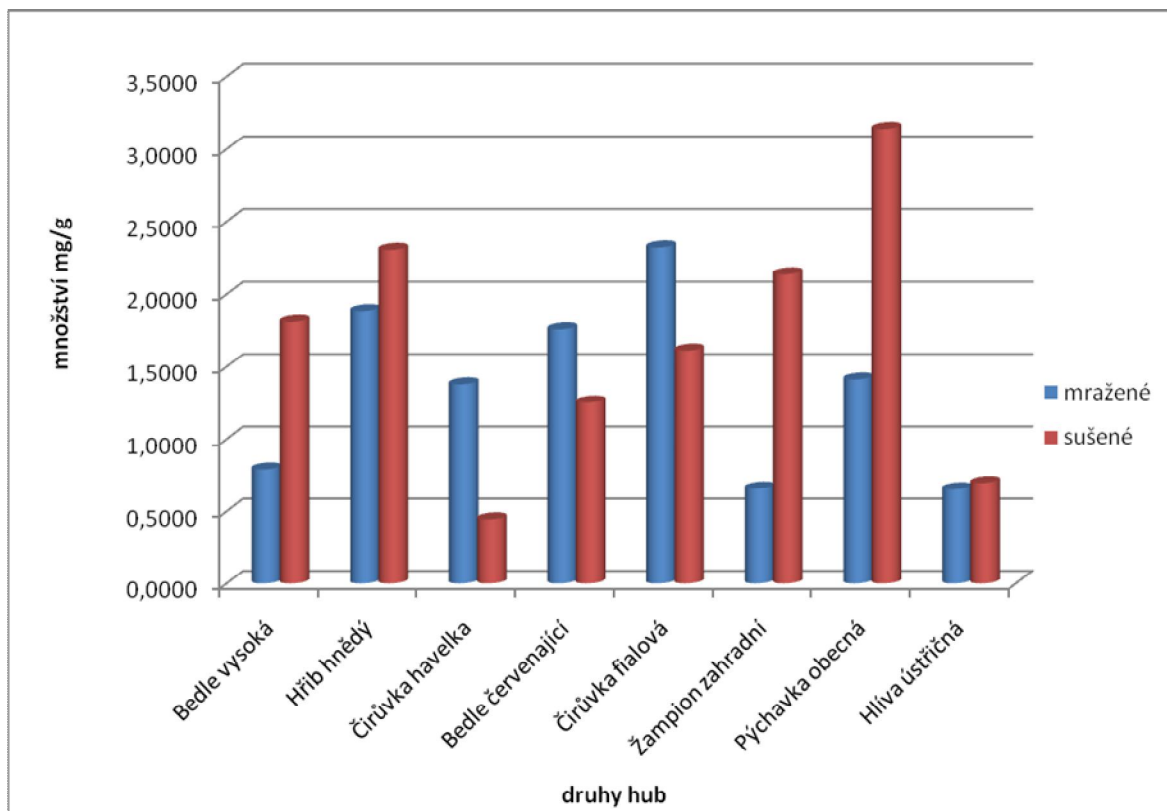
látek Čirůvky fialové (*Lepista nuda*) byl stanoven na 1,5 mg/g, ale literatura udává hodnotu daleko vyšší, a to konkrétně 6,13 mg/g. Ze stejné literatury Čirůvka havelka (*Tricholoma portentosum*) obsahovala 5,53 mg/g fenolických látek [39]. V mém případě naměřená hodnota byla 0,4444 mg/g.



Obr. 10. Srovnání obsahu celkových polyfenolů u sušených hub

Z grafu (viz. Obr. 11) vyplývá, že naměřené hodnoty polyfenolických látek u mražených a sušených hub se liší. Nejvyšší rozdíl je zřetelný u Žampionu zahradního (*Agaricus bisporus*) a Pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*), kde naměřená hodnota u mražených hub je výrazně nižší.

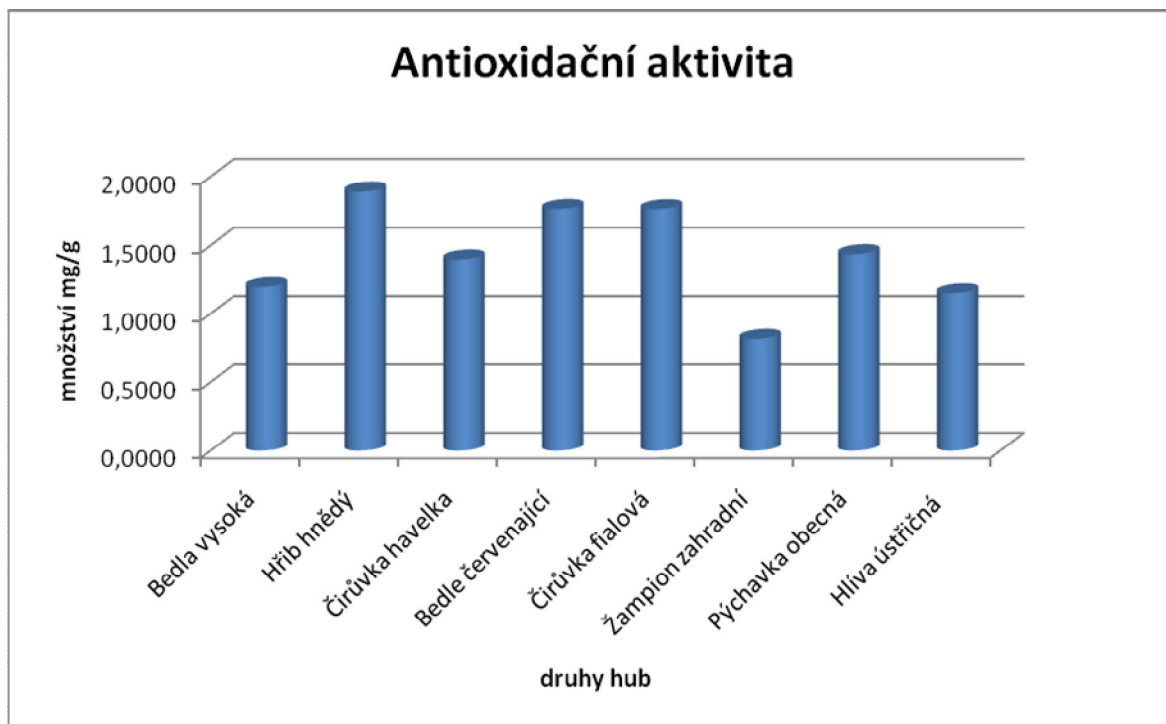
V případě Bedle vysoké (*Macrolepiota rhaodes*), Hříbu hnědého (*Boletus badius*) Žampionu zahradního (*Agaricus bisporus*) a Pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*) byly hodnoty u sušených vyšší než u mražených. U ostatních druhů je tomu naopak, jen u Hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) jsou hodnoty jak u sušených, tak u mražených se zanedbatelným rozdílem.



Obr. 11. Porovnání celkového obsahu polyfenolů

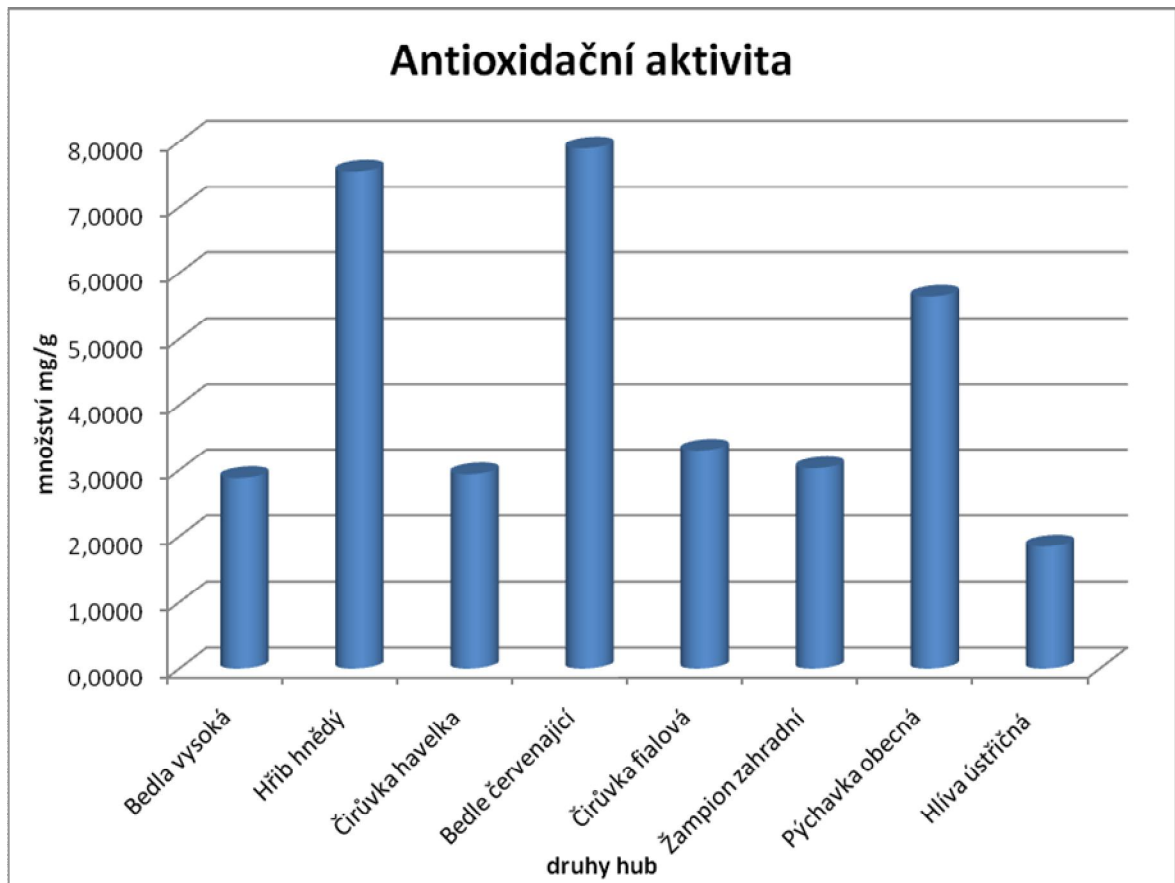
7.2 Diskuze - antioxidační aktivita

Jak je vidět z grafu (viz Obr. 12), tak naměřená antioxidační aktivita u mražených hub je relativně velice vyrovnaná. Dle tohoto zjištění má největší antioxidační aktivitu Hřib hnědý (*Boletus badius*) (1,8901 mg/g). Téměř stejných hodnot nabyly také Bedla červenající (*Macrolepiota procera*) (1,7635 mg/g) a Čirůvka fialová (*Lepista nuda*) (1,7626 mg/g). Houba s nejnižší aktivitou je Žampion zahradní (*Agaricus bisporus*) (0,8172mg/g).



Obr. 12. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity u mražených hub

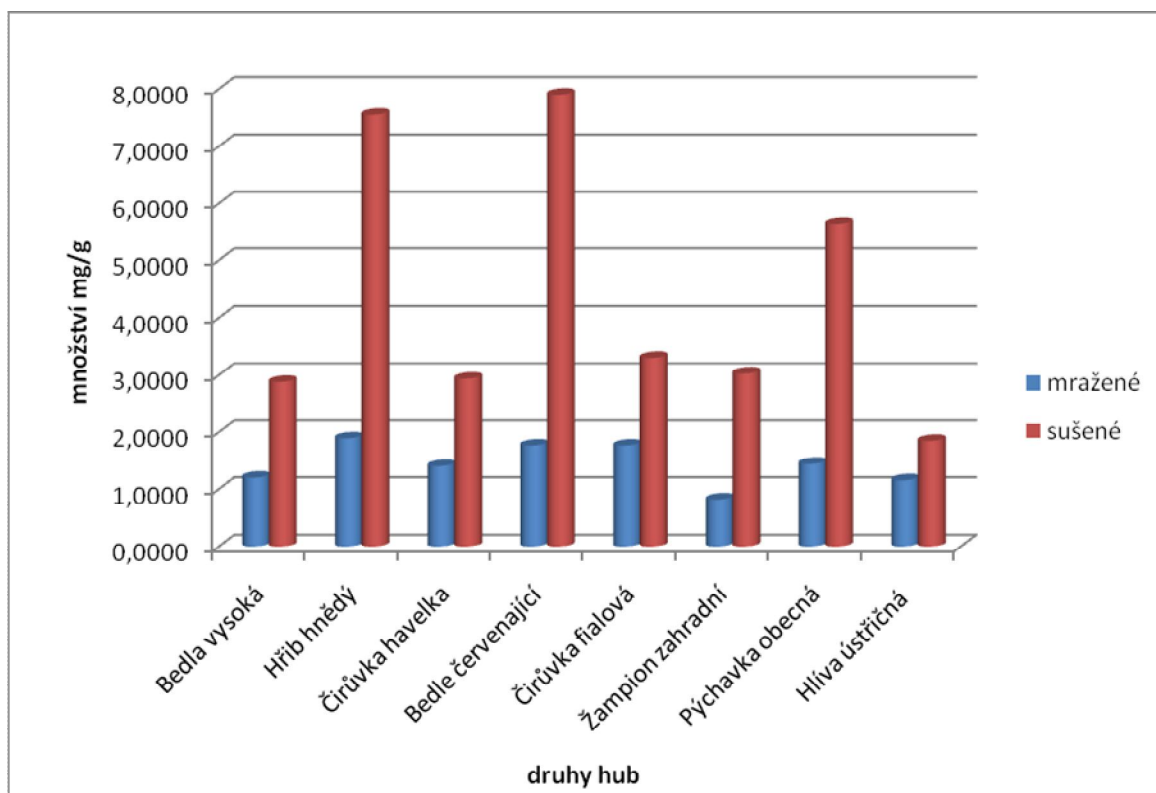
V grafu (viz Obr. 13.) můžeme sledovat stanovenou antioxidační aktivitu u sušených hub. Hodnoty jsou zde, oproti těm u mražených hub, dosti rozdílné. Největší aktivita byla naměřena stejně jako u mražených hub, u Hříbu hnědého (*Boletus badius*) (7,5489) a Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) (7,9000). Ty jsou však více než dvojnásobné, například od Hlivy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*), která má naměřenou hodnotu jen 1,8459 mg/g. Tato hodnota je velmi malá i oproti různým článkům, které Hlivě ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) přičítají velkou antioxidační aktivitu, a to až 52 mg/g [45].



Obr. 13. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity u sušených hub

Z grafu (viz. Obr. 14) vyplývá, že naměřené hodnoty antioxidační aktivity u mražených a sušených hub jsou taktéž rozdílné. Značný rozdíl je vidět u Bedle červenající (*Macrolepiota procera*) a Hříbu hnědého (*Boletus badius*).

U všech druhů byla zjištěna antioxidační aktivita vyšší při využití konzervace sušení. Z tohoto zjištění vyplývá, že tato konzervace může být šetrnější a účinnější.



Obr. 14. Porovnání celkového obsahu antioxidační aktivity

ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na zjištění množství celkových polyfenolů a schopnost antioxidační aktivity a porovnání výsledků mezi jednotlivými druhy sbíraných hub.

Řada fenolových látek je nositeli žádoucích antioxidačních účinků a patří mezi ochranná opatření biologických systémů. Z tohoto hlediska svými vlastnostmi vzbuzují stále větší zájem a pozornost. Proto je žádoucí, provádět stále nové studie.

Množství všech látek obsažených v houbách je závislé nejen na druhu houby, ale taky na podmínkách během růstu, skladování, zpracování a dalších vlivů. Proto se dá všeobecně říct, a dokládají to i jednotlivé práce, že hodnoty jsou vždy rozdílné.

Během zpracovávání a vyhodnocení výsledku z této práce, jsem došla k těmto závěrům:

- 1) Největší obsah polyfenolických látek se vyskytoval u mražených hub v Čirůvce fialové (*Lepista nuda*), a to 2,3222 mg/g.
- 2) U sušených pak byla zjištěna nejvyšší hodnota v Pýchavce obecné (*Lycoperdon perlatum*), a to 3,1389 mg/g.
- 3) Největší množství antioxidační aktivity u mražených hub vykazoval Hřib hnědý (*Boletus badius*) s 1,8901 mg/g.
- 4) V případě sušených hub byla s největší hodnotou antioxidační aktivity vyhodnocena Bedla červenající (*Macrolepiota procera*) s 7,9000 mg/g.

Naše volně rostoucí houby jsou stále zkoumány a očekává se objevení ještě dalších účinných látek, které dosud neznáme. Je proto v zájmu nás všech, abychom tuto součást bohatství přírody chránili nejen jako nezbytnou součást vyvážených přirozených systémů, jako estetickou součást lesů, ale také jakou pravděpodobný zdroj sloučenin, které mohou být ku prospěchu dalším generacím.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PILÁT, A., UŠÁK, O. *Atlas hub*. Státní pedagogické nakladatelství, 1962, ISBN 14-909-64
- [2] GRUNERTOVI, H. a R. *Houby*. Nakladatelství Ikar. 1995, ISBN 80-7176-183-4
- [3] SMOTLACHA, M. *Kapesní atlas hub*. OTTOVO nakladatelství, 2002, ISBN 80-7181-675-2
- [4] JABLONSKÝ, I., ERBAN, V. *Houby k pochutnání ale i pro zdraví*. Výživa a potraviny, 2005, roč. 60, č. 2, s. 45-47.
- [5] Spotřeba hub [online]. [cit. 2011-02-23]. Dostupné z www: <[http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/t/EA0049D17E/\\$File/30041001.pdf](http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/t/EA0049D17E/$File/30041001.pdf)>
- [6] VLACHOVÁ, L. *Zavařujeme ovoce, zeleninu a houby*. MERKUR nakladatelství, 1986, ISBN 51-480-86
- [7] KOVÁŘ, L. *Praktický houbař*. Nakladatelství DOKOŘÁN, 2010, ISBN 978-80-7363-298-4
- [8] PŘÍHODA, A., URBAN, L. *Kapesní atlas hub*. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986, ISBN 14-553-86
- [9] Obrázky hub [online]. [cit. 2011-05-11]. Dostupné z www: <<http://www.nahuby.sk/atlas-hub>>.
- [10] MICHAEL, E. *Velký barevný průvodce houbaře*. Finidr a spol. s. r. o., Zlín, 1997, ISBN 80-902387-0-X
- [11] SCHOONHOVEN, L. M., JERMY, T., VAN LOON, J. J. A. *Insect Plant Biology*, Chapman Hall, London 1998,
- [12] LEPŠOVÁ, A. *Houby jako elixír života*. Vydavatelství Víkend, 2005, ISBN 80-7222-369-0
- [13] LASSOE, T. *Houby*. Eromedia Group, k. s., knižní klub, Praha, 2004, ISBN 80-242-1194-7, s. 304
- [14] SMOTLACHA, M., MALÝ, J. *Smotlachův atlas hub*. Praha, Ottovo nakladatelství s.r.o, 1999, ISBN 80-7181-311-7
- [15] JABLONSKÝ, I., ŠAŠEK, V. *Pěstování hub ve velkém i malém*. Praha, Brázda, 1997, ISBN 80-209-0266-X

- [16] KOTLABA, F., PROCHÁZKA, F. *Naše houby*. Nakladatelství ALBATROS. 1965, ISBN 13-749-72
- [17] KLÁN, J. *Co víme o houbách*. Praha. SPN, 1989, ISBN 80-04-21143-7
- [18] KALAČ, P. *Houby, víme co jíme?* České Budějovice, Dona, 2008, ISBN 978-80-7322-112-6
- [19] BAIER, J., VANČURA, B. *Co nevíme o houbách*. Praha, artia/granit, 1993, ISBN 80-901443-4-9
- [20] KALAČ, P. *Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A Review Article Food Chemistry*, Volume 113, Issue1, 1 March 2009, s. 9-16
- [21] MATTILA, P. et al. *Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 50:6419-6422
- [22] MANZI, P. et al. *Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking*. *Food Chemistry*, 2004, 84:201-206
- [23] HARBORN, J. B. *Natural Products Their Chemistry and Biological Significance*. (MANN, J., DAVIDSON, R. S., HOBBS, J. B. a spol. ed), Longman, Harlow, 1994
- [24] Fenolické látky [online]. [cit. 2011-03-13]. Dostupné z www: <<http://kfrserver.natur.cuni.cz/kfrserver/studium/prednisky/biochemie.Pdf>>,30.5.2008>.
- [25] PALACIOS, I., LOZANO, M., MORO, C., D'ARRIGO, M., ROSTAGNO, M.A., MARTINÉZ, J.A., GARCÍA-LAFUENTE, A., GUILLAMON, E., VILLARES, A. *Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms*. *Food Chemistry*, Volume 128, Issue 3, 1 october 2011, s. 674-678
- [26] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*, Tábor, Osis 1999, ISBN 80-902391-5-3
- [27] TRNA, J., TÁBORSKÁ, E. *Přírodní polyfenolické antioxidanty*, 2008, semináře biochemie.
- [28] ŠULC, M., LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ORSÁK, M., DVOŘÁK, P., HORÁČKOVÁ, V. *Chemické listy*, 2007, 101-584-591
- [29] PARKÁNYIOVÁ, J., PARKÁNYIOVÁ, L., POKORNÝ, J. *Rostliny jako zdroje přírodních antioxidantů*, VŠCHT Praha.

- [30] CHOI, Y., LEE, S.M., CHUN, J., LEE, H.B., LEE, J. *Influencne of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shitake (Lentinus edodes) mushroom*. Food Science and Technology, 2005, s 361-763
- [31] YANISHLIEVA, N. *Inhibiting oxidation, Antioxidants in Food – Practical Applications*. Cambridga: Woodhead Publishing, 2001, s. 21-70. ISBN 978-1-85573-463-0
- [32] YANG, J.-H, LIN, H.-C, MAU, J.-L. *Antioxidant properties of several commercial mushrooms*. Food chemismy, Volume 77, Issue 2, 2002, s. 229-235
- [33] RAMIREZ-ANGUIANO, A. C. et al. *Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edeble mushrooms commonly consumed in Europe*. Journal of the Science of Food and Agriculture. (2007), 872272-2278
- [34] VRBOVÁ, T. *Víme, co jíme? aneb Průvodce “Éčky” v potravinách* . nakladatelství EcoHouse, 2001, ISBN 80-238-7504-3
- [35] SYROVÝ, V. *Tajemství výrobců potravin*, 2002, ISBN 80-238-8599-5
- [36] PALACIOS, I., LOZANO, C., MORO, C., D'ARRIGO, M., ROSTAGNO, M. A., MARTÍNEZ, J. A., GARCÍA-LAFUENTE, A., GUILLAMÓN, E., VILLARES, A. *Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms*. Origins Research Article, Food Chemistry, Volume 128, Issue3, 1 october 2011, s. 674-678
- [37] PELEG, M., NAIM, R.L., ROUSEFF AND ZEHAVI, U. *Distribution of bound and free polyphenolic acids in oranges and grapefruit*. Journal of the Science Food and Agriculture 57, 1991, s. 417-426
- [38] KOVÁŘ, L. *Breviř o houbách*. Olympia Praha, 1999, ISBN 80-7033-593-9
- [39] BARROS, L., DUENAS, M., FERREIRA, I.F.C.R., BAPTISTA, P., SANTOS-BUELGA, C. *Phenolic acids determination by HPLC-DAD-ESI/MS in sixteen different Portuguese wild mushrooms species*. Original Research Article, Food and Chemical Toxicology, Volume 47, Issue 6, June 2009, s. 1076-1079
- [40] ROP, O., MLČEK, J., JURÍKOVÁ, T., VALŠÍKOVÁ, M., SOCHOR, J., ŘEZNÍČEK, V., KRAMÁŘOVÁ, D. *Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation ingibiting activities of extracts of five black chokeberry (Aronia melanocarpa (Michx.) Elliot) cultivars*. Journal of medicinbal plants research, 2010, 4 (22), s. 2431-2437

- [41] JAYAKUMAR, T., THOMAS, P. A., SHEU, J. R., GERALDINE, P. *In-vitro and in-vivo antioxidant effects of the oyster mushroom Pleurotus ostreatus*. Food research international, 2011, s. 851-861
- [42] TIANJIA, J., MUHAMMAD, M.J., ZHENHUI, J., XIANYING, L., TIEJIN, Y. *Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (Lentinus edodes) mushrooms during storage*. Postharvest Biology and Technology, 56, 2010, s. 209-215.
- [43] NICOLI, M. ANESE, M.T., PARPINEL ANE FRANCESCHI, S. *Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables*. Trends in Food Science and Technology 10, 1999, s. 94-100
- [44] BARROS, L., FALCAO, S., BAPTISTA, P., FREIRE, C., VILAS-BOAS, M., FERREIRA, I.C.F.R. *Antioxidant activity of Agaricus sp. Mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays*. Food Chemistry, Volume 111, Issue 1, 1 November 2008, s. 61-66
- [45] CHEUNG, L.M., CHEUNG, P.C.KC, OOI, V. E.C., *Antioxidant activity and phenolics of edible mushroom extracts*. Department of Biology, 2002, s. 249-255

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Atd. A tak dále.

Apod. A podobně.

Příp. Případně.

Aj. A jiné.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Bedla červenající (<i>Macrolepiota procera</i>) [9]	16
Obr. 2. Bedla vysoká (<i>Macrolepiota rhaodes</i>) [9].....	17
Obr. 3. Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>) [9]	18
Obr. 4. Pýchavka obecná (<i>Lycoperdon perlatum</i>) [9].....	19
Obr. 5. Hřib hnědý (<i>Boletus badius</i>) [9].....	20
Obr. 6. Žampion zahradní (<i>Agaricus bisporus</i>) [9].....	21
Obr. 7. Čirůvka fialová (<i>Lepista nuda</i>) [9].....	22
Obr. 8. Čirůvka havelka (<i>Tricholoma portentosum</i>) [9].....	23
Obr. 9. Srovnání obsahu celkových polyfenolů u mražených hub	47
Obr. 10. Srovnání obsahu celkových polyfenolů u sušených hub	48
Obr. 11. Porovnání celkového obsahu polyfenolů	49
Obr. 12. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity u mražených hub.....	50
Obr. 13. Naměřené hodnoty antioxidační aktivity u sušených hub	51
Obr. 14. Porovnání celkového obsahu antioxidační aktivity	52

SEZNAM TABULEK

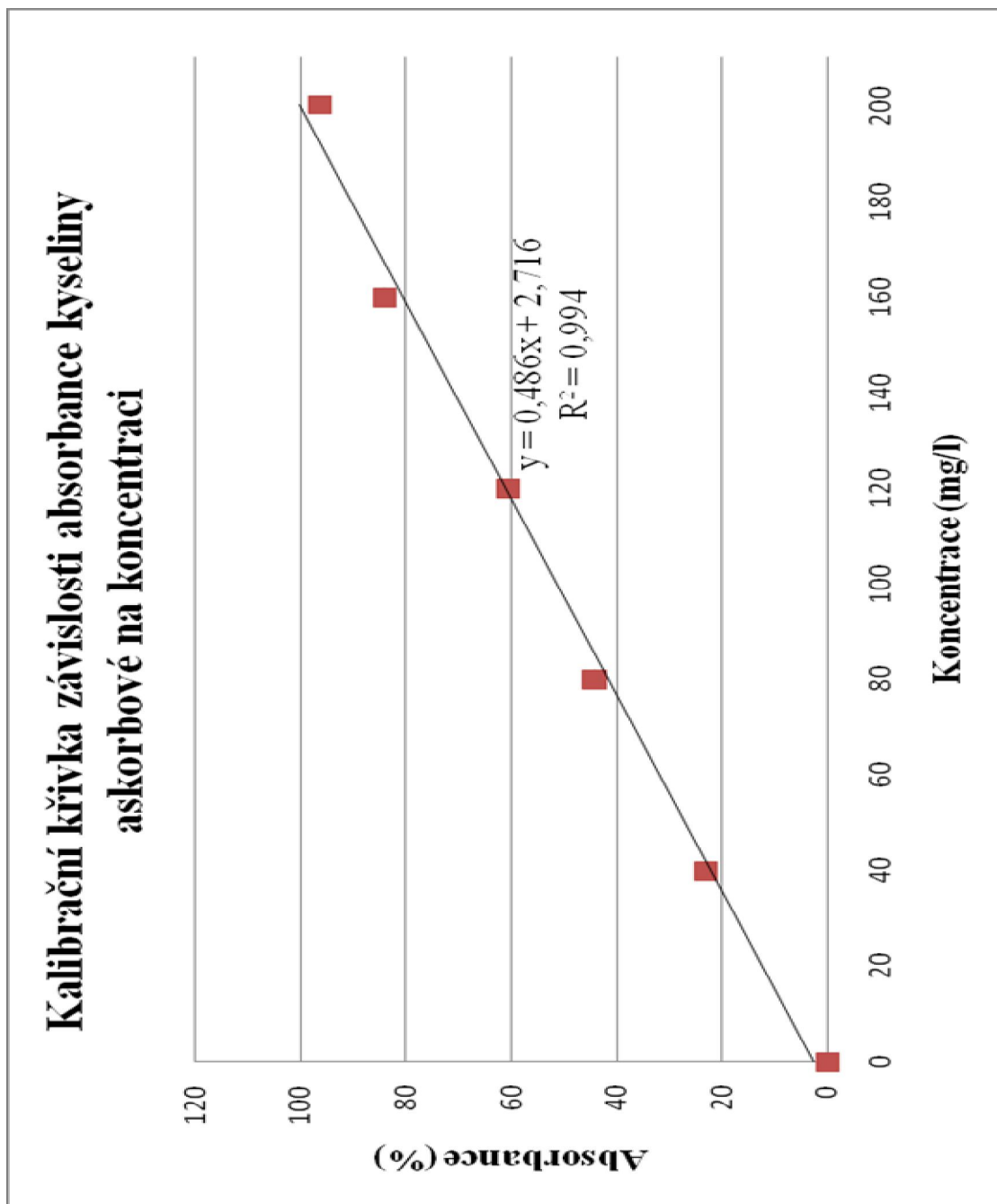
Tab. 1. Složení sušiny % u vybraných druhů basidiomycet [20].....	25
Tab. 2. Nejběžnější typy fenolických látek v houbách seřazené podle počtu uhlíků [11,23]	26
Tab. 3. Obsah celkových polyfenolů vyjádřených jako kyselina gallová u jednotlivých druhů mražených hub (mg/g)	42
Tab. 4. Obsah celkových polyfenolů vyjádřených jako kyselina gallová u jednotlivých druhů sušených hub (mg/g)	43
Tab. 5. Stanovení antioxidační aktivity u mražených druhů vyšších hub vyjádřených na kyselinu askorbovou (mg AAE.g ⁻¹ mražené hmoty)	44
Tab. 6. Stanovení antioxidační aktivity u sušených druhů vyšších hub vyjádřených na kyselinu askorbovou (mg AAE.g ⁻¹ sušené hmoty).....	45

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Kalibrační křivka závislosti absorbance kyseliny askorbové na koncentraci

Příloha P II: Kalibrační křivka závislosti absorbance kyseliny gallové na koncentraci

PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ KŘIVKA ZÁVISLOSTI ABSORBANCE Kyseliny askorbové na koncentraci



PŘÍLOHA P II: KALIBRAČNÍ KŘIVKA ZÁVISLOSTI ABSORBANCE Kyseliny gallové na koncentraci

