

Hodnocení a změny vybraných druhů pěstovaných hub v průběhu úchovy a kulinární úpravy

Bc. Marek Zbořil

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Zbořil**
Osobní číslo: **T18286**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Hodnocení a změny vybraných druhů pěstovaných hub v průběhu úchovy a kulinární úpravy**

Zásady pro vypracování

1. Studium dostupné literatury a provedení literární rešerše na dané téma
2. Chemická analýza vybraných odrůd jedlých hub a výrobků z nich
3. Hodnocení antioxidační aktivity, obsah bioaktivních látek a senzoričké hodnocení v průběhu úchovy
4. Zpracování výsledků a diskuze

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] JABLONSKÝ, I., ŠAŠEK, V. Jedlé a léčivé houby: pěstování a využití. Praha: Brázda, 2006. 264 s. ISBN 80-209-0341-0.
- [2] KALAC, P. Houby: víme, co jíme?. České Budějovice: Dona, 2008. ISBN 978-80-7322-112-6.
- [3] Veděcké zdroje uvedené v databázích Web of Science, SCOPUS, knižní odborné publikace aj.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá pěstovanými druhy hub s ohledem na obsah antioxidantů, celkových polyfenolů a vybraných fenolových kyselin ve vývojových stádiích při různých technologických či gastronomických zpracováních. Teoretická část obsahuje obecnou charakteristiku hub; charakteristiku hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) a vliv jejich účinku na lidské zdraví spojeného se zkoumanými látkami. Dále obsahuje popis technologie pěstování a vybraných zpracování: houby čerstvé, vařené, sušené a skladované. V praktické části byl sledován obsah a změny výše zmíněných látek v hlívě ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a žampionu dvouvýtrusém (*Agaricus bisporus*) vzhledem ke zpracování a datu sklizně.

Klíčová slova: hlíva ústříčná, žampion dvouvýtrusý, antioxidanty, polyfenoly, fenolové kyseliny

ABSTRACT

The thesis deals with cultivated mushroom species with regard to the content of antioxidants, total polyphenols and selected phenolic acids in the development stages during various technological or gastronomic processes. The theoretical part contains the general characteristic of fungi; characteristics of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) and bisporus mushrooms (*Agaricus bisporus*) and the effect of their effect on human health associated with the substances examined. It also contains a description of the technology of cultivation and selected processing: mushrooms fresh, boiled, dried and stored. In the practical part, the content and changes of the aforementioned substances in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and bisporus mushroom (*Agaricus bisporus*) were monitored due to the processing and harvest date.

Keywords: Oyster mushroom, Champignon mushroom, Antioxidants, Phenols, Phenolic Acids

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Mlčkovi, Ph.D., který se mnou ochotně spolupracoval a poskytoval mi cenné rady.

Dále bych chtěl poděkovat paní laborantce Ing. Lence Fojtíkové za velmi přínosnou asistenci v laboratořích.

Poslední poděkování patří panu jednateři společnosti SPOREA s.r.o. Vladimíru Jantulovi, který mi ochotně poskytnul vzorky hub.

Motto:

„Plodnice houby vyrůstá skokem, a stejný skok představuje také, když z podvědomí vytane myšlenka.“

Andrej Stankovič

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HOUBY	11
1.1 VYHLÁŠKA.....	13
1.2 HLÍVA ÚSTRÍČNÁ (<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>).....	13
1.3 ŽAMPION DVOUVÝTRUSÝ (<i>AGARICUS BISPORUS</i>).....	16
1.4 PĚSTOVÁNÍ HUB	18
1.4.1 Pěstování hlívy ústříčné (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	19
1.4.2 Pěstování žampionu dvouvýtrusého (<i>Agaricus bisporus</i>).....	22
1.5 VYBRANÉ STAVY A ÚPRAVY HUB	23
1.5.1 Houby čerstvé.....	23
1.5.2 Houby vařené	23
1.5.3 Houby sušené	24
1.5.4 Houby skladované.....	24
1.6 HOUBY A JEJICH PŘÍZNIVÉ ÚČINKY	24
2 ZKOUMANÉ LÁTKY V HOUBÁCH	26
2.1 ANTIOXIDANTY	26
2.1.1 Klasifikace antioxidantů.....	26
2.1.2 Zdravotní hodnocení	27
2.1.3 Antioxidační aktivita hub.....	27
2.2 FENOLY	28
2.2.1 Vliv fenolů na lidské zdraví	28
2.2.2 Jednoduché fenoly (C ₆ C ₀).....	29
2.3 FENOLOVÉ KYSELINY A JEJICH DERIVÁTY	29
2.3.1 Rozdělení fenolových sloučenin	30
2.3.2 Obsah fenolových sloučenin v houbách.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	32
3 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	33
4 MATERIÁL A METODIKA	34
4.1 ODBĚR VZORKŮ.....	34
4.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ PŘED CHEMICKOU ANALÝZOU.....	36
4.2.1 Získání filtrátu pro stanovení antioxidační aktivity, obsahu polyfenolů a fenolových kyselin	36
4.3 NÁVOD STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	37
4.4 NÁVOD STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH	38
4.5 NÁVOD STANOVENÍ OBSAHU POLYFENOLŮ METODOU FOLIN-CIOCALTEU.....	41

4.6	NÁVOD STANOVENÍ OBSAHU FENOLOVÝCH KYSELIN.....	43
5	ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE	45
5.1	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	45
5.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	50
5.3	STANOVENÍ OBSAHU POLYFENOLŮ	57
5.4	FENOLOVÉ KYSELINY	63
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK.....	80

ÚVOD

Houbami se zabývá věda zvaná mykologie, která je považována za podobor botaniky. Houby mají mnoho podobných znaků jako rostliny a patří k nejstarším formám života na Zemi. Věda o houbách je provázána s celou řadou přírodních vědních disciplín. Začíná se rozvíjet od počátku 20. století v oborech genetiky, fyziologie, mykopatologie, biochemie, biotechnologie, taxonomie a dalších. Součástí říše hub jsou i kvasinky, plísňe a lišejníky. Houby jsou prozkoumány méně než rostliny a živočichové.

Na základě archeologických výzkumů konzumovali houby již naši prapředci více než před 30 000 lety. V některých kulturách jsou dodnes houby spojovány s magickými rituály a náboženskými obřady. Počátky konzumace člověkem se jistě neobešly bez smrtelných případů v důsledku neznalosti působení jedovatých hub. Postupnými zkušenostmi člověk získával takové vědomosti, že se houby začaly stávat běžnou součástí jídelníčku. První písemné zmínky o konzumaci hub pocházejí z období starého Řecka a Říma, kde houby plnily roli pochoutky, v opačném případě roli travidla.

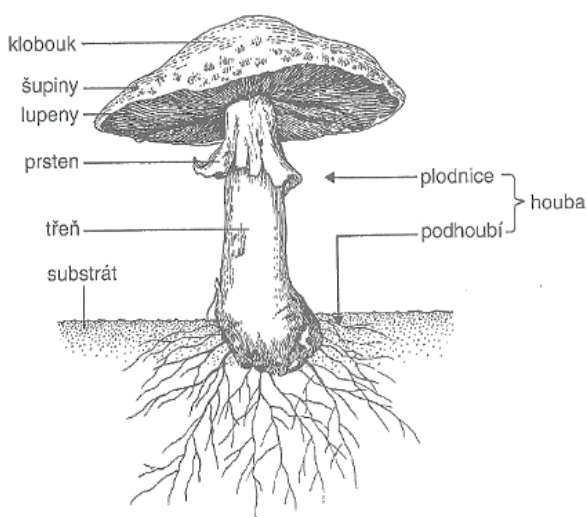
Houby se cíleně pěstují za účelem konzumace, neboť mají výživovou hodnotu. Obsahují látky prospěšné lidskému zdraví, jako jsou antioxidanty, polyfenoly, fenolové kyseliny a další. Nejoblíbenějšími pěstovanými houbami jsou například hlívy nebo žampiony (pečárky), konkrétně hlíva ústřičná (*Pleurotus ostreatus*) a žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*). Pěstování žampionů bylo započato ve Francii v 17. století za vlády Ludvíka XIV. Jejich pěstování se rozšiřuje postupně po celé Evropě a USA. Nyní jsou rozšířeny téměř po celém světě. Pěstování hlívy ústřičné začalo v asijských zemích, konkrétně v Číně. Jedná se o dřevorozkladnou houbu, nyní již také celosvětově rozšířenou.

Existuje mnoho technologických či gastronomických zpracování, konzervací a kroků k prodloužení trvanlivosti hub. Tyto zásahy mají zásadní vliv na zachování či zakonzervování prospěšných látek obsažených v houbách. Prokázat co nejdetailnější látkové složení hub se může ukázat jako velice přínosné. K tomu by měla posloužit i tato diplomová práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HOUBY

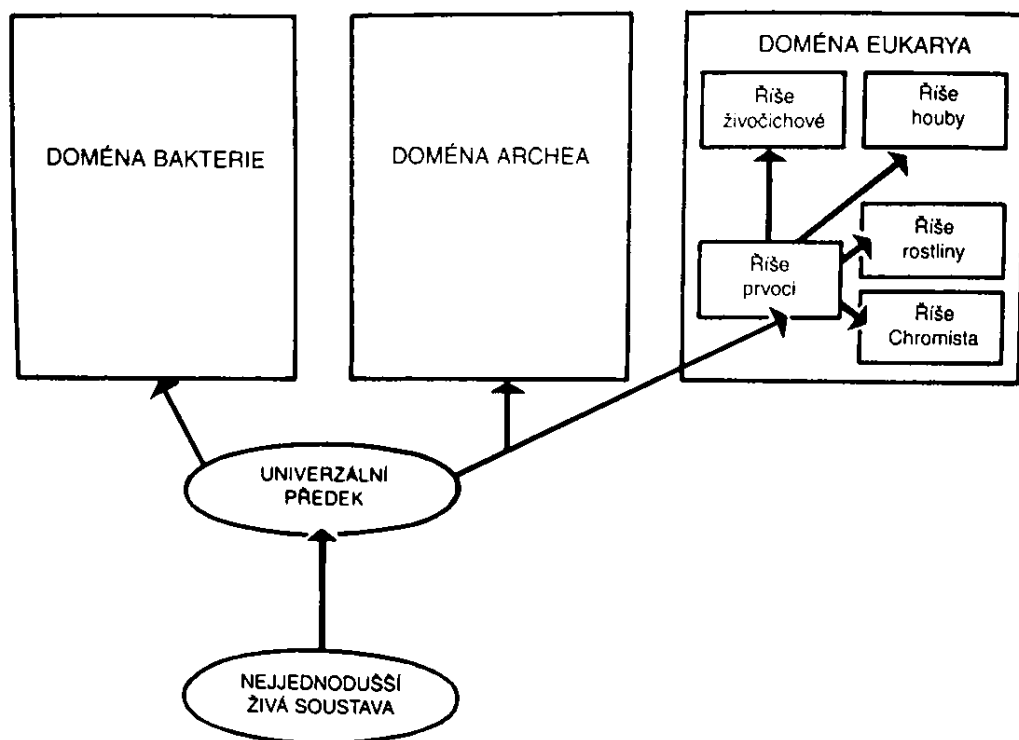
Pojem houba nezahrnuje jen plodnice, které nalezneme v lese, koupíme v obchodě nebo si je sami vypěstujeme. K houbám patří i mikroskopické organismy (kvasinky a plísňe). Z pohledu člověka jsou houby jak užitečné (mohou sloužit jako zdroj potravy a zdraví prospěšných látek), tak škodlivé (mohou ničit stromy a dřevo; jedovaté houby mohou být příčinou otrav). Mnohé z nich hrají klíčovou úlohu v koloběhu látek a energie v přírodě jako dekompozitoři vracející živiny do půdy. Věda zabývající se houbami se nazývá mykologie. Houby jako takové (makromycety), latinsky *Fungi*, jsou stélkaté eukaryotické heterotrofní organismy. Živí se rozkládajícími se organickými látkami. Využívají odumřelých a rozložených živočichů a rostlin. Rozmnožují se výtrusy (sporami) a jejich buňky mají pravá jádra. Stélka houby je jednobuněčná nebo tvoří vlákna (hyfy). Větší počet rozvětvlujících se propletených hyf vytváří podhoubí (mycelium), které zastupuje vegetativní fázi vývoje. Po vývinu podhoubí nastává tvorba plodnic (sporokarp), které nesou rozmnožovací orgány. Vnitřek plodnice tvoří dužnina. Plodnice se skládá z klobouku s lupeny či rourkami a ze třeně s prstenem nebo bez prstenu. Tvary, velikost a zbarvení plodnice jsou neobyčejně rozmanité, ale pro jednotlivé skupiny hub jsou stále charakteristické. Totéž platí i pro výtrusy. Dle těchto znaků jsou houby řazeny do systému hub. Houby rostou takřka na celém světě kromě Antarktidy [1, 2, 3, 4, 5, 6].



Obrázek 1 Obecná stavba plodnice houby v substrátu [1].

Houby byly dříve řazeny mezi rostliny, dnes spadají do vlastní samostatné říše hub. Na rozdíl od rostlin neobsahují zelené barvivo chlorofyl. Chlorofyl má vliv na způsob

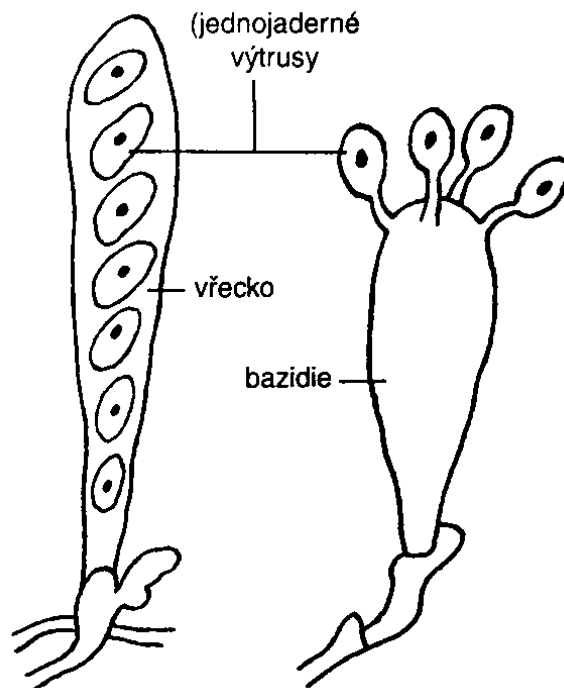
života organismů. Houby nejsou schopny využívat energii slunečního záření k tvorbě organických molekul, jsou tedy heterotrofní, jak již bylo zmíněno. Alternativně využívají symbiózy, saprofytismu či parazitismu. Dalším významným rozdílem je, že hlavními zásobními látkami hub jsou glykogen a tuky. Kdežto u rostlin je hlavní zásobní látkou škrob. Houby obsahují v buněčné stěně navíc chitin, který se vyskytuje také u některých živočichů, u rostlin ale nikoli. Houby dokážou navíc nasyntetizovat aminokyselinu lysin, na rozdíl od živočichů. Všechny tyto znaky dokazují, že se houby vyvinuly nezávisle, a to v dávných dobách historického vývoje [1, 5, 7, 8].



Obrázek 2 Zařazení hub ve schématu vývojových vztahů hlavních skupin organismů [1].

Vlastní houby (*Fungi*) jsou členěny do pěti oddělení (kmenů): Chytridiomycety (*Chytridiomycota*), mikrosporidie (*Microsporidiomycota*), zygomycety (*Zygomycota*), houby vřeckovýtrusé (*Ascomycota*) a houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*). Klasifikace je založena na funkci a tvaru rozmnožovacích orgánů. První tři zmiňované kmene s pěstováním hub nesouvisí. Houby vřeckovýtrusé souvisí s pěstováním pouze v malé míře. Mezi ně patří smrže, lanýže a housenice čínská. Dnes je známo asi 33000 druhů kmene vřeckovýtrusých hub, kam spadají i houby neurčené ke konzumaci. Nejpočetnější skupinu pěstovaných hub zaujímají houby stopkovýtrusé, kam patří hlíva ústříčná (*Pleurotus*

ostreatus) a žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*). Rozmnožují se pomocí výtrusů vznikajících na koncích kyjovitě zhuštěných hyf, které se nazývají stopky (bazidie). Dnes je známo asi 30 000 druhů kmene stopkovýtrusých hub [1, 2, 5, 7, 8].



Obrázek 3 Výtrusy tvořící se uvnitř vřecek u askomycetů (levá část obrázku) a výtrusy tvořící se na povrchu bazidií (pravá část obrázku) [1].

1.1 Vyhláška

Houby jsou zahrnuty ve vyhlášce č. 157/2003 Sb. v platném znění, která zní: Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování [9].

1.2 Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)

Hlíva ústříčná, latinsky *Pleurotus ostreatus*, je velmi hojný druh pocházející z Číny. Jedná se o dřevorozkladnou lupenitou houbu. Druhové jméno ústříčná získala díky tvaru připomínajícího ústřici. Dnes je již rozšířena téměř po celém světě. Volně rostoucí ji nalezneme nejčastěji na podzim, především v říjnu a listopadu; případně i v zimě. V

chladnějších oblastech roste dokonce i v létě. Její plodnice vytváří trsy až 1 kg těžké, střechovitě rostoucí nad sebou. Klobouk je nejprve sklenutý, později vytváří půlkruh či jazykovitý až vějířovitý tvar, je tlustě masitý a pružný a 5 až 20 cm široký. Povrch je hladký nebo slabě paprsčité vláknitý. Do barevného spektra klobouku spadá šedá, modrá, hnědá, žlutá, černá, olivová, zelená, rezavá a bílá barva. Zastíněné části klobouku bývají světlejší. Lupeny sbíhají na třeň, jsou husté a bledé. Zde se vytváří ohromné množství výtrusů v podobě bílého prášku. Prášek může být namodralý či nažloutlý. Třeň je krátký a silný, roste po straně. Má bílou barvu a uvnitř je plný. Je 3 cm dlouhý a 1 až 2 cm široký. Dužnina je bílá s příjemnou houbovou vůní a mírnou chutí [2, 4, 7, 10, 11, 12].



Obrázek 4 Volně rostoucí hlíva ústříčná v zimním období [13].

Lahodná chuť hlívy připomíná telecí maso. V kuchyni je velmi oblíbenou houbou. Celosvětová produkce hlívy je přibližně 2 miliony tun ročně, což je přibližně 20 % celosvětové produkce pěstovaných hub. Největší pěstitelskou zemí je Čína. V České republice se jejím pěstováním zabývá pouze několik výrobců. Bývá běžně dostupná v obchodech a supermarketech. V našem podnebí je ještě oblíbená hlíva plicní (*Pleurotus pulmonarius*), hlíva miskovitá (*Pleurotus cornucopiae*), hlíva dubová (*Pleurotus dryinus*), hlíva máčková (*Pleurotus eryngii*), hlíva vrbová (*Pleurotus salignus*), hlíva holubí (*Pleurotus columbinus*). Celkem je známo okolo 200 různých druhů rodu *Pleurotus* [1, 2, 14, 15, 16, 17].

Z výživového hlediska je hlíva ústříčná zdrojem vitaminů a minerálů. Její výživové hodnoty jsou srovnatelné se zeleninou. Složením je podobná šii-take. Kvalita houby je úměrná kvalitě substrátu [7].

Ze 100 g čerstvých hub je možno získat přibližně 10 g sušiny. Ta obsahuje asi 2,5 g dusíkatých látek; přes 5 g sacharidů; pouze 0,1 až 0,2 g tuku a 0,6 až 1 g minerálních látek, především draslíku a fosforu. Ve 100 g čerstvé hlívy se dále nachází 15 % denní dávky vitamínu C, 40 % denní dávky vitamínu B (niacin, riboflavin, thiamin), 0,5 mg vitamínu B₁₂. Hlíva také obsahuje významný podíl kyseliny olejové a kyseliny linolenové, rostlinné steroly a má nízký obsah nasycených mastných kyselin. Mezi nejvíce zastoupené aminokyseliny v hlívě ústříčné patří methionin, cystin a kyselina asparagová [7, 10, 17, 18, 19].

Hlíva ústříčná je označována jako funkční potravina. Má nutraceutické účinky. Je nejnámější a nejobvyklejší léčivou houbou. Pomáhá při poruchách metabolismu tuků a upravuje hladinu cholesterolu v krvi [7, 10, 17, 20].

V Japonsku bylo zjištěno, že glykoproteiny v hlívě mají protirakovinné účinky. Slovenští vědci izolovali ligniny, jimiž dokázali potlačit určité typy nádorů. Hlíva ústříčná může potlačovat tvorbu nádorů v tlustém střevě. Další takovou izolovanou látkou byl pleuran (beta-1,3-D-glukan). Pokusy byly prováděny na myších a potkanech. Dále byl testován vliv hlívy na cukrovku, snižování nadváhy a virus HIV, všechny zmiňované pokusy měly pozitivní výsledek. Bylo potvrzeno, že hlíva léčivé látky obsahuje [10].

Hlíva je dále nápomocná k regeneraci a odstranění přetučnění jater, snižuje krevní tlak. Obsahuje látky protivirové, protibakteriální, hepatoprotektivní a protirakovinné. Působí jako přírodní zdroj imunoterapie. Beta glukan se zase podílí na posílení imunitního systému a má protirakovinné účinky. U pacientů trpících arteriosklerózou potlačuje degenerativní změny v cévách a snižuje výskyt arteriosklerotických ložisek, což vede k mnohem menšímu poškození věnčitých tepen a srdečního svalu. V tradiční čínské a japonské medicíně je hlíva využívána k posílení cévního systému, odstranění tlaku v očích, k léčbě ztuhlosti svalů, šlach a kloubů. Hlívou je možné obohatit jídelníček diabetiků a upravit redukční diety [7, 10, 17, 21].

Hlíva dokáže vytahovat těžké kovy a jiné nebezpečné látky z půdy. Může tak snižovat radioaktivitu zamořených oblastí a zvyšuje kvalitu životního prostředí. Tento jev je pozitivní pro zvýšení kvality, čistoty a zdraví přírody. Z potravinářského hlediska se ale

jedná o jev negativní, neboť konzumace takové hlívy by lidskému zdraví prospěšná nebyla [7].

1.3 Žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*)

Žampion dvouvýtrusý, neboli pečárka dvouvýtrusá, latinsky *Agaricus bisporus* byl objeven v první polovině 17. století ve Francii, odtud také pochází jeho název. První cílená výsadba byla provedena kolem roku 1650. Žampiony byly pěstovány v pařeništích po melounech. Na pěstování bylo využíváno koňského hnoje. Během vlády Ludvíka XIV. získal žampion na oblibě a rozšířil se po Evropě. V 19. století jsou žampiony rozšířeny takřka po celém světě. Nyní je nejvíce pěstovanou houbou na celém světě, především v Evropě a Severní Americe. Volně rostoucí jej nalezneme na humózní půdě a kompostech, v parcích, zahradách, v trávě při cestách nebo na hnojených polích a pastvinách pro dobytek. Nejvíce roste v období léta a podzimu. V roce 1976 se žampiony dokonce objevily v pouštích, kdy během velmi krátké doby spadlo prakticky celé roční množství srážek. Klobouk je polokulovitý, později nepravidelně rozložený. Jeho průměr je 5 až 13 cm. Může být špinavě hnědé až šedohnědé barvy s radiálními vláknitými hnědými špinami na bělavém podkladu s bíle olemovaným okrajem. Volně rostoucí žampion dvouvýtrusý má klobouk spíše nahnědlý, kdežto pěstovaný má klobouk spíše bílý s růžovými odstíny. Lupeny jsou špinavě růžové až tmavé purpurově hnědé a jsou indikátorem rozlišení mezi jedovatou muchomůrkou zelenou (*Amanita phalloides*), která má lupeny bílé. Třeň žampionu dvouvýtrusého je asi 5 cm dlouhý a 2 cm široký a má bílou barvu. Objevují se na něm vločky a límeček. Dužnina je bílá až lehce narezlá s mírnou chutí a houbovou vůní. Ta může být mírně nakyslá. Patří do skupiny červenajících žampionů, ale jeho červenání je velice slabé. Charakteristickým mikroskopickým rysem je jeho atypické ložisko dvou spor v basidiích, zatímco ostatní druhy žampionů mají obvykle spory situovány po čtyřech. Mezi další nejznámější druhy patří žampion ovčí (*Agaricus arvensis*), žampion pochvatý (*Agaricus bitorquis*), žampion fialový (*Agaricus semotus*), žampion mandlový (*Agaricus brasiliensis*), žampion polní (*Agaricus campestris*), žampion lesní (*Agaricus silvaticus*), žampion císařský (*Agaricus augustus*) [1, 3, 7, 8, 12, 14, 19, 20, 22, 23, 24].



Obrázek 5 Volně rostoucí žampion dvouvýtrusý [25].

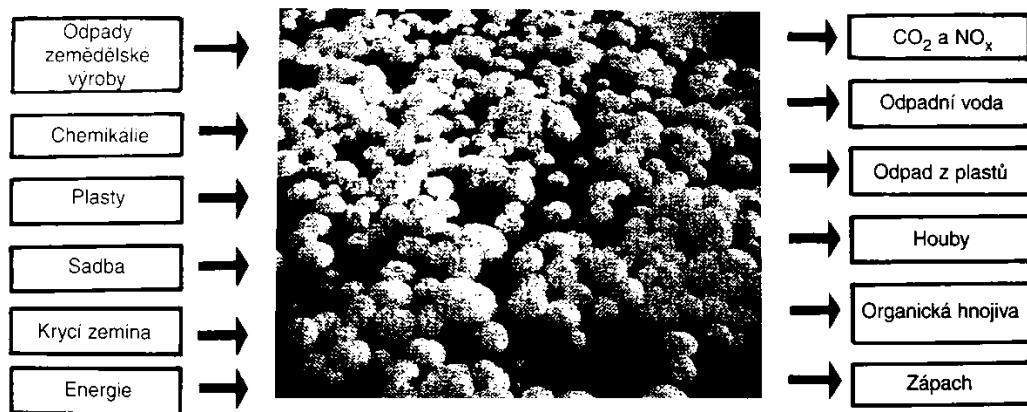
Celosvětová produkce žampionů činí asi 3 miliony tun ročně, což je okolo 30 % světové produkce pěstovaných hub. Například v Paříži, jako v místě objevu žampionů a vývoje jejich produkce, činí současná produkce okolo 27 tun ročně. V České republice je žampion nejobvyklejší pěstovanou houbou, která má všestranné využití v kuchyni [7, 15, 16].

Ze 100 g čerstvých hub je možno získat přibližně 10 g sušiny. Ta obsahuje přibližně 3 g dusíkatých látek; 4 g cukrů; 2 g tuku; 1,2 minerálních látek, především draslík, fosfor, hořčík, vápník, sodík, železo, zinek a chlor; až 2 g zbytkových látek; vitaminy C, B₁, B₂, D, E a K. Je nízkoenergetický. Mezi nejvíce zastoupené aminokyseliny v žampionech patří kyselina asparagová a glutamová, histidin, lysin a serin. V žampionech jsou také obsaženy sekundární metabolity, jako jsou polyfenoly, terpeny či steroidy [7, 8, 20, 26].

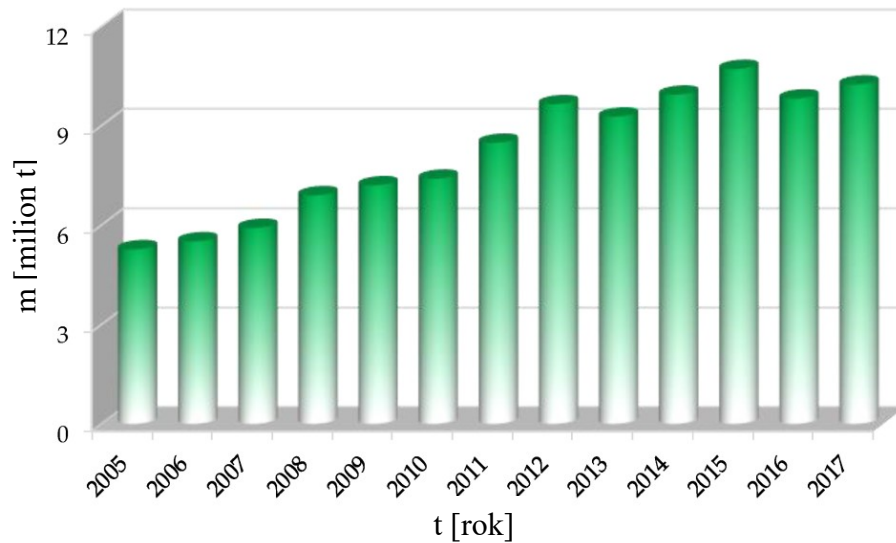
Složení předurčuje využití žampiony k redukčním dietám. Využívají se proti alergickému astmatu. Snižují hladinu cukru v krvi, jsou tedy vhodné pro diabetiky. Dále jsou vhodné pro osoby postižené dnou nebo vysokým krevním tlakem. Působí proti kopřivce, ekzémům a plicní záduše. Vodný výtažek posiluje imunitu při uštknutí zmijí a obsahuje látky tlumící hemolýzu. Mají protirakovinné účinky. Žampiony jsou funkční potravina, vychytávají volné radikály a podílejí se na antioxidační aktivitě. Z žampionů bylo izolováno antibiotikum kampestrin, které ničí bakterie tyfu. Jejich účinků také využívá především čínská medicína [7, 20, 26].

1.4 Pěstování hub

K hlavním pěstovaným houbám u nás patří především několik druhů hlívy a žampionu. Ostatní druhy jsou pěstovány v menší míře. Mezi méně pěstované patří penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*), kukmák sklepní (*Volvariella volvacea*), hnojník obecný (*Coprinus comatus*), ucho Jidášovo (*Auricularia auricula-judae*) či houževnatec jedlý (*Lentinula edodes*). Tradičním centrem pěstování jedlých hub je jihovýchodní Asie. Zde jsou v oblíbě dřevorozkladné houby. Jednou z nejoblíbenějších hub je zmiňovaný houževnatec jedlý (shii-take). Produkce hub výrazně narůstá od konce 90. let minulého století. V posledních letech dosahuje celosvětová produkce pěstovaných hub přes 10 milionů tun ročně. Cílem pěstování je produkovat zdravé, zralé, pevné plodnice s vyhovující barvou, tvarem a dosáhnout co nejvyšších výnosu v čase [8, 10, 11, 27].



Obrázek 6 Vstupy a výstupy substrátu během pěstování hub [1].



Obrázek 7 Celosvětová produkce pěstovaných hub ve vybraných letech 21. století [27].

1.4.1 Pěstování hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*)

V pěstírnách se hlívy pěstují především na propařené slámě obilnin či kukuřice nebo na hoblinách, pilinách ze dřeva, vojtěškovém seně, hrachovině, oplodí kávových zrn či na kávové sedlině; na surovinách obsahujících lignin, celulózu a hemicelulózu. Z těchto materiálů je vyroben lisovaný kvádr zaočkovaný sadbou a zabalený do PE fólie. Tento způsob pěstování je označován jako intenzivní a vyžaduje speciální kultivační prostory. Hlíva potřebuje k vývoji na rozdíl od žampionu světlo. Pro tvorbu plodnic je žádoucí osvětlení až 400 luxů. Při nedostatečném osvětlení dochází k deformacím. Pro klíčení spor a tvorbu mycelia je optimální teplota 28 °C. Optimální teplota pro tvorbu plodnic je 15 °C. Pěstírny musí mít zařízenou regulaci teploty. Optimální pH pro vývoj mycelia je 5,5 až 6,5. Nároky na obsah CO₂ jsou během cyklu odlišné, hodnoty musí být hlídány. Vlhkost substrátu je udržována mezi 85 až 95 %. Pěstírny musí být větrané. Jinak opět dochází k deformaci plodnic. Třeně mohou být šroubovitě stočené či silně ztloustlé, klobouky zakrnělé nebo nálevkovité a dužnina měkká. Podmínky prorůstání podhoubí substrátem jsou semiaerobní a tvorba plodnic je proces aerobní. Hlíva se sklízí ve sklizňových vlnách jako žampion, ale v případě hlívy jsou vlny pouze dvě. Vyplozený substrát obsahuje četné enzymy a další biologicky aktivní látky. Byl úspěšně použit jako krmivo, jelikož přispívá k nárůstu hmotnosti dobytka [1, 11, 20, 28, 29].



Obrázek 8 Pěstování hlívy ústříčné na substrátu v pěstírně [30].

Hlívu je možné pěstovat také doma. Tento způsob pěstování lze označit jako extenzivní. Není nutné jej významně kontrolovat, hlíva plodí dlouhodobě a může být vnímána jako dekorace na zahrádce. Využívá se dřevo, pařezy, klády a špalky z listnatých stromů, které se následně umístí na teplé a vlhké místo na zahradě a provede se zaočkování sadbou. Nejvhodnější dřevo je bukové, dubové, olšové, topolové, březové, vrbové, habrové a z ovocných stromů. Domácí pěstování hlívy na slámě je náročné, neboť vyžaduje správnou technologii a zkušenosti. Využívá se slámy pšeničné, rýžové, žitné či ječné. Jednodušším způsobem je zakoupení naočkovaného substrátu v pytli s návodem na pěstování [11, 28, 31].



Obrázek 9 Očkování navrtných špalků sadbou hlívy ústříčné [1].



Obrázek 10 Očkování navrtného kmene sadbou hlívy ústříčné [1].

1.4.2 Pěstování žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*)

V žampionových pěstírnách se žampiony nejefektivněji pěstují policovým způsobem na fermentovaném koňském hnoji nebo na slámě. Dále se dá využít drůbeží podestýlky či kejdy prasat a drůbeže a zemědělských slámových odpadů. Optimální teplota růstu podhoubí je 24°C. Plodnice se nejlépe vyvíjí při teplotě 14 až 18 °C. Teplota v průběhu růstu plodnice může vystoupit až na 22 °C. Během fází cyklu se vlhkost substrátu udržuje v rozmezí 80 až 95 %. Během pěstování nesmí vyprodukovaný CO₂ přesáhnout hranici 3000 ppm, potom dochází k obrůstání myceliem a plodnice odumírají. Dalšími plyny s vlivem na tvorbu plodnic jsou aceton a ethylen. Žampiony jsou vyživovány dusíkatými látkami (aminokyseliny - asparagin, glycin, alanin; močovina; amonné soli; kaseinový hydrolyzát) a uhlíkatými látkami (cukry - nejlépe glukóza). Příznivě reagují na vitaminy skupiny B v živné půdě. Optimální hodnota pH prostředí je v rozmezí 6,8 až 7. Plodnice se objevují tehdy, když mycelium dostatečně prorostlo substrátem, získalo z něj potřebné živiny a dospělo do určité zralosti. K iniciaci tohoto procesu slouží krycí zemina. Dalšími předpoklady tvorby plodnic jsou nižší teplota, než byla během tvorby mycelia, pH zeminy 7,3 až 7,8 a koncentrace CO₂ v rozmezí 700 až 1500 ppm. Žampiony se následně ze záhonů sklízí ve "sklizňových vlnách". Vlny jsou 3 [1, 11, 22].



Obrázek 11 Pěstování žampionu dvouvýtrusého na lisovaném substrátu [32].

Žampiony se pěstují také doma v místnostech, na zahradě nebo v pařeništi. Prvním způsobem je pěstování žampionů ve sklepě policovou metodou jako v pěstírně. Další metodou je pěstování žampionů pomocí již připravené kultury v substrátu podle návodu. Metoda je jednoduchá ale nákladná. Dále se žampiony pěstují v pařeništi, kde se musí promísit zemina s patřičným množstvím substrátu a sadby. Žampiony je také možno pěstovat na čerstvém vzduchu. Metoda je nejméně namáhavá a levná, ovšem výsledky bývají nejisté [11].

1.5 Vybrané stavy a úpravy hub

1.5.1 Houby čerstvé

Houby podléhají rychlé zkáze, proto by měly být co nejrychleji vytríděny a osušeny. Čerstvé houby by se neměly omývat. Měly by se pouze okartáčovat, oškrabat a nakrájet. Omývají se pouze více znečištěné plodnice. Při omývání dochází k vyplavování aromatických látek. Tření bývají obvykle tužší než klobouky. Před úpravou je houby nutné rozdělit či nakrájet na menší díly dle konkrétní úpravy. Syrové houby způsobují závažné zažívací problémy, bývají i jedovaté. Je nutno odstranit nebezpečné látky, například hemolyziny, které jsou tepelně labilní. Tyto problémy způsobují také houby kupované, s výjimkou žampionů z kultivace [24, 33, 34].

1.5.2 Houby vařené

Vaření je méně častá úprava. Houby se spíše blanšírují, což je krátké povaření ve slané vodě. Při vaření jsou houby zcela nebo částečně ponořeny ve vodě. Měla by se také dodržovat doba a teplota vaření. Jinak může dojít ke znehodnocení výluhu či vývaru. Používají se co nejpevnější druhy. Hlíva patří mezi tužší druhy hub, a proto se musí dobře uvařit. Nemá výraznou chuť, čímž se zvyšuje její univerzálnost použití do jakýchkoliv pokrmů. Vaření ale chuť a vůni hub zvýrazňuje. Dochází ke změkčení konzistence a houba má kluzký povrch [3, 4, 11, 24, 34].

1.5.3 Houby sušené

Principem sušení je odnímání vody z tuhých látek vypařováním. Sušení je nejstarší a nejrozšířenější způsob konzervace hub. Houby k sušení je vhodné nakrájet na plátky 2 až 5 mm silné dle konzistence dužniny a rovnoměrně je rozložit. Vhodnější jsou houby aromatické a s pevnou dužninou. Houby se mohou sušit buď volně rozložené na papíře, na topení, zavěšené na silonové struně nebo niti či v troubě nebo umístěné v sušárně při maximální teplotě 45 °C. Sušení prodlužuje trvanlivost a zvyšuje aroma. Skladují se v suché chladné tmavé místnosti ve vzduchotěsných uzavřených sklenicích. Před následným použitím se doporučuje sušené houby namočit nejméně půl hodiny předem. Sušené houby by měly obsahovat méně jak 10 % vody. Z procentuálních poměrů vlhkých a sušených hub plyne, že pro získání 1 kg sušených hub je třeba mít 10 až 13 kg hub čerstvých. Ze sušených hub je možné připravit houbový prášek [3, 5, 24, 31, 33, 34].

1.5.4 Houby skladované

Houby by se měly skladovat v lednici maximálně 3 dny. Některé podléhají zkáze okamžitě. Po sklizni vykazují přirozené metabolické aktivity, přijímají kyslík a odvádí oxid uhličitý, spotřebovávají tak živiny. Klesá jejich nutriční hodnota či kvalita. Při delším skladování začínají houby hnědnout, narůstají na nich plísňe, objevuje se měkká hniloba a dochází k autolýze. Podmínky je možné korigovat růstovým hormonem ethylenem. Houby se skladují ve větracích miskách a obalech, volně ložené a vrstvené maximálně ve 2 až 3 patrech. Je možné je podélně rozříznout a skladovat řeznou plochou směrem dolů a skladovat při teplotě do 6 °C. Plodnice hlívy se skladují při teplotě 4 °C, na rozdíl od žampionů se mohou skladovat delší dobu. V případě hlív se doporučuje skladování klobouky směrem nahoru, protože hlívy mohou vypouštět hodně výtrusného prášku, který může u citlivějších jedinců vyvolat alergie dýchacích cest nebo očních spojivek. Jiní ale tvrdí skladovat hlívu lamelami vzhůru, aby se zabránilo vypadávání spor na povrch spodní vrstvy plodnic [1, 11, 24, 26, 33, 34, 35].

1.6 Houby a jejich příznivé účinky

Léčebné či preventivní účinky řady druhů vyšších hub byly od pradávna využívány v zemích východní Asie; jako je například Čína, Japonsko, Korea a jihovýchodní sibiřská

část Ruska. Zmiňované země jsou nejaktivnější a nejúspěšnější ve výzkumu látek s příznivými zdravotními účinky u pěstovaných druhů hub [18].

Při studiu zdravotně účinných látek v určitém druhu houby se obvykle soustřeďuje pozornost na některý z účinků (protialergické působení, posílení imunity). Méně často se sleduje spektrum účinku, pokusným zvířatům se podávají houby po kuchyňské úpravě, jindy se ověřují izolované účinné látky, tato studia bývají náročnější [18].

U některých hub byly prokázány účinky proti bakteriím, plísním, virům, vzniku a růstu nádorů, alergiím, zánětům, sklerotickým pochodům v cévách; dále účinky pro snižování hladiny krevního cukru, ochraně jater vůči škodlivým látkám. Houby mohou pozitivně působit na střevní mikrobiotu [18, 21].

Houby kumulují minerální látky. Jsou považovány za dobrý zdroj vitaminů, především skupiny B a vitamínu D. Dalšími cennými látkami obsaženými v houbách jsou například antioxidanty, polyfenoly, fenolové kyseliny, lipidy a terpenoidy [8].

Extrakty z hub se využívají pro funkční potraviny, nutraceutika, v medicíně, do doplňků stravy. Používají se také jako prostředky při ochraně rostlin a v kosmetice [8].

2 ZKOUMANÉ LÁTKY V HOUBÁCH

2.1 Antioxidanty

Antioxidanty jsou látky prodlužující údržnost. Chrání určité složky potravin před oxidací, zejména lipidy a vitaminy [36].

Projevem oxidace je žluknutí přítomných tuků a dalších snadno se oxidujících složek, například vonných látek. Oxidace lipidů vyvolává další chemické změny, které negativně ovlivňují výživovou, hygienicko-toxikologickou a sensorickou hodnotu (vůni, chuť a barvu). Nejvíce jsou ohroženy suroviny s vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin a suroviny zpracovávané při vyšších teplotách. Nevhodné je také dlouhodobé působení světla, vzduchu a přítomnost mikroorganismů; vznikají tak kyslíkové i nekyslíkové radikály, které ovlivňují negativně lidské zdraví. Cílem je tyto záporné radikály eliminovat. K negativním vlivům dále dochází během výroby, skladování a nevhodné kulinární úpravy potravinářských surovin. Oxidací esenciálních mastných kyselin může však také vznikat aroma žádoucí; například u ovoce, zeleniny a hub [36, 37].

2.1.1 Klasifikace antioxidantů

Antioxidanty interferují s procesem oxidace lipidů a jiných oxylabilních sloučenin tak, že reagují s volnými radikály, redukují vzniklé hydroperoxy, váží do komplexů katalyticky působící kovy nebo eliminují přítomný kyslík [36].

Antioxidanty se dělí podle původu na přírodní a syntetické. Podle struktury se antioxidanty dělí na fenolové, endioly a ostatní [36, 38].

Mezi nejvýznamnější syntetické antioxidanty patří BHA, BHT, TBHQ a galláty. Mezi nejvýznamnější přírodní antioxidanty patří jednoduché fenoly, fenolové kyseliny a jejich deriváty, lignany, kurkuminoidy, terpenoidy a flavonoidy. Biologické materiály obsahují i další látky s antioxidačními účinky, jako například karotenoidy, polyeny, vitaminy (A, C a E), minerální látky, dusíkaté a sírné sloučeniny [36, 39].

Antioxidanty mohou být dále děleny podle místa účinku na působící mimo organismus a na působící v organismu. Dále dle mechanismu účinku na primární

antioxidanty, sekundární antioxidanty, sloučeniny vážící přechodné kovy a sloučeniny eliminující přítomný kyslík [37].

2.1.2 Zdravotní hodnocení

Hodnota antioxidantů se uvádí v ADI [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]. Hodnocení přírodních fenolových látek je značně problematické. Celá řada z nich jsou biologicky aktivní látky. Některé jsou ochranou rostlin proti virovým a mikrobiálním infekcím [36].

Antioxidanty vykazují spasmolytické, protizánětlivé a protinádorové účinky. Dále zpomalují proces stárnutí, snižují riziko vzniku nemocí srdce a artritidy. Oddalují a snižují pravděpodobnost vzniku jmenovaných nemocí [36, 40].

Antioxidanty ničí škodlivé volné radikály v těle a zvyšují ochranu proti nim. Antioxidanty snižují možnost vzniku rakoviny, koronárních chorob srdce, hypertenze, aterosklerózy, astmatu, autoimunitních chorob, revmatické artritidy, Alzheimerovy choroby, šedého zákalu, Parkinsonovy choroby, cukrovky, obezity a zpomalují proces stárnutí. Napomáhají tak aktivnímu prožití stáří ve zdraví. Zabraňují oxidaci buněk. Fungují jako synergisté, to znamená že, se jejich funkce navzájem propojují a zvyšuje se tak jejich pozitivní účinek na lidské zdraví [37, 40, 41, 42].

2.1.3 Antioxidační aktivita hub

Houby jsou bohatým zdrojem bioaktivních sloučenin s obrovským množstvím chemických struktur. Antioxidační kapacita je zjišťována buď z vodných výluhů, což je srovnatelné s přípravou hub jako potravin nebo z extraktů získaných působením rozpouštědel, například metanolem či etanolem. Nejvyšší antioxidační aktivita u hub z jihovýchodních zemí Asie byla zaznamenána v hlívě ústříčné a především v žampionu dvouvýtrusém. Účinnost extraktů některých druhů pěstovaných hub je tak vysoká, že se o nich uvažuje jako přídatku pro ochranu rostlinných olejů před žluknutím. Antioxidační aktivita u volně rostoucích hub není tak probádaná jako u hub pěstovaných. Hodnoty naměřených druhů se liší. Vyšší účinnost byla zaznamenána u hříbu smrkového a nižší u lišky obecné (Portugalsko). V Turecku bylo zjištěno, že větší antioxidační aktivitu mají klobouky než třeně, konkrétně u ryzce pravého a čirůvky zelánky [18, 43].

Antioxidační přínos může být ovlivněn enzymy hub (polyfenoloxidázou a peroxidázou). Enzymy katalyzují přeměnu antioxidantů na látky se sníženou účinností nebo na látky neúčinné. Enzymy jsou aktivovány mechanickým porušením pletiva (pomačkání, nakrájení), dále krystalky ledu při pomrznutí v přírodě či při konzervaci zmrazením. Činnost enzymů je možno potlačit tepelnou úpravou. Prodlevy mezi krájením a tepelným zpracováním by tedy měly být co nejkratší [18].

2.2 Fenoly

Fenoly (polyfenoly, fenolové sloučeniny) jsou látky s jedním nebo více benzoovými kruhy substituovanými jednou (monofenoly), dvěma (digenoly) nebo více (polyfenoly) hydroxylovými skupinami a jejich funkční deriváty (estery, glykosidy, atd.) Z hlediska stránky chemické se jedná o velice heterogenní skupinu sloučenin [36, 37].

Fenoly jsou součástí všech potravin. Mají funkci vonných látek. Jedná se o jednoduché fenoly, které vznikají jako degradační produkty fenolových kyselin, produkty jejich reakce (aldehydy, alkoholy) a další deriváty hydroxyfenolových sloučenin. Fenoly jsou také významné chuťové látky, jako například kondenzované třísloviny zvané flavolany, které jsou nositeli trpké chuti. Dále jsou přírodními barvivy. Mezi ně patří chinony, lignany, flavonoidy a jiné příbuzné stilbeny a xanthony [36].

Některé se vyznačují biologickými účinky. Rostliny je využívají jako obranné látky. Jsou esenciální pro fyziologii a buněčný metabolismus rostlin. Podílí se na struktuře rostlin, opylování, odolnosti proti škůdcům a predátorům. Fungují jako fotoprotektivní ochrana [37].

2.2.1 Vliv fenolů na lidské zdraví

Fenoly mají významný vliv na lidský organismus. Působí protizánětlivě, antioxidačně, antialergicky, antimikrobiálně, antivirově a antihormonálně. Podílejí se na přenosu buněčného signálu a také mají antimutagenní, antikarcinogenní a antineoplastické účinky. Shromažďují se v tenkém střevě a později v játrech, což napomáhá detoxikaci [37, 43].

Některé fenoly jsou ale toxické (blokují oxidativní fosforylaci, vykazují nefrotoxické účinky a mohou působit jako karcinogeny). Některé z alkyl a alkenyl derivátů fenolů, katecholů a resorcinolů vyvolávají alergické dermatitidy [36].

2.2.2 Jednoduché fenoly (C_6C_0)

Samotný fenol je jako antioxidant málo účinný. Jednoduché přírodní fenoly jsou nejčastěji odvozeny od trihydroxy sloučenin pyrogallolu a floroglucinolu. Substituce alkylovými skupinami v o- nebo m- poloze zvyšuje schopnost fenolové sloučeniny reagovat s volnými radikály. Také vzájemné sloučeniny fenolů si mohou zachovat antioxidační aktivitu nebo ji mít i vyšší [37].

Mezi tyto jednoduché fenoly patří hydrochinon, guajakol, isoeugenol a salicylaldehyd. Tyto fenoly jsou používány zejména k uzení potravin. Mají antimikrobiální a antioxidační aktivitu. Významné jsou také fenoly vyskytující se v koření, jako například thymol a karvakrol [36, 37].

2.3 Fenolové kyseliny a jejich deriváty

Fenolové kyseliny jsou složeny z benzenového kruhu, karboxylové skupiny a mají jednu nebo více hydroxylových nebo methoxylových skupin v molekule. Fenolové kyseliny mohou být rozděleny do dvou skupin. První skupinou jsou kyseliny benzoové se strukturou C_6 až C_1 . Jsou to nejjednodušší přírodní fenolové kyseliny a jsou nejvíce zastoupené v zelenině. Druhou skupinou jsou kyseliny skořicové se strukturou C_6 až C_3 . Jsou běžnou součástí všech rostlinných materiálů. Nejčastěji se vyskytují jako kyselina p-kumarová, ferulová, kávová a sinapová. Fenolové kyseliny mohou v lidské stravě tvořit okolo jedné třetiny fenolových sloučenin [36, 37].

Vzhledem k bioaktivním vlastnostem jsou fenolové kyseliny rozsáhle studovány a existují důkazy o jejich roli v prevenci nemocí. Tyto sloučeniny cirkulují v organismu jako sekundární metabolity a vykazují vyšší nebo nižší biologickou aktivitu. K objasnění důležitosti metabolismu fenolových kyselin je znalost biologické aktivity metabolitů nesmírně důležitá. Jsou vytvářeny jako ochrana před UV zářením, hmyzem, viry a bakteriemi. Fenolové kyseliny a jejich estery mají vysokou antioxidační aktivitu, vykazují účinky primárních antioxidantů. S vyšším počtem hydroxylových skupin je aktivita

obvykle zvyšována. Hydroxylované skořicové kyseliny bývají efektivnější antioxidanty (například kyselina kávová) než obdobné kyseliny benzoové. Kromě esterů vykazují antioxidační aktivitu další deriváty fenolových kyselin, jako jsou například amidy a glykosidy [36, 37, 43].

Mezi nejvýznamnější deriváty kyseliny benzoové C_6H_5-COOH patří: salicylová, protokatechová, vanilová, syringová, gallová a 4-hydroxybenzoová kyselina. Mezi nejvýznamnější deriváty kyseliny skořicové $C_6H_5-CH=CH-COOH$ patří: kávová, ferulová, sinapová, p-kumarová a o-kumarová kyselina [37].

2.3.1 Rozdělení fenolových sloučenin

Fenolové sloučeniny lze různě dělit klasifikovat. Podle distribuce v přírodě mohou být fenolové sloučeniny rozděleny na málo rozšířené, značně rozšířené a polymerní. Podle lokalizace a chemické struktury mohou být děleny na rozpustné a nerozpustné. Tato klasifikace je užitečná z hlediska výživového. Podle struktury molekuly mohou být fenoly děleny do devíti skupin: fenoly, fenolové kyseliny a fenylctové kyseliny; skořicové kyseliny, kumariny, isokumariny a chromany; lignany; flavonidy; lignin; tanniny; benzofenoly, xanthony a stilbeny; chinony; betakyaniny. Nejpréhlednějším tříděním je třídění podle počtu uhlíků v základním skeletu molekuly fenolové látky [37].

2.3.2 Obsah fenolových sloučenin v houbách

Fenolové sloučeniny jsou přítomny téměř ve všech potravinách získaných z rostlin, což představuje významnou část lidské stravy. Průměrný příjem kyseliny fenolové v lidské stravě je řádově 200 mg/den. V houbách se většinou vyskytují ve volné formě a jsou hlavními přítomnými látkami s antioxidační aktivitou. Obsah fenolových sloučenin v houbách je ve srovnání s rostlinami nižší. Například pro žampion dvouvýtrusý byly zaznamenány pouze nízké obsahy flavonoidů a lignanů. Dále byl zaznamenán obsah kyseliny skořicové, p-hydroxybenzoové, protokatechuové a kávové. Naměřené hodnoty činily jednotky až desítky mikrogramů ve 100 g čerstvých hub. Pro srovnání bylo provedeno zjištění celkového obsahu fenolů v sušených pravých hříbech. Naměřená hodnota činila 900 až 1700 mg ve 100 g sušiny. Řada fenolových látek jsou nositeli žádoucích antioxidačních účinků [18, 21, 43].

Obsah celkových fenolů vyjádřených jako kyselina gallová byl stanoven na 4,3 mg.g⁻¹ sušiny pro hlívu ústříčnou, 8 mg.g⁻¹ sušiny pro žampion dvouvýtrusý bílý a 9,9 mg.g⁻¹ sušiny pro žampion dvouvýtrusý hnědý [18].

Tabulka 1 Obsah celkových fenolů vyjádřených jako kyselina gallová (mg.g⁻¹ sušiny) ve srovnání s ostatními druhy pěstovaných hub [18].

Druh	Celkové fenoly [mg.g ⁻¹]
Hlíva ústříčná	4,3
Houževnatec jedlý	4,3
Žampion dvouvýtrusý bílý	8,0
Žampion dvouvýtrusý hnědý	9,9
Trsnatec lupenitý	4,2

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je změřit a vyhodnotit obsah sušiny a bioaktivních látek v pěstovaných druzích hub, které jsou prospěšné pro lidské zdraví. Pro výzkum byly zvoleny hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) a žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) jako nejobvyklejší a nejoblíbenější pěstované druhy hub. Cílem diplomové práce je také porovnat, jak technologické či gastronomické úpravy hub ovlivňují obsah sušiny a bioaktivních látek a jaký vliv má stádium vývoje sklizené plodnice na tyto měřené parametry. Hlíva ústříčná a žampion dvouvýtrusý jsou porovnány vzájemně.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Odběr vzorků

Pěstované houby hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) a žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) byly získány od společnosti SPOREA s.r.o. v Lukově (Zlínský kraj). Komunikace a osobní předání probíhalo s panem jednatelem Vladimírem Jantulou. Houby ve všech vývojových fázích byly po sklizni transportovány v ranních hodinách a byly ihned zpracovávány pro chemickou analýzu, aby docházelo k co nejmenšímu ovlivňování obsahu měřených látek.

Tabulka 2 Schéma měření diplomové práce

Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)		Vzájemné porovnání druhů	Žampion dvouvýtrusý (<i>Agaricus bisporus</i>)	
Měřené parametry	Sušina		Měřené parametry	Sušina
	Antioxidační aktivita			Antioxidační aktivita
	Obsah fenolů			Obsah fenolů
	Obsah fenolových kyselin			Obsah fenolových kyselin
Technologická či gastronomická úprava	Čerstvé (Č)		Technologická či gastronomická úprava	Čerstvé (Č)
	Vařené (V)			Vařené (V)
	Sušené (Su)			Sušené (Su)
	Skladované (z čerstvých, Skl)			Skladované (z čerstvých, Skl)
Den měření vývojových stadií plodnic	1. (Č, V, Su)		Den měření vývojových stadií plodnic	1. (Č, V, Su)
	3. (Č, V, Su)	3. (Č, V, Su)		
	5. (Č, V, Su, Skl)	5. (Č, V, Su, Skl)		
	7. (Č, V, Su, Skl)	7. (Č, V, Su, Skl)		
	9. (Skl)	9. (Skl)		
	11. (Skl)	11. (Skl)		



Obrázek 12 Srovnání vzorků hlívy ústříčné (horní řada) a žampionu dvouvýtrusého (dolní řada) ve vývojových stádiích 1. až 7. dne (zleva doprava) nachystané pro přípravu vzorků

Poznámky:

Skladované houby jsou odebírány z hub čerstvých. Jsou to tedy vždy houby z totožné sklizně. Tyto odebrané houby byly vystaveny skladování v chladničce vždy do 5. dne ode dne sklizně.

Proto den měření průběhu výzkumu v grafu odpovídá dnu vývojové fáze plodnice houby v diskusi:

5. den výzkumu = 1. den vývoje

7. den výzkumu = 3. den vývoje

9. den výzkumu = 5. den vývoje

11. den výzkumu = 7. den vývoje

4.2 Příprava vzorků před chemickou analýzou

Plodnice byly ihned po převozu do laboratoře Fakulty technologické ve Zlíně zpracovávány na chemickou analýzu. Pro čerstvý stav byly nejprve očištěny a silně znečištěné plodnice byly lehce omyty vodou. Z různých plodnic byly vybrány jejich odlišné části plodnice. Nejvhodnějším způsobem homogenizace bylo krájení nožem, houby byly kluzké a zaujímaly houževnaté postavení. Byly co nejvíce rozmělněny. U hub vařených a skladovaných předcházela jejich úprava. Houby pro skladování byly přechodně vloženy do lednice, následně po uplynutí časového intervalu probíhal stejný postup přípravy.

Houby upravené vařením byly povařeny ve vodě po dobu 20 minut a následně byla provedena zmíněná homogenizace. Houby upravené sušením byly před homogenizací nakrájeny na plátky a sušeny v sušárně do druhého dne při teplotě 40 °C po dobu 16 hodin.

Vzorky v současném stavu byly analyticky naváženy s přesností na 4 desetinná místa. Pro stanovení obsahu sušiny byl navažován 1 g do mističek. Pro získání filtrátu pro stanovení antioxidační aktivity, obsahu polyfenolů a fenolových kyselin byly navažovány 2 g do vialek.

4.2.1 Získání filtrátu pro stanovení antioxidační aktivity, obsahu polyfenolů a fenolových kyselin

Navážené vzorky byly smíchány s 10 ml metanolu ve vialkách. Vialky byly vloženy do třepačky a byly protřepávány při teplotě 50 °C po dobu 1 hodiny.

Po vyjmutí vialek ze třepačky se nechaly vialky se vzorkem zchladnout. Přes složené filtrační papíry v nálevkách byly vzorky zfiltrány do nových nachystaných vialek.

Filtráty byly uzavřeny a uchovávány v lednici při teplotě 6 °C do následného měření antioxidační aktivity, polyfenolů a fenolových kyselin.

4.3 Návod stanovení obsahu sušiny

Princip:

Za sušinu je považována hmotnost vzorku po odstranění vody. Dochází tak k úbytku vlhkosti za stanovených podmínek. Sušina je stanovena vážkově.

Pracovní postup:

Misky jsou předsušeny a zváženy. Na analytických vahách je navážen na miskách 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Misky jsou přeneseny do předem vyhřáté sušárny na 130 °C a vzorek je vysoušen 1 hodinu. Po uplynutí času jsou misky přeneseny do exsikátoru. Po vychladnutí jsou z exsikátoru vyndány a zváženy. Výsledná sušina je průměrem ze 3 stanovení pro každý z 24 měřených vzorků.

Stanovení sušiny se neprovádí u úpravy sušením, neboť postrádá význam.

Výpočet:

$$100 - \left(\frac{m_1 + m_2 - m_3}{m_2} * 100 \right) = x [\%]$$

kde:

m_1 = prázdná miska [g]

m_2 = vzorek [g]

m_3 = miska + vzorek po sušení [g]

x = obsah sušiny [%]

Porovnání výsledku stanovení obsahu sušiny v jednotlivých vzorcích je uvedeno v [%] ve stavu DM. Srovnání úprav vaření a skladování oproti houbám ve stavu čerstvém.

4.4 Návod stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Princip:

Antioxidanty (AO) jsou ochranou před působením exogenních i endogenních volných radikálů. AO jsou molekuly, které jsou-li přítomny v malých koncentracích ve srovnání s látkami, jež by měly chránit, mohou zabraňovat nebo omezovat oxidační destrukci těchto látek.

K antioxidačním látkám se například řadí glutation, kyselina močová, koenzym Q, vitaminy C a E, karotenoidy a také polyfenolické látky.

Obvykle jsou přírodní AO přijímány jako součást složitých směsí, jejichž složky mohou reagovat s různými radikály různými mechanismy a mohou na sebe navzájem působit synergicky i inhibičně. Proto je snaha charakterizovat antioxidační aktivitu směsných vzorků jako celek.

Metody stanovení se dělí na metody hodnotící schopnost eliminovat radikály (DPPH) a metody posuzující redoxní vlastnosti látek.

Celková antioxidační aktivita kvantifikuje kapacitu vzorku biologického materiálu eliminovat volné radikály.

Antioxidační aktivita metodou DPPH spočívá v reakci testované látky s DPPH (stabilní volný radikál 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl). V metanolovém roztoku je v barevné radikálové formě DPPH• a vykazuje silnou adsorpci v UV/VIS spektru. Redukce DPPH antioxidantem se projevuje odbarvením roztoku, které se měří spektrofotometricky při $\lambda = 515$ nm.

Pracovní postup:

Příprava zásobního roztoku DPPH:

Navážka 0,024 g DPPH do 100 ml metanolu, promíchat, lze uchovat v mrazáku při -18°C

Příprava pracovního roztoku DPPH:

10 ml zásobního roztoku DPPH smíchat s 45 ml metanolu a namíchání většího množství v tomto poměru dle počtu měřených vzorků

Do zkumavky:

Napipetovat 0,42 ml (420 μ l) vzorku (lze měnit dle potřeby) a přidat 4 ml pracovního roztoku

Zvortexovat a dát na 60 minut do tmy

Antioxidační aktivita je stanovována šestkrát pro každý z 32 měřených vzorků a výsledná antioxidační aktivita je průměrem ze 6 měření každého vzorku.

Měření:

Měřit při $\lambda = 515$ nm

Proměřit slepý vzorek – blank = vše bez extraktu vzorku

1) Změřit absorbanci pracovního roztoku proti metanolu = A_0

2) Změřit vzorky proti metanolu = A_1

Měření vzorků dle postupu

Výpočet:

$$\text{Inaktivace [\%]}: \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100$$

Kalibrace:

Kalibrace se provádí stejným způsobem jako stanovení vzorků, místo vzorku jsou ale použity jednotlivé koncentrace standardu (jako standard je použit Trolox v metanolu).

Koncentrace:

zásobní roztok je složen z 0,02 g Troloxu a 200 ml metanolu

ředění bylo provedeno na koncentrace: 100 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 60 mg.l⁻¹, 40 mg.l⁻¹, 20 mg.l⁻¹

Sestavení kalibrační přímky:

osa x = koncentrace kyseliny

osa y = úbytek absorbance vyjádřený v % (viz výpočet výše)

Výsledky obsahu antioxidantů jsou uvedeny v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ve stavu FW (antioxidační aktivita vyjádřená jako ekvivalent redukční účinnosti standardu – Troloxu ve vzorku). Absorbance je bezrozměrná veličina. Roztoky jsou připravovány tak, aby se naměřená absorbance pohybovala od 0,1 do 1. Kalibrační přímka začíná od 0.

4.5 Návod stanovení obsahu polyfenolů metodou Folin-Ciocalteu

Princip:

Fenolické látky se řadí do skupiny antioxidantů (AO). Jedná se o vytvářené sekundární metabolity, které slouží k obraně. Mají významnou fungicidní, baktericidní a virocidní účinnost. Celkový denní příjem polyfenolů byl odhadnut na 1 g. Je tedy vyšší než příjem antioxidantních vitaminů.

Fenoly jsou v alkalickém prostředí oxidovány Folin-Ciocalteu (FC) činidlem. Činidlo je tvořeno směsí kyseliny fosforečno-wolframové a kyseliny fosforečno-molybdenové, ta se po oxidaci redukuje na směs (polymerní komplex) modrých oxidů wolframu a molybdenu. Dochází tak ke snížení oxidačního čísla molybdenu. FC činidlo nereaguje specificky s fenoly a také s většinou redukujících molekul (kyselina askorbová). TPC je tedy výborně korelován s ostatními testy pro stanovení antioxidantní aktivity.

Vzniklé modré zbarvení silně absorbuje v oblasti $\lambda = 765 \text{ nm}$ a je úměrné celkovému množství původně přítomných fenolových sloučenin.

Pracovní postup:

Do odměrných baněk o objemu 10 ml:

Slepý pokus – blank: Do 10 ml odměrné baňky asi 5 ml destilované vody; 0,5 ml FC činidla; 1,5 ml 20% Na_2CO_3 ; doplnit destilovanou vodou po rysku

Vlastní měření vzorků nebo kalibrační křivky: Do 10 ml odměrné baňky: 0,5 ml (500 μl) vzorku; asi 5 ml destilované vody; 0,5 ml FC činidla; 1,5 ml 20% Na_2CO_3 ; doplnit destilovanou vodou po rysku

Měřit po 30 minutách po přidavku vzorku nebo standardu

Obsah polyfenolů je stanovován čtyřikrát pro každý z 32 měřených vzorků a výsledný obsah polyfenolů je průměrem ze 4 měření každého vzorku.

Měření:

Měřit při $\lambda=765 \text{ nm}$

Proměřit slepý vzorek – blank = vše bez extraktu vzorku

Měření vzorků dle postupu

Kalibrace:

Kalibrace se provádí stejným postupem jako stanovení vzorků, místo vzorku jsou ale použity jednotlivé koncentrace standardu. Jako standard je použita kyseliny gallové v extrakční směsi.

Koncentrace:

Zásobní roztok je složen z: 0,08 g kyseliny gallové ve 100 ml extrakční směsi

Ředění bylo provedeno na koncentrace: 240 mg.l⁻¹, 160 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 40 mg.l⁻¹, 20 mg.l⁻¹

Sestavení Kalibrační přímky:

osa x = koncentrace kyseliny

osa y = naměřená hodnota absorbance

Do Excelu zadat parametry:

„Zobrazit rovnici regrese“ ($y = kx + q$)

„Zobrazit hodnotu spolehlivosti R“

Hodnota spolehlivosti R by se co nejvíce měla blížit 1

Výsledky obsahu polyfenolů jsou uvedeny v mg.g⁻¹ ve stavu FW (obsah polyfenolů ve vzorku vyjádřený jako ekvivalent standardu - kyseliny gallové). Absorbance je bezrozměrná veličina. Roztoky jsou připravovány tak, aby se naměřená absorbance pohybovala od 0,1 do 1. Kalibrační přímka začíná od 0.

4.6 Návod stanovení obsahu fenolových kyselin

Princip:

Pro stanovení fenolových kyselin je využívána metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie HPLC. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších separačních metod. Taková separace má schopnost s vysokou efektivitou a v krátkém čase rozdělit směsi. K měření slouží zařízení HPLC chromatograf. Data jsou zaznamenána detektorem a následně přenesena do počítačového programu, kde jsou vyhodnocena pomocí ploch píků v retenčních časech.

Pracovní postup:

Měřeno na: U-HPLC Dionex Ultimate 3000; detektor UV/VIS, DAD; kolona Phenomenex Kinetex

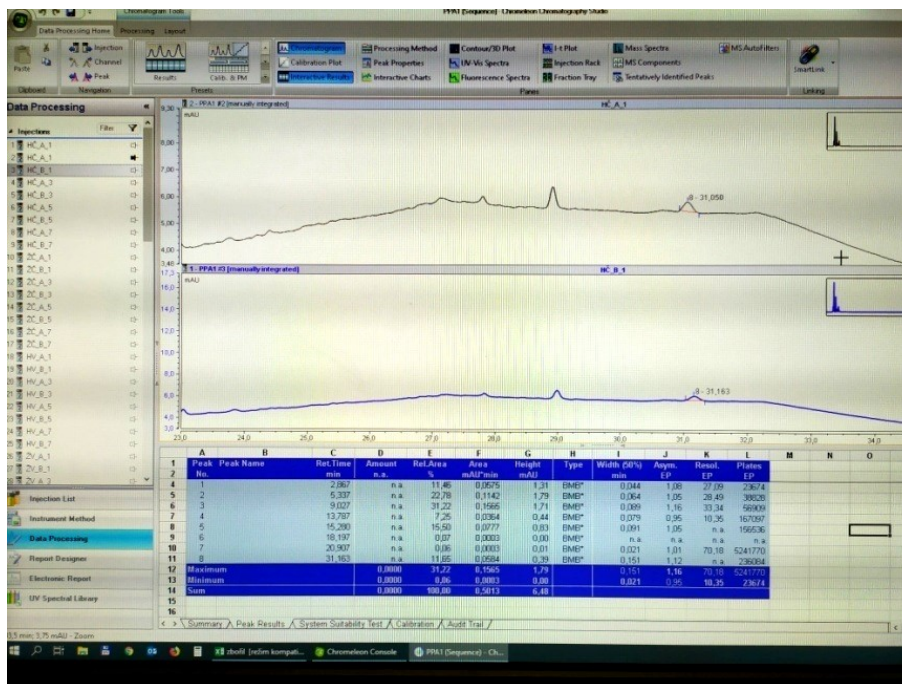
Měřeno při: $\lambda = 275 \text{ nm}$; průtoku $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$; délce analýzy 45 minut, teplotě kolony $30 \text{ }^\circ\text{C}$ a nástřiku $10 \mu\text{l}$

Mobilní fáze: MF A: 99/1 (voda/kyselina octová ledová 99,8%) a MF B: 67/32/1 (voda/acetonitril/kyselina octová 99,8%)

Obsah fenolových kyselin je stanovován čtyřikrát pro každý z 32 měřených vzorků a výsledný obsah fenolových kyselin je průměrem ze 4 měření každého vzorku.

Vyhodnocení:

Vyhodnocení probíhá na stolním počítači v programem Chromeleon 7 (určení plochy píku v retenčním čase a určení fenolové kyseliny) a v programu Microsoft Excel (výpočet obsahu fenolové kyseliny ve vzorku a zpracování výsledků).



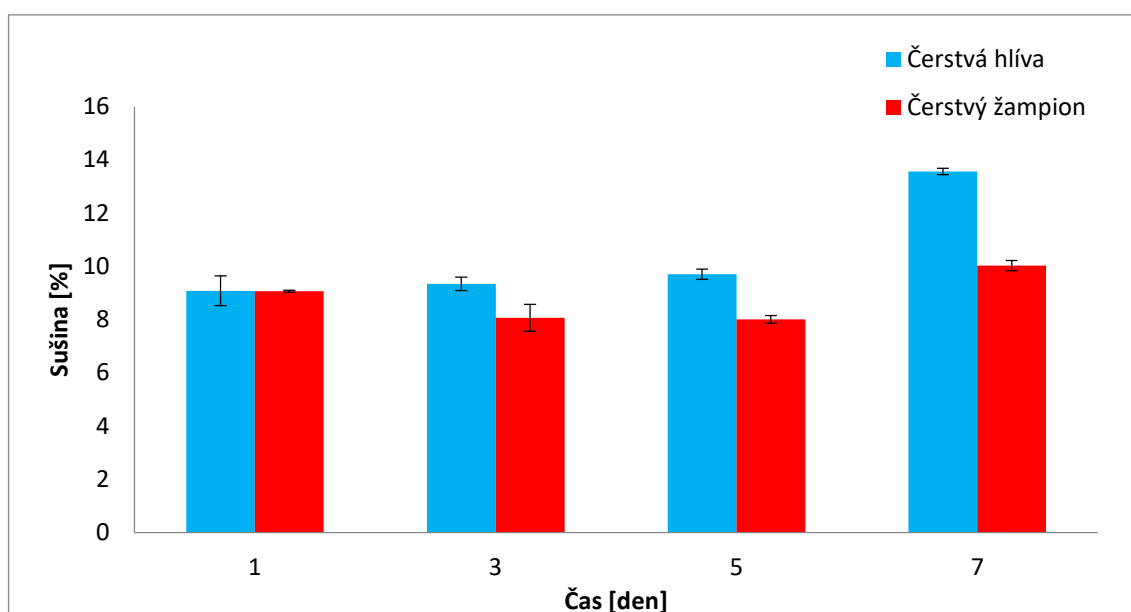
Obrázek 13 Vyhodnocování obsahu fenolových kyselin pomocí počítačového programu Chromeleon 7 na půdě Fakulty technologické ve Zlíně

Výsledky obsahu fenolových kyselin jsou uvedeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ve stavu FW. Je uvedena odlišnost zastoupení obsahu fenolových kyselin v jednotlivých vzorcích. Jsou porovnány nejvyšší, nejnižší a nedetekované hodnoty.

5 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE

Naměřené hodnoty pro sušené houby byly přepočteny ze stavu v sušině - Dry Matter (DM) na hodnoty ve stavu čerstvém - Fresh Weight (FW). Tak byly získány hodnoty čerstvých, vařených, sušených a skladovaných hub v totožném stavu, tedy FW, aby mohly být porovnány a hodnoceny.

5.1 Stanovení obsahu sušiny

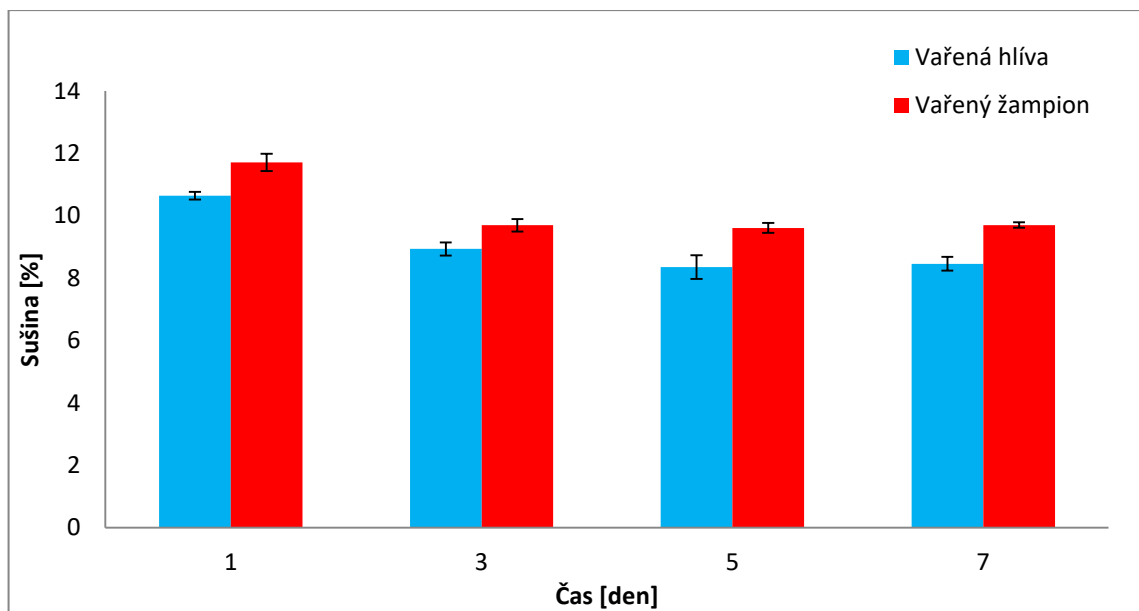


Graf 1 Závislost obsahu sušiny čerstvých hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah sušiny čerstvé hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) s vývojem plodnice narůstá. Sušina dosáhla nejvyšší hodnoty v 7. dni sklizně a činila 13,57 %.

Z grafu vyplývá, že se obsah sušiny čerstvého žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) výrazně nemění. Nejnižší naměřená hodnota je 8,00 % v 5. dni sklizně a nejvyšší naměřená hodnota je 10,03 % v 7. dni sklizně. Rozdíl těchto hodnot činí 1,97 %.

S každým dnem vývojového stádia vzniká větší rozdíl v obsahu sušiny mezi hlívou ústřičnou a žampionem dvouvýtrusým, přičemž hlíva ústřičná nabývá vyšších hodnot. Z toho vyplývá, že u hlívy ústřičné dochází během vývoje k vyšší redukci vody než u žampionu dvouvýtrusého.

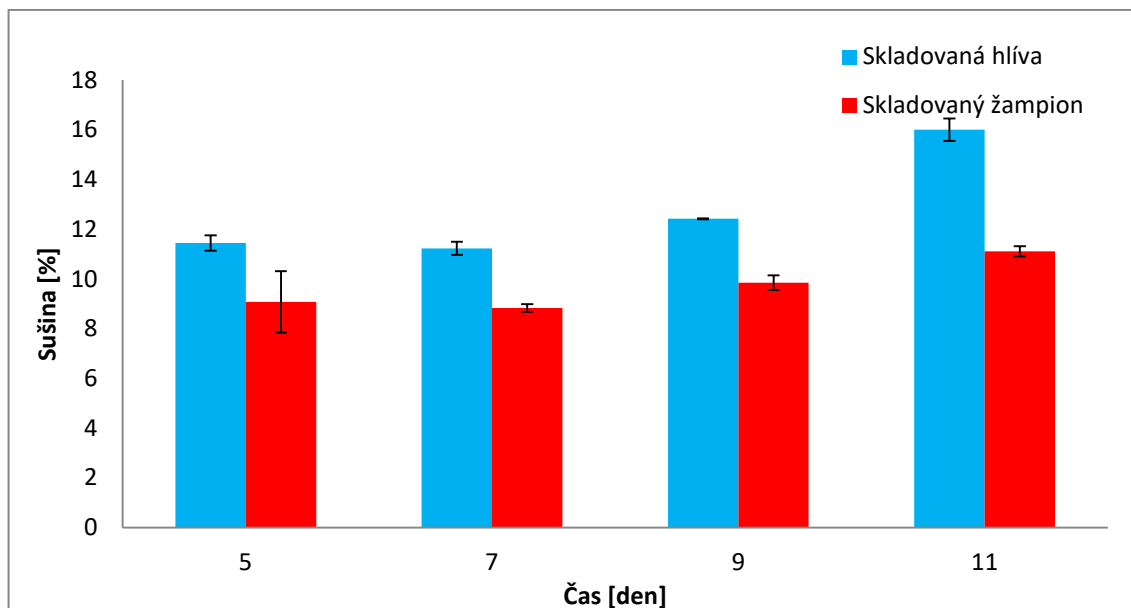


Graf 2 Závislost obsahu sušiny vařených hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah sušiny vařené hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) s vývojem plodnice klesá. Zanedbatelnou odchylkou je pouze 5. a 7. den vývoje. Nejvyšší hodnota sušiny je zaznamenána v 1. dni vývoje a činí 10,64 %.

Pro obsah sušiny vařeného žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) platí stejné pravidlo. Hodnoty mají klesající průběh s vývojem plodnice. Výjimkou je opět pouze 5. a 7. den, kdy 7. den přesahuje mírně hodnoty dne 5. Nejvyšší hodnota je zaznamenána v prvním dni vývoje a činí 11,71 %.

Ve všech dnech má vařený žampion dvouvýtrusý vyšší obsah sušiny než vařená hlíva ústřičná. Vaření má vliv na obsah sušiny v houbách. Obsah sušiny s vývojem plodnic klesá. Odchylky mezi 5. a 7. dnem jsou způsobeny buď rozdílnou homogenizací krájení hub před vařením nebo je proměnlivé hospodaření hub s vodou během vývoje. Vzhledem k tomu že nastává stejná odchylka u obou dvou druhů, bude pravděpodobnější varianta proměnlivého hospodaření hub vodou během vývoje.

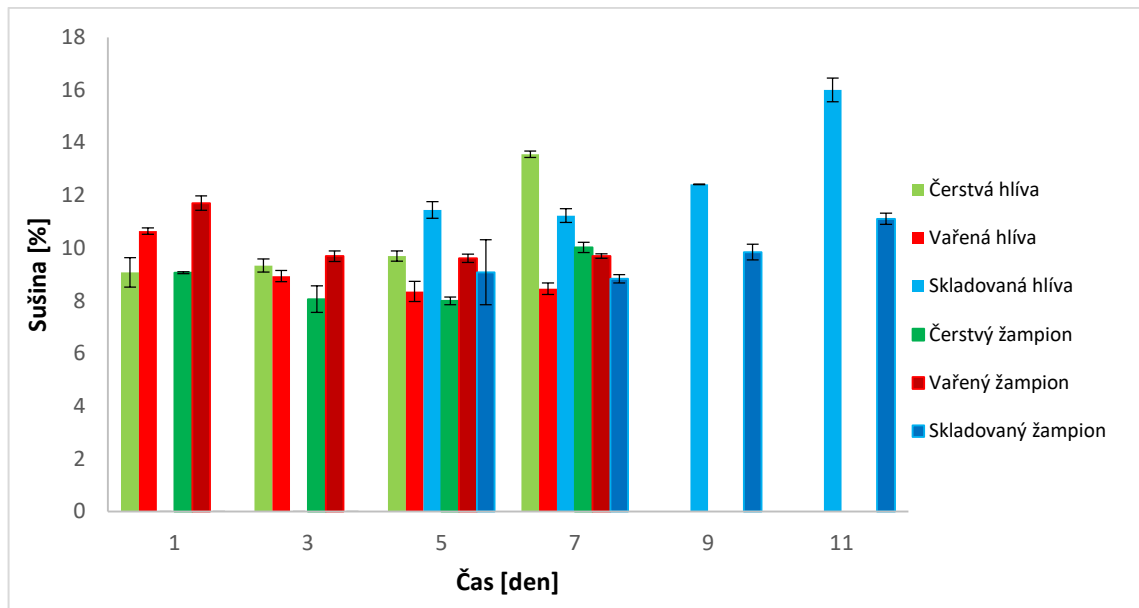


Graf 3 Závislost obsahu sušiny skladovaných hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah sušiny skladované hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) během vývoje plodnice narůstá. Výjimkou je pouze 1. a 3. den vývoje, kdy hodnota ve 3. dni vývoje je nižší než hodnota v 1. dni. Hlíva ústříčná dosahuje nejvyšší hodnoty sušiny v 7. dni vývoje a tato hodnota je rovna 16,01 %.

Z grafu vyplývá, že skladovaný žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) má stejně jako hlíva ústříčná obsah sušiny vyšší v 1. dni vývoje než ve 3. dni. Obsah sušiny jinak s fází vývoje narůstá. Žampion dvouvýtrusý dosahuje nejvyšší hodnoty sušiny v 7. dni vývoje a činí 11,11 %.

Ve všech dnech má skladovaná hlíva ústříčná vyšší hodnotu sušiny než skladovaný žampion dvouvýtrusý. Skladování má vliv na obsah sušiny v houbách. Obsah sušiny s vývojem plodnic narůstá. Odchytky mezi 1. a 3. dnem vývoje skladovaných plodnic jsou způsobeny hospodařením hub s vodou během vývoje a skladováním v lednici, kdy v houbě dochází k úbytku vody.



Graf 4 Shrnutí závislosti obsahu sušiny všech typů zpracování hub a obou druhů hub na dni sklizně

Celkově nejvyšší obsah sušiny byl zaznamenán u skladované hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) v 7. dni vývojové fáze plodnice. V ostatních jednotlivých dnech vývoje byl obsah sušiny skladované hlívy nejvyšší taktéž s výjimkou 1. dne vývojové fáze, kdy byl vyšší obsah sušiny u žampionu vařeného (*Agaricus bisporus*). Z toho vyplývá, že skladování má vliv na obsah sušiny a během něj dochází k redukci vody obsažené v plodnici.

Nejnižší obsah sušiny je zaznamenán ve 3. a 5. dni vývojové fáze plodnice u čerstvého žampionu dvouvýtrusého. V 1. dni vývojové fáze nabývá čerstvý žampion dvouvýtrusý podobných hodnot obsahu sušiny jako čerstvá hlíva a skladovaný žampion. Výjimkou je pouze den 7. vývojové fáze, kdy obsahuje méně sušiny vařená hlíva a vařený žampion. Z grafu vyplývá, že nejnižší zastoupení sušiny má žampion v čerstvém stavu a obsahuje nejvíce vody, přičemž v pozdní fázi vývoje dochází ke zvratu a vařením žampionu dvouvýtrusého ze 7. dne vývojové fáze dochází ke zvyšování obsahu vody v plodnici.

Čerstvé houby (FW) obsahují 70 až 95 % vody, a tedy 5 až 30 % sušiny. Po usušení se většina vody vypaří a hmotnost houby se sníží až desetkrát. Například z hlívy ústřičné a žampionu dvouvýtrusého je možno získat ze 100 g čerstvých hub 10 g hub sušených, což odpovídá 10 % sušiny [7, 18].

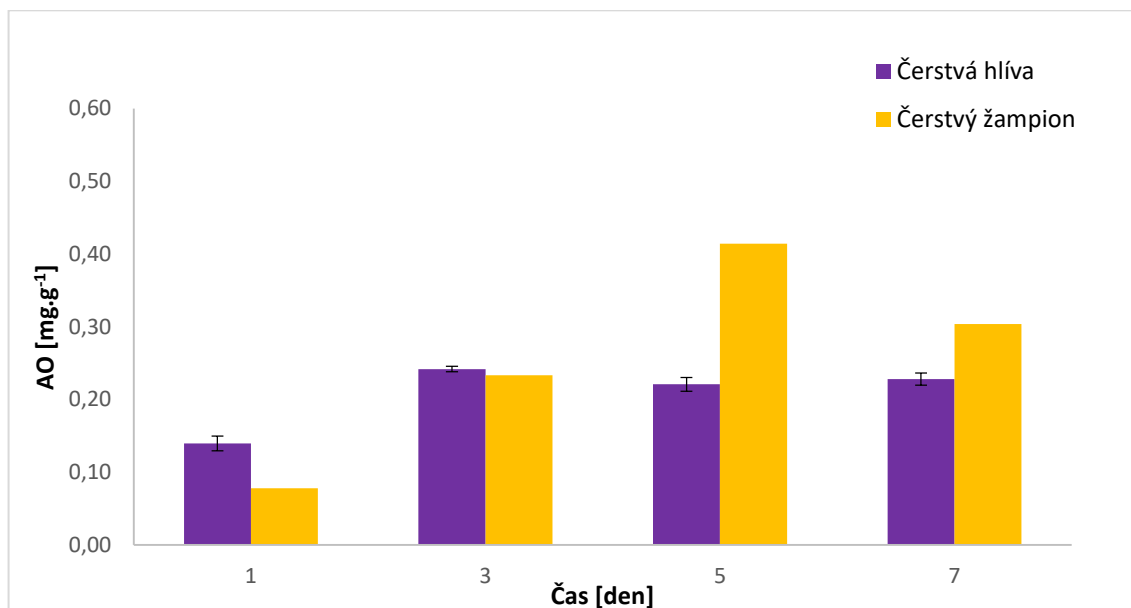
Z toho vyplývá, že všechny naměřené hodnoty sušiny všech měřených vzorků ve stavu FW spadají do rozmezí obsahu sušiny 5 až 30 %, jak uvádí autor P. Váňa [7]. Nejnižší hodnota sušiny 8,00 % je zaznamenána u čerstvého žampionu dvouvýtrusého v 5. dni vývojové fáze. Nejvyšší hodnota sušiny 16,01 % je zaznamenána u skladované hlívy ústříčné. Průměrná hodnota sušiny hub ve stavu FW všech vzorků je 10,16 %, což téměř odpovídá 10 %, jak uvádějí autoři P. Váňa a P. Kalač [7, 18].

Tepelné úpravy hub vedou k úbytkům hmotnosti. Desetiminutové povaření žampionu dvouvýtrusého ve vroucí vodě vedlo k poklesu hmotnosti asi o 30 %. Ztráty jsou způsobeny především úbytkem vody. Obsah sušiny v tepelně upravených houbách relativně vzrůstá. Z celkové hmotnosti vody v houbách představuje 90 % voda volná (kondenzovaná). To je právě forma vody, která je odstraňována během konzervačních postupů a při tepelných úpravách hub. Samovolně však nevytéká [18].

Dobře usušené houby (DM) obsahují pod 10 % vody a 90 % sušiny. Pro získání 100 g sušených hub se doporučuje mít k dispozici 1000 až 1300 g hub čerstvých ke zpracování. Sušené houby následně ochotně přijímají vodu z prostředí [3, 18, 34].

Podle informací z literatury P. Kalače vyplývá, že tepelná úprava vařením by měla mít vliv na nárůst sušiny v houbách [18]. V případě hlívy ústříčné platilo zmíněné pravidlo pouze v 1. dni vývojového stádia plodnice. V případě žampionu dvouvýtrusého platilo zmíněné pravidlo v 1., 3. a 5. dni vývojového stádia plodnice.

5.2 Stanovení antioxidantní aktivity

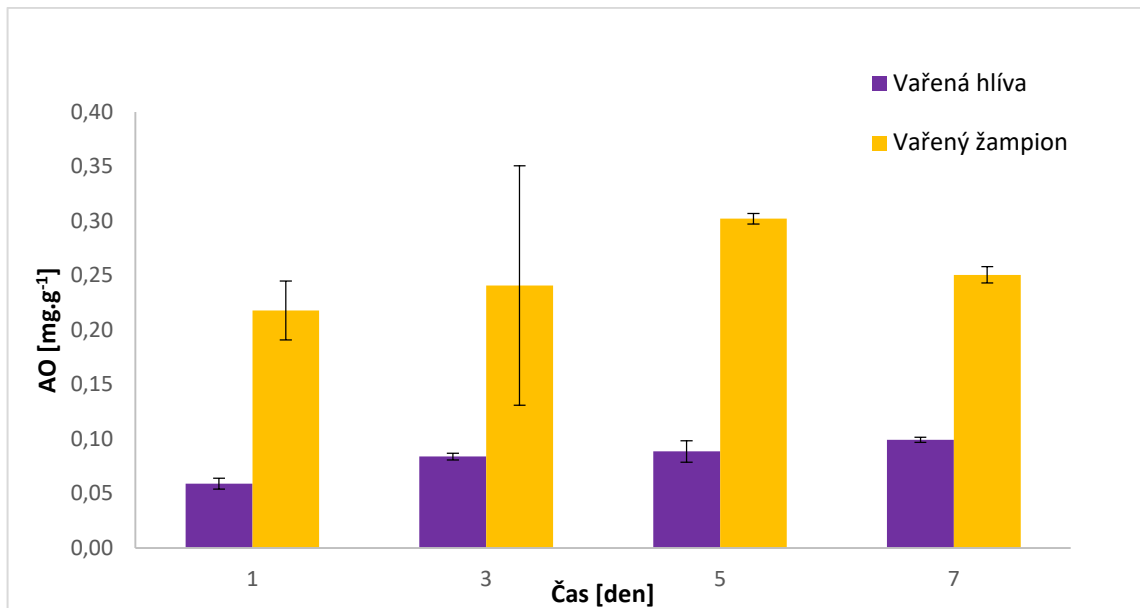


Graf 5 Závislost obsahu antioxidantů čerstvých hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah antioxidantů čerstvé hlívy ústřičné je (*Pleurotus ostreatus*) je během fází vývoje proměnlivý. Obsah antioxidantů je podobný u 3. až 7. dne vývoje. Výjimkou je 1. den vývoje, kdy nabývá obsah antioxidantů nižší hodnoty než ostatní dny vývoje. Nejvyšší hodnota obsahu antioxidantů u hlívy ústřičné je ve 3. dni vývojového stádia plodnice a nabývá hodnoty 0,24 mg.g⁻¹.

Pro čerstvý žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) platí rostoucí průběh obsahu antioxidantů s fází vývoje. Výjimkou je den 7., kdy je hodnota nižší než hodnota v 5. dni. V pozdní fázi vývoje tak obsah antioxidantů u žampionu již klesá. Nejvyšší hodnota antioxidantů je zaznamenána v 5. dni a činí 0,41 mg.g⁻¹.

Čerstvá hlíva ústřičná nemá tedy oproti čerstvému žampionu dvouvýtrusému pravidelný obsah antioxidantů ve vývojových fázích plodnice. Nejvyšší rozdíl obsahu antioxidantů mezi těmito druhy je zaznamenán ve dni 5. vývojové fáze.

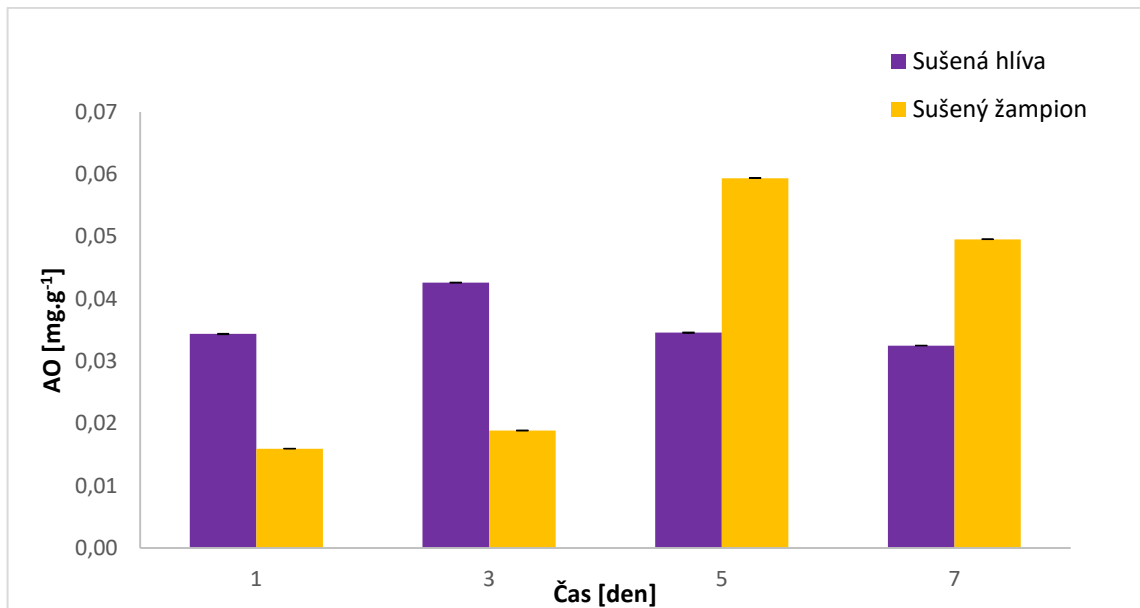


Graf 6 Závislost obsahu antioxidantů vařených hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že vařená hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) má ve vývojových fázích rostoucí obsah antioxidantů. Nárůst není ale tak výrazný. Nejvyšší naměřená hodnota antioxidantů u vařené hlívy ústříčné je naměřena v 7. dni fáze vývoje a činí $0,10 \text{ mg.g}^{-1}$.

Pro obsah antioxidantů u vařeného žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) platí narůstající průběh od 1. do 5. dne vývoje. V 7. dni pak obsah antioxidantů klesá. Nejvyšší hodnota antioxidantů je zaznamenána v 5. dni a činí $0,30 \text{ mg.g}^{-1}$.

Z grafu vyplývá, že žampion dvouvýtrusý snáší vaření v rámci obsahu antioxidantů daleko lépe než hlíva ústříčná. Ve srovnání obsahu antioxidantů vařených druhů nabývá žampion dvouvýtrusý několikanásobně vyšších hodnot než hlíva ústříčná v jednotlivých fázích vývoje.

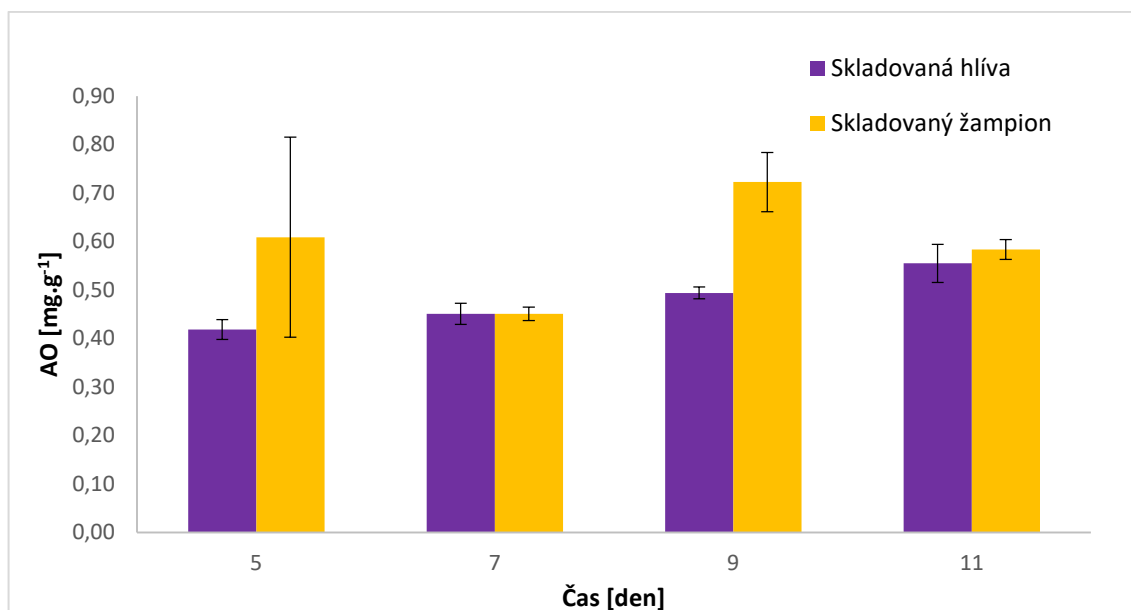


Graf 7 Závislost obsahu antioxidantů sušených hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že sušená hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) má klesající obsah antioxidantů od 3. dne vývoje plodnice, kdy je ve 3. dni obsah antioxidantů nejvyšší a nabývá hodnoty $0,04 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. V 1. dni fáze vývoje je obsah antioxidantů nižší než ve 3. dni.

Pro sušený žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) není zaznamenána žádná pravidelnost obsahu antioxidantů. Nejvyšší obsah antioxidantů je zaznamenán v 5. dni vývoje a činí $0,06 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Zde je vidět vyšší rozdíl v obsahu antioxidantů oproti vývojové fázi ze 3. dne.

Obsah antioxidantů u sušené hlívy ústříčné se během vývoje téměř nemění, zatímco u žampionu dvouvýtrusého byl zaznamenán rozdíl mezi 3. a 5. dnem vývojové fáze. V 1. a 3. dni vývoje byl vyšší obsah antioxidantů u hlívy ústříčné, zatímco v 5. a 7. dni vývoje byl vyšší obsah antioxidantů zaznamenán u žampionu dvouvýtrusého. Sušení má tedy vliv na obsah antioxidantů. Hlíva ústříčná je odolnější v dřívějších fázích vývoje, zatímco žampion dvouvýtrusý je odolnější v pozdějších fázích vývoje.

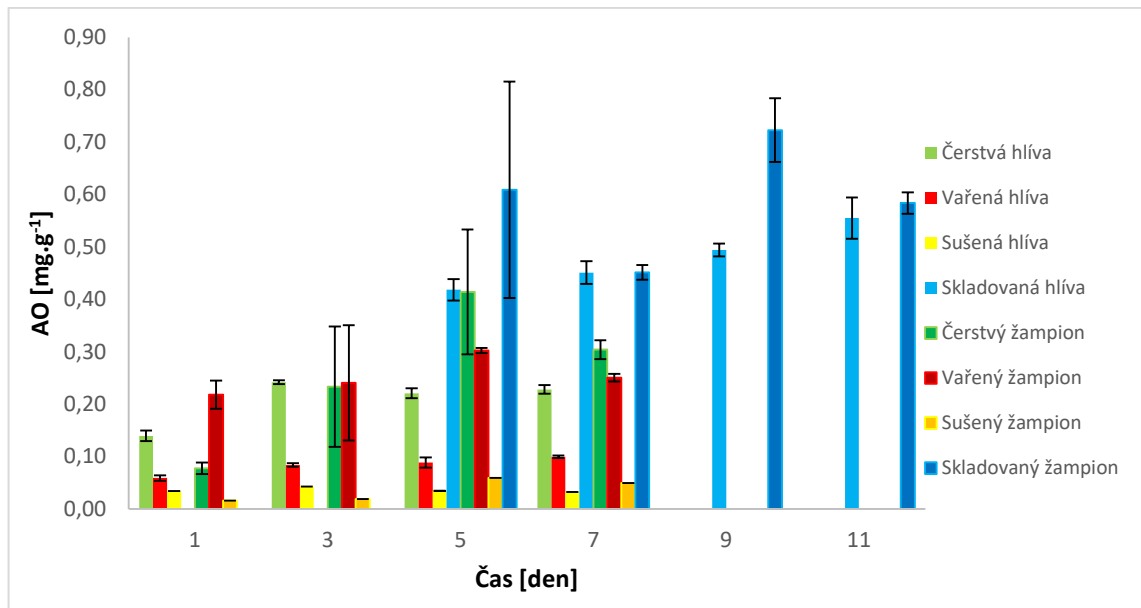


Graf 8 Závislost obsahu antioxidantů skladovaných hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že skladovaná hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) má rostoucí obsah antioxidantů ve vývojové fázi. Nejvyšší naměřená hodnota antioxidantů je v 7. dni vývoje a činí 0,56 mg.g⁻¹.

Pro skladovaný žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*) není v grafu zaznamenána žádná pravidelnost v obsahu antioxidantů ve vývojových fázích. Nejvyšší hodnota byla naměřená v 5. dni vývoje a činí 0,72 mg.g⁻¹.

U hlívy ústříčné platí nárůst antioxidantů ve vývojové fázi, zatímco u žampionu dvouvýtrusého nikoli. Ve všech vývojových fázích obsahuje žampion více antioxidantů než hlíva ústříčná, výjimkou je pouze 3. den vývojové fáze. Ve 3. dni je hodnota antioxidantů u obou druhů totožná a nabývá hodnoty 0,45 mg.g⁻¹. Z hlediska obsahu antioxidantů je tedy skladovaná hlíva náchylnější než žampion dvouvýtrusý.



Graf 9 Shrnutí závislosti obsahu antioxidantů všech typů zpracování hub a obou druhů hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že nejvyšší obsah antioxidantů má skladovaný žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*), a to ve všech vývojových fázích kromě vývojové fáze v dni 5., kdy je hodnota obsahu antioxidantů totožná s hodnotou obsahu antioxidantů skladované hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*). Celková nejvyšší hodnota antioxidantů je zaznamenána u skladovaného žampionu dvouvýtrusého v 5. dni vývojového stádia plodnice. Druhé místo v obsahu antioxidantů zaujímá skladovaná hlíva ústřičná ve všech vývojových fázích plodnice. Z toho vyplývá, že skladování má příznivý vliv na obsah antioxidantů v houbách.

Nejnižší obsah antioxidantů je zaznamenán u obou druhů hub sušených. U sušené hlívy ústřičné jsou nižší hodnoty obsahu antioxidantů v 5. a 7. dni vývojové fáze než u sušeného žampionu dvouvýtrusého. Naopak sušený žampion dvouvýtrusý má nižší obsah antioxidantů v 1. a 3. dni vývojové fáze než sušená hlíva ústřičná. Ve výsledku má tedy sušení významně negativní účinky na obsah antioxidantů v obou druzích hub. Obsah polyfenolů v sušených houbách je zanedbatelný a technologie sušení horkým vzduchem není vhodná.

Obsah antioxidantů obou druhů v čerstvém a vařeném stavu nabývá průměrných hodnot v souvislosti s rozdílem obsahu antioxidantů v houbách skladovaných a sušených.

Ze skupiny hub pěstovaných ve východoasijských zemích byla nejvyšší antioxidační aktivita právě naměřena u hlívy ústřičné a žampionu dvouvýtrusého. Látky

z extraktů těchto hub byly vyhodnoceny jako velmi účinné a uvažuje se o nich jako o přídatku pro ochranu rostlinných olejů před žluknutím [18].

Naopak ve Španělsku, kde bylo zkoumáno osm vybraných druhů jedlých hub ke zjišťování antioxidační aktivity, byl žampion dvouvýtrusý vyhodnocen jako nejméně účinný proti oxidaci lipidů. Nejvyšší účinnosti na ochranu lipidů a nejvyšší antioxidační aktivity dosáhla liška obecná (*Cantharellus cibarius*) [44].

Zajímavé je zjištění, že vařením houževnatce jedlého při teplotě 100 a 121 °C (za tlaku) po dobu 15 či 30 minut se antioxidační účinky zvyšovaly s rostoucí teplotou a dobou jejího působení. Hodnoty vzrostly až na dvojnásobek hodnot syrových plodnic. Sušením při 40 °C došlo také k nárůstu antioxidační aktivity. Zmrazení antioxidační aktivitu neovlivnilo [18].

Antioxidační přínos je ovlivněn nepříznivou aktivitou oxidačních enzymů hub (polyfenoloxidázy a peroxidázy). Enzymy katalyzují přeměnu antioxidantů na látky se sníženou účinností nebo na neúčinné. Enzymy jsou aktivovány při porušení pletiva (krájení) nebo při promrznutí. Činnost enzymů je potlačena tepelnými úpravami. Doba mezi krájením a tepelným zpracováním by měla být co nejkratší [18].

Stejný princip zvyšování antioxidační aktivity jako u vařeného houževnatce jedlého se nepotvrdil. Čerstvá hlíva ústříčná i čerstvý žampion dvouvýtrusý mají vyšší obsah antioxidantů než tyto houby ve stavu vařeném. Výjimka platí pouze pro žampion dvouvýtrusý v 1. dni vývoje plodnice, kdy převažují hodnoty antioxidantů vařeného žampionu nad hodnotami čerstvého žampionu více než o dvojnásobek.

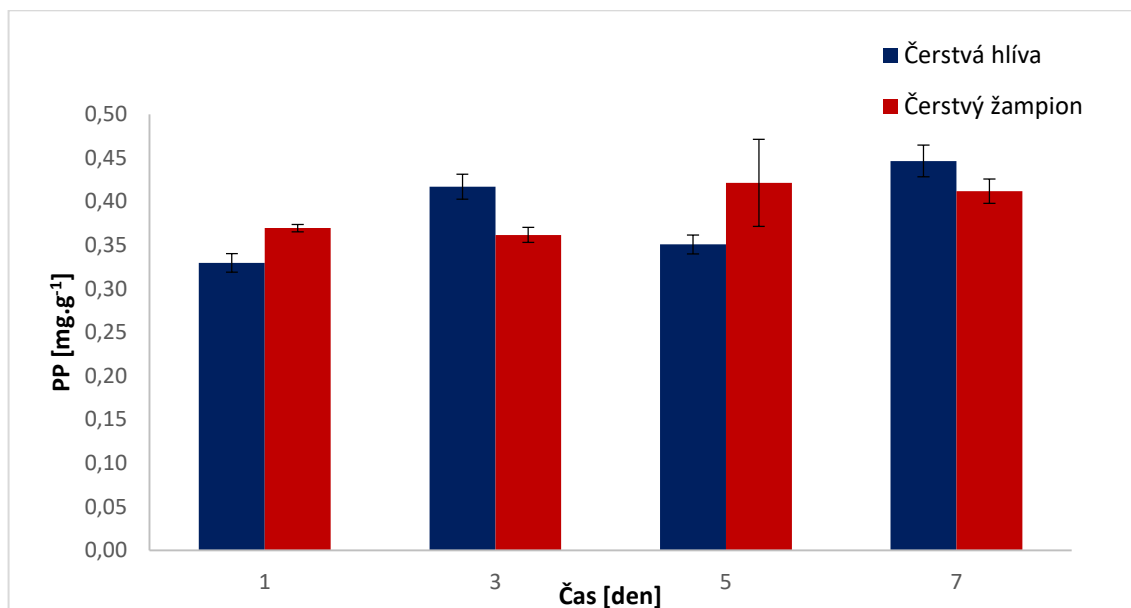
Odporuje si také sušení při 40 °C. Všechny hodnoty antioxidantů sušených hub jsou nižší než hodnoty antioxidantů hub v čerstvém stavu.

Naměřené hodnoty nemohly být vzájemně ovlivněny krájením. Vše probíhalo za stejných podmínek. Souvislost činnosti enzymů a tepelné úpravy se nepotvrdila. Hodnoty antioxidantů čerstvých hub jsou obvykle vyšší pro houby v čerstvém stavu než ve stavu vařeném a sušeném.

Antioxidanty jsou nápomocí ke snížení rizika srdečně cévních chorob a některých typů rakoviny. Hlavními zdroji jsou ovoce, zelenina, čaj a celozrnné obiloviny. Houby obsahují antioxidanty také, i když v menší míře. Hlavními antioxidačními složkami hub jsou provitamin A a vitamin C. Houbové extrakty mohou být využity jako doplněk stravy a

pro farmaceutický průmysl. Z tohoto hlediska jsou houby prospěšné lidskému zdraví [18, 45].

5.3 Stanovení obsahu polyfenolů

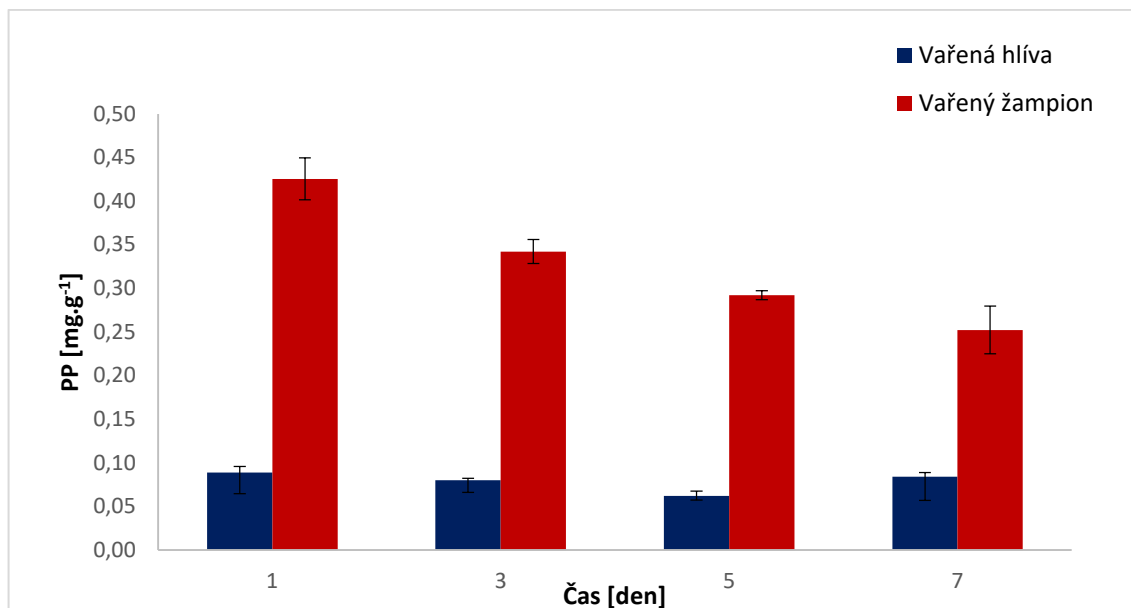


Graf 10 Závislost obsahu polyfenolů čerstvých hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah polyfenolů čerstvé hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) je ve vývojových stádiích proměnlivý. Nejvyšší hodnota je zaznamenána v 7. dni vývoje a činí 0,45 mg.g⁻¹.

Z grafu vyplývá, že obsah polyfenolů čerstvého žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) je ve vývojových stádiích proměnlivý jako u hlívy ústříčné. Nejvyšší hodnota je ale zaznamenána již v 5. dni a činí 0,42 mg.g⁻¹.

Neplatí pravidlo, že by měl jeden z druhů v čerstvém stavu v každém vývojovém stádiu vyšší obsah polyfenolů než ten druhý. Z grafu nevyplývá žádná pravidelnost v obsahu polyfenolů. Hodnoty obsahu polyfenolů mohou být ovlivněny přípravou vzorků a provedenými laboratorními metodami. Obsah polyfenolů se může během vývoje plodnice měnit.

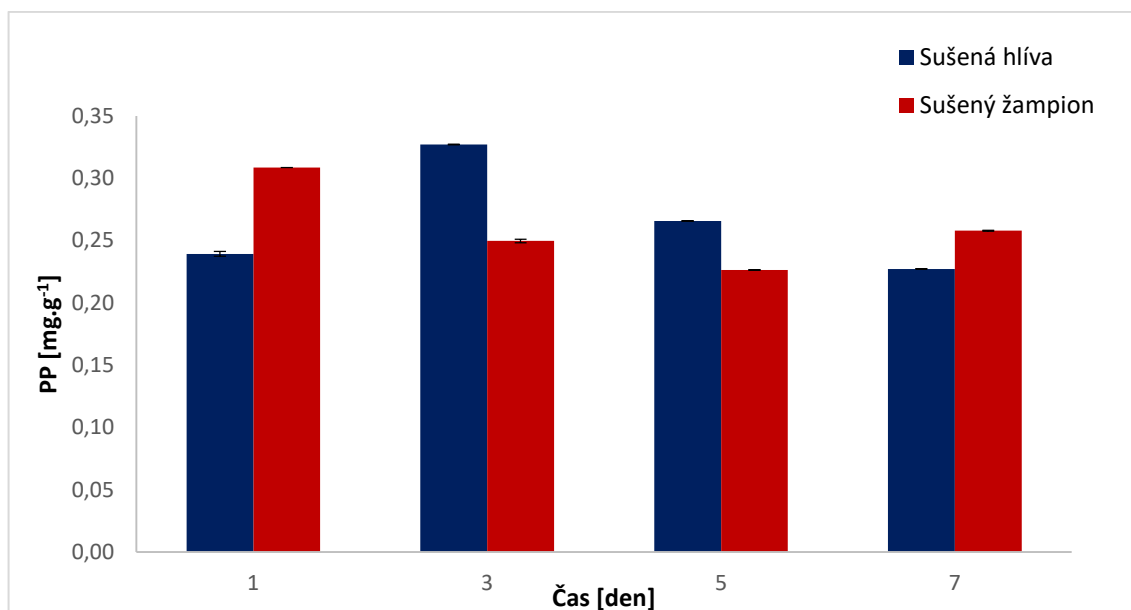


Graf 11 Závislost obsahu polyfenolů vařených hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah polyfenolů vařené hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) je ve všech stádiích podobný a nabývá obdobných hodnot. Není však rostoucí ani klesající, ale je mírně proměnlivý.

Naopak u vařeného žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) má obsah polyfenolů s vývojovým stádiem klesající průběh. Nejvyšší hodnota obsahu polyfenolů je zaznamenána v 1. dni vývoje a činí 0,43 mg·g⁻¹.

Z grafu vyplývá, že žampion dvouvýtrusý snáší lépe vaření než hlíva ústřičná. Obsah polyfenolů žampionu dvouvýtrusého je několikanásobně vyšší než u hlívy ústřičné v jednotlivých fázích vývoje.

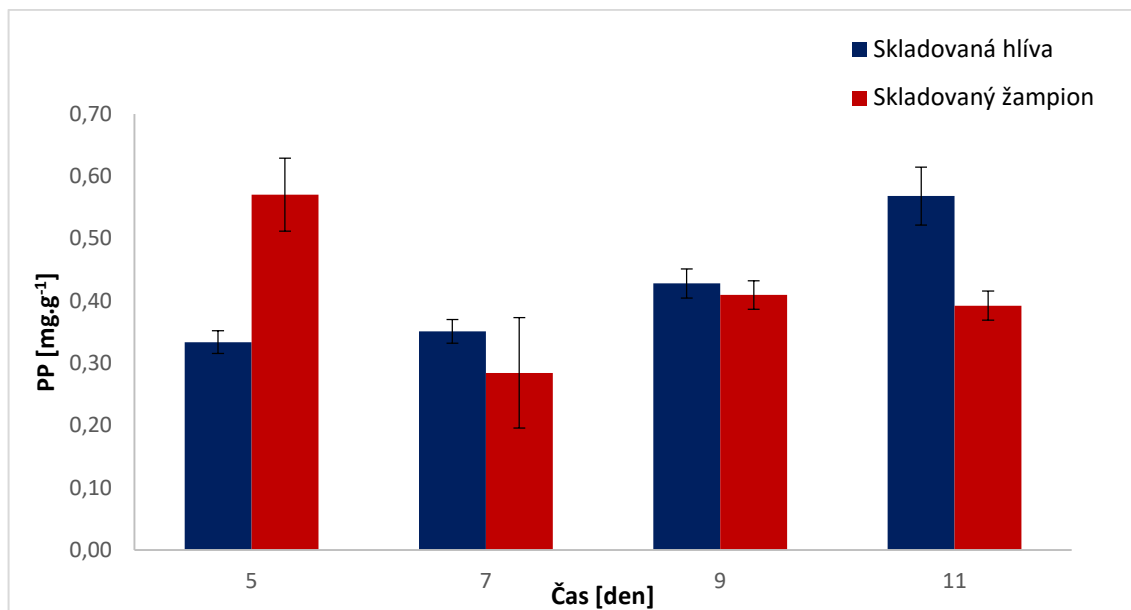


Graf 12 Závislost obsahu polyfenolů sušených hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že obsah polyfenolů sušené hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) je klesající se stádiem vývoje, výjimkou je pouze 1. den. To je pravděpodobně způsobeno tím, že se polyfenoly neobjevují hned v raných fázích vývoje. Nejvyšší obsah polyfenolů je zaznamenán ve 3. dni vývoje a činí $0,33 \text{ mg.g}^{-1}$.

Z grafu vyplývá, že obsah polyfenolů sušeného žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) je klesající se stádiem vývoje. Výjimkou je pouze 7. den. Nejvyšší obsah polyfenolů je zaznamenán v 1. dni a činí $0,31 \text{ mg.g}^{-1}$.

Ve srovnání je zajímavé, že hlíva ústřičná nabývá klesající hodnoty až od 3. dne vývoje, kdežto žampion dvouvýtrusý již v 1. dni vývoje. Z toho vyplývá, že se obsah polyfenolů u žampionu dvouvýtrusého tvoří dříve než u hlívy ústřičné z hlediska vývojového stádia.

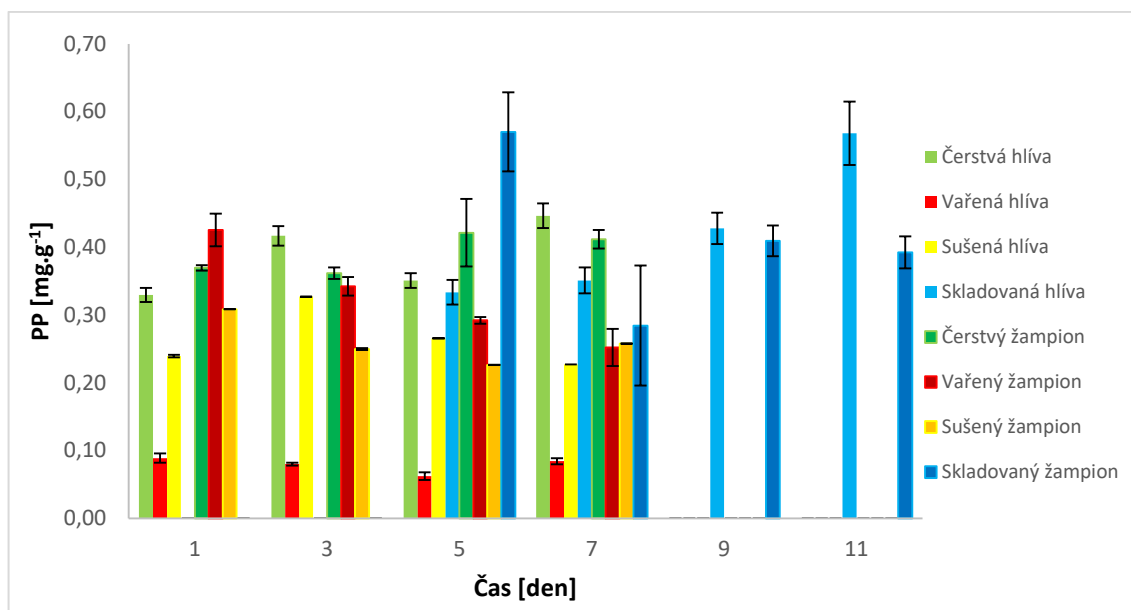


Graf 13 Závislost obsahu polyfenolů skladovaných hub na dni sklizně

Z grafu vyplývá, že s vývojovým stádiem skladované hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) nabývají plodnice vyššího obsahu polyfenolů. Nejvyšší hodnoty nabývají plodnice ze 7. dne sklizně, obsah polyfenolů v této fázi vývoje činí $0,57 \text{ mg.g}^{-1}$.

Pro skladované plodnice žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) žádná pravidelnost v obsahu polyfenolů nevyplývá. Nejvyšší hodnota je zaznamenána u plodnic z 1. dne a činí $0,57 \text{ mg.g}^{-1}$.

Zajímavostí je, že skladovaná hlíva ústřičná pravidelnosti v obsahu polyfenolů nabývá, kdežto žampion dvouvýtrusý nikoli a jeho obsah polyfenolů je ve vývojových stádiích proměnlivý. Dále je u obou druhů zaznamenán stejný nejvyšší obsah polyfenolů ale v odlišných fázích vývoje.



Graf 14 Shrnutí závislosti obsahu polyfenolů všech typů zpracování a obou druhů hub na dni sklizně

Z naměřených hodnot u skladovaného žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) v 1. dni vývojové fáze a u skladované hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) v 7. dni vývojové fáze vyplývá, že skladování má vliv na obsah polyfenolů. Obsah polyfenolů je v těchto dvou vývojových fázích nejvyšší. Zajímavostí je, že každá z hodnot náleží jinému druhu.

Vyšších hodnot v obsahu polyfenolů také nabývají oba druhy v čerstvém stavu a hodnoty jsou stabilní ve všech vývojových fázích. V čerstvém stavu si houby zachovávají poměrně stabilní množství polyfenolů.

Z grafu vyplývá, že nejmenší obsah polyfenolů má vařená hlíva ústříčná ve všech vývojových fázích, a to výrazným rozdílem. U vařeného žampionu dvouvýtrusého takový deficit v obsahu polyfenolů vlivem vaření zaznamenan nebyl a konkuruje obsahu polyfenolů v ostatních stavech technologických a gastronomických úprav.

Hodnoty obsahu polyfenolů sušené hlívy ústříčné i sušeného žampionu dvouvýtrusého jsou ve stejném dni nižší než hodnoty obsahu polyfenolů obou druhů čerstvých a skladovaných ve stejném dni. Naopak vařená hlíva ústříčná má daleko nižší obsah polyfenolů než sušená hlíva ústříčná, proto je lepší na hlívu ústříčnou raději působit horkým vzduchem než horkou vodou.

Například v sušených pravých hříbech byl stanoven obsah celkových polyfenolů na 9 až 17 mg.g⁻¹ sušiny (DM). U pěstovaných hub byl obsah celkových fenolů stanoven na 4,3 mg.g⁻¹ v hlívě ústřičné, 4,3 mg.g⁻¹ v houževnatci jedlém, 8,0 mg.g⁻¹ v žampionu dvouvýtrusém bílém, 9,9 mg.g⁻¹ v žampionu dvouvýtrusém hnědém a 4,2 mg.g⁻¹ v trsnatci lupenitém [18].

Výzkumy v Indii uvádí obsah celkových polyfenolů (vyjádřený jako ekvivalent kyseliny gallové) v hlívě ústřičné na 5,5 mg.g⁻¹ ve stavu DM [45]. To je o něco vyšší hodnota než 4,3 mg.g⁻¹, kterou uvádí P. Kalač [18].

Výzkumy ve Španělsku stanovily obsah celkových polyfenolů v hlívě ústřičné na 1,5 mg.g⁻¹ a 3,4 mg.g⁻¹ u žampionu dvouvýtrusého ve stavu DM [44]. To jsou naopak nižší hodnoty, než uvádí P. Kalač ve vybraných druzích, řádově jsou ale taktéž stejné [18].

Pro srovnání jsou uvedeny hodnoty obsahu celkových polyfenolů ve stavu DM volně rostoucí hlívy ústřičné a žampionu dvouvýtrusého v Turecku. Hodnota celkových polyfenolů hlívy ústřičné dosáhla 13,9 mg.g⁻¹ a 13,1 mg.g⁻¹ u žampionu dvouvýtrusého [46]. Obě tyto hodnoty celkových polyfenolů jsou vyšší než hodnoty těchto druhů pěstovaných, které uvádí P. Kalač [18]. Z toho vyplývá, že volně rostoucí houby obsahují více polyfenolů než houby pěstované.

Polyfenoly jsou přítomny téměř ve všech potravinách získaných z rostlin, což představuje významnou část lidské stravy. Průměrný příjem kyseliny fenolové v lidské stravě je řádově 200 mg/den. V houbách se většinou vyskytují ve volné formě a jsou hlavními přítomnými látkami s antioxidační aktivitou. Obsah polyfenolů v houbách je ve srovnání s rostlinami nižší. Řada fenolových látek jsou nositeli žádoucích antioxidačních účinků [18, 21, 43, 46].

Průměrný obsah polyfenolů v naší práci v čerstvé hlívě ústřičné byl 3,77 mg.g⁻¹ ve stavu DM, což je nižší hodnota, než uvádí autor P. Kalač a výzkumy v Indii [18, 45]. Průměrný obsah polyfenolů v čerstvém žampionu dvouvýtrusém byl 4,47 mg.g⁻¹ DM, což je také nižší hodnota, než uvádí P. Kalač [18]. Obsah polyfenolů naměřených u čerstvého žampionu dvouvýtrusého byl v diplomové práci přibližně dvakrát nižší. Vaření, sušení i skladování obsah polyfenolů snížilo. Nejvýraznější rozdíl a ztráta obsahu polyfenolů je zaznamenána vařením hlívy ústřičné, kdy průměrná hodnota klesla z 3,77 mg.g⁻¹ na 0,85 mg.g⁻¹. Jestliže je průměrný příjem kyseliny fenolové 200 mg/den, musel by člověk například zkonzumovat 45 g žampionu ve stavu DM.

5.4 Fenolové kyseliny

Poznámky:

Na základě literatury a odborných článků bylo pro výzkum vybráno 10 nejobvyklejších fenolových kyselin vyskytujících se v hlívkách a žampionech.

kyselina gallová

kyselina protokatechová

kyselina 4-hydroxybenzoová

kyselina vanilová

kyselina kávová

kyselina syringová

kyselina p-kumarová

kyselina ferulová

etyléster kyseliny protokatechové

kyselina skořicová [8, 21, 37, 43, 47].

Tabulka 3 Obsah zvolených fenolových kyselin ve vzorcích hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) ve stavu FW

Obsah PPA	Gallová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Protokatechová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	4-hydroxybenzoová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Vanilová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Kávová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Syringová Kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	p-kumarová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Ferulová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Etylester protokatechové kyseliny [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Skořicová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]
HČ 1. den	0,48 ± 0,00	2,36 ± 0,01	1,26 ± 0,32	0,30 ± 0,04	0,42 ± 0,01	0,87 ± 0,08	0,02 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,07 ± 0,06	0,19 ± 0,01
HČ 3. den	0,52 ± 0,01	2,43 ± 0,23	1,89 ± 0,02	0,28 ± 0,04	0,53 ± 0,04	1,19 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,01	0,10 ± 0,00
HČ 5. den	0,10 ± 0,08	3,70 ± 0,36	0,80 ± 1,12	7,65 ± 10,31	0,20 ± 0,27	0,34 ± 0,39	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,81 ± 0,02	0,16 ± 0,02
HČ 7. den	0,11 ± 0,01	2,14 ± 0,40	1,26 ± 0,07	0,74 ± 0,11	0,49 ± 0,04	0,81 ± 0,16	0,05 ± 0,01	0,00 ± 0,00	1,42 ± 0,01	0,15 ± 0,01
HV 1. den	0,04 ± 0,03	0,89 ± 0,54	3,42 ± 0,07	0,25 ± 0,03	0,13 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,15	0,00 ± 0,00
HV 3. den	0,04 ± 0,02	0,61 ± 0,76	2,12 ± 0,29	0,15 ± 0,06	0,07 ± 0,00	0,21 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,22 ± 0,01	0,00 ± 0,00
HV 5. den	0,02 ± 0,02	0,23 ± 0,26	1,25 ± 0,05	0,27 ± 0,04	0,08 ± 0,03	0,11 ± 0,11	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,11 ± 0,08	0,00 ± 0,00
HV 7. den	0,04 ± 0,01	0,80 ± 0,33	1,11 ± 0,03	0,45 ± 0,05	0,16 ± 0,00	0,19 ± 0,03	0,01 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,35 ± 0,02	0,00 ± 0,00
HSu 1. den	0,01 ± 0,00	0,30 ± 0,00	0,50 ± 0,00	0,62 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,70 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,24 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,00
HSu 3. den	0,00 ± 0,00	0,39 ± 0,00	0,25 ± 0,00	0,53 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,64 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,08 ± 0,00
HSu 5. den	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,49 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,53 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,37 ± 0,00	0,04 ± 0,00
HSu 7. den	0,00 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,44 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,40 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,43 ± 0,00	0,05 ± 0,00
HSkl 5. den	0,21 ± 0,30	0,19 ± 0,13	3,20 ± 0,32	0,19 ± 0,00	0,82 ± 0,02	1,74 ± 0,56	0,03 ± 0,00	0,07 ± 0,07	0,01 ± 0,01	0,06 ± 0,01
HSkl 7. den	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01	1,79 ± 0,22	0,36 ± 0,14	0,57 ± 0,02	1,41 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,35 ± 0,06	0,01 ± 0,00
HSkl 9. den	0,01 ± 0,02	0,00 ± 0,00	1,72 ± 0,22	0,71 ± 0,13	0,72 ± 0,10	2,15 ± 0,95	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,01	1,20 ± 0,30	0,01 ± 0,00
HSkl 11. den	0,00 ± 0,00	0,60 ± 0,39	1,97 ± 0,55	1,30 ± 0,11	1,03 ± 0,12	1,99 ± 0,11	0,16 ± 0,01	0,01 ± 0,00	2,74 ± 0,59	0,21 ± 0,02

Tabulka 4 Obsah zvolených fenolových kyselin ve vzorcích žampionu dvouvrstvého (*Agaricus bisporus*) ve stavu FW

Obsah PPA	Gallová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Protokatechová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	4-hydroxybenzoová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Vanilová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Kávoá kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Syringová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	p-kumarová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Ferulová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Etylster protokatechové kyseliny [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Skořicová kyselina [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]
ŽČ 1. den	0,66 ± 0,08	3,59 ± 0,76	2,80 ± 1,28	0,27 ± 0,00	0,65 ± 0,01	0,73 ± 0,42	1,42 ± 0,04	0,09 ± 0,02	0,69 ± 0,02	0,31 ± 0,11
ŽČ 3. den	0,07 ± 0,02	0,12 ± 0,05	1,46 ± 0,28	0,39 ± 0,04	0,49 ± 0,04	0,06 ± 0,03	1,38 ± 0,16	0,01 ± 0,00	1,32 ± 0,26	0,32 ± 0,00
ŽČ 5. den	0,04 ± 0,03	0,25 ± 0,20	0,82 ± 0,08	1,65 ± 0,41	0,31 ± 0,03	0,37 ± 0,30	1,25 ± 1,22	0,03 ± 0,04	0,33 ± 0,33	0,03 ± 0,03
ŽČ 7. den	0,02 ± 0,00	0,12 ± 0,00	1,58 ± 0,52	0,61 ± 0,31	0,34 ± 0,00	0,40 ± 0,01	2,30 ± 0,23	0,17 ± 0,05	0,45 ± 0,12	0,00 ± 0,00
ŽV 1. den	0,09 ± 0,03	4,48 ± 0,16	11,93 ± 0,21	2,56 ± 0,13	0,41 ± 0,02	2,28 ± 0,01	0,85 ± 0,05	0,07 ± 0,01	0,22 ± 0,04	0,00 ± 0,00
ŽV 3. den	0,07 ± 0,06	0,05 ± 0,07	7,25 ± 0,13	1,29 ± 0,06	0,30 ± 0,01	0,62 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,34 ± 0,00	0,00 ± 0,00
ŽV 5. den	0,00 ± 0,00	1,01 ± 0,01	4,02 ± 0,09	0,68 ± 0,00	0,19 ± 0,02	0,70 ± 0,04	0,09 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,00	0,00 ± 0,00
ŽV 7. den	0,00 ± 0,00	0,82 ± 0,02	2,97 ± 0,00	0,24 ± 0,04	0,14 ± 0,00	0,67 ± 0,07	0,09 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,22 ± 0,03	0,00 ± 0,00
ŽSu 1. den	0,00 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,17 ± 0,00	1,65 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,32 ± 0,00	0,11 ± 0,00	3,31 ± 0,00	0,21 ± 0,00
ŽSu 3. den	0,00 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,39 ± 0,00	0,64 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,25 ± 0,00	0,39 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,53 ± 0,00	0,03 ± 0,00
ŽSu 5. den	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,31 ± 0,00	0,36 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00
ŽSu 7. den	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,27 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,91 ± 0,00	0,37 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,00 ± 0,00
ŽSkl 5. den	0,00 ± 0,00	1,74 ± 0,20	2,86 ± 0,29	0,49 ± 0,38	2,94 ± 3,67	1,52 ± 0,03	1,15 ± 0,17	0,39 ± 0,05	2,49 ± 1,43	0,03 ± 0,00
ŽSkl 7. den	0,03 ± 0,04	2,14 ± 0,89	1,37 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,25 ± 0,09	0,00 ± 0,00	2,71 ± 0,04	0,11 ± 0,01	0,70 ± 0,02	0,13 ± 0,03
ŽSkl 9. den	0,00 ± 0,00	0,96 ± 0,63	0,98 ± 0,32	0,75 ± 0,64	0,29 ± 0,10	0,34 ± 0,39	2,17 ± 0,04	0,08 ± 0,02	0,74 ± 0,09	0,01 ± 0,01
ŽSkl 11. den	0,16 ± 0,22	2,33 ± 0,22	1,34 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,38 ± 0,04	0,81 ± 0,13	2,43 ± 0,21	0,00 ± 0,00	0,43 ± 0,06	0,36 ± 0,03

Nejvyšší obsah **kyseliny gallové** je zaznamenán u čerstvého žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*) v 1. dni vývoje o hodnotě $0,66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V ostatních vývojových fázích u čerstvého žampionu dvouvýtrusého už tak vysoký obsah kyseliny gallové není. Poměrně dobré zastoupení gallové kyseliny má čerstvá hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) ve všech vývojových stádiích. Nárůst gallové kyseliny je ještě zaznamenán u skladované hlívy ústříčné z 1. dne vývoje a u skladovaného žampionu dvouvýtrusého ze 7. dne vývoje. Ostatní vzorky již nabývají nižších hodnot kyseliny gallové. U vzorků sušených jsou hodnoty téměř nedetekovatelné. Působení tepla snižuje obsah kyseliny gallové.

Kyselina gallová má antioxidační vlastnosti. Pomáhá v boji proti rakovině prostaty, může pomoci při mozkových nádorech [43].

Nejvyšší obsah **kyseliny protokatechové** je zaznamenán u vařeného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $4,48 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V ostatních vývojových stádiích vařeného žampionu dvouvýtrusého je obsah kyseliny protokatechové daleko nižší. Vyšší obsah kyseliny protokatechové je zaznamenán ve všech vývojových stádiích čerstvé hlívy ústříčné a skladovaného žampionu dvouvýtrusého. Poměrně dobré zastoupení kyseliny protokatechové má ještě vařená hlíva ústříčná. Nejnižších hodnot potom nabývá stav sušený pro oba druhy. Obsah protokatechové kyseliny u sušeného žampionu dvouvýtrusého je velmi nízký, až nedetekovatelný. Nedetekovatelný obsah protokatechové kyseliny je ještě zaznamenán u skladované hlívy ústříčné ve 3. a 5. dni vývoje plodnice. Kyselina protokatechová je nejvíce náchylná suchému teplu.

Kyselina protokatechová má antioxidační vlastnosti. Je antimikrobiální a inhibuje oxidaci LDL [43].

Nejvyšší obsah kyseliny **4-hydroxybenzoové** je zaznamenán u vařeného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $11,93 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Vařený žampion dvouvýtrusý nabývá ve všech vývojových stádiích vysokého obsahu 4-hydroxybenzoové kyseliny. Obecně oba druhy nabývají poměrně dobrého zastoupení 4-hydroxybenzoové kyseliny ve všech stádiích a ve všech zpracováních. Nejnižší obsah kyseliny 4-hydroxybenzoové je zaznamenán u hub v sušeném stavu pro hlívu ústříčnou i pro žampion dvouvýtrusý. U všech vzorků je ale obsah kyseliny 4-hydroxybenzoové detekovatelný. Z provedených úprav inhibuje kyselinu 4-hydroxybenzoovou sušení.

Kyselina 4-hydroxybenzoová má antioxidační účinky. Je antimikrobiální. Působí proti mutagenním látkám [43].

Nejvyšší obsah **kyseliny vanilové** je zaznamenán u čerstvé hlívy ústříčné v 5. dni vývoje o hodnotě $7,65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Pro hlívu ústříčnou i žampion dvouvýtrusý platí, že u čerstvých stavů je nejvyšší obsah kyseliny vanilové vždy zaznamenán v 5. dni vývoje. Oba dva druhy mají dobré zastoupení kyseliny vanilové ve všech vývojových stádiích a ve všech zpracováních. U žádného vzorku není obsah kyseliny vanilové nedetekovatelný.

Kyselina vanilová je účinná proti fibróze jater a potlačuje působení hadího jedu [43].

Nejvyšší obsah **kyseliny kávové** je zaznamenán u skladovaného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $2,94 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. U všech ostatních vzorků nenabývají hodnoty obsahu kyseliny kávové vyšší hodnoty než $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, s výjimkou skladované hlívy ústříčné v 7. dni vývoje, kdy je obsah kyseliny kávové stanoven na $1,03 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejnižšího obsahu kyseliny kávové nabývají oba druhy v sušeném stavu, hodnoty jsou téměř nedetekovatelné.

Kyselina kávová má antioxidační, imunologické a neuroprotektivní účinky. Je prevencí proti nádorům [48].

Nejvyšší obsah **kyseliny syringové** je zaznamenán u vařeného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $2,28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvyšší a nejstabilnějšího zastoupení kyseliny syringové pak nabývá skladovaná hlíva ústříčná ve všech vývojových stádiích. Oba dva druhy mají jinak dobré zastoupení kyseliny syringové ve všech vývojových stádiích a ve všech zpracováních. Detekce kyseliny syringové není pouze zaznamenána u skladovaného žampionu dvouvýtrusého ve 3. dni vývojového stádia plodnice.

Kyselina syringová má antioxidační vlastnosti. Působí antibakteriálně a má hepatoprotektivní účinky [43].

Nejvyšší obsah **kyseliny p-kumarové** je zaznamenán u skladovaného žampionu dvouvýtrusého ve 3. dni vývoje o hodnotě $2,71 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvyšších naměřených hodnot kyseliny p-kumarové nabývá skladovaný žampion dvouvýtrusý a čerstvý žampion dvouvýtrusý. U všech vzorků hlívy ústříčné je kyselina p-kumarová téměř nedetekovatelná. Mírný obsah kyseliny p-kumarové je u hlívy ústříčné zaznamenán pouze

u skladované hlívy ústříčné v 7. dni vývoje o hodnotě $0,16 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Žampion dvouvýtrusý je bohatší na obsah kyseliny p-kumarové než hlíva ústříčná.

Kyselina p-kumarová má antimikrobiální vlastnosti. Je schopna narušit a inhibovat bakteriální buněčné stěny [43].

Nejvyšší obsah **kyseliny ferulové** je zaznamenán u skladovaného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $0,39 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Dobré zastoupení v rámci ferulové kyseliny mají oba dva druhy v sušeném stavu. Detekce ferulové kyseliny není zaznamenána u čerstvé a vařené hlívy ústříčné ve všech vývojových stádiích a ve všech zpracováních. Kyselina ferulová není také detekována u vařeného žampionu dvouvýtrusého s výjimkou 1. dne vývoje plodnice. Hlíva ústříčná má tedy obecně menší výrazné zastoupení kyseliny ferulové než žampion dvouvýtrusý.

Kyselina ferulová má antioxidační a antimikrobiální vlastnosti. Je účinná proti patogenním bakteriím [43].

Nejvyšší obsah **etylesteru kyseliny protokatechové** je zaznamenán u sušeného žampionu dvouvýtrusého v 1. dni vývoje o hodnotě $3,31 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. U ostatních vývojových stádií sušeného žampionu dvouvýtrusého je obsah etylesteru kyseliny protokatechové výrazně nižší. Podobně tomu nastává u čerstvé hlívy ústříčné, skladované hlívy ústříčné, čerstvého žampionu dvouvýtrusého a skladovaného žampionu dvouvýtrusého, kdy je vždy obsah etylesteru protokatechové kyseliny v jednom dni fáze daleko vyšší než v ostatních dnech vývoje. U vařených hub jsou hodnoty etylesteru kyseliny protokatechové stabilní. Detekce etylesteru kyseliny protokatechové není zaznamenána u sušené hlívy ústříčné v 1. dni vývoje plodnice.

Nejvyšší obsah **kyseliny skořicové** je zaznamenán u skladovaného žampionu dvouvýtrusého v 7. dni vývoje o hodnotě $0,36 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. U skladované hlívy ústříčné je také nejvyšší obsah kyseliny skořicové zaznamenán v 7. dni vývoje. Stabilnějších hodnot obsahu kyseliny skořicové nabývá čerstvá hlíva ústříčná ve všech stádiích vývoje. Kyselina skořicová nebyla vůbec detekována u vařených hub obou druhů. Vaření má největší negativní vliv na zastoupení kyseliny skořicové.

Kyselina skořicová má antioxidační a antimikrobiální účinky. Působí na grampozitivní a gramnegativní bakterie. Je pomoci proti karcinomu tlustého střeva a děložního čípku [43].

Nejvyšší hodnota obsahu fenolových kyselin je zaznamenána u 4-hydroxybenzové kyseliny pro vařený žampion v 1. dni vývojového stádia a tato hodnota je rovna $11,93 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvyššího počtu nejvyšší hodnoty obsahu fenolových kyselin však dosáhnul skladovaný stav, konkrétně ve čtyřech případech.

Konkrétní nejnižší hodnota obsahu fenolových kyselin není stanovena. V několika vzorcích se některé fenolové kyseliny nevyskytují vůbec. Nedetekovatelné, případně nejnižší hodnoty fenolových kyselin jsou naměřeny pro kyselinu p-kumarovou u vařené hlívy ústřičné, pro kyselinu ferulovou u čerstvé hlívy ústřičné, vařené hlívy ústřičné a vařeného žampionu dvouvýtrusého, pro kyselinu skořicovou u vařené hlívy ústřičné a vařeného žampionu dvouvýtrusého, pro kyselinu gallovou u sušené hlívy ústřičné a sušeného žampionu dvouvýtrusého, pro kyselinu kávovou u sušené hlívy ústřičné a sušeného žampionu dvouvýtrusého. Z toho vyplývá, že je nejvíce obsah fenolových kyselin ovlivňován sušením a vařením.

Z naměřených dat vyplývá, že každá fenolová kyselina reaguje na zvolenou úpravu jinak. Obsah fenolových kyselin se zvolenou úpravou snižuje, zvyšuje nebo se nemění. Obsah fenolových kyselin ve vývojových stádiích je taktéž rostoucí, klesající nebo se nemění. Z naměřených dat také vyplývá, že hlíva ústřičná má jiné zastoupení fenolových kyselin než žampion dvouvýtrusý. Z toho vyplývá odlišnost obou zkoumaných druhů.

Výzkumy v Brazílii potvrzují obsah fenolových kyselin v druzích hlívy a žampionu, včetně hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) a žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*). Nejvyšší zastoupení měla kyselina skořicová, obsah této fenolové kyseliny v houbách dosahoval $5,39$ až $44,04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ve stavu FW. Velmi dobré zastoupení měla také kyselina p-kumarová, a to $2,60$ až $10,33 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ve stavu FW. V tomto výzkumu byl zaznamenán i obsah kyseliny homogentisové $17,4$ až $35,89 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ve stavu FW. Z toho vyplývá, že jsou houby alternativním zdrojem fenolových kyselin [21].

Obsah fenolových kyselin byl zkoumán v závislosti stavu houby (čerstvé, sušené a čerstvé konzervované), v závislosti ročního období (léto - červen a zima - únor) a v závislosti vývojového stádia. Čerstvá hlíva ústřičná obsahovala jako jediná všechny tři fenolové kyseliny současně. Sušená hlíva ústřičná obsahovala kyselinu skořicovou a homogentisovou. Čerstvý a konzervovaný žampion dvouvýtrusý obsahoval pouze kyselinu skořicovou. Nejvyšší obsah kyseliny skořicové měl žampion dvouvýtrusý v obou dvou měřených ročních obdobích. Odchytky obsahu fenolových kyselin jsou způsobeny druhem houby, stupněm zralosti, typem skladování nebo přípravou vzorku [21].

Obsah fenolových kyselin je ovlivňován vývojovým stádiem plodnice. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny u hub zralých, což je 4. až 5. den od objevení se plodničky na substrátu. Obsah kyselin se během vývoje houby mění. Dochází ke změně profilu fenolových kyselin. Objevují se například kyselina gallová či syringová. Výzkum v Brazílii byl srovnán například s výzkumem osmi druhů divokých hub pěstovaných a sklizených v různých regionech Španělska. Obsah kyseliny homogentisové byl srovnatelný se spodní hranicí naměřených hodnot v Brazílii. Hodnoty kyseliny p-kumarové byly nižší u hub ze Španělska než u hub z Brazílie. V hlívě ústřičné a žampionu dvouvýtrusém byla navíc nalezena kyselina kávová, chlorogenová, ferulová a gallová. V dalších zemích světa u různých druhů hub byl navíc potvrzen obsah například kyseliny p-hydroxybenzoové a kávové [21].

Jiné výzkumy taktéž potvrdily výskyt fenolových kyselin v houbách. Mezi nejběžnější fenolové kyseliny vyskytující se v žampionu dvouvýtrusém patří kyselina skořicová, p-hydroxybenzoová, protokatechová, p-kumarová, ferulová a chlorogenová. Ve srovnání s ostatními plodinami (zelený čaj, černý rybíz, hroznové víno, brokolice nebo zelí) jsou ale obsahy nízké, řádově jen v jednotkách a desítkách mikrogramů v 10 g čerstvé hmoty [8, 18].

Všechny uvedené fenolové kyseliny měřené ve světových výzkumech se shodují s kyselinami měřenými v diplomové práci, s výjimkou kyselin homogentisové a chlorogenové, které v diplomové práci nebyly vybrány k měření [8, 18, 21]. Z brazilských výzkumů vyplývá, že naměřené hodnoty kyseliny skořicové 5,39 až 44,04 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a kyseliny p-kumarové 2,60 až 10,33 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ řádově odpovídají vzorkům s nejvyššími zastoupeními fenolových kyselin v diplomové práci [21]. Nejvyšší hodnoty 11,93 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (kyseliny 4-hydroxybenzové) nabývá vzorek vařeného žampionu v 1. dni vývojového stádia plodnice. Všechny zbývající hodnoty obsahu ostatních fenolových kyselin měřených v diplomové práci jsou již dále nižší.

ZÁVĚR

V diplomové práci bylo provedeno hodnocení a sledování změn mezi vybranými druhy pěstovaných hub v průběhu úchovy a kulinární úpravy. Byla ověřena přítomnost zdravotně prospěšných látek lidskému zdraví u dvou nejvíce průmyslově a obchodně nabízených druhů hub; hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) a žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*).

První kapitola teoretické části se věnuje houbám obecně. Obsahuje charakteristiku hlívy ústřičné (*Pleurotus ostreatus*) a žampionu dvouvýtrusého (*Agaricus bisporus*). V kapitole jsou shrnuty zdravotní účinky, způsoby pěstování a úpravy těchto hub.

Druhá kapitola obsahuje popis látek zkoumaných v praktické části. Je soustředěna na charakteristiku; klasifikaci a zdravotní význam antioxidantů, polyfenolů a fenolových kyselin a na obsah těchto látek v houbách.

V praktické části byl proveden výzkum obsahu sušiny, antioxidantů, polyfenolů a fenolových kyselin ve vybraných druzích hub ze stavu čerstvého, vařeného, sušeného a skladovaného ve čtyřech vývojových stádiích plodnice ve dvoudenních intervalech. Sušina byla stanovována vážkově, obsah antioxidantů a polyfenolů UV/VIS spektrometrií a obsah fenolových kyselin vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií HPLC.

Během vývoje hlívy ústřičné dochází k nárůstu sušiny, kdežto u žampionu dvouvýtrusého jsou hodnoty konstantní. V obsahu sušiny se tak během vývoje navyšuje rozdíl a hlíva ústřičná v čerstvém stavu během vývoje dosahuje vyšších hodnot sušiny než žampion dvouvýtrusý. Vařením jsou více ovlivněny pozdější vývojová stádia plodnice, kdy dochází k výraznější redukci sušiny, což platí u obou druhů. U skladování tomu je naopak, pozdější vývojová stádia mají více sušiny než raná. Všechny vzorky měly více sušiny ve stavu skladovaném než v čerstvém. Z toho vyplývá, že skladování má vliv na redukci vody. Dochází k posklizňovým aktivitám, odparu vody, výměně plynů a změně profilu živin. Ve srovnání hub čerstvých a vařených nebyl s vývojem plodnice zaznamenán žádný pravidelný nárůst či pokles obsahu sušiny.

Nejvíce antioxidantů obsahovaly houby skladované. Z toho vyplývá, že v plodnici po sklizni probíhají chemické a biologické procesy, které mají vliv na obsah těchto látek. Nejméně antioxidantů obsahovaly houby sušené. Suché teplo má nejvyšší vliv na redukci těchto látek a je vyhodnoceno jako nejméně vhodné. Vaření je více šetrné; u hlívy ústřičné docházelo k pravidelnému poklesu antioxidantů, ale ne tak rapidnímu; u žampionu

dvouvýtrusého docházelo vařením k mírnému nárůstu v 1. a 3. dni vývoje a k mírnému poklesu v 5. a 7. dni vývoje. Z toho vyplývá, že žampion dvouvýtrusý je odolnější vůči vaření než hlíva ústřičná.

V houbách byla zpozorována pouze jedna významná změna v obsahu polyfenolů, a to u vařené hlívy ústřičné. Hodnoty polyfenolů ve všech vývojových stádiích vařené hlívy ústřičné významně klesly. U žampionu dvouvýtrusého tomu tak nebylo. Žampion dvouvýtrusý je odolnější proti vaření než hlíva ústřičná. Sušení a skladování významný vliv na obsah polyfenolů v houbách nemá. Vývoj plodnice nemá vliv na obsah polyfenolů, jediný pravidelný nárůst v rámci vývoje plodnice je zaznamenán u skladované hlívy ústřičné.

Z diskuse vyplývá, že skladování má nejlepší vliv na obsah fenolových kyselin. Během skladování pravděpodobně dochází k chemickým a biologickým procesům, které mají vliv na obsah fenolových kyselin; jako tomu bylo u antioxidantů. Několik kyselin nebylo v některých vzorcích vůbec detekováno (především ve stavu sušeném nebo vařeném). Je to dáno širokým profilem těchto kyselin, zvolenou úpravou, vývojem plodnice a konkrétním zkoumaným druhem.

Světové výzkumy, stejně jako výzkum v diplomové práci, potvrzují obsahy polyfenolů a fenolových kyselin v houbách, což jsou látky s antioxidačními vlastnostmi. Houby jsou vhodnou alternativou příjmu těchto lidskému zdraví prospěšných látek v potravě. Zmíněné látky působí nejenom antioxidačně, mají antibakteriální, antivirové, antialergické, protizánětlivé a protinádorové účinky. Chrání játra, snižují hladinu cukru a riziko vzniku nemocí srdce. Tyto bioaktivní látky můžou taktéž oddalovat proces stárnutí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JABLONSKÝ, I., ŠAŠEK, V. *Jedlé a léčivé houby: pěstování a využití*. Praha: Brázda, 2006. 264 s. ISBN 80-209-0341-0.
- [2] SVRČEK, M. *Houby*. 4. vyd. Praha: Aventinum, 2002. ISBN 80-7151-202-8.
- [3] LÆSSØE, T., DEL CONTE, A. *Houby: praktický průvodce sběrem, určováním a kuchyňskou úpravou hub rostoucích v přírodě*. 2. vyd. Praha: Fortuna Print, 2004. ISBN 80-7321-115-7.
- [4] OLŠOVÁ, M. *Změny antioxidačních vlastností Basidiomycet v závislosti na kuchyňské úpravě (Diplomová práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2013.
- [5] LACINOVÁ, I. *Způsoby konzervace hub (Bakalářská práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2011.
- [6] BLACHOVÁ, P. *Toxické prvky a jejich kumulace v houbách (Bakalářská práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2016.
- [7] VÁŇA, P. *Léčivé houby podle bylináře Pavla*. Praha: Eminent, 2003. ISBN 80-7281-113-4.
- [8] RAMOS, M., BURGOS, N., BARNARD, A., EVANS, G., PREECE, J., GRAZ, M., RUTHES, C., QUERO, A., ABAD, M., VILAPLANA, F., NGOC, L., BROUWER, A., BURG, B., CARRIGÓS, M., JIMÉNEZ, A. *Agaricus bisporus and its by-products as a source of valuable extracts and bioactive compounds*. [online]. Spain, UK, England, Sweden, Netherlands, 2019. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814619306843?via%3Dihub>, 9. 4. 2020.
- [9] *Vyhláška č. 157/2003 Sb.* Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-157>, 8. 3. 2020.
- [10] LEPŠOVÁ, A. *Houby jako elixír života: hlíva ústříčná (nové poznatky), houževnatec jedlý, penízovka sametonohá, kukmák sklepní a další*. Praha: Víkend, 2005. 84 s. ISBN 80-7222-369-0.
- [11] KOVÁŘ, L. *Breviř o houbách*. Praha: Olympia, 1999. ISBN 80-7033-593-9.
- [12] TRA PHAN, H. *Analýza beta-glukanů ve vybraných druzích hub (Diplomová práce)*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2018.

- [13] *Volně rostoucí hlíva ústříčná v zimním období*. [online]. Dostupné z: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/5iWUJ0bj-n6UwG78t7tYBAk6hlcRe_ywXDXeD-6jDyPOj0pho4cP8wIcfsUCZH1g63DjeOENhHU9r8v5ViwlsfIEfuwLBaT2aUXEqiA, 29. 3. 2020.
- [14] BAIER, J. *Přírodou za houbami*. Praha: Brio, 2001. Příroda do kapsy (Brio). ISBN 80-86113-43-4.
- [15] SINGH, M. *Technologies for Mushroom Production*. [online]. Directorate of Mushroom Research. Dostupné z: http://agricoop.nic.in/sites/default/files/ICAR_8.pdf, 6. 4. 2020.
- [16] IFTIKHAR, J., AWAIS, M., AYUB, F. *World Production of Edible Mushrooms and Edible Mushrooms of Pakistan*. [online]. Pakistan, 2015. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/jannatiftikhar/world-production-of-edible-mushrooms-and-edible-mushrooms-of-pakistan>, 6. 4. 2020.
- [17] KUMAR, K. *Nutraceutical Potencial and Processing Aspects of Oyster Mushrooms (Pleurotus Species)*. [online]. India, 2020. Dostupné z: https://apps-webofknowledge-com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=16&SID=D4Uy7hO13ukoQAdwI79&page=5&doc=48, 8. 4. 2020.
- [18] KALÁČ, P. *Houby: víme, co jíme?*. České Budějovice: Dona, 2008. ISBN 978-80-7322-112-6.
- [19] MIKULCOVÁ, M. *Výchova houbařů v Čechách, aneb, Co v atlasech nenajdete*. Praha: Olympia, 2006. ISBN 80-7033-960-8.
- [20] HOFRIKTER, R. *Tajný život hub: zázraky skrytého světa*. Překlad: BREUEROVÁ, A. Brno: CPress, 2018. ISBN 978-80-265-0771-0.
- [21] JUNIOR, F., PETRARCA, M., MEINHART, A., FILHO, M., GODOY, H. *Multivariate optimization of extraction and validation of phenolic acids in edible mushrooms by capillary electrophoresis*. [online]. Brazil, 2019. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S096399691930571X?via%3Dihub>, 8. 4. 2020.
- [22] TATÍČKOVÁ, I. *Na houby: s tatou Arnoštem Goldflamem a synkem Josefem Poláškem: český houbařský rok*. Praha: Česká televize, 2016. ISBN 978-80-7404-188-4.

- [23] KEIZER, G. *Houby: encyklopedie*. 2. vyd. Čestlice: Rebo, 2005. ISBN 80-7234-479-X.
- [24] VOLK, R. *Houby v přírodě a na talíři: určování a recepty*. Praha: Knižní klub, 2004. ISBN 80-242-1136-X.
- [25] *Volně rostoucí žampion dvouvýtrusý*. [online]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/IMG/GAL/238794.jpg>, 29. 3. 2020.
- [26] CHEN, Q., LI, M., DING, W., TAO, M., LI, Y., LI, J., ZHANG, L. *Effects of high N₂/CO₂ in package treatment on polyamine-derived 4-Aminobutyrate (GABA) biosynthesis in cold-stored white mushrooms (Agaricus bisporus)*. [online]. China, 2019. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0925521419307057?via%3Dihub>, 9. 4. 2020.
- [27] RITOTA, M., MANZI, P. *Pleurotus spp. Cultivation on Different Agri-food By-Products: Example Biotechnological Application*. [online]. Italy, 2019. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/18/5049/htm>, 6. 4. 2020.
- [28] HOLUBOVÁ, J. *Biologicky aktivní látky hlívy ústříčné (Bakalářská práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2007.
- [29] SOBKOVA, M. *Chemické složení vyšších hub (Diplomová práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2008.
- [30] *Pěstování hlívy ústříčné na substrátu v pěstírně*. [online]. Dostupné z: https://ultimate-mushroom.com/uploads/posts/2019-10/1569928835_pleurotus-ostreatus-cultivation.jpg, 29. 3. 2020.
- [31] PIVOŇKA, R. *Druhy, složení, stravitelnost a výživná hodnota hub (Bakalářská práce)*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2008.
- [32] *Pěstování žampionu dvouvýtrusého na lisovaném substrátu*. [online]. Dostupné z: https://out-grow.com/images/White_button_mushroom.png, 29. 3. 2020.
- [33] LANG, A. *Houby: Objevte a určete nejdůležitější druhy*. Praha: Svojtka & Co., 2013. Průvodce přírodou (Svojtka & Co.). ISBN 978-80-256-1057-2.
- [34] KOVÁŘ, L. *Praktický houbař*. Praha: Dokořán, 2010. ISBN 978-80-7363-298-4.
- [35] SVOBODA, P. *Skladování v řízené atmosféře*. Zlín: Fakulta technologická ve Zlíně, 2019.

- [36] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin II*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [37] STRATIL, P., KUBÁŇ, V. *Reaktivní kyslíkové radikály, přírodní antioxidanty a jejich zdravotní účinky*. Český Těšín: 2 THETA, 2018. ISBN 978-80-86380-91-9.
- [38] KŘENKOVÁ, A. *Antioxidační aktivita vybraných druhů drobného ovoce (Bakalářská práce)*. Brno: Fakulta chemická, 2015.
- [39] ŠTÍPEK, S. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-704-4.
- [40] PASSWATER, R. *O antioxidantech*. Praha: Pragma, 2002. ISBN 80-7205-897-5.
- [41] YOUNGSON, R. *Antioxidanty - cesta ke zdraví: jak odstranit vliv volných radikálů*. Brno: Jota, 1995. ISBN 80-85617-56-0.
- [42] ORTEMBERG, A. *Mládneme s antioxidanty*. Praha: Ivo Železný, 2003. ISBN 80-237-3742-2.
- [43] HELENO, S., MARTINS, A., QUEIROZ, M., Ferreira, I. *Bioactivity of phenolic acids: Metabolite versus parent compounds: A review*. [online]. Portugal, 2014. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814614016197?via%3Dihub>, 7. 4. 2020.
- [44] PALACIOS, I., LOZANO, M., MORO, C., ARRIGO, M., ROSTAGNO, M., MARTÍNEZ, J., LAFUENTE, A., GUILLAMÓN, E., VILLARES, A. *Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms*. [online]. Spain, 2011. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814611004869>, 30. 4. 2020.
- [45] JAYAKUMAR, T., THOMAS, P., GERALDINE, P. *In-vitro activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, Pleurotus ostreatus*. [online]. India, 2008. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S146685640800060X>, 30. 4. 2020.
- [46] ELMASTAS, M., ISILDAK, O., TURKEKUL, I., TEMUR, N. *Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms*. [online]. Turkey, 2006. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157506001165>, 30. 4. 2020.

- [47] YAHAYA, A., HOSSAIN, M., EDYVEAN, R. *Analysis of Phenolic Compounds in Empty Fruit Bunches in Oyster Mushroom Cultivation and in Vermicomposting*. [online]. England. Dostupné z: https://apps- webofknowledge-com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D4Uy7hO13ukoQAdwI79&page=1&doc=1, 8. 4. 2020.
- [48] KOZUMPLÍKOVÁ, K. *Vliv teploty sušení na obsah fenolických látek v pohankových sušenkách (diplomová práce)*. Pardubice: Fakulta chemicko-technologická, 2019.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADI	Přijatelný denní příjem
AO	Antioxidanty
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluen
DAD	Detektor diodového pole
DM	Dry Matter (sušený stav)
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
FC	Folin-Ciocalteu činidlo
FW	Fresh Weight (čerstvý stav)
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
LDL	Nízkodenzitní lipoprotein
PE	Polyethylen
PP	Polyphenols (polyfenoly)
PPA	Polyphenols acids (polyfenolové kyseliny)
TBHQ	Terciální butylhydrochinon
UV/VIS	Ultrafialovo-viditelná spektroskopie

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Obecná stavba plodnice houby v substrátu [1].....	11
Obrázek 2	Zařazení hub ve schématu vývojových vztahů hlavních skupin organismů [1].	12
Obrázek 3	Výtrusy tvořící se uvnitř vráček u askomycetů (levá část obrázku) a výtrusy tvořící se na povrchu bazidií (pravá část obrázku) [1].....	13
Obrázek 4	Volně rostoucí hlíva ústříčná v zimním období [13].....	14
Obrázek 5	Volně rostoucí žampion dvouvýtrusý [25].....	17
Obrázek 6	Vstupy a výstupy substrátu během pěstování hub [1].....	18
Obrázek 7	Celosvětová produkce pěstovaných hub ve vybraných letech 21. století [27]..	19
Obrázek 8	Pěstování hlívy ústříčné na substrátu v pěstírně [30].....	20
Obrázek 9	Očkování navrtaných špalků sadbou hlívy ústříčné [1].	21
Obrázek 10	Očkování navrtaného kmene sadbou hlívy ústříčné [1].	21
Obrázek 11	Pěstování žampionu dvouvýtrusého na lisovaném substrátu [32].	22
Obrázek 12	Srovnání vzorků hlívy ústříčné (horní řada) a žampionu dvouvýtrusého (dolní řada) ve vývojových stádiích 1. až 7. dne (zleva doprava) nachystané pro přípravu vzorků	35
Obrázek 13	Vyhodnocování obsahu fenolových kyselin pomocí počítačového programu Chromeleon 7 na půdě Fakulty technologické ve Zlíně	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Obsah celkových fenolů vyjádřených jako kyselina gallová ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny) ve srovnání s ostatními druhy pěstovaných hub [18].	31
Tabulka 2 Schéma měření diplomové práce	34
Tabulka 3 Obsah zvolených fenolových kyselin ve vzorcích hlívy ústřičné (<i>Pleurotus ostreatus</i>) ve stavu FW	64
Tabulka 4 Obsah zvolených fenolových kyselin ve vzorcích žampionu dvouvýtrusého (<i>Agaricus bisporus</i>) ve stavu FW	65