

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Výběr vhodné houby k využití pro spojení
lignocelulózových odpadů jako náhrady dřeva a obalových
materiálů**

Diplomová práce

Bc. Semen Sereda

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Ivan Jablonský, CSc.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Výběr vhodné houby k využití pro spojení lignocelulózových odpadů jako náhrady dřeva a obalových materiálů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu diplomové práce Ing. Ivanu Jablonskému za veškerou odbornou pomoc, trpělivost a seznámení s mykologií. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Martinu Koudelovi, Ph.D. a Ing. et Ing. Štěpánu Hýskovi, Ph.D. za pomoc se zpracováním a interpretací výsledků. Také bych chtěl poděkovat kolegům-technologům za jejich všestrannou podporu.

Výběr vhodné houby k využití pro spojení lignocelulózových odpadů jako náhrady dřeva a obalových materiálů

Souhrn

Daná práce se zabývá porovnáním růstu mycelia vybraných dřevobytných hub v různých lignocelulózových substrátech. Jednotlivé houby byly porovnávány nejenom z hlediska rychlosti růstu, ale také z hlediska jejich schopnosti odolávat konkurenčním houbám a tvořit pevné mycelium, vhodné k tvorbě mykokompozitů. Byly vyzkoušené substráty různého složení – z pilin a z hoblin, původem z listnatého a jehličnatého dřeva, s odlišným poměrem vlhkosti, obohacené 20 % přídatkem pšeničných otrub. Kultivační boxy v průběhu pokusů byly postupně modifikovány pro zlepšení přístupu kyslíku.

Zjistilo se, že mycelium různých hub má odlišné nároky na vlhkost substrátu. V dalších pokusech byl porovnáván růst mycelia v hoblinách a pilinách původem z listnatého a jehličnatého dřeva. Několikrát se prokázalo, že vliv velikostí částic byl nejvíc rozhodujícím pro růst mycelia. Typ použitého dřeva téměř neovlivnil přírůsteky. Nejlepší výsledky byly dosažené obohacením substrátu. Přídavek pšeničných otrub pomohl zvýšit využitelnost dřevěných substrátů, zkrátit dobu jejich kolonizace a zvýšit pevnost mycelia. Naopak, samostatně piliny a hobliny se opakovaně prokázaly být nedostatečné pro růst kvalitního mycelia. Dlouhá kolonizace navíc zvyšovala vznik kontaminace. Nedostatečný přísun kyslíku způsobený špatnou volbou kultivačních nádob se negativně projevil na růst mycelia v prvních pokusech a ve zkumavkách, osvědčily se pouze boxy s perforovaným krytem.

V posledních dvou pokusech bylo provedeno měření tepelně izolačních vlastností několika druhů mykokompozitů za účelem porovnání s konvenčními izolacemi. Mykokompozity vyrobené v praktické části měli shodné parametry izolačních vlastností. Hodnoty naměřené u mykokompozitů se blížily hodnotám tradičně používaných izolací. Z toho plyne, že mykokompozity mají potenciál částečně nahradit zmíněné materiály.

Klíčová slova: houby; chorošovitě; lignocelulózové materiály; mycelium; izolace

Selection of a suitable fungus for use to join of lignocellulosic wastes as a substitute for wood and packaging materials

Summary

The aim of this paper is to compare mycelial growth of chosen polypore fungi in different lignocellulosic substrates. Each fungus was compared not only in terms of their colonization rate, but also in terms of resistance to competitive fungi and ability to create stiff mycelium suitable for further processing into mycocomposites. Substrates with a various composition was tested – sawdust and woodchips, derived from hardwood and softwood, with different moisture content, supplemented with 20 % of wheat bran. Cultivation boxes were modified during experiments to ensure better oxygen distribution.

It was discovered that mycelium of each fungus has its own requirements on moisture content. In the next experiments was compared colonization rate of mycelium in sawdust and woodchips derived from hardwood and softwood. It was proven for several times that the particle size was the key factor for mycelial growth. The origin of wood almost hasn't influenced the growth. The best results were achieved with substrate supplementation. Addition of wheat bran has improved the usability of wood substrates, shortened the time of colonization, and strengthened the mycelium. In the opposite way, single sawdust or woodchips wasn't sufficient to create mycelium of high quality. Long colonization has also increased the presence of molds. Insufficient oxygen supply caused by use of inappropriate cultivation vessel has negatively influenced the mycelial growth performance in the first experiments and in test-tubes. Only boxes with perforated coverings were proven to be suitable.

In the last two experiments, the measurement of thermal insulating properties of mycocomposites with different composition was done to compare them with traditional insulation materials. Thermal insulating properties of mycocomposites created in experimental part were similar to each other. The values gained from mycocomposites were close to the values of traditionally used insulation materials. Consequently, mycocomposites has potential to particularly substitute mentioned materials.

Keywords: mushrooms; *Polyporaceae*; lignocellulosic by-products; mycelium; insulation

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl práce a hypotéza	10
3. Literární rešerše	11
3.1. Dřevobytné houby	11
3.1.1. Chorošovité houby (<i>Polyporaceae</i>)	12
3.1.1.1. Lesklokorka (<i>Ganoderma</i> sp.)	12
3.1.1.2. Outkovka (<i>Trametes</i> sp.)	13
3.1.1.3. Troudnatec (<i>Fomitopsis</i> sp.)	13
3.1.1.4. Šedopórka (<i>Bjerkandera</i> sp.)	14
3.1.2. Jiné druhy hub	15
3.1.2.1. Hlíva ústříčná (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	15
3.2. Kultivace mycelia	15
3.2.1. Fyzikální parametry	15
3.2.2. Alternativy dřevu a výhody jejich použití	16
3.2.3. Hygiena a mikrobiologická kontaminace	16
3.4. Zpracování mykokompozitů	17
3.4.1. Mykokompozity jako stavební surovina	18
3.4.2. Mykokompozity jako obalové materiály	18
3.4.3. Designerský a architekturní sektor	19
3.4.4. Mycelium jako potravina	19
4. Praktická část	21
4.1. Materiál a metody	21
4.1.1. Příprava sadby	21
4.1.2. Příprava substrátu	21
4.1.3. Očkování substrátu a měření přírůstků mycelia	21
4.1.4. Tvarování mycelia do bloků	21
4.2. Metodiky jednotlivých pokusů	22
4.2.1. Pokus č. 1. Vliv vlhkosti substrátu na rychlost jeho kolonizace dvěma druhy hub	22
4.2.2. Pokus č. 2. Porovnání růstu mycelia vybraných hub na hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti	24
4.2.3. Pokus č. 3. Porovnání růstu mycelia vybraných dřevobytných hub na hoblinách jehličnatého dřeva a pilinách listnatého dřeva	26
4.2.4. Pokus č. 4. Vliv obohacení substrátu 20% přídatkem pšeničných otrub na růst mycelia a vlastnosti mykokompozitů	28

4.2.5. Pokus č. 5. Růstová zkouška ve zkumavkách – porovnání rychlosti kolonizaci pilin jehličnatého a listnatého dřeva.....	30
4.2.6. Pokus č. 6. Rychlost růstu mycelia vybraných hub na pilinách jehličnatého dřeva a listnatého dřeva	32
4.2.7. Pokus č. 7. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě slámy.....	34
4.2.8. Pokus č. 8. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě hoblin jehličnatého dřeva a pilin listnatého dřeva	35
5. Výsledky	36
5.1. Pokus č. 1. Vliv vlhkosti substrátu na rychlost jeho kolonizace 2 druhy hub.....	36
5.2. Pokus č. 2. Porovnání růstu mycelia vybraných hub na hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti	37
5.3. Pokus č. 3. Porovnání růstu vybraných dřevobytných hub na hoblinách jehličnatého dřeva a pilinách listnatého dřeva	39
5.4. Pokus č. 4. Vliv obohacení substrátu 20% přídatkem pšeničných otrub na růst mycelia a vlastnosti mykokompozitů	40
5.5. Pokus č. 5. Růstová zkouška ve zkumavkách – porovnání rychlosti kolonizaci pilin jehličnatého a listnatého dřeva	41
5.6. Pokus č. 6. Rychlost růstu mycelia vybraných hub na pilinách jehličnatého a listnatého dřeva	42
5.7. Pokus č. 7. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě slámy	43
5.8. Pokus č. 8. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě hoblin jehličnatého dřeva a pilin listnatého dřeva	46
6. Diskuze	47
6.1. Volba vhodné houby pro výrobu mykokompozitů.....	47
6.2. Porovnání tepelně izolačních vlastností mykokompozitů a konvenčních izolací	49
7. Závěr	52
8. Literatura.....	53
9. Seznam příloh.....	59
10. Samostatné přílohy	60

1. Úvod

Světová pandemie koronaviru způsobila velký nárůst spotřeby plastů (Patrício Silva et al. 2021). Jejich výroba je dodnes založená na použití neobnovitelných surovin. Kromě toho, syntetické polymery téměř nejsou odbouratelné v přírodě a tím dochází k jejich kumulaci v prostředí. Proto celosvětově roste poptávka lidí po nových, udržitelnějších alternativách.

Jednou z takových možností je použití rostlinných zbytků pro výrobu materiálů z mycelia dřevobytných hub, které směřují do skupiny hub stopkovýtusých. Díky specifickým enzymům dřevobytné houby jsou schopné rozkládat polymery jako celulóza nebo lignin, což lze využít nejen pro likvidaci rostlinných zbytků, ale i pro jejich následující průmyslové zpracování. Lignocelulózové materiály spojené myceliem dřevobytných hub nazýváme mykokompozity. Právě mycelium stopkovýtusých hub má fyziologické vlastnosti, které ho zvýhodňují ve srovnání s myceliem jiných hub (Lelivelt et al. 2015).

Složení substrátu, podmínky pěstování a zpracování mycelia významně ovlivňují vlastnosti mykokompozitů, díky čemuž je možné vytvořit jejich různé typy. Mají svoje specifické výhody a nevýhody. V souvislosti s nimi, mohly by se uplatnit v různých odvětvích průmyslů. Mykokompozity již byly úspěšně uplatněny některými výrobci izolačních a stavebních materiálů (mogu.bio 2021; Ecovative Design 2021). Kromě toho, slouží surovinou pro výrobu obalových (Holt et al. 2012) nebo textilních materiálů (MycoWorks 2021). Za použití mycelia byly také vybudované některé stavební objekty, například Hy-Fi věž prezentována na designerském festivalu v New-Yorku (Slavin 2016). Vzhledem k narůstající popularitě udržitelných materiálů, počet podobných projektů bude jenom narůstat. Nicméně, stále existují překážky k tomu, abychom mohli nahradit konvenční materiály mykokompozity. Přesné technologické postupy výrobců jsou předmětem patentů a nejsou většinou dostupné ve veřejných zdrojích, proto ve vědeckém sektoru stále zůstává velký prostor pro výzkumní činnost.

Hlavním problémem při pěstování mycelia je kontaminace plísněmi, jejichž spory jsou všudypřítomné v prostředí. Je to problémem zejména v prostorech velkých provozoven, kde patogen se může rychle rozšířit. Jakmile se konkurenční plíseň dostane do substrátu, začne konkurovat o živiny v substrátu s žádoucí houbou a brzdí její růst. Určité fyzikální parametry mohou ten proces zhoršovat. Například, vysoká vlhkost zhoršuje přístupnost kyslíku pro mycelium. Nadměrný obsah živin také může zvýhodnit plíseň. Nepříznivě na houbu působí i vysoká teplota. Důležitými proto jsou účinná hygienická opatření a správně nastavená klimatizace.

Ve velkých provozech hraje důležitou roli také snížení nákladů na výrobu a dostupnost surovin. Dřevo listnáčů je příznivější z hlediska výživy hub a používá se pro pěstování častěji, avšak dřevo jehličnanů je dostupnější a levnější surovinou vzhledem ke kratší době růstu. Taková opce výrazně omezuje možnost výběru hub, jelikož některé složky jehličnatého dřeva brzdí růst většiny hub. Dřevo není jediným druhem lignocelulózových materiálů, používaného jako substrát. Mohou být používány levné suroviny jako sláma, zbytky konopí a lnu. Kombinace několika druhů rostlinných zbytků různého původu a velikosti v substrátu se jeví jako jedna z možností ovlivnit výsledné mechanické vlastnosti

mycelia. Dalším způsobem snížit provozní náklady je náhrada energeticky náročné sterilace substrátu šetrnější pasterizací. Ovšem to nemusí být vhodné pro každou houbu, protože mají různou odolnost vůči kontaminaci konkurenčními houbami.

Sami o sobě lignocelulózové odpady obsahují málo výživných složek, což vede ke déle trvající kolonizaci substrátu myceliem. Delší doba kolonizace substrátu znamená vyšší náklady na energie. Při pěstování hub se běžně používají aditiva. Jejich použitím se urychluje růst houby a zlepšuje se výnosnost (Sisti et al. 2021). Aditiva jsou také využívána za účelem ovlivnění mechanických vlastností výsledných mykokompozitů. Celosvětově existuje celá řada aditiv, jsou to především vedlejší produkty zemědělské výroby obsahující víc stravitelných složek. Liší se mezi sebou cenou a dostupností. Důležitým je pro pěstitele volba takového přídatku a jeho množství, které podpoří kolonizaci substrátu žádanou houbou a zároveň nepřispěje k rozvoji kontaminace. V závislosti na použitých aditivech, mohou mycelia být použité také k produkci náhražky kůže anebo dokonce i masa.

2. Cíl práce a hypotéza

Porovnat vhodnost různých druhů chorošovitých hub jako jsou různé druhy lesklokorek, outkovek a dalších, a to z hlediska schopnosti spojit různé lignocelulózy do kompaktních tvarů. Bude posuzována rychlost kolonizace a schopnost podhoubí odolávat případné kontaminaci konkurenčními houbami. Předpokládá se totiž, že při aplikaci v provozu nemohou být striktně dodrženy takové hygienické postupy jako v laboratoři.

Dalším cílem bude u vybraných hub dosáhnout tvorby mycelia, které by se dalo využít jako náhrada konvenčních izolačních materiálů.

3. Literární rešerše

3.1. Dřevobytné houby

Dřevobytné (nazývané také jako dřevokazné, dřevoživné nebo dřevní) houby v přírodě rozkládají dřevo a různé druhy lignocelulózových odpadů. Většinou spadají do skupiny stopkovýtusých (*Basidiomycota*). Výtrusy stopkovýtusých hub jsou obsažené v hymeniu. V přírodě dřevobytné houby rostou na stromech, saprotroficky nebo paraziticky. Pro jejich kultivaci se hodí vedlejší produkty zemědělské výroby, jako sláma, šrot, otruby a jiná rostlinná hmota. Hlavní složkou dřeva je polymer lignocelulóza, jehož strukturními jednotkami jsou lignin, celulóza a hemicelulóza (Zabel & Morel 2020). V závislosti na druhu, houby upřednostňují rozklad celulózy anebo ligninu, zatímco hemicelulózy jsou štěpeny všemi zástupci.

Celulóza a hemicelulóza jsou hlavními složkami buněčných stěn rostlin, patří mezi hojně vyskytující se organické molekuly na světě (Sánchez 2009). Celulóza je polysacharid tvořený D-glukózou, je částečně rezistentní vůči degradaci díky přítomnosti vodíkových můstků. Hemicelulóza navíc obsahuje pentózy, jako manóza, galaktóza anebo xylóza a alduronové kyseliny, přičemž její složení se liší v závislosti na typu rostlin. Lignin je aromatický polymer, který se syntetizuje z fenypropanoidních prekurzorů. Je velice stabilní, zabezpečuje dřevnatění rostlin a chrání je před mikroorganismy a oxidativním stresem (Sánchez 2009). V přírodě se vyskytují mikroorganismy, jež mohou produkovat enzymy celulózy a hemicelulózy. Nicméně, pokud tyto polysacharidy jsou spojené s ligninem, jsou rezistentní vůči hydrolytickému štěpení. Celulolytické a xylanolytické enzymy rozkládají rostlinné polymery na jednodušší cukry. K rozkladu ligninu dochází pomocí lignolytických enzymů – lakáz a peroxidáz. Peroxidázy štěpí lignin na menší jednotky, lakázy oxidují jeho fenolické součásti (Peralta et al. 2017).

Houby jsou schopné přizpůsobit svůj růst dle měnících se environmentálních podmínek. Díky vláknité struktuře jsou schopné pevně spojovat složky substrátu dohromady, čímž výsledný materiál získává nové vlastnosti. V kombinaci s použitím různých typů substrátů lze dosáhnout vzniku nových typů kompozitů s velmi rozmanitými fyzikálně-chemickými a mechanickými parametry. Z hlediska průmyslového využití, nejdůležitějšími fyzikálními parametry takových materiálů jsou hustota, pevnost v tahu a pevnost v tlaku (Lelivelt et al. 2015).

Při jejich výrobě se využívají vedlejší produkty zemědělské činnosti, čímž se nevyužitelný odpad zapojuje do dalších výrobních cyklů a zároveň se snižují náklady spojené s výrobou. Na rozdíl od nich, výroba konvenčních stavebnin nebo syntetických polymerů je založená na použití limitovaných přírodních zdrojů, přispívá ke znečištění životního prostředí a spotřebovává víc energií (Madurwar et al. 2013).

3.1.1. Chorošovité houby (*Polyporaceae*)

Z hlediska produkce mykokompozitů jsou významné dřevobytné houby chorošovité, spadající do oddělení hub stopkovýtrosých. Charakteristickou vlastností je pórovité hymenium – místo, ve kterém se tvoří výtrusy. Choroše se vyskytují po celém světě, všude kde rostou stromy. Jejich diverzita klesá spolu se stoupajícím odlesňováním. Vytvářejí bílou nebo hnědou hnilobu (Stamets 2005). Bílá hniloba je způsobena rozkladem všech složek dřeva včetně ligninu, celulózy a hemicelulózy.

Choroše s výjimkou rodu *Hapalopyllus* nejsou toxické, ačkoliv většinou nejsou jedlé (Villa et al. 2013). Mnoho zástupců jsou dlouhodobě známé pro jejich léčivé vlastnosti. Historicky některé choroše byli používány jako troud – dřevní způsob rozdělávání ohně (Stamets 2000). Jako u ostatních hub, má vliv na růstové charakteristiky genetická výbava jednotlivých kmenů.

3.1.1.1. Lesklokorka (*Ganoderma* sp.)

Oddělení: houby stopkovýtrosé
(*Basidiomycota*)

Třída: stopkovýtrosé (*Agaricomycetes*)

Řád: chorošotvaré (*Polyporales*)

Čeleď: lesklokorkovité
(*Ganodermataceae*)

Rod: lesklokorka (*Ganoderma*)



Obrázek č. 1. Lesklokorka lesklá (zdroj <<http://www.aktivitiprozdravi.cz/files/temp/34d467919bd0a3e0bbc426cde009560c/reishi-houba-679x358.jpg>>)

Rod *Ganoderma* zahrnuje víc než 200 druhů, většina z nich je původem z tropů (Du et al. 2019). Nejvýznamnějšími zástupci rodu jsou *G. lucidum* a *G. lingzhi*. Lesklokorky rostou na listnatých a jehličnatých stromech (Stamets 2005). Způsobuje bílou hnilobu. Plodnice mají charakteristický protáhlý třeň. Klobouky jsou ledvinovitěho tvaru, 5-20 cm v průměru, jejich povrch je lesklý, pruhovaně zbarvený v různých odstínech červené, hnědé a žluté (obrázek č. 1). Ve Střední Evropě jsou také rozšířené druhy jako *G. pfeifferi*, *G. applanatum*, *G. adspersum* a *G. carnosum* (Beck et al. 2018). Na rozdíl od lesklokorky lesklé, nemají tak nápadné barevné pruhování.

Lesklokorka lesklá je známá pod triviálním názvem „reishi“, což v japonštině znamená „boží houba“ (Stamets 2005). Lesklokorka má velmi hořkou chuť pro svůj obsah triterpenoidů a polyfenolů, proto má význam pouze jako léčivá houba, nikoliv jedlá (Stamets 2000). V tradiční čínské medicíně je známá již dva tisíceletí jako houba nesmrtelnosti (Pegler 2002). Jiné druhy lesklokorek také mají léčivé vlastnosti.

Ideálním substrátem pro lesklokorku je směs pilin a hoblin listnatých dřevin v poměru 50:50. Lesklokorka je houba teplomilná, preferuje teploty v rozmezí 20 až 35 °C. Vhodná doba růstu plodnic je v létě nebo na začátku podzimu. Kolonizace substrátu obvykle probíhá

během 10 až 20 dnů při teplotě kolem 24 °C. Vlhkost substrátu by se měla pohybovat kolem 65–70 % (Stamets 2000).

3.1.1.2. Outkovka (*Trametes* sp.)

Oddělení: houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*)

Třída: stopkovýtrusé (*Agaricomycetes*)

Řád: chorošotvaré (*Polyporales*)

Čeleď: chorošovité (*Polyporaceae*)

Rod: outkovka (*Trametes*)



Obrázek č. 2. Outkovka pestrá (zdroj <https://www.ohoubach.cz/obrazky/galerie/201811/87074_1.jpg>)

Často se lze setkat s rodovým názvem *Coriolus* nebo *Polyporus*, což jsou synonyma. Jsou rozšířené v přírodě celosvětově jako jeden z nejběžnějších druhů hub. Způsobují bílou hnilobu dřeva, vyskytují se na listnatých stromech a vzácně na jehličnanech. Lze ji spatřit celoročně. Klobouky jsou 4 až 12 cm velké a střechovitě uspořádané, okraje jsou zvlňené. Na starých plodnicích mohou růst zelené řasy. Outkovky nejsou jedlé, však jsou léčivé (Stamets 2000).

Důležitým zástupcem rodu je outkovka pestrá (*T. versicolor*). Charakteristickou vlastností *T. versicolor* je pestře pasované zbarvení plodnic (obrázek č. 2), dle kterého houba získala svůj anglický název „turkey tail“ („krocení ocas“). Houba je významná z hlediska biotechnologie, jelikož u ní byla zjištěna vysoká produkce lakáz, které lze použít k rozkladu toxických látek v prostředí.

Outkovka má podobné požadavky na substrát, jako lesklokorka. Při kultivaci preferuje vysoký podíl ligninové složky, žádoucím je přidavek obilnin. Optimální rozmezí teplot je 24 až 29 °C, optimální vlhkost substrátu je kolem 66 %. Kolonizace substrátu probíhá 14–21 dnů (Stamets 2000).

3.1.1.3. Troudinatec (*Fomitopsis* sp.)

Oddělení: houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*)

Třída: stopkovýtrusé (*Agaricomycetes*)

Řád: chorošotvaré (*Polyporales*)

Čeleď: troudnatcovité (*Fomitopsidaceae*)

Rod: troudnatec (*Fomitopsis*)



Obrázek č. 3. Gutace troudnatce pásovaného (zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ec/Fomitopsis_pinicola_%28Rotrandiger_Baumschwamm%2C_Deutschlandpilz%29%2C_Jugendform_mit_starker_Guttation_JOF.JPG>)

Rod *Fomitopsis* je rozšířen kosmopolitně. Plodnice jsou přilehlé a mají tvar kopyta. Preferuje jehličnany, ale vyskytuje se i na listnácích. Saprotrof, způsobuje hnědou hnilobu dřeva. Horní část plodnice je šedá až tmavě hnědá, mírně lesklá. Hymenium bílé nebo krémové barvy. Velikost klobouků je 15–30 cm. Dužina je tuhá, korkovitá. Za vlhkého počasí je patrná gutace. Jedná se o houby nejedlé. (Han et al. 2016).

Typickým zástupcem rodu je troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*). Podle Choi et al. (2007), houba má silné antioxidační a protinádorové vlastnosti. V přírodě troudnatec je významným dekompozitorem, který se účastní koloběhu organické hmoty v lesech. Ve starověku suché plodnice troudnatce kopytovitého (*Fomes fomentarius*) sloužily jako troud – materiál k rozdělávání ohně (Stamets 2005).

Podle Du et al. (2020), nejlepším substrátem pro pěstování troudnatce pásovaného je směs drcených kukuřičných vřeten (20 %), pilin (30 %), pšeničných otrub (20 %), lněných otrub (25 %), kukuřičné krupice (3 %), vápna (1 %) a sádrovce (1 %). Optimální teplota kultivace 31 °C. Kolonizace substrátu trvá do 14 dnů.

3.1.1.4. Šedopórka (*Bjerkandera* sp.)

Oddělení: houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*)

Třída: stopkovýtrusé (*Agaricomycetes*)

Řád: chorošotvaré (*Polyporales*)

Čeleď: dřevokazovité (*Meruliaceae*)

Rod: Šedopórka (*Bjerkandera*)

Rod celosvětově rozšířených chorošů, jedna z nejčastějších hub obecně. Charakteristickou vlastností tohoto rodu je hymenium světlé šedé, popelavé barvy, podle čehož se v češtině jmenuje šedopórka. Plodnice jsou jednoleté, 2-5 cm velké, tloušťky 0,5 cm, často srostlé, nemají třen. Dle způsobu výživy saprotrofní, lze nalézt na odumřelém dřevě převážně listnáčů. Způsobují bílou hnilobu (Zmitrovich et al. 2016).



Obrázek č. 4. Šedopórka osmahlá (zdroj: <<https://www.biolib.cz/IMG/GAL/18657.jpg>>)

Nejdůležitějším zástupcem rodu je šedopórka osmahlá (*B. adusta*). Podle Quiroz-Castañeda et al. (2011), nejlip houba roste na peletách z kukuřičných vřeten a nejhůř na cedrových pilinách. Šedopórka osmahlá je významná z biotechnologického hlediska díky vysoké produkci enzymů, používaných k přeměně složitých aromatických sloučenin jako jsou barviva nebo perzistentní organické polutanty (Davila-Vazquez et al. 2005).

3.1.2. Jiné druhy hub

3.1.2.1. Hlíva ústřičná (*Pleurotus ostreatus*)

Oddělení: houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*)

Třída: stopkovýtrusé (*Agaricomycetes*)

Řád: lupenotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: hlívovité (*Pleurotaceae*)

Rod: hlíva (*Pleurotus*)



Obrázek č. 5. Hlíva ústřičná (zdroj <https://www.spektrumzdravi.cz/img/clanky/6fb8b44afb8ecffb73c6d7deb8e441f/4176053939_515af1993b.jpg>)

Hlíva (obrázek č. 3) je jednou z nejběžnějších hub vůbec. Vyskytuje se celosvětově v různých klimatických pásmech. Klobouk měří v průměru 5–20 cm, barva klobouku se liší dle druhu, kmenu, množství světla a teploty. Vzhledově klobouk hlívy připomíná lasturu ústřic. Houba obsahuje širokou škálu prospěšných pro lidské tělo látek a je jedlá (Stamets 2000). Typickým zástupcem je hlíva ústřičná (*P. ostreatus*), která se přirozeně vyskytuje na listnatých stromech.

Hlíva je poměrně nenáročná na pěstování. Existuje velké množství literatury o kultivaci hlívy. Považuje se za jednu z nejjednodušeji kultivovaných hub. Na rozdíl od jiných dřevobytných hub, preferuje substráty s vyšším obsahem celulózy. Jako substrát pro hlívu mohou sloužit různé vedlejší produkty zemědělství – sláma, kukuřičný škrob, bagasa, kávová sedlina, pokrutiny ze sóji nebo lnu a další. Růstu mycelia vyhovují teploty kolem 24 °C, Kolonizace substrátu trvá zhruba 12 až 21 dnů (Stamets 2000).

3.2. Kultivace mycelia

3.2.1. Fyzikální parametry

Pokud mycelium nekolonizuje veškerý substrát, výsledný kompozit bude lomivý a víc porózní. Vlhkost je důležitá pro vývoj mycelia, protože živiny jsou přijímané ve formě roztoku. Nejvhodnější obsah vlhkosti substrátu je kolem 66 % (Ross & Francisco 2011). Vlhkost nad 70 % může přispívat k růstu plísní. Navíc, vysoká vlhkost substrátu zhoršuje přístup kyslíku k podhoubí (Belletini et al. 2019).

Podle Ghazvinian et al. (2019) smícháním složek různé hrubosti, pilin a hoblin, se zlepšuje intenzita růstu mycelia. Příliš drobná struktura pilin, vede k shlukování částic substrátu a tím se omezuje distribuce kyslíku. V průběhu růstu se produkuje oxid uhličitý. Jeho nízká koncentrace je pro stopkovýtrusé houby indikátorem spotřeby růstového média a je spouštěčem tvorby plodnic, proto měla by zůstat vysoká (Lelivelt 2015). Světlo má podobnou funkci, proto se mycelium pěstuje ve tmě. Avšak podle Appels et al. (2019)

kombinaci vysoké koncentrace oxidu uhličitého a přítomnosti světla – lze dosáhnout tvorby mycelia s vysokou hustotou.

Dodržování vhodných podmínek pro růst mycelia se může uskutečňovat dvěma způsoby – pěstováním v otevřeném anebo zavřeném prostředí. V prvním případě inokulovaný substrát je umístěn v klimatizované komoře, která musí být pravidelně ventilována a vlhčena. Úroveň vlhkosti v ovzduší měl by dosahovat 90 až 100 %. Je třeba pečlivě sledovat přítomnost patogenů nebo škůdců v komoře, jelikož se mohou rychle rozšířit po celé ploše. Daný způsob je využíván především při průmyslové výrobě. Druhý způsob je vhodný pro výrobu menšího množství mycelia. Kultivace probíhá v uzavřených boxech nebo plastových pytlích. V tomto případě není potřeba upravovat vlhkost v ovzduší anebo dodržovat konstantní hladinu oxidu uhličitého. Obvykle substrát již disponuje množstvím vody a kyslíku, dostačující pro růst mycelia. Během kultivaci by neměla teplota přesáhnout 30 °C, protože při kolonizaci substrátu se produkuje teplo a může tak dojít k jeho přehřátí (Lelivelt 2015). Optimální je rozmezí 25 až 30 °C.

3.2.2. Alternativy dřeva a výhody jejich použití

Zbytky dřeva v podobě pilin nebo hoblin jsou častou surovinou pro pěstování mycelia dřevobytých hub, ale jejich nevýhodou jsou vyšší ceny a ekologická zátěž spojená s kácením stromů. Mnohem levnější je použití alternativních surovin, jakými jsou produkty rostlinné výroby. Jednou z nich je například konopí, které díky pevným vláknům bylo v minulosti významnou surovinou pro textilní průmysl. Časem došlo k poklesu jeho pěstování, jelikož len a syntetická vlákna získaly větší oblibu. Ovšem bylo zjištěno, že kultivace konopí je mnohem šetrnější k životnímu prostředí v porovnání se lenem díky nižší spotřebě vody, pesticidů a ve výsledku menšímu zasolování půd (De Beus et al. 2019). Také proto konopí projevuje velkou adaptabilitu vůči různým klimatickým podmínkám. Navíc, konopí je dostupné pro evropský trh – EU je největším producentem konopí ve světě. Konopné pazdeří se používá jako stelivo pro zvířata. Podle Thomsen et al. (2005), konopné pazdeří se skládá z 48 % celulózy, 21 až 25 % hemicelulózy a 17 až 19 % ligninu, což je velmi příznivé pro kultivaci mycelia.

Jinou alternativní surovinou hojně pěstovanou v ČR a EU je řepka olejka (*Brassica napus subsp. napus*), jejíž vedlejším produktem při zpracování je řepková sláma. Řepka je zdrojem kvalitního rostlinného oleje vhodného jak pro potravinářské, tak i pro technické účely. Podle Van Duren et al. (2015), v roce 2015 v ČR se řepka pěstovala na ploše 78,869 km². Na rozdíl od konopí, řepka má vyšší nároky na vodu a hnojiva. Podle Díaz et al. (2010), skládá se z 37 % celulózy, 24 % hemicelulózy a 17 % lignin, což je velmi podobné složení konopného pazdeří.

3.2.3. Hygiena a mikrobiologická kontaminace

Pěstování hub vyžaduje vysoké hygienické standardy. Plísně jsou nejčastějšími původci infekci, protože jejich spory jsou přítomné v ovzduší. Ani dodržení všech

hygienických opatření nemůže vyloučit riziko kontaminaci. Pokud se dostanou do substrátu, začnou se rychle množit, konzumovat živiny a brzdit kolonizaci substrátu žádoucí houbou. Preventivní ošetření substrátu fungicidními prostředky není povoleno. Jejich pravidelné použití způsobuje vznik rezistentních kmenů, migraci toxických reziduí do prostředí a zvyšuje finanční náklady. Přítomnost plísní se projevuje na substrátech vznikem skvrn s netypickým zbarvením, které se liší v závislosti na druhu patogenní houby (obrázek č.6).

Stamets (2000) shrnuje několik vektorů kontaminace – samotný pěstitel, ovzduší, substrát, živočišní škůdci, pomůcky a inokulum. Důležitá je také doba expozice. K eliminaci mikroorganismů v substrátu se používá tepelné ošetření – sterilizace nebo pasterizace. Existují velké rozdíly ve výsledných vlastnostech substrátů. Sterilizace probíhá při vyšších teplotách – při 121 °C po dobu 1 hodiny. Tímto způsobem lze eliminovat veškeré mikroorganismy. Sterilizovaný substrát poskytuje ideální podmínky pro vývoj infekci, jelikož postrádá konkurenční mikrobiotu (Vajna et al. 2009). Zvyšuje energetické náklady, proto je finančně nákladnější. Pro velké provozy je výhodnější pasterizace, protože v takových podmínkách nelze zabezpečit sterilní prostředí. Teploty pasterizaci jsou menší, pohybují mezi 60 a 90 °C. Některé termofilní mikroorganismy a spory přežívají daný zázrak.



Obrázek č. 6. Mycelium kontaminované plísní (zdroj: <<https://i0.wp.com/mushroomgrowersguide.com/wp-content/uploads/2020/10/contamination.jpg?resize=640%2C480&ssl=1>>)

Teplota ošetření také může způsobit chemické změny složek substrátu. Colavolpe et al. (2014) zjistili, že růst plísní *Trichoderma spp.*, která je závažným patogenem při kultivaci hub, je ovlivněn teplotou. Veškeré sterilizované substráty byli znehodnoceny plísní, kdyžto v substrátech pasterovaných při 60 °C její výskyt byl mnohem menší. Pozitivní účinek mělo zvyšování pH vody při pasteraci. Autoři předpokládají, že vysoká teplota uvolňuje ze substrátu složky, které jsou prospěšné pro růst mikromycet. Častými patogeny jsou také druhy jako *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.* a *Rhizopus spp.*

3.4. Zpracování mykokompozitů

Důležité mechanické vlastnosti samotného mycelia jako hustota, pevnost v tahu a pevnost v tlaku nejsou přirozeně dostatečné. Prorostlé houbou substráty proto musí projít dalším zpracováním, které se liší v závislosti na finálním výrobku. Růst podhoubí může být zastaven sušením nebo záhřevem. Sušením se houba dostává do stavu hibernace, záhřev ji zabije (Lelivelt 2015).

Lisováním, studeným (20 °C) nebo horkým (150 °C), lze změnit uspořádání vláken a tím výrazně zlepšit mechanické vlastnosti. Pomocí něj se víc slučují složky kompozitu, zmenšuje se porozita a zvyšuje se hustota. Appels et al. (2019) zkoumal vliv zpracování

kompozitů tvořených kolonizací substrátu houbami *Trametes multicolor* a *Pleurotus ostreatus*. Substráty prorostlé myceliem, které byly nelisované a lisované za studena, měli barvu a texturu, podobnou pěně. Při vyšších teplotách hyfy se pevně vzájemně spojily, přičemž se zvýšila tažnost a elasticita materiálu. Hustota nelisovaných kompozitů byla v rozmezí 0,10 až 0,17 g/cm³, při studeném lisování se zvýšila dvakrát a při horkém víc než třikrát.

3.4.1. Mykokompozity jako stavební surovina

Díky své schopnosti pevně spojovat složky substrátu, mycelium může být využito jako lepidlo. Pokud houba bude pěstovaná v prostoru mezi dvěma panely, spojí je dohromady a vytvoří se sendvičová struktura (Li et al. 2018). Podle Pelletier et al. (2013) mykokompozitní izolační vrstvy absorbují hluk podobně jako konvenční analogy. Bylo zjištěno, že akustická absorpce mykokompozitu dosahovala 70–75 % od množství hluku ekvivalentního 1000 Hz. Daná vlastnost souvisí s jejich pórovitou strukturou. Jones et al. (2018) zkoumali odolnost mykokompozitů vůči pyrolýze. U zkoumaných vzorků hoření začínalo při teplotě mezi 280 až 290 °C a po době 5 minut, kdyžto polystyren se roztavil po 30 sekundách. Přitom na povrchu mykokompozitů vznikla krusta spáleniny, která tlumila hoření a produkci oxidů uhlíku. Na rozdíl od nich, syntetické polymery při spalování produkují více toxických sloučenin.

Použití mycelia ve stavebnictví může mít svoje úskalí. Hlavní je schopnost mykokompozitů přijmout velké množství vlhkosti z okolí – od 50 až do 480 hm. %, což vede ke změně tvaru a bobtnání (Jones et al. 2020). Danou vlastnost lze využít ji při výrobě absorpčních nebo filtračních materiálů (Li et al. 2018) anebo eliminovat ji lisováním. Mykokompozity jsou biodegradabilní, vysoký obsah vody podporuje jejich mikrobiální rozklad.

3.4.2. Mykokompozity jako obalové materiály

Dodnes jako obaly se nejvíc používají plasty. Jsou odvozený z ropy a nejsou biodegradabilní, čímž představují pro životní prostředí nebezpečí. Recyklace plastů je poměrně problematická a není ve mnoha případech možná. Kromě toho, jejich produkce je energeticky náročná, spojená s použitím toxických aditiv a během ní se uvolňuje značné množství skleníkových plynů (Abhijith et al. 2018).

Mykokompozity mají řadu výhod, díky kterým mohou být používány jako alternativní obalové materiály. Kromě zmíněné odolnosti vůči pyrolýze, při kultivaci mycelia se lze zcela vyhnout použití toxických látek a tím předejít jejich migrací do potravin a následně do lidského organismu. Produkce mykokompozitů nesouvisí s použitím fosilních surovin. Navíc, mycelium je schopné přijímat tvar forem, ve kterých prorůstají. Obalový materiál z mycelia se rozloží v kompostu anebo půdě během 90 dnů, kdyžto rozklad polystyrenu trvá kolem 500 let (Zeller & Zocher 2012). Jako obalový materiál mycelium již bylo implementováno v IKEA a Dell (Kim & Ruedy 2019)

3.4.3. Designerský a architekturní sektor

Přirozeně obsažené v buněčných stěnách chitin a jeho deriváty mají hydrofobní povahu (Girometta et al. 2019). Mykokompozity mohou být pro lepší voděvzdornost aplikaci šelaku,



který zalepí póry (Critical concrete 2018). Principem výroby kůží z mycelia je spojování dvou vrstev

Obrázek č. 7. Náhračky živočišné kůží, které vyrábí firma MycoWorks (zdroj: <<https://www.mycoworks.com/wp-content/uploads/2016/07/MycoWorks-leather-patterns-1.jpg>>)

myceliem do sendvičové struktury (Jiang 2017), podobně jako při výrobě izolací. V kožedělném průmyslu se používají hydrofobní proteiny – kukuřičný zein, pšeničný lepek, rybí myofibrilární protein (Deeg et al. 2017). Aplikace daných látek se provádí buď ponořením do roztoku anebo sprejováním na povrch. Oblečení a obuv z myceliové kůži vyrábí například americká firma MycoWorks (obrázek č.5).

Ecovative Design je jedním z největších a nejznámějších producentů mykokompozitů. Zakladatelé firmy postavili před sebou úkol – vyvinout materiál schopný nahradit neekologický polystyren a jiné plasty (Zeller & Zoher 2012). V roce 2009 start-up dosáhl velkého úspěchu a v současné době na základě mycelia lesklokorky vyrábějí náhražky kůží, obalové materiály a dokonce slaninu (Ecovative 2021).

Mycelium bylo také využito pro 3D tisk nábytku Erikem Klarenbeekem (Klarenbeek & Dros 2016) anebo výrobu batohů a nábytku Mauriziem Monalti (Officina Corpuscoli 2021). Nábytek vyrobený z mykokompozitu je lehký, ale zároveň je schopný vydržet deformační tlak způsobený předměty vysoké hmotnosti.

Mycelium také může být použito pro stavbu monolitních objektů díky schopnosti mycelia pevně se spojit během růstu. Existuje několik staveb, ve kterých bylo využito tohoto konceptu. Například, Hy-Fi věž která byla vyprojektována Davidem Benjaminem a vybudována v roce 2014 na MoMa festivalu v New-Yorku. Věž výškou 13 metrů měla tvar třech protínajících se válců a byla sestavena z deseti tisíc myceliových bloků (Slavin 2016). Tento objekt byl dočasnou stavbou a po třech měsících byl rozebrán, přitom bloky byly zutilizovány kompostováním. Daný architekturní pokus je svědectvím trvanlivosti, odolnosti a biodegradability mykokompozitů.

3.4.4. Mycelium jako potravina

Podle některých odhadů, pro zajištění lidí potravinami je potřeba do roku 2050 zvýšit počet orné půdy až o 70 % (Paillard et al. 2014). Z tohoto důvodu roste poptávka lidí po udržitelnějších potravinových zdrojích. Mycelium stopkovýtrosých hub je z tohoto hlediska velmi výhodnou alternativou tradičním potravinám, jelikož obsahuje chitin, polynenasycené

mastné kyseliny (převážně kyselinu linolenovou) a dokonce esenciální aminokyseliny (Bosse et al. 2013; Muzzarelli et al. 2014). Obsah proteinů v myceliu se pohybuje mezi 20 až 30 % (Rathore et al. 2017). Kromě toho, mycelium obsahuje biologicky aktivní sekundární metabolity jako například terpeny nebo enzymy. Do substrátu se nesmějí přidávat složky nevhodné pro konzumaci. Proto na rozdíl od mykokompozitů, používaných ve stavebnictví, do substrátu se přidávají jedlé rostlinné zbytky.

Již zmíněná firma Ecovative Design se zaměřila na vývoj potravin na základě mycelia. V roce 2020 byla založená dceřiná společnost My Forest Foods, která úspěšně uvedla na trh výrobek pod názvem MyBacon (obrázek č.8). Velkou výhodou tohoto produktu je rychlost jeho výroby – 9 dnů, kdyžto produkce vepřového trvá kolem půlroka a hovězího až do 3 let (Food – Ecovative 2022).

Stephan et al. (2018) porovnávali mezi sebou sensorické a technologické vlastnosti konvenčních klobás, rostlinného a živočišného původů, a klobásy na základě mycelia *Pleurotus sapidus*. Pokusu se zúčastnilo 330 lidí, výsledky hodnocení byly statisticky porovnány. Vzorky uzenin byly hodnocené těsně po produkci a po 4 týdnech skladování. Sensorické vlastnosti párků na základě mycelia byly lépe hodnoceny respondenty než u párků z rostlinných proteinů či dokonce klobásy dle ruské receptury. Kromě toho, v porovnání s nimi měly lepší texturu a pevnost. Ovšem na rozdíl od ostatních vzorků, zkazily se během skladování a nebyly hodnocené po 4 týdnech. Nejlépe byla hodnocena klobása dle německé receptury a žádný jiný vzorek neměl tak dobré charakteristiky. Autoři se shodují, že vzhledem ke svým vlastnostem mycelium *Pleurotus sapidus* může sloužit jako alternativa sójového anebo hrachového proteinu.



Obrázek č. 8. MyBacon (zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/6176d13440f48e5178515bcf/0ac92578-dfae-4ea4-b244-4910f58ae967/MyBacon_LocationImage.png>)

4. Praktická část

4.1. Materiál a metody

4.1.1. Příprava sadby

Sadba byla připravena z pšeničných zrn. Zrno bylo uvařeno ve varném hrnci tak, aby zrna nepopraskala. Uvařené zrno bylo propráno ve studené vodě, odkapáno a smícháno se sádrou, aby došlo k úpravě pH a bylo zabráněno slepování zrn. Směs se plnila do skleněných láhví, které se uzavírají vatovou zátkou. Materiál byl sterilován v autoklávu 3 hodiny při 121 °C. Agarové kultury zkoumaných hub byly naočkovány do láhví v prostředí flowboxu. Nástroje byly sterilizované lihem a plamenem kahanu. Naočkované zrno se protřepávalo každý týden.

4.1.2. Příprava substrátu

Příprava substrátu probíhala ve výzkumné stanici ČZU v Červeném Újezdě a následně v laboratoři na ČZU. Zjišťovala se vlhkost substrátu a doplňovala se voda pro dosažení požadované v pokusu vlhkosti. Substrát se plnil do plastových kbelíků o obsahu 1000 ml a následně byl sterilován v autoklávu 4 hodiny při teplotě 121 °C.

Při růstových zkouškách se substrát plnil rovnou do skleněných zkumavek (s délkou 12 cm) a byl sterilován dohromady s nádobou.

4.1.3. Očkování substrátu a měření přírůstků mycelia

Následující den po sterilaci byl substrát naočkován zrnitou sadbou z láhví. Očkování probíhalo ve flowboxu. Pomocí 4 vertikálních os na povrchu kbelíků byl pravidelně označován růst mycelia. Pokus končil, jakmile první z kultur kolonizovala celou nádobu.

Při růstových zkouškách ve zkumavkách mycelium bylo inokulováno rovnou do zkumavek a prorostlé mycelium se nepřemísťovalo do kultivačních boxů.

4.1.4. Tvarování mycelia do bloků

Po prorůstání byl substrát promíchán a přemístěn do plastových boxů různých velikostí, které byly předem dezinfikovány lihem. V počátečních pokusech kultivační boxy měly rozměry 17 x 13 x 7,5 cm. V následujících pokusech byly používány 2 typy kultivačních boxů: větší (18 x 13 x 6,5 cm) a menší (18 x 13 x 5,5 cm). Počínaje čtvrtým pokusem bylo upraveno větrání v kultivačních boxech – v tomto pokusu byla používána zátky z polystyrenu, v dalších pokusech jí nahradila perforace krytů. K dozrávání mykokompozitů byl také používán velký plastový kontejner zajišťující stabilní r.v. a teplotu o rozměrech 54 x 38 x 28 cm. Po ukončení zrání mykokompozity se sušily – nejdříve na filtračním papíře a pak v sušárně.

4.2. Metodiky jednotlivých pokusů

4.2.1. Pokus č. 1. Vliv vlhkosti substrátu na rychlost jeho kolonizace dvěma druhy hub

Tabulka č. 1. Schéma pokusu č. 1

Varianty vlhkosti v %	<i>Pleurotus ostreatus</i> „Ivory“	<i>Ganoderma lingzhi</i>	Množství vody (ml)
55	2	2	1000
60	2	2	1240
65	2	2	1550
70	2	2	1980
75	2	2	2580

Byl sledován vliv vlhkosti na rychlost růstu *Ganoderma lingzhi* a *Pleurotus ostreatus*. Substráty byly navlhčeny na požadovanou vlhkost. Jednotlivé varianty byly naplněny do plastových kbelíků a tepelně ošetřeny. Celkem bylo potřeba 20 kbelíků (tabulka č. 1). 14.5. byly kbelíky naočkovány na povrch substrátu sadbou jednotlivých hub. Byla provedena měření růstu mycelia na 7. a 14. den po naočkování. Po ukončení růstové zkoušky byla mycelia přemístěna do plastových boxů.

Materiály:

- piliny listnatého dřeva
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživostí do 200 g
- plastové kbelíky (700 ml)
- sadba *G. lingzhi*
- sadba *P. ostreatus* „Ivory“
- kultivační boxy (17 x 13 x 7,5 cm)
- líh technický

Příprava substrátu

K přípravě substrátu bylo použito 5 kg pilin listnatého dřeva. Experimentálním způsobem byl zjištěn obsah vody v pilinách, činil 10,6 %. K jejich navlhčení bylo použito celkem 8,35 l vody. Po důkladném promíchání s vodou byl substrát naplněn do plastových kbelíku objemem 700 ml. 14.5. substráty byl očkované sadbou vybraných hub.

Tvorba mykokompozitů

Na 17. den po očkování mycelia byla přemístěna do 10 plastových boxů – po 5 boxů pro každou houbu, každému boxu odpovídal 1 variant vlhkosti. 24. den po očkování hotové mykokompozity byly vyndané a vysušené.

4.2.2. Pokus č. 2. Porovnání růstu mycelia vybraných hub na hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti

K přípravě některých sadeb namísto pšenici bylo použito řepkové semeno. Substrát byl naplněn do 19 kbelíků a následně tepelně ošetřen (tabulka č. 2). Očkování substrátů proběhlo 21.7. Měření růstu mycelia byla provedena na 5., 9. a 16. den po naočkování. Po ukončení růstových zkoušek byla mycelia jednotlivých hub přemístěna do kultivačních boxů. Rychlost růstu mycelia vybraných hub byla porovnána pomocí grafů.

Tabulka č. 2. Schéma pokusu č. 2

Vybraná houba	Počet kbelíků
<i>G. oregonense</i>	3
<i>G. lucidum</i>	3
<i>G. lingzhi</i>	3
<i>G. sessile</i>	6
<i>B. adusta</i>	5

Byly vyřazeny 2 kbelíky s *B. adusta* kvůli kontaminaci a veškeré kbelíky s *G. oregonense* kvůli nevyhovující rychlosti růstu mycelia.

Materiály:

- hobliny listnatého dřeva
- voda
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživostí do 200 g
- plastové kbelíky (700 ml)
- sadba *G. oregonense*
- sadba *G. lucidum*
- sadba *G. lingzhi*
- sadba *G. sessile*
- sadba *B. adusta*
- kultivační boxy (17 x 13 x 7,5 cm)
- líh technický
- velký plastový kontejner

Příprava substrátu

K přípravě substrátu bylo použito 3,42 kg hoblin listnatého dřeva. K navlhčení substrátu bylo použito 3,32 l vody. Výsledná vlhkost substrátu činila 52,8 % pro každý vzorek.

Tvorba mykokompozitů

14 den. po očkování bylo ukončeno prorůstání mycelia *G. lucidum* a *G. sessile*; 20. den po očkování - *G. lingzhi*; 22. den po očkování - *B. adusta*. Po ukončení kolonizace byla mycelia přemístěna do plastových forem.

4.2.3. Pokus č. 3. Porovnání růstu mycelia vybraných dřevobytných hub na hoblinách jehličnatého dřeva a pilinách listnatého dřeva

Tabulka č. 3. Schéma pokusu č. 3

Houba	Kbelíky s pilinami listnatého dřeva	Kbelíky s hoblinami jehličnatého dřeva
<i>B. adusta</i>	2	2
<i>G. sessile</i>	3	4
<i>G. lucidum</i>	2	2
<i>G. oregonense</i>	2	2

Bylo naplněno 9 kbelíků pilinami listnatého dřeva a 10 hoblinami jehličnatého dřeva. 10.8. sterilizované substráty byly naočkovány sadbami vybraných hub (tabulka č.3). Měření byla provedena na 8., 14., 16. den po naočkování. Po ukončení růstové zkoušky, mycelia byla přemístěna do kultivačních boxů se zátkou. Následně mykokompozity byly přemístěné do velkého plastového boxu, kde dozrávaly. Rychlost růstu mycelia vybraných hub byla vyjádřena pomocí grafů. Vzhledem k výsledkům předchozích pokusů byly kultivační nádoby pro tvarování mycelia upraveny tak, aby byl zajištěn lepší přístup kyslíku. Kryty byly proděravěny a do otvorů byly umístěny polyuretanové zátky.

8. den po očkování byl pozorován vznik plísňové kontaminace ve všech kbelících s *G. sessile* a v jednom kbelíku s *G. lucidum* obsahující hobliny jehličnatého dřeva. 13. den po očkování kvůli silné kontaminaci substrátu byly vyřazené dva kbelíky s hoblinami jehličnatého dřeva, jeden s myceliem *G. sessile* a druhý s myceliem *G. lucidum*. Byla také vyřazena mycelia *G. oregonense* kvůli nevyhovující rychlosti kolonizaci

Materiály:

- piliny listnatého dřeva (buk)
- hobliny jehličnatého dřeva (smrk)
- voda
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživosti do 200 g
- plastové kbelíky (700 ml)
- sadba *G. sessile*
- sadba *G. lucidum*
- sadba *G. oregonense*
- sadba *B. adusta*
- kultivační boxy s otvorem pro zátku (17 x 13 x 7,5 cm)
- líh technický

- polyuretanové zátky
- velký plastový kontejner

Příprava substrátu

K přípravě substrátu bylo použito 1,5 kg pilin listnatého dřeva a 1,5 kg hoblin jehličnatého dřeva. Původní vlhkost pilin listnatého dřeva 11,40 % a u hoblin jehličnatého dřeva 9,95 %. Piliny a hobliny byly navlhčeny přidáním 2250 ml vody. Výsledná vlhkost činila 61,85 % pro piliny a 63,35 % pro hobliny.

Tvorba mykokompozitů

15. den po očkování bylo ukončeno prorůstání mycelia *B. adusta* a *G. lucidum* na pilinách listnatého dřeva; 20. den po očkování - *B. adusta* na hoblinách jehličnatého dřeva a *G. sessile* na pilinách listnatého dřeva; 22. den po očkování - *G. sessile* a *G. lucidum* na hoblinách jehličnatého dřeva. Mycelia byla přemístěna do forem.

40. den po očkování byly mycelia vyjmutá a přemístěná do velkého plastového kontejneru, kde dozrávaly. 54. den po očkování zralé mykokompozity byly vyndány a vysušené.

4.2.4. Pokus č. 4. Vliv obohacení substrátu 20% přídatkem pšeničných otrub na růst mycelia a vlastnosti mykokompozitů

Tabulka č. 4. Schéma pokusu č. 4

Houba	Kbelíky s pilinami listnatého dřeva	Kbelíky s hoblinami jehličnatého dřeva
<i>G. sessile</i>	2	3
<i>T. hirsuta</i>	3	3
<i>F. pinicola</i>	3	3
<i>F. inzegae</i>	2	1

Bylo naplněno 11 kbelíků pilinami listnatého dřeva a 10 kbelíků hoblinami jehličnatého dřeva. 8.9. substráty byly naočkovány sadbami vybraných hub (tabulka č. 4). Měření byla provedena 5., 9. a 12. den po naočkování. V tomto pokusu byly použité kultivační boxy s rovnoměrně perforovaným krytem. Takto jemně perforovaný kryt poskytuje lepší přístup ke kyslíku.

Substráty očkované *F. inzegae* byly vyřazené, jelikož houba téměř nerostla. Mycelia *F. pinicola* pěstované na pilinách listnatého dřeva byla vyřazená kvůli plísňové kontaminaci.

Materiály:

- hobliny jehličnatého dřeva
- piliny listnatého dřeva
- voda
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživostí do 200 g
- plastové kbelíky (700 ml)
- sadba *G. sessile*
- sadba *T. hirsuta*
- sadba *F. pinicola*
- sadba *F. inzegae*
- kultivační boxy s perforovaným krytem (18 x 13 x 6,5 cm)
- velký plastový kontejner
- líh

Příprava substrátu

K přípravě substrátů bylo použito 1500 g pilin listnatého dřeva a 1500 g hoblin jehličnatého dřeva. Ke každému druhu dřeva bylo přidáno po 300 g otrub. Dále oba substráty byly navlhčeny přídatkem 3,6 l vody.

Tvorba mykokompozitů

14. den po očkování bylo ukončeno prorůstání obou typů substrátů myceliem *G. sessile*; 16. den - *F. pinicola* na hoblinách jehličnatého dřeva a *T. hirsuta* na pilinách listnatého dřeva; 19. den po očkování - *F. pinicola* na pilinách listnatého dřeva a *T. hirsuta* na hoblinách jehličnatého dřeva. Po ukončení kolonizaci byla mycelia přemístěna do plastových kultivačních boxů. Počet kompozitů neodpovídá počtu kbelíků na začátku – je to dáno tím, že 3 kbelíky vystačily na plnění 4 tvarovacích boxů.

Hotové mykokompozity byly přemístěny do dvou velkých plastových kontejnerů, kde dozrávaly. První kontejner byl naplněn 26. po očkování, druhý 39. po očkování.

32. den po očkování v jednom ze dvou velkých plastových boxů se objevila plísňová kontaminace a některé parcely byly v důsledku toho předčasně ukončeny. Tři mykokompozity *F. pinicola* na základě hoblin jehličnatého dřeva nebyly soudržné a byly vyřazené. Polovina mykokompozitů *T. hirsuta* pěstovaných na stejném substrátu byla silně kontaminována a vyřazen, druhý byl ponechán. 42. den po očkování z druhého plastového boxu byly vyňaty zbývající mykokompozity – dva *G. sessile* z pilin listnatého dřeva, čtyři *G. sessile* z hoblin jehličnatého dřeva, jeden *T. hirsuta* z hoblin jehličnatého dřeva a tři *T. hirsuta* z pilin listnatého dřeva, z nichž jeden byl později vyřazen kvůli kontaminaci. Hotové mykokompozity byly následně vysoušené.

4.2.5. Pokus č. 5. Růstová zkouška ve zkumavkách – porovnání rychlosti kolonizaci pilin jehličnatého a listnatého dřeva

42 skleněné zkumavky bylo naplněno dvěma druhy substrátu – pilinami listnatého dřeva a pilinami jehličnatého dřeva. 22.10. zkumavky byly očkované sadbami šesti vybraných hub (tabulka č. 5). Po očkování byly zkumavky pevně uzavřeny alobalem. Měření byla 4., 11., 18., 24., 32., 39. den po očkování. Pokus končil, pokud jedna zkumavka ze sady byla kolonizována po celé délce.

Tabulka č. 5. Schéma pokusu č. 5

Houba	Zkumavky s pilinami listnatého dřeva	Zkumavky s pilinami jehličnatého dřeva
<i>P. betulinus</i>	3	3
<i>T. versicolor</i>	3	3
<i>F. pinicola</i>	3	3
<i>G. lingzhi</i>	3	3
<i>G. sessile</i>	3	1*
<i>B. adusta</i>	3	3

*v průběhu manipulací se zkumavkami 2 z nich byly poškozené a byly odstraněny

Materiály:

- piliny listnatého dřeva
- piliny jehličnatého dřeva
- voda
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživostí do 200 g
- skleněné zkumavky (12 cm)
- alobal
- sadba *P. betulinus*
- sadba *T. versicolor*
- sadba *F. pinicola*
- sadba *G. lingzhi*
- sadba *G. sessile*
- sadba *B. adusta*

Příprava substrátu

Gravimetricky byl stanoven podíl vody v každém druhu dřeva – 39,65 % u pilin listnatého dřeva a 16,9 % u pilin jehličnatého dřeva. Bylo smícháno 1,5 kg pilin listnatého dřeva a 0,76 l vody, 1,5 kg pilin jehličnatého dřeva a 1,08 l vody. Cílem bylo dosáhnout

vlhkosti kolem 60 % -protože příliš vysoký obsah vody v jemném substrátu vede ke zhoršení provzdušňování substrátu. Vlhkost pilin byla později ověřena – 57,8 % pilin listnatého dřeva a 61,9 % u pilin jehličnatého dřeva.

4.2.6. Pokus č. 6. Rychlost růstu mycelia vybraných hub na pilinách jehličnatého dřeva a listnatého dřeva

Tabulka č. 6. Schéma pokusu č. 6

Houba	Kbelíky s jehličnatými pilinami	Kbelíky s listnatými pilinami
<i>P. betulinus</i>	2	2
<i>F. pinicola</i>	2	2
<i>G. lingzhi</i>	2	2

Kbelíky byly naplněné pilinami jehličnatého a listnatého dřeva. Na základě výsledků předchozího pokusu byly zvoleno 3 houby (tabulka č. 6). Očkování proběhlo 11.11. Měření byla provedena 8., 13., a 19. den po naočkování. Hodnoty přírůstků mycelia ve dvou typech substrátů byly porovnány pomocí grafu. V jednom kbelíku se objevila kontaminace – *P. betulinus* (piliny jehličnatého dřeva), proto byly dané sadby vyřazené.

Materiály:

- plastové kbelíky (700 ml)
- piliny listnatého dřeva
- piliny jehličnatého dřeva
- voda
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživosti do 200 g
- sadba *P. betulinus*
- sadba *F. pinicola*
- sadba *G. lingzhi*
- kultivační boxy s perforovaným krytem (18 x 13 x 5,5 cm)
- velký plastový kontejner

Příprava substrátu

Gravimetricky byl stanoven obsah vody – 17,95 % u pilin jehličnatého dřeva a 32 % u pilin listnatého dřeva. Substrát byl připraven smícháním 2,5 kg pilin jehličnatého dřeva s 2,63 l vody a 2,7 kg pilin listnatého dřeva s 1,89 l vody. Vlhkost substrátu byla později ověřena – 64,90 % u pilin jehličnatého dřeva a 60,40 % u pilin listnatého dřeva.

Tvorba mykokompozitů

19. den po očkování bylo ukončeno prorůstání mycelia *P. betulinus* a *F. pinicola* na pilinách jehličnatého dřeva. Ovšem mycelium bylo řídké, proto podhoubí bylo přemístěno do forem později. 25. den po očkování bylo ukončeno prorůstání mycelia *P. betulinus* a *F. pinicola* na pilinách listnatého dřeva a *G. lingzhi* na pilinách jehličnatého dřeva.

27. den po očkování veškerá podhoubí byla přemístěna do forem až na výjimku *G. lingzhi*, u níž kolonizace pilin listnatého dřeva trvala nejdéle. Tohle mycelium bylo přemístěno do forem až 41. den po očkování jako poslední.

4.2.7. Pokus č. 7. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě slámy

Daný pokus byl proveden ve spolupráci s fakultou lesnickou a dřevařskou (FLD ČZU), uskutečnil ho Bc. Mírek Jozífek. Jako substrát byly použité slaměné pelety zalité vroucí vodou v poměru 1:2. Sáčky na kultivaci hub byly naplněné peletami a 7.6. byly inokulovány sadbami vybraných hub, po 3 sáčky pro každou houbu. Po dvou týdnech byla mycelia přemístěna do plastových boxů, kde dále prorůstala po dobu dvou týdnů. Následně mykokompozity byly usušené a odeslány na testování izolačních vlastností na FLD ČZU.

Materiály:

- slaměné pelety
- sáčky ke kultivaci hub (UnicornBag)
- sadba *P. ostreatus* ‚Ivory‘
- sadba *G. sessile*
- sadba *G. lingzhi*
- autokláv – Sanyo, Labo Autoclave MLS-3781L, s výkonem 4 kW, 50–60 Hz a obsahem 75 l
- flow-box – Flow FAST H 18 S.N. 661, s výkonem 1,4kW, 50 Hz
- sušička s váhami – DAB 200-2-A, Kern, s max. váživostí do 200 g
- voda
- kultivační boxy s perforovaným krytem (18 x 13 x 5,5 cm)
- Isomet 2104

Měření izolačních vlastností

Měření bylo uskutečněno podle metodiky Hýska et al. (2019). Zkouška probíhala při 23°C a relativní vlhkosti 36 % pomocí přístroje Isomet 2104. Mykokompozity byly nakrájeny na desky 400 mm x 400 mm a tloušťkou 50 mm. Bylo testováno po 9 desek od každé houby. Desky se propichovaly sondou ve tvaru jehly. Byly naměřené hodnoty koeficientu tepelné vodivosti λ , objemové tepelné kapacity a tepelné difuzivity α .

4.2.8. Pokus č. 8. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě hoblin jehličnatého dřeva a pilin listnatého dřeva

Daný pokus byl proveden ve spolupráci s fakultou lesnickou a dřevařskou (FLD ČZU), uskutečnil ho Daniil Nikiforov. Na tamnějším pracovišti byly analyzovány mykokompozity vyrobené v předchozích pokusech. Byly vybrány mykokompozity na základě mycelia 3 druhů hub a 2 druhů substrátu (tabulka č. 7).

Tabulka č. 7. Testované vzorky mykokompozitů

Číslo vzorku	Houba	Substrát
1	<i>G. lucidum</i>	piliny listnatého dřeva
2	<i>G. lucidum</i>	hobliny jehličnatého dřeva
3	<i>B. adusta</i>	piliny listnatého dřeva
4	<i>B. adusta</i>	hobliny jehličnatého dřeva
5	<i>G. sessile</i>	piliny listnatého dřeva
6	<i>G. sessile</i>	hobliny jehličnatého dřeva

Materiály:

- mykokompozity *B. adusta*
- mykokompozity *G. sessile*
- mykokompozity *G. lucidum*
- Isomet 2104

Měření izolačních vlastností

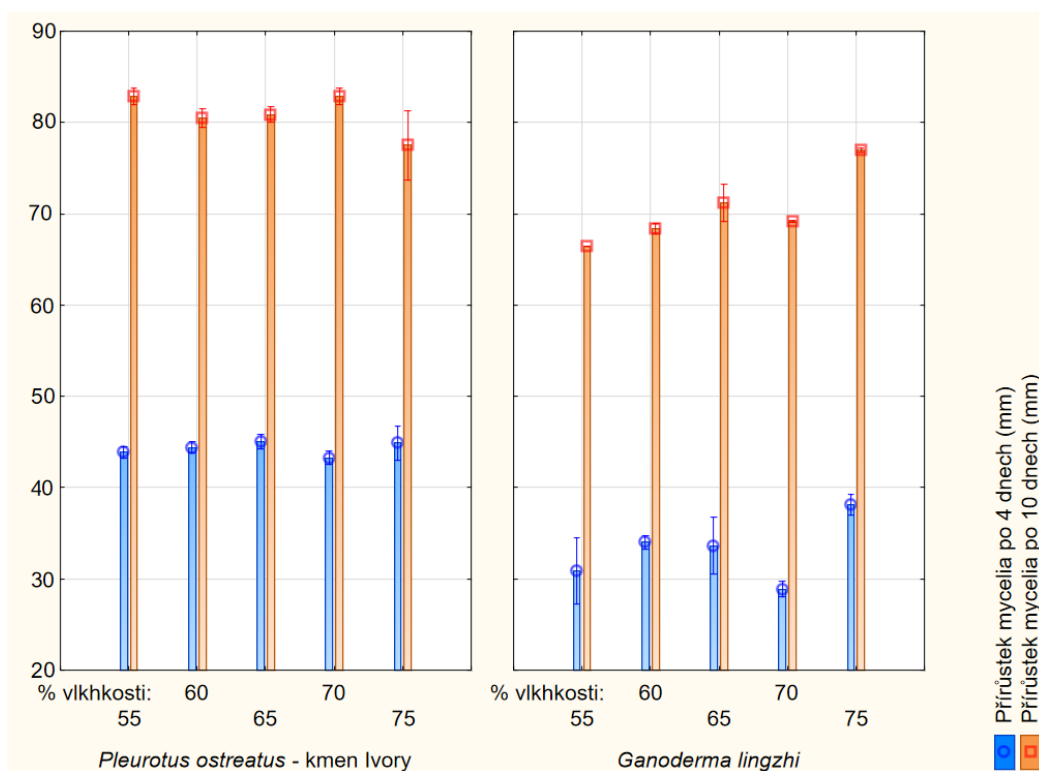
Měření bylo provedeno podle metodiky Hýska et al. (2019) popsané v předchozím pokusu. Mykokompozity byly nakrájené na zkušební vzorky o rozměrech 150 x 110 x 40 mm. Všechna měření se prováděly při teplotě +22°C. Od každého z 6 druhů mykokompozitů byl zvolen reprezentativní vzorek, který byl testován 3 krát. Jedno měření trvalo 15–20 minut. Byl naměřen koeficient tepelné vodivosti λ .

5. Výsledky

5.1. Pokus č. 1. Vliv vlhkosti substrátu na rychlost jeho kolonizace 2 druhy hub

Graf č. 1 znázorňuje denní přírůstky mycelia obou hub. Je patrné, že *P. ostreatus* „Ivory“ roste rychleji, než *G. lingzhi*. Hodnoty přírůstků mycelia po 4 dnech kolonizace se nelišily, tím pádem nebyly ovlivněny vlhkostí substrátu. Vliv vlhkosti se začal projevovat po 4 dnech – při vlhkosti substrátu nad 70 % rychlost růstu začala klesat. Lze konstatovat, že pro mycelium *P. ostreatus* „Ivory“ je optimální substrát vlhkostí 55 až 70 %.

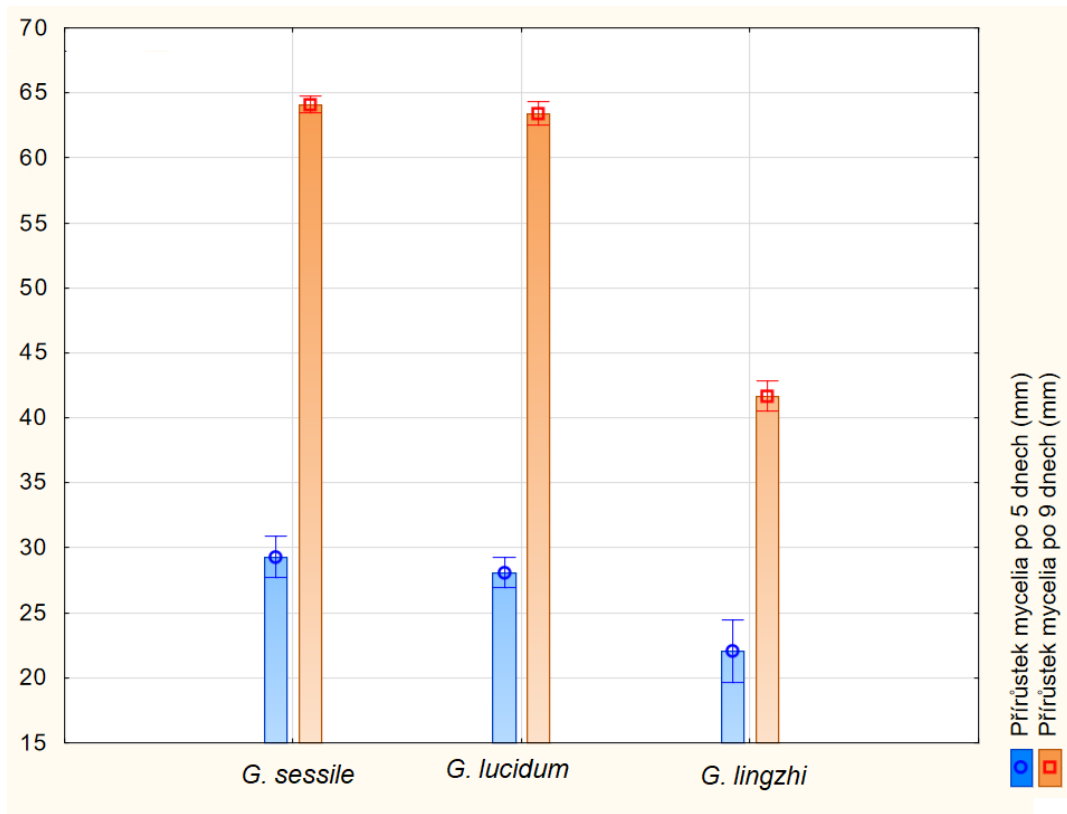
Hodnoty přírůtku mycelia *G. lingzhi* stoupaly přímo úměrně s rostoucí vlhkostí substrátu a byl nejvyšší při 75 %. Na rozdíl od *P. ostreatus* „Ivory“ preferuje substráty s vyšším podílem vody.



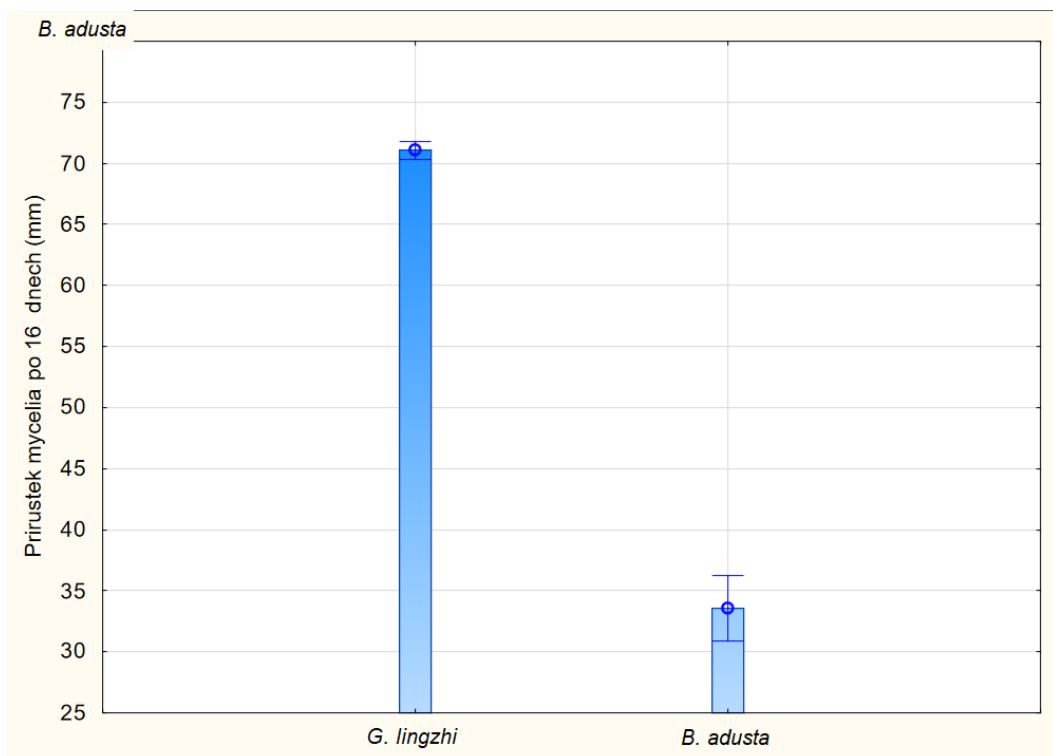
Graf č.1. Přírůstky mycelia výše uvedených hub při různých vlhkostech substrátu

24. den po očkování bloky byly vyjmuté a vysušené. Přitom se podařilo odstranit substráty z forem u většiny variant lesklokorek a pouze u dvou variant substrát u hlívy – 65 % a 70 %.

5.2. Pokus č. 2. Porovnání růstu mycelia vybraných hub na hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti



Graf č. 2. Porovnání přírůstků mycelia *G. sessile*, *G. lingzhi* a *G. lucidum*



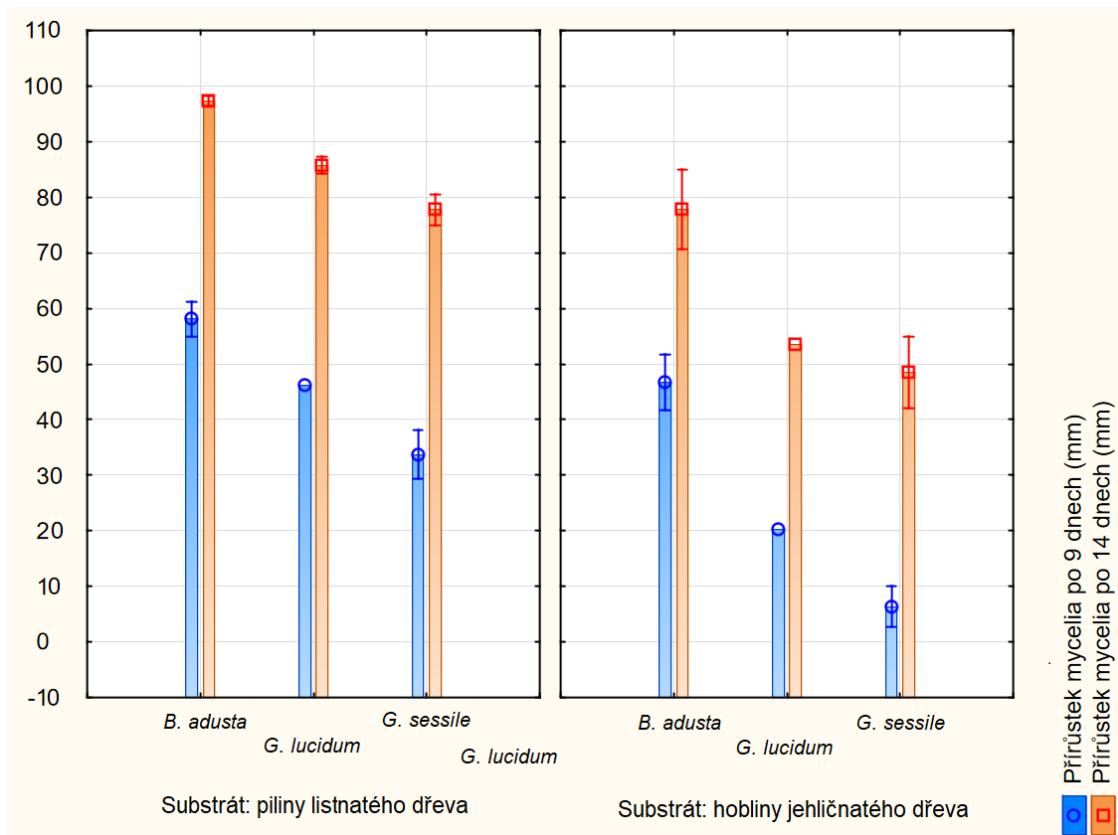
; Graf č. 3. Porovnání přírůstku mycelia *G. lingzhi* a *B. adusta*

Rychlost růstu mycelia *G. sessile* a *G. lucidum* se téměř nelišila (graf č. 2). *B. adusta* byla nejpomaleji rostoucí houbou (graf č. 3).

V boxech s *G. lucidum* a *B. adusta* byla pozorovaná nedostatečná kolonizace hoblin a substráty nemohly být dále využity. Pravděpodobně to bylo způsobeno nedostatečným množstvím kyslíku v plastových boxech a pro další pokusy byla navržena modifikace krytu. Substráty kolonizované *G. sessile* byly přemístěny do velkého uzavřeného plastového boxu, aby mohly dál prorůstat.

Výsledné mykokompozity nebyly dostatečně soudržné, rozpadly se při vyndávání z forem a žádný nebyl vyroben. Na základě výsledků lze posoudit, že hobliny nejsou dobrou surovinou pro tvorbu mykokompozitů.

5.3. Pokus č. 3. Porovnání růstu vybraných dřevobytných hub na hoblinách jehličnatého dřeva a pilinách listnatého dřeva



Graf č. 4. Rychlost růstu mycelia výšeuvedených hub ve dvou typech substrátů

Rychlost růstu mycelia *G. sessile* v daném pokusu byla pomalejší než u *B. adusta*, ale nebyla natolik ovlivněna typem substrátu. Piliny listnatého dřeva byly kolonizovány rychleji než hobliny jehličnatého dřeva. U sadeb *G. lucidum* byla pozorována nedokonalá kolonizace a pro další pokusy byl navržen jiný typ krytu, zabezpečující lepší přístup kyslíku.

Graf č. 4. porovnává rychlost růstu mycelia. Je patrné, že *B. adusta* kolonizovala oba typy substrátu nejrychleji. Kolonizace hoblin jehličnatého dřeva *B. adusta* trvala o 5 dnů déle než u pilin listnatého dřeva. *G. sessile* byla nejpomalejší..

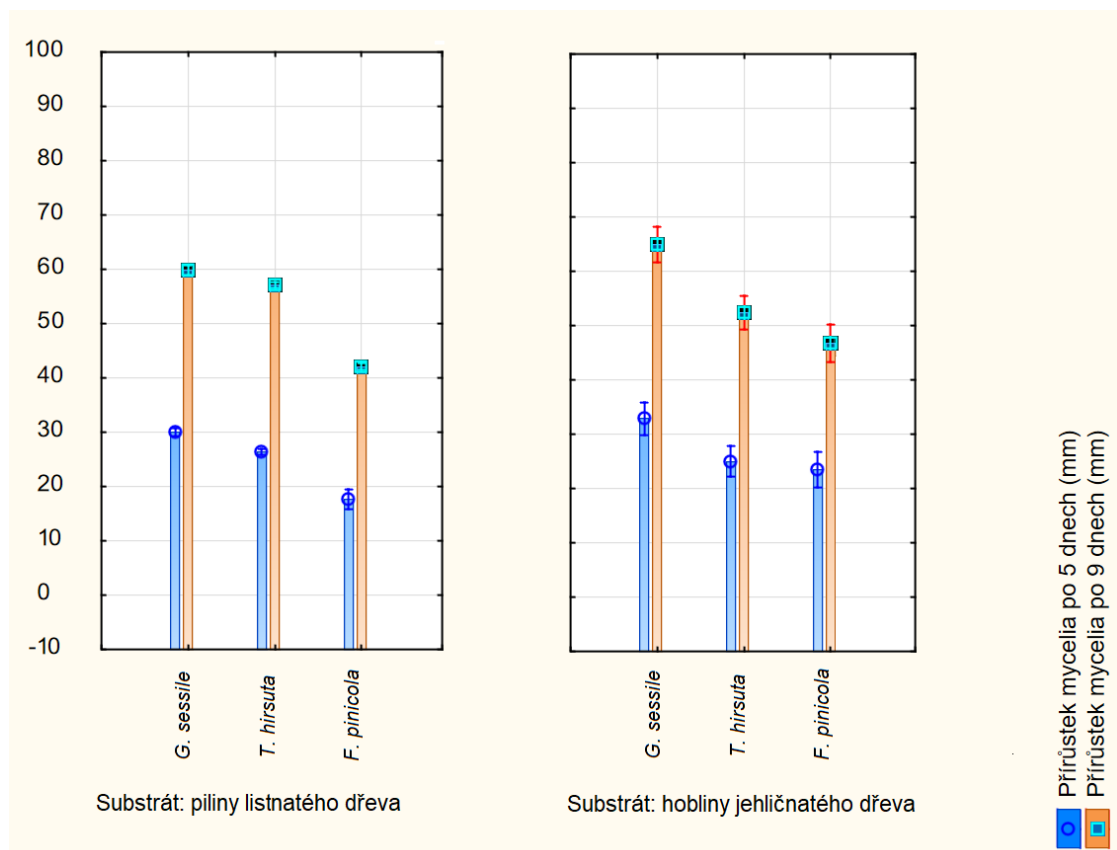
Rychlost růstu mycelia nemusí korelovat s jeho pevností. Vyhovující výsledek byl dosažen pouze u tří bloků *G. sessile* a dvou bloků *B. adusta*, které byly pěstované na pilinách listnatého dřeva. Hobliny se znovu neosvědčily jako vhodný substrát.

5.4. Pokus č. 4. Vliv obohacení substrátu 20% přídávkem pšeničných otrub na růst mycelia a vlastnosti mykokompozitů

Rychlost růstu mycelia ve dvou typech substrátu se téměř nelišila (graf č. 5). *G. sessile* lépe kolonizovala hobliny jehličnatého dřeva. Kolonizace substrátu probíhala dvakrát rychleji než v předchozím pokusu – *G. sessile* měla po 9 dnech skoro o polovinu větší přírůstek.

Přídavek pšeničných otrub do substrátu příznivě ovlivnil mycelium – hyfy byly mohutnější a substráty více prorostlé. Substrát se mnohem lépe vyndával z forem, nerozpadal se. Veškeré ztráty byly způsobeny vlivem kontaminace.

Ve výsledků bylo úspěšně vytvořeno deset mykokompozitů – dva *G. sessile* (piliny listnatého dřeva), čtyři *G. sessile* (hobliny jehličnatého dřeva) a čtyři *T. hirsuta*, po dvou na základě obou typů dřeva. Hotové mykokompozity byly velmi pevné, soudržné.

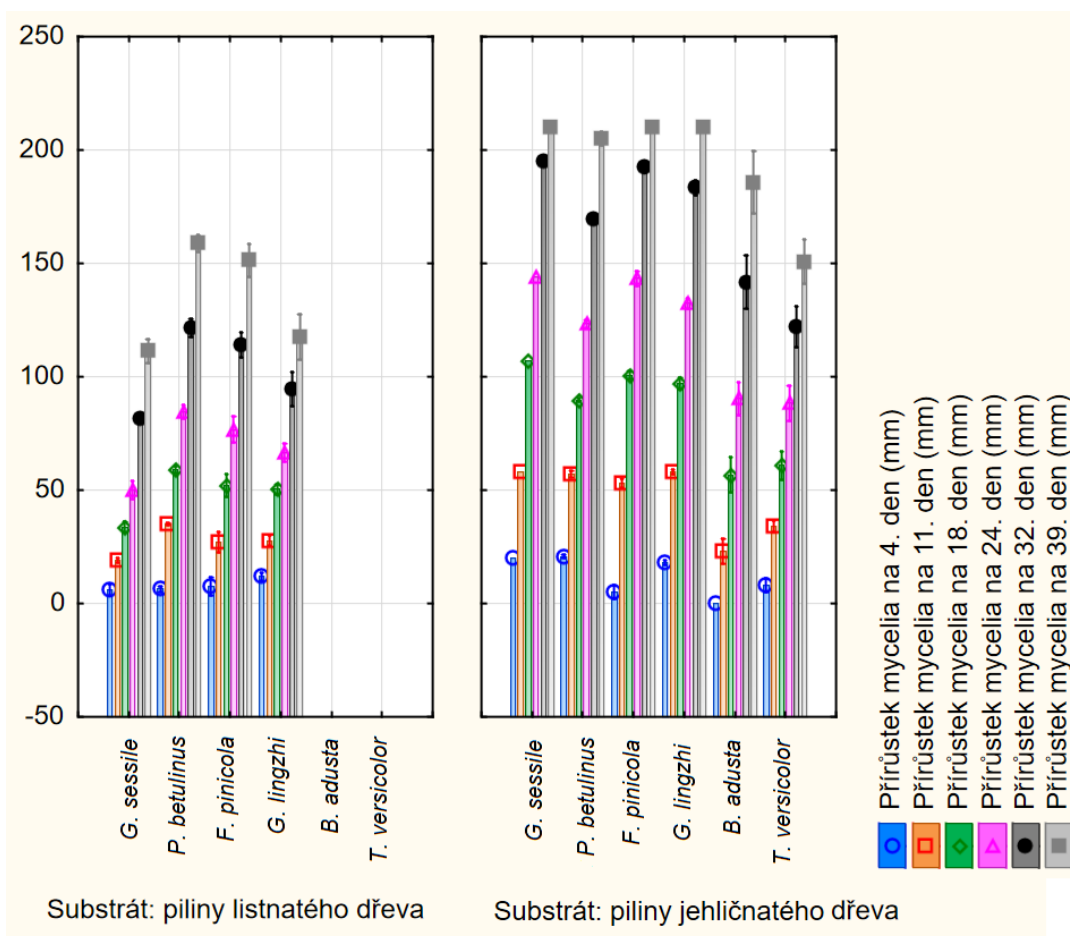


Graf č. 5. Přírůstky mycelia výše uvedených hub na substrátech obohacených 20% přídávkem otrub

5.5. Pokus č. 5. Růstová zkouška ve zkumavkách – porovnání rychlosti kolonizaci pilin jehličnatého a listnatého dřeva

32. den po očkování byl uzavřen pokus pro *G. sessile*, *G. lingzhi*, *F. pinicola* pěstované pilinách jehličnatého dřeva. 39. den po očkování byl uzavřen pokus pro *P. betulinus* a *B. adusta* pěstované na pilinách jehličnatého dřeva. 48. den po očkování byl uzavřen pokus pro *F. pinicola*, *P. betulinus* pěstované na pilinách listnatého dřeva a pro *T. versicolor* pěstovanou na pilinách jehličnatého dřeva.

B. adusta a *T. versicolor* ve zkumavkách s pilinami listnatého dřeva měly velmi malé přírůstky, proto jejich hodnoty nebyly zahrnuty do grafu přírůstků mycelia (graf č. 6). Kolonizace pilin jehličnatého dřeva probíhala rychleji než na pilinách listnatého dřeva.

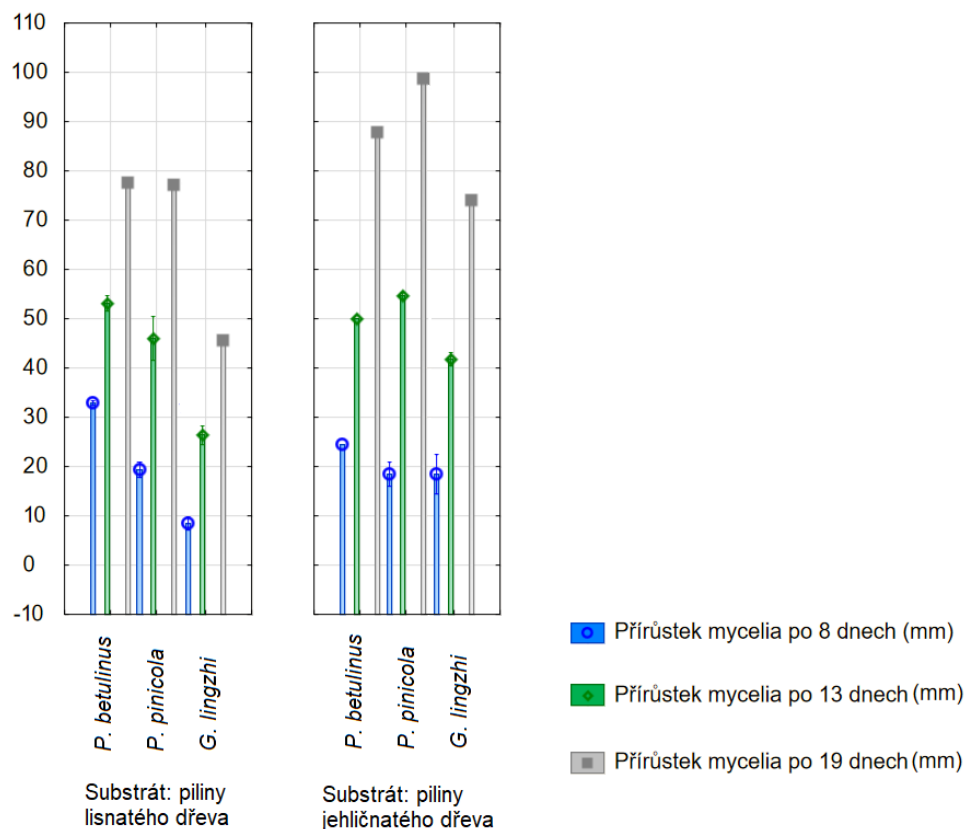


Graf č. 6. Přírůstky mycelia výše uvedených hub v pilinách jehličnatého a listnatého dřeva

5.6. Pokus č. 6. Rychlost růstu mycelia vybraných hub na pilinách jehličnatého a listnatého dřeva

Graf č. 7. porovnává přírůstky mycelia vybraných hub na pilinách obou druhů. Piliny jehličnatého dřeva byly kolonizovány rychleji. *F. pinicola* patrně preferuje substrát na základě jehličnatého dřeva.

Zrání mycelia ve formách probíhalo velmi pomalu. Ačkoliv kolonizace substrátu byla uskutečněná zhruba po měsíci od očkování, jenom tři kompozity se zdály být dostatečně soudržné po 3 měsících. Ve výsledků nebyl vyroben žádný mykokompozit, jelikož byly buď kontaminované v průběhu zrání anebo se rozpadly se při vyndávání. Slabé prorůstání uvnitř mycelia svědčí o nedostatečném přísunu kyslíku, což zhoršilo využitelnost substrátu a prodloužilo dobu kolonizace.



Graf č. 7. Přírůstky mycelia výše uvedených hub na pilinách jehličnatého a listnatého dřeva

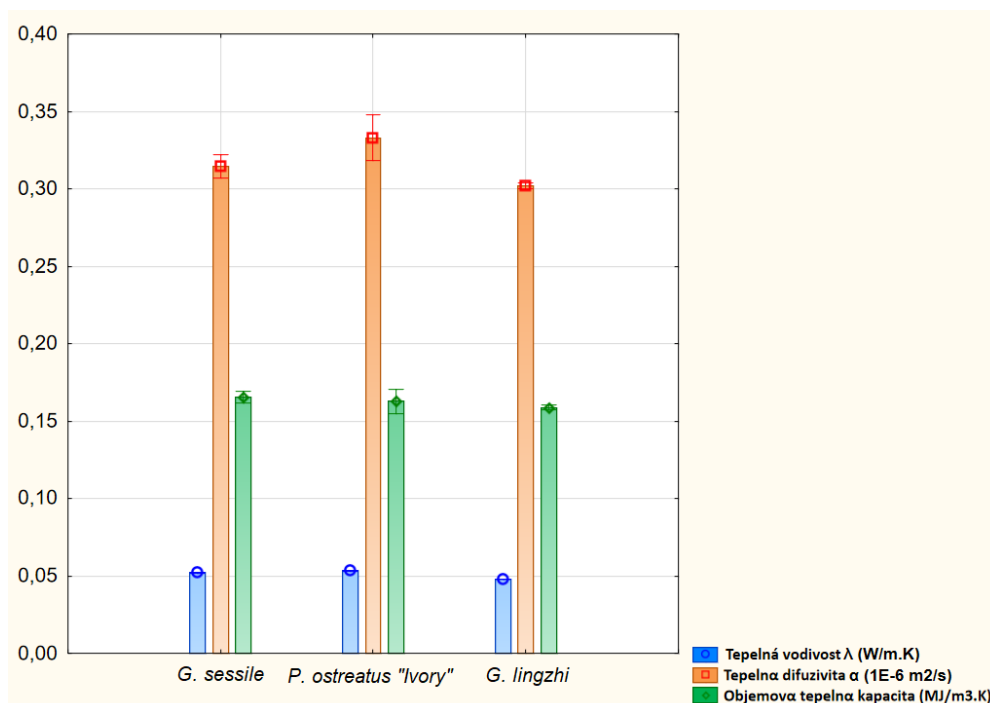
5.7. Pokus č. 7. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě slámy

Tepelně-izolační vlastnosti jsou vyjádřeny pomocí koeficientu tepelné vodivosti λ , objemové tepelné kapacity a tepelné difuzivity α . Naměřené hodnoty měly poměrně malou variabilitu (graf č. 8). U všech měřených ukazatelů nejnižší hodnoty měla jednoznačně *G. lingzhi*. Koeficient λ je hlavním ukazatelem.

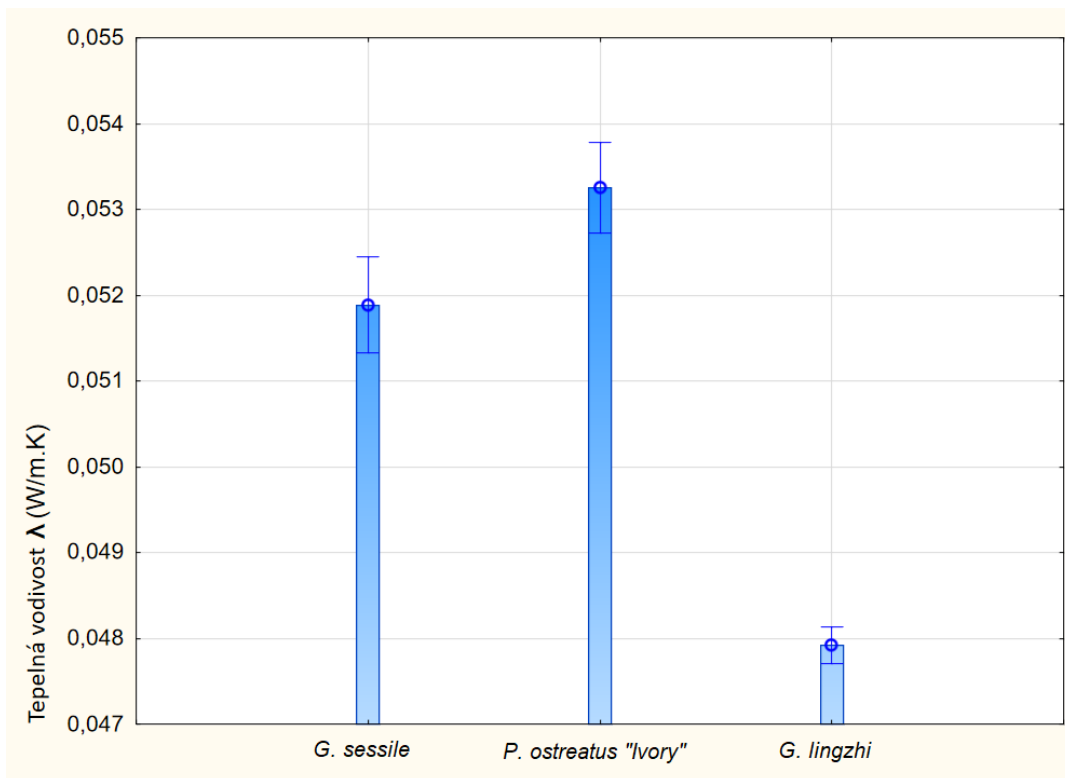
Koeficient tepelné vodivosti λ vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo (graf č. 9). Hodnota objemové tepelné kapacity udává, kolik energie je třeba dodat k zahřátí objemové jednotky materiálu o 1°C. Průměrné hodnoty naměřené u mykokompozitů *G. sessile*, *P. ostreatus „Ivory“* a *G. lingzhi* činily 0,051887, 0,053256 a 0,047920 W/mK. Nejnižší hodnota λ byla naměřena u mykokompozitu *G. lingzhi*, největší u *P. ostreatus „Ivory“*

Tepelná kapacita udává schopnost materiálu zadržovat teplo (graf č. 10). Nejvyšší hodnoty byly naměřené u substrátu kolonizovaného *G. sessile*. Průměrné hodnoty pro *G. sessile*, *P. ostreatus „Ivory“* a *G. lingzhi* činily 0,314702, 0,332987 a 0,302142 MJ/m³.K.

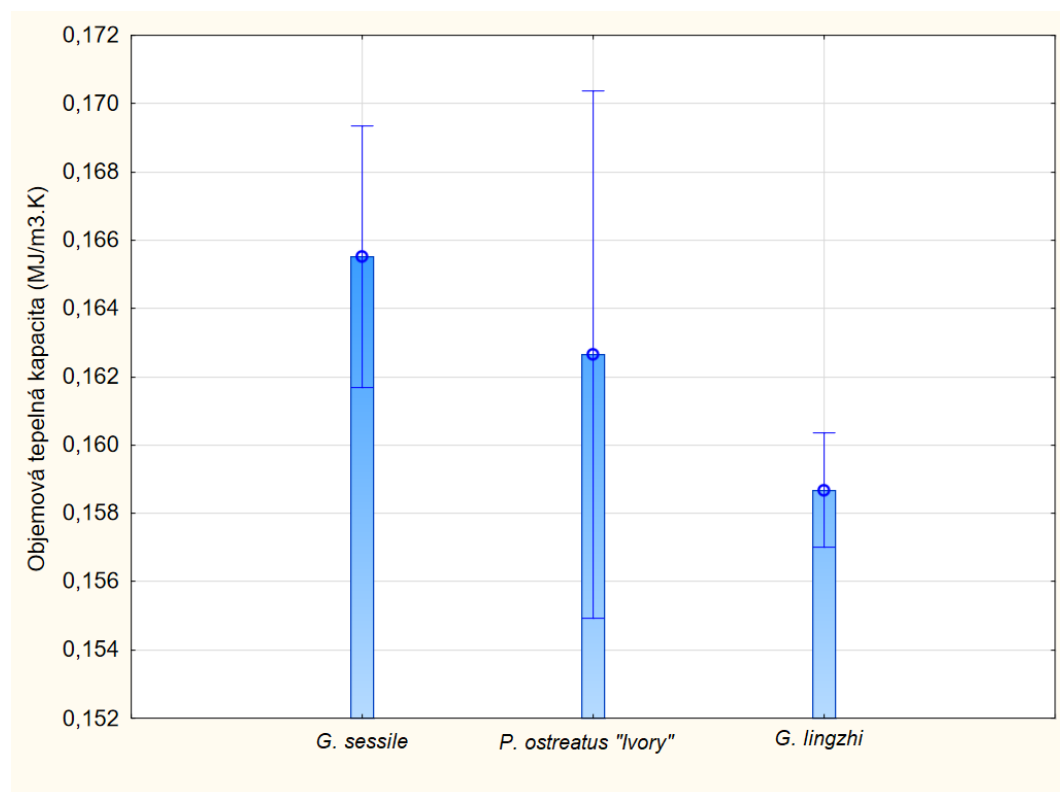
Tepelná difuzivita α vyjadřuje schopnost materiálu vyrovnávat rozdílné teploty při neustáleném šíření tepla vedením v homogenním prostředí (graf č. 11). Nejvyšší hodnoty byly naměřené u *P. ostreatus „Ivory“*. Průměrné hodnoty naměřené u mykokompozitů *G. sessile*, *P. ostreatus „Ivory“* a *G. lingzhi* činily 0,16552, 0,16265 a 0,15868 (1E-6 m²/s).



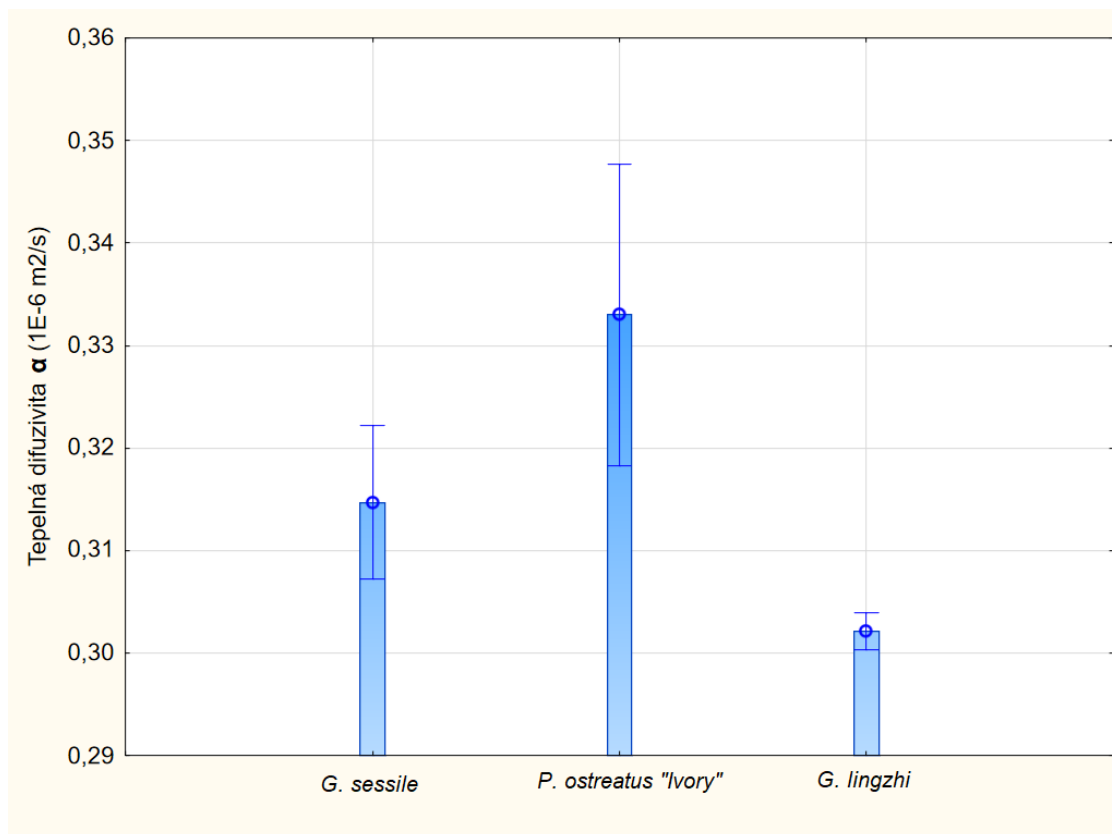
Graf č. 8. Variabilita naměřených hodnot v substrátech kolonizovaných myceliem výše uvedených hub



Graf č. 9. Variabilita hodnot tepelné vodivosti λ v substrátech kolonizovaných myceliém výše uvedených hub



Graf č. 10. Variabilita hodnot objemové tepelné kapacity v substrátech kolonizovaných myceliém výše uvedených hub



Graf č. 11. Variabilita hodnot tepelné difuzivity α v substrátech kolonizovaných myceliem výše uvedených hub

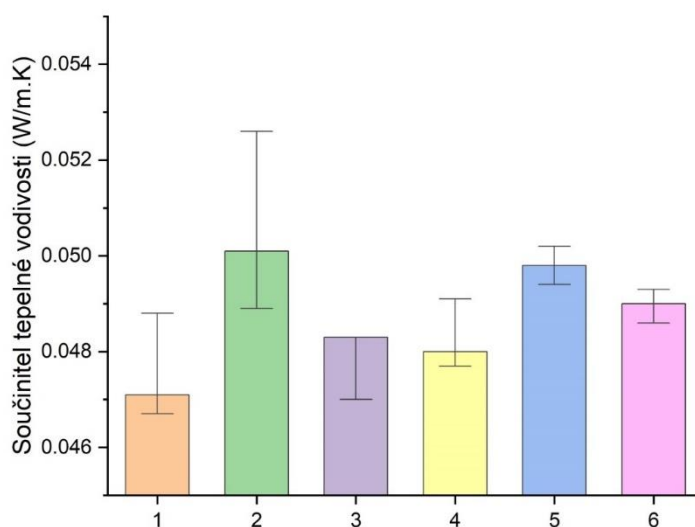
5.8. Pokus č. 8. Měření tepelně-izolačních vlastností mykokompozitů na základě hoblin jehličnatého dřeva a pilin listnatého dřeva

Naměřené hodnoty λ jsou uvedené v tabulce č. 11. a jsou ve shodě s hodnotami naměřenými v předchozím pokusu.

Tabulka č. 11. Výsledky měření reprezentativních vzorků mykokompozitů. (1-3 – *G. lucidum* na pilinách listnatého dřeva, 2-2 – *G. lucidum* na hoblinách jehličnatého dřeva, 3-1 – *B. adusta* na pilinách listnatého dřeva, 4-2 – *B. adusta* na hoblinách jehličnatého dřeva, 5-3 – *G. sessile* na pilinách listnatého dřeva, 6-1 – *G. sessile* na hoblinách jehličnatého dřeva)

Číslo vzorku	λ_1 [W/m.K]	λ_2 [W/m.K]	λ_3 [W/m.K]	λ průměr [W/m.K]
1-3	0,0476	0,0471	0,0467	0,0471
2-2	0,0489	0,0516	0,0501	0,0502
3-1	0,0483	0,0470	0,0483	0,0479
4-2	0,0480	0,0491	0,0477	0,0483
5-3	0,0502	0,0494	0,0498	0,0498
6-1	0,0486	0,0493	0,0490	0,0490

Graf č. 12 porovnává hodnoty λ reprezentativních vzorků. Variabilita výsledků je malá, pohybují se mezi 0,0467 a 0,0502. Reprezentativní vzorek mykokompozitu *G. lucidum* na základě pilin listnatého dřeva měl nejnížší hodnotu λ a tím pádem nejlepší tepelně-izolační vlastnosti,



Graf č. 12. Porovnání λ 6 analyzovaných reprezentativních vzorků

6. Diskuze

6.1. Volba vhodné houby pro výrobu mykokompozitů

Cílem daných pokusů bylo určit nevhodnější houby pro kolonizaci substrátu za účelem výroby mykokompozitů.

V prvním pokusu se stanovovala optimální vlhkost substrátu pro dva druhy hub, přičemž bylo zjištěno, že mycelium *G. sessile* lépe roste při vlhkosti substrátu nad 70 %, kdyžto mycelium *P. ostreatus* „Ivory“ vyšší úroveň vlhkostí nesvědčí. Obdobné výsledky s *P. ostreatus* byly dosaženy Tesfaw et al. (2015), kdy při testování substrátů s vlhkostí 69,8 až 75 % byl nejrychleji kolonizován substrát o vlhkosti 70 %. Berovič et al. (2012) měnili vlhkost substrátu v průběhu jeho kolonizaci myceliem *G. lingzhi* dosoušením a navlhčováním substrátů. Růst mycelia byl nejvyšší při 75 až 80 % vlhkosti substrátu, pod 74 % výrazně klesal a stagnoval při vlhkosti 57 %. Tímto se podařilo vysvětlit, že ačkoliv mycelium *P. ostreatus* prorůstalo substrátem dostatečně rychle, podařilo se vytvořit pouze dva mykokompozity u variant vlhkosti 65 % a 75 %. Veškeré varianty mykokompozitů *G. sessile* byly po zrání dostatečně soudržné a ani jeden nebyl poškozen při vyndávání z forem. Jsou patrné rozdíly v nárocích dvou druhů hub na obsah vody v substrátu. Také lze posoudit, že pevnost mykokompozitů *G. sessile* není tolik ovlivněna vlhkostí substrátu.

Cílem následujících pokusů bylo porovnat vliv velikostí částic substrátu a typu dřeva, ze kterého byl substrát vyroben. Ve druhém pokusu byly vyzkoušeny houby listnatého dřeva při nízké vlhkosti. Nejrychleji rostoucími houbami byly *G. sessile* a *G. lucidum*, kdyžto *G. oregonense* téměř nerostla. Dosažené výsledky jsou ve shodě s výsledky Viceconte et al. (2021). V daném pokusu byla porovnávaná rychlost kolonizace lignocelulóзовého substrátu a produkce polysacharidů tří druhů lesklokorek – *G. sessile*, *G. lingzhi* a *G. oregonense*, z nichž nejrychlejší růst mycelia byl zaznamenán právě u *G. sessile*. Na rozdíl od výsledků dosažených v praktické části, ve zmíněném pokusu *G. lingzhi* rostla mnohem pomaleji než *G. oregonense*. Pozoruhodné byly výsledky *B. adusta*, která kolonizovala substrát jen o dva dny později než *G. lingzhi*. Ovšem měla slabé hyfy a byla méně odolná vůči infekci plísněmi. Raman et al. (2022) uvádí, že *B. adusta* dokáže rychle prorůstat substrátem a tvořit husté mycelium, avšak substrát je lámavý a málo pevný. Z toho plyne, že rychlost růstu mycelia není jediné kritérium, dle kterého musí být hodnocená vhodnost houby k výrobě mykokompozitů. Pouze mycelia *G. sessile* byly dostatečně soudržné k tomu, aby se z nich následně vyrobily mykokompozity. Kolonizace ostatních substrátů byla nedokonalá pravděpodobně kvůli nedostatečnému přísunu kyslíku k myceliu.

Ve třetím pokusu kromě pilin listnatého dřeva byly ověřovány houby jehličnatého dřeva. Substráty na základě jehličnatých hoblin byly častěji infikovány plísněmi. Přestože se infekce ze začátku projevila ve všech kbelících *G. sessile* a v jednom kbelíku *G. lucidum* obsahující hobliny jehličnatého dřeva, bylo vyřazeno pouze po jedné parcele od každé uvedené houby. Může to svědčit o schopnosti hub rodu *Ganoderma* lépe odolávat konkurenci s konkurenčními houbami. Ve svém výzkumu Bitew & Abate (1994) popisuje antifungální vlastností sekundárních metabolitů *G. lucidum*. Metabolit pod názvem 201A byl

efektivní vůči patogenním kvasinkám a plísním, obzvláště citlivé jsou plísně rodu *Aspergillus*. Také autoři uvádějí, že produkce antifungálních látek začala po šesti dnech, dosáhla maxima na dvanáctý den a na čtrnáctý den klesala. Pomocí daných výsledků lze objasnit schopnost lesklokorek konkurovat s konkurenčními druhy hub a proč se daný mechanismus neprojevil ihned. Podobně jako v předchozích pokusech, *G. oregonense* měla zanedbatelné denní přírůstky a v průběhu pokusu nedokázala kolonizovat substrát. *B. adusta* a *G. lucidum* dokázaly prorůst pilinami listnatého dřeva nejrychleji, kdyžto hobliny jehličnatého dřeva byly nejrychleji kolonizovány myceliem houby *B. adusta*. Ke konci pokusu bylo vytvořeno pouze pět mykokompozitů z pilin listnatého dřeva, a to tři na základě *G. sessile* a dvě u *B. adusta*. Mycelia pěstovaná na hoblinách jehličnatého dřeva nebyla soudržná a rozpadla se. Nevyhovující výsledky byly dosaženy u hoblin listnatého dřeva i v předchozím pokusu. Lze proto předpokládat, že hobliny nejsou vhodnou surovinou pro výrobu mykokompozitů nehledě na typ dřeva – jsou kolonizovány pomaleji než piliny, což vede k častějšímu výskytu plísní. Veena & Pandey (2010) zkoumali vliv substrátu na růst *G. lucidum*. V pokusu byly použité různé druhy substrátu včetně pilin a hoblin. Autorka uvádí, že veškeré varianty substrátu obsahující piliny byly kolonizovány mnohem rychleji než hobliny, čímž potvrzuje dosažené výsledky. Podle Stametse (2000), hobliny jsou pro houby hůř rozložitelné, jelikož vzhledem k velikosti jednotlivých částic vyžadují větší výdej energie mycelia hub spojený s rozkladem než piliny. Negativní výsledek lze také odůvodnit neúspěšnou modifikací kultivačních boxů, ve kterých přístup kyslíků byl zajištěn pomocí otvoru s polyuretanovou zátkou.

Rychlost růstu mycelia může být urychlená pomocí aditiv. Cílem čtvrtého pokusu bylo urychlení růstu mycelia obohacením substrátu 20% přídatkem pšeničných otrub. Tentokrát byly použité kultivační boxy s perforovaným krytem. V pokusu Tajudeen et al. (2012) byly vyzkoušené substráty s přídatkem 0, 5, 10, 15 a 20 % pšeničných otrub. Autoři pozorovali přímou úměrnost mezi podílem otrub v substrátu a rychlosti jeho kolonizaci, což je ve shodě s našimi výsledky. Na rozdíl od výsledků dosažených v tomto pokusu, Oseni et al. (2012) tvrdí, že spolu se stoupajícím podílem pšeničných otrub stoupal výskyt plísní. Nejvíce kontaminovaných substrátů bylo u kontrolní skupiny bez obohacení substrátu, proto autoři uvádí 15% přídatkem otrub jako optimální. Během provedení čtvrtého pokusu k masivní infekci plísněmi došlo v průběhu dozrávání mycelií v plastových kontejnerech, pravděpodobně vlivem vysoké vlhkosti a absenci provzdušňování substrátu v boxech. Pouze mycelia *F. inzengae* na obou typech lignocelulóзовého substrátu byly kontaminovány a vyřazeny v průběhu zrání. Jako v předchozím pokusu, *F. pinicola* patrně rychleji kolonizoval hobliny jehličnatého dřeva. Veškerá mycelia *G. sessile* odolala vzniku kontaminaci i v průběhu zrání. Ke konci pokusu vyrobeno jen deset mykokompozitů – šest pomocí mycelia *G. sessile* a čtyři pomocí *T. hirsuta*, přitom šest z deseti kompozitů byly na základě hoblin jehličnatého dřeva. Zda se, že obohacení zlepšuje využitelnost hoblin a zvyšuje pevnost výchozích kompozitů. Dobře prorostlé uvnitř bloky se bez poškození vyndávaly ven. Ve výsledcích, přídatkem 20 % pšeničných otrub byl stanoven jako optimální. Doba kolonizace substrátu

myceliem zkrátila se o polovinu. *T. hirsuta* se jeví jako houba s potenciálem využití pro tvorbu mykokompozitů.

V pátém pokusu byla provedená růstová zkouška sedmi druhů dřevobytných hub. Obecně, kolonizace pilin jehličnatého dřeva probíhala rychleji. *B. adusta* a *T. hirsuta* téměř nerostly v pilinách listnatého dřeva. Mohlo to být spojeno s chybou v plnění zkumavek substrátem, kdy piliny byly příliš utuženy a mezi nimi nemohl cirkulovat vzduch. Ohga (1990) testovala růst *Lentinula edodes* na pilinách s různou velikostí. Autorka uvádí, že v substrátech obsahující malé částice dochází k úbytku kyslíku a tím ke pomalejším přírůstkům mycelia. Na základě výsledku lze také tvrdit, že přidávkem aditiv s větší velikostí částic lze dosáhnout lepšího přísunu vzduchu k hyfám a tím efektivnější kolonizaci pilin. Nedostatek kyslíku byl zhoršen pěstováním ve zkumavkách, negativně se projevil na růstu mycelia a prodloužil dobu trvání pokusu.

V následujícím pokusu porovnával se růst mycelia vybraných hub v pilinách listnatého a jehličnatého dřeva. Podobně jako čtvrtém pokusu, *F. pinicola* upřednostňoval růst v substrátu původem z jehličnatého dřeva. Podle Loyda et al. (2018), schopnost hub lépe růst na určitém typu dřeva má souvislost s hostitelským stromem, odkud houba byla izolována. Ovšem v pokusu Cortina-Escribano et al. (2020) s *G. lucidum* daná souvislost nebyla pozorována. Ačkoliv u některých hub byla pozorována afinita k určitému typu dřeva, vliv velikostí částic převažoval. Přestože kolonizace obou pilin houbami trvala kolem měsíce, po třech měsících prorůstání v kultivačních boxech nebyl vytvořen žádný mykokompozit. Substrát byl dobře kolonizovaný jenom na povrchu. Podobně jako v předchozím pokusu, malá velikost pilin a vysoká vlhkost substrátu zhoršili přísun kyslíku dovnitř substrátu. Na základě toho lze tvrdit, že samostatné piliny bez přísad nejsou vhodným substrátem pro produkci mycelia určeného k výrobě mykokompozitů. Lze to potvrdit také pomocí výsledků, které uvádí Shritt et al. (2019). Při pokusech s obohacením pilin zjistil, že na neobohaceném substrátu probíhá jeho kolonizace myceliem *T. versicolor* a *G. lucidum* pomaleji a hotové mycelium bylo křehčí a rozpadalo se při vyndávání z kultivačních nádob. Kromě toho, aditivum může být využito za účelem zlepšení aerace substrátu.

6.2. Porovnání tepelně izolačních vlastností mykokompozitů a konvenčních izolací

Mimo jiné cílem práce bylo porovnat tepelně-izolační vlastnosti mykokompozitů s konvenčními materiály. Tyto vlastnosti jsou vyjádřeny pomocí koeficientu tepelné vodivosti λ , objemové tepelné kapacity a tepelné difuzivity α , z nichž hlavním ukazatelem je koeficient tepelné vodivosti λ a ostatní jsou vedlejšími. Veličiny α a λ jsou přímo úměrné. Čím je menší hodnota λ , tím jsou lepší izolační vlastnosti (Dias et al. 2021). Naopak, kvalitní izolace mají vyšší objemovou tepelnou kapacitu (Hu et al. 2018). Yang et al. (2017) při porovnání živých a vysušených vzorků zjistili, že tepelnou vodivost zvyšuje obsah vody v myceliu. Podle Jones et al. (2020), nízké hodnoty tepelné vodivosti jsou podmíněné především nízkou hustotou materiálu a nízkým obsahem vody. Korelace mezi hustotou a tepelnou vodivostí spočívá

v tom, že při nízké hustotě materiálu je obsaženo uvnitř víc vzduchu. Vzduch má nízkou tepelnou vodivost ($26,2 \times 10^{-3} \text{ W/mK}$) (Kadoya et al. 2009), tím pádem takové materiály jsou dobré jako izolace.

V sedmém pokusu proběhlo měření tepelně izolačních vlastností mykokompozitů *G. lingzhi*, *G. sessile* a *P. ostreatus* „Ivory“ na základě slámy, z nichž mykokompozity *G. lingzhi* měly nejlepší izolační vlastnosti. Podle Elsacker et al. (2019), tepelná vodivost mykokompozitů na základě slámy dosahuje hodnot $0,0419 \pm 0,0002$, což je ve shodě s našimi dosaženými výsledky. Naopak, Raut et al. (2021) uvádí jiný výsledek pro mykokompozit *G. lucidum* pěstované na slámě – $0,029 \text{ W/mK}$. Rozdílný výsledek může být podmíněn metodicky, protože k přípravě substrátu byly použité bakteriální spory *Bacillus amyloliquefacines* katalyzující rozkladné procesy v substrátu. Hu et al. (2018) ve svém pokusu kromě hodnot λ uvádí navíc hodnoty objemové tepelné kapacity. Hodnoty λ naměřené u třech druhů mykokompozitů na základě slámy jsou vyšší než ty, co byly naměřené v praktické části pohybují se mezi $0,078 \text{ W/mK}$ do $0,081 \text{ W/mK}$, s maximem u *G. resinaceum*. Hodnoty objemové tepelné kapacity byly také vyšší – v rozmezí $0,369 \text{ MJ/(m}^3\text{k)}$ do $0,418 \text{ MJ/(m}^3\text{kV)}$. Rozdílné výsledky lze objasnit použitím jiných druhů hub, z čehož je patrný vliv houby na izolační vlastnosti výchozího mykokompozitu.

Tabulka č. 9. Hodnoty koeficientu λ tradičně používaných izolací, dvou experimentálně vyrobených materiálů a našich mykokompozitů.

Izolační materiál	Koeficient tepelné vodivosti λ
Polystyren	$0,03 \text{ W/mK}$ (Papadopoulos 2005)
Polyuretan	$0,02 - 0,03 \text{ W/mK}$ (Jelle 2011)
Skelná vata	$0,04 \text{ W/mK}$ (Vazifeshenas & Sajjadi 2010)
Ovčí vlna	$0,05 \text{ W/mK}$ (Ibrahim et al. 2014)
Kenaf	$0,04 \text{ W/mK}$ (Asbruli et al. 2015)
Celulózní vlákno	$0,04 \text{ W/mK}$ (Aiduang et al. 2022)
Sláma	$0,08 \text{ W/mK}$ (Pruteanu 2010)
Polyuretan + rýžové slupky + lepidlo (80:0:20)	$0,0418 \text{ W/mK}$ (Hýsek et al. 2019)
Polyuretan + rýžové slupky + lepidlo (20:60:20)	$0,0497 \text{ W/mK}$ (Hýsek et al. 2019)
Mykokompozit <i>G. lingzhi</i> na slámě	$0,047920 \text{ W/mK}$
Mykokompozit <i>G. sessile</i> na slámě	$0,051887 \text{ W/mK}$
Mykokompozit <i>G. lucidum</i> na pilinách listnatého dřeva	$0,0471 \text{ W/mK}$
Mykokompozit <i>G. sessile</i> na hoblinách jehličnatého dřeva	$0,0490 \text{ W/mK}$

V posledním pokusu bylo provedeno měření tepelné vodivosti mykokompozitů *G. lucidum*, *G. sessile* a *B. adusta* na základě hoblin jehličnatého dřeva a pilin listnatého dřeva.

Hodnoty λ naměřené u vzorků mykokompozitu *G. lucidum* byly podobné hodnotám *G. lingzhi* naměřeným v předchozím pokusu a byly nižší, než naměřené u *G. sessile* a *P. ostreatus „Ivory“* ve stejném pokusu. Lze proto předpokládat, že piliny a hobliny jsou lepší surovinou pro výrobu mykokompozitních izolací než sláma. Navíc, je patrný vliv substrátu na výsledné vlastnosti mykokompozitů. Wimmers et al. (2019) uvádí vyšší hodnoty λ pro mykokompozity čtyř druhů hub na základě pilin listnatého dřeva anebo pilin jehličnatého dřeva – mezi 0,051 a 0,055 W/mK. Může to být ovšem dáno odlišnými druhy hub použitých v pokusu. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že výchozí izolační vlastnosti mykokompozitů jsou ovlivněny jak druhem houby, tak i složením substrátu. Ačkoliv se hodnoty λ mykokompozitů z praktické části nebo u jiných autorů navzájem liší, obecně se pohybují v rozmezí od 0,029 do 0,104 W/mK (Jones et al. 2018)

Tabulka č. 9 uvádí hodnoty λ tradičně používaných izolací, syntetického a rostlinného původu, a dvou experimentálně vyrobených materiálů smíšeného původu navíc. Na základě těchto údajů lze konstatovat, že mykokompozity mají kvalitní tepelně izolační vlastnosti. Jsou jen o něco horší, než u materiálů syntetického původu jako polystyren nebo polyuretan, a jsou shodné s izolacemi rostlinného původu. Transformace rostlinných zbytků myceliem vede ke snížení jejich primární tepelné vodivosti a tím ke zlepšení tepelně-izolačních vlastností. V porovnání s tepelnou vodivostí slámy mají mykokompozity na jejím základě téměř o polovinu nižší tepelnou vodivost, což svědčí o zlepšení izolačních vlastností. Ovšem, velkým omezením pro využití mykokompozitů jako izolace je jejich schopnost vázat vodu. Podle Jones et al. (2020), vaznost mykokompozitů se pohybuje v rozmezí 40 až 580 % hm., což je mnohonásobně víc než polystyren (0,03 až 9 % hm.) nebo polyuretan (0,01 – 72 % hm.). Ze stejného důvodu nemohou mykokompozity nahradit dřevo. Dalším nedostatkem je zdlouhavý výrobní proces v porovnání s plasty, který je ovšem kompenzován minimální zátěží pro životní prostředí. Zároveň, výroba mykokompozitů přeměňuje málo anebo vůbec využitelné zbytky na materiály nového typu.

7. Závěr

Výsledky práce ukázaly, že každý druh houby má odlišné požadavky na složení substrátu. Při testování různých typů substrátu byla vyzkoušená řada rostlinných zbytků – piliny a hobliny původem z listnatého a jehličnatého dřeva, sláma, pšeničné otruby. Ukázalo se, že vliv velikostí částic dřeva byl nejvíc rozhodující, kdyžto původ dřevěných zbytků růst mycelia téměř neovlivňoval. Příliš malé částice pilin nebo příliš velké hobliny brzdily růst mycelia. Navíc, neobohacené dřevěné zbytky se neosvědčily – výchozí mykokompozity byly nesoudržné. Obohacení substrátů 20 % přídavkem pšeničných otrub urychlilo kolonizaci a zvýšilo pevnost mycelia. Rychlost kolonizace substrátu přitom nesouvisela s kvalitou mykokompozitů, i rychle rostoucí houby jako *B. adusta* či *F. pinicola* tvořily křehké mycelium. Slibné výsledky byly dosaženy u lesklokorek *G. sessile*, *G. lingzhi*, *G. lucidum* a outkovky *T. hirsuta*. *G. sessile* se navíc vyznačovala odolností vůči kontaminaci. Pro kultivaci mycelia se nejvíc osvědčily boxy s perforovaným krytem zajišťující dostatečný přístup kyslíků.

Výsledné tepelně izolační vlastnosti mykokompozitů byly ovlivněny jak substrátem, tak i použitou houbou. Parametry vyrobených v praktické části mykokompozitů se výrazně nelišily mezi sebou. Nejlepší tepelně izolační vlastnosti měl mykokompozit *G. lingzhi* na základě pilin listnatého dřeva. Pozoruhodné je také, že mycelium snižovalo primární tepelnou vodivost použitého substrátu. Mykokompozity mají tepelnou vodivost shodnou s tradičními izolacemi jako skelná vata, ovčí vlna nebo celulózové vlákno, jen mírně horší než polystyren nebo polyuretan. Přesto nemohou nahradit konvenční izolační materiály nebo dřevo ve všech případech, jelikož nesmí přijít do kontaktu s vodou. Tím pádem, byla hypotéza vyvrácena.

8. Literatura

Abhijith R., Ashok A, Rejeesh CR. 2018. Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: a review. *Materials Today: Proceedings* **5**:2139–2145.

Aiduang W, Chanthaluck A, Kumla J, Jatuwong K, Srinuanpan S, Waroonkun T, Oranratmanee R, Lumyong S, Suwannarach N. 2022. Amazing Fungi for Eco-Friendly Composite Materials: A Comprehensive Review. *Fungi* **8**:842.

Appels FVW, Camere S, Montalti M, Karana E, Jansen KMB, Dijksterhuis J, Krijgsheld P, Wösten HAB. 2019. Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials and Design* **161**:64–71.

Asdrubali F, D'Alessandro F, Schiavoni S. 2015. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies* **4**:1–17.

De Beus N, Carus M, Barth M. 2019. Carbon Footprint and Sustainability of Different Natural Fibres for Biocomposites and Insulation Material. Nova-Institut GmbH, Hürth.

Beck T, Gáper J, Šebesta M, Gáperová S. 2018. Host preferences of wood-decaying fungi of the genus *Ganoderma* in the urban areas of Slovakia. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae* **3**:22–37.

Bellettini MB, Fiorda FA, Maievas HA, Teixeira GL, Ávila S, Hornung PS, Júnior AM, Ribani RH. 2019. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences* **26**:633–646.

Bitew A, Abate D. 1994. Antifungal Metabolites from Submerged Culture of *Ganoderma lucidum* (Polypore). *Ethiopian Journal of Health Development* **8**:63–70.

Bosse AK, Fraatz MA, Zorn H. 2013. Formation of complex natural flavours by biotransformation of apple pomace with basidiomycetes. *Food Chemistry* **141**:2952–2959.

Choi D, Park S-S, Ding J-L, Cha W-S. 2007. Effects of *Fomitopsis pinicola* extracts on antioxidant and antitumor activities. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* **12**:516–524.

Colavolpe MB, Mejía SJ, Albertó E. 2014. Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* spp during spawning in cultivation of lignicolous mushrooms. *Brazilian Journal of Microbiology* **45**:1263–1270.

Cortina-Escribano M, Veteli P, Linnakoski R, Aaiina J, Vanhanen H. 2020. Effect of wood residues on the growth of *Ganoderma lucidum*. *Karstenia* **58**:16–28.

Davila-Vazquez G, Tinoco R, Pickard MA, Vazquez-Duhalt R. 2005. Transformation of halogenated pesticides by versatile peroxidase from *Bjerkandera adusta*. *Enzyme and Microbial Technology* **36**:223–231.

Deeg K, Gima Z, Smith A, Stoica O, Tran K. 2017. Greener Solutions: Improving performance of mycelium-based leather. Final Report to MycoWorks.

- Dias PP, Jayasinghe LB, Waldmann D. 2021. Investigation of Mycelium-*Miscanthus* composites as building insulation material. *Results in Materials* **10**:100189.
- Díaz MJ, Cara C, Ruiz E, Romero I, Moya M, Castro E. 2010. Hydrothermal pre-treatment of rapeseed straw. *Bioresource Technology* **101**:2428–2435.
- Du P, Cao TX, Zhang LL, Huang YQ, Chen, JZ. 2020. Cultivation and Medicinal Value of the Red Belt Conk Mushroom *Fomitopsis pinicola* (*Agaricomycetes*). *International Journal of Medicinal Mushrooms* **22**:1021–1031.
- Du Z, Dong CH, Wang K, Yao YJ. 2019. Classification, Biological Characteristics and Cultivations of *Ganoderma*. Pages 15-58 in Lin Z, Yang B, editors. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer, New York.
- Ecovative Design. Available from <https://ecovatedesign.com/> (accessed May 2021)
- Elsacker E, Vandeloock S, Brancart J, Peeters E, de Laet L. 2019. Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLOS ONE* (e0213954) DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0213954
- Quiroz-Castañeda RE, Pérez-Mejía N, Martínez-Anaya C, Acosta-Urdapilleta , Folch-Mallol J. 2011. Evaluation of different lignocellulosic substrates for the production of cellulases and xylanases by the basidiomycete fungi *Bjerkandera adusta* and *Pycnoporus sanguineus*. *Biodegradation* **22**:565–572.
- Food – Ecovative. Available from <https://www.ecovative.com/pages/food> (accessed August 2022)
- Ghazvinian A, Farrokhsiar P, Vieira F, Pecchia J, Gursoy B. 2019. Mycelium-Based Bio-Composites for Architecture: Assessing the Effects of Cultivation Factors on Compressive Strength. Pages 505-514 in *Proceedings of the International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*. University of Porto, Porto.
- Girometta C, Picco AM, Baiguera RM, Dondi D, Babbini S, Cartabia M, Pellegrini M, Savino E. 2019. Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review. *Sustainability* **11**:281.
- Han ML, Chen Y-Y, Shen L-L, Song J, Vlasák J, Dai Y-C, Cui B-K. 2016. Taxonomy and phylogeny of the brown-rot fungi: *Fomitopsis* and its related genera. *Fungal Diversity* **80**:343–373.
- Haneef M, Ceseracciu L, Canale C, Bayer IS, Heredia-Guerrero JA, Athanassiou A. 2017. Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports* **7**:1–11.
- Holt GA, McIntyre G, Flagg D, Bayer E, Wanjura JD, Pelletier MG. 2012. Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* **6**:431–439.

Home – MycoWorks. Available from <https://www.mycoworks.com/> (accessed May 2021)

Hu Y, Xiao K, Yan L, Ridzqo IF, Susanto D, Panjaitan TH, Xing Y, Brewer M, El-Gharabawy H, Griffith G, Jones P. 2018. Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. Page 022032 in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, Bristol.

Hýsek Š, Neuberger P, Sikora A, Schönfelder O, Ditommaso G. 2019. Waste Utilization: Insulation Panel from Recycled Polyurethane Particles and Wheat Husks. *Materials* **12**:3075.

Ibrahim SH, Sia WK, Baharun A, Nawi MNM, Affandi R. 2014. Thermal Performance of Oil Palm Fibre and Paper Pulp as the Insulation Materials. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology* **5**:22–28.

Jelle BP. 2011. Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities. *Energy and Buildings* **43**:2549–2563.

Jiang L, Walczyk D, McIntyre G, Bucinell R, Tudryn G. (2017). Manufacturing of biocomposite sandwich structures using mycelium-bound cores and preforms. *Journal of Manufacturing Processes* **28**:50–59.

Jones M, Bhat T, Kandare E, Thomas A, Joseph P, Dekiwadia C, Yuen R, John S, Ma J, Wang CH. 2018. Thermal Degradation and Fire Properties of Fungal Mycelium and Mycelium - Biomass Composite Materials. *Scientific Reports* **8**:17583.

Jones M, Mautner A, Luenco S, Bismarck A, John S. 2020. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials and Design* **187**:108397.

Kadoya K, Matsunaga N, Nagashima A. 2009. Viscosity and Thermal Conductivity of Dry Air in the Gaseous Phase. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* **14**:947.

Kim Y, Ruedy D. 2019. Mushroom Packages. Pages 1-25 in J. Marques, editor. *Handbook of Engaged Sustainability*. Springer, Cham.

Lelivelt RJJ, Lindner G, Teuffel P, Lamers H. 2015. The production process and compressive strength of Mycelium-based materials. Pages 1-6 in *First International Conference on Bio-based Building Materials*. Eindhoven university of technology, Eindhoven.

Lelivelt RJJ. 2015. The mechanical possibilities of mycelium materials [Msc. Thesis]. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.

Li Y, Zou G, Yang S, Shi P, Chen T, Lian Y, Duan T, Zheng K, Dai L, Zhu W. 2018. Bioassembly of fungal hyphae/graphene oxide composite as high-performance adsorbents for U(VI) removal. *Applied Surface Science* **458**:226–235.

Loyd AL, Held BW, Linder ER, Smith JA, Blanchette RA. 2018. Elucidating wood decomposition by four species of *Ganoderma* from the United States. *Fungal Biology* **122**:254–263.

Madurwar M, Ralegaonkar R, Mandavgane SA. 2013. Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. *Construction and Building Materials* **38**:872–878.

mogu | Radical by nature. Available from <https://mogu.bio/> (accessed May 2021)

Muzzarelli RAA, Boudrant J, Meyer D, Manno N, Demarchis M, Paoletti MG. 2012. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. *Carbohydrate Polymers* **87**:995–1012.

Klarenbeek & Dros - Designers of the Unusual. Available from <https://www.ericklarenbeek.com/> (accessed June 2021)

Officina Corpuscoli » Mycelium Design. Available from <https://www.corpuscoli.com/projects/mycelium-design/> (accessed June 2021)

Ohga S. 1990. Growth Rate of Mycelium of Shiitake, *Lentinus edodes*, in Relation to Water Potential of Medium. バージョン : 権利関係 : J. Fat. Agr., Kyushu University **34**:413–420.

Oseni T, Dube S, Wahome PK, Masarirambi MT. 2012. Experimental Agriculture & Horticulture Effect of Wheat Bran Supplement on Growth and Yield of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) on Fermented Pine Sawdust Substrate. *Hydroponics Systems in Vegetable Crop Production. Experimental Agriculture & Horticulture* 30-40

Paillard S, Treyer S, Dorin B. 2014. *Agrimonde – Scenarios and Challenges for Feeding the World in 2050*. Springer Science & Business Media, Berlin.

Veena S, Pandey M. 2010. Effect of Spawn Substrate and Spawn rate on Cultivation of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Mycology and Plant Pathology* **40**:158-161.

Papadopoulos AM. 2005. State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and Buildings* **37**:77–86.

Patrício Silva AL, Prata JC, Walker TR, Duarte AC, Ouyang W, Barcelò D, Rocha-Santos T. 2021. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal* **405**:126683.

Pegler DN. 2002. Useful Fungi of the World: The Ling-zhi - The mushroom of immortality. *Mycologist* **16**(3):100–101.

Pelletier MG, Holt GA, Wanjura JD, Bayer E, McIntyre G. 2013. An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products* **51**:480–485.

Peralta RM, Polacchine Da Silva B, Carvalho R, Côrrea G, Kato CG, Augusto F, Seixas V, Bracht A. 2016. Enzymes from Basidiomycetes—Peculiar and Efficient Tools for Biotechnology. Pages 119–150 in Goutam Brahmachari, editor. *Biotechnology of Microbial Enzymes*. Academic Press, Cambridge.

Producing mycelium insulation - Critical Concrete. Available from <https://criticalconcrete.com/producing-mycelium-insulation/> (accessed February 2022)

Pruteanu M. 2010. Investigations Regarding the Thermal Conductivity of Straw. *The Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Construction. Architecture Section* **56**:9-16.

Raman J, Kim DS, Kim HS, Oh DS, Shin HJ. 2022. Mycofabrication of Mycelium-Based Leather from Brown-Rot Fungi. *Journal of Fungi* **8**:317.

Rathore H, Prasad S, Sharma S. 2017. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. *PharmaNutrition* **5**:35–46.

Răut I, Călin M, Vuluga Z, Oancea F, Paceagiu J, Radu N, Doni M, Alexandrescu E, Purcar V, Gurban AM, Petre I, Jecu L. 2021. Fungal Based Biopolymer Composites for Construction Materials. *Materials* **14**:2906.

Ross P, Francisco S. 2011. Method for Producing Fungus Structures. Mycoworks Inc, USA. US9410116B2.

Sánchez C. 2009. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances* **27**:185–194.

Schritt H, Vidi S, Pleissner D. 2021. Spent mushroom substrate and sawdust to produce mycelium-based thermal insulation composites. *Journal of Cleaner Production* **313**:127910.

Sisti L, Gioia, C, Totaro G, Verstichel S, Cartabia M, Camere S, Celli A. 2021. Valorization of wheat bran agro-industrial byproduct as an upgrading filler for mycelium-based composite materials. *Industrial Crops and Products* **170**:113742.

Slavin K. (2016). Design as Participation. *Journal of Design and Science*. <https://doi.org/10.21428/A39A747C>

Stamets P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushroom - a companion guide to The Mushroom Cultivator*. Ten Speed Press, Berkeley.

Stamets P. (2005). *Mycelium Running*. Ten Speed Press, Berkeley.

Stephan A, Ahlborn J, Zajul M, Zorn H. 2018. Edible mushroom mycelia of *Pleurotus sapidus* as novel protein sources in a vegan boiled sausage analog system: functionality and sensory tests in comparison to commercial proteins and meat sausages. *European Food Research and Technology* **244**:913–924.

Tesfaw A, Tadesse A, Kiros G. 2015. Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology* **3**:15–020.

Thomsen, AB, Rasmussen SK, Bohn V, Nielsen KV, Thygesen A. 2005. Hemp raw materials: The effect of cultivar, growth conditions and pretreatment on the chemical composition of the fibres. Risø National Laboratory, Roskilde.

Vajna B, Nagy A, Sajben E, Manczinger L, Szijártó N, Kádár Z, Bordás D, Márialigeti K. 2010. Microbial community structure changes during oyster mushroom substrate preparation. *Applied Microbiology and Biotechnology* **86**:367–375.

Van Duren I, Voinov A, Arodudu O, Firrisa MT. 2015. Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency. *Renewable Energy* **74**:49–59.

Vazifeshenas Y, Sajjadi H. 2010. Enhancing Residential Building Operation through its Envelope. In ICEBO - International Conference for Enhanced Building Operations. Texas A&M University, College Station.

Viceconte FR, Diaz ML, Soresi DS, Lencinas IB, Carrera A, Prat MI, Gurovic MSV. 2021. *Ganoderma sessile* is a fast polysaccharide producer among *Ganoderma* species. *Mycologia* **113**:513–524.

Villa AF, Saviuc P, Langrand J, Favre G, Chataignerl D, Garnier R. 2013. Tender Nesting Polypore (*Hapalopilus rutilans*) poisoning: Report of two cases. *Clinical Toxicology* **51**:798–800.

Wimmers G, Klick J, Tackaberry L, Zwiesigk C, Egger K, Massicotte H. 2019. Fundamental studies for designing insulation panels from wood shavings and filamentous fungi. *BioResources* **14**:5506–5520.

Yang Z (Joey), Zhang F, Still B, White M, Amstislavski P. 2017. Physical and Mechanical Properties of Fungal Mycelium-Based Biofoam. *Journal of Materials in Civil Engineering* **29**:04017030.

Yang, K. 2020. Investigations of Mycelium as a Low-carbon Building Material [Bsc. Thesis]. Thayer School of Engineering, Dartmouth.

Zabel RA, Morrell JJ. 2020. Chemical changes in wood caused by decay fungi. Pages 215-244 in *Wood Microbiology*. Academic Press, Cambridge.

Zeller P, Zocher D. 2012. What does the Chief Mycologist Do at Ecovative? *FUNGI* **5**:51–56.

Zmitrovich I, Bondartseva MA, Vasilyev NP. 2016. The *Meruliaceae* of Russia. I. *Bjerkandera*. *Turczaninowia* **19**:5–18.

9. Seznam příloh

Příloha č. I – tabulka č. 10. Měření přírůstků mycelia *P. ostreatus*, *Ivory* a *G. sessile* (pokus č. 1)

Příloha č. II – obrázek č. 9. Hotové mykokompozity (pokus č. 1)

Příloha č. III – obrázek č. 10. Kolonizace bukových pilin myceliem *P. ostreatus*, *Ivory* a *G. sessile* (pokus č. 1)

Příloha č. IV – tabulka č. 11. Měření přírůstků mycelia *G. lucidum*, *G. lingzhi*, *G. sessile* v hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti (pokus č. 2)

Příloha č. V – obrázek č. 11. Neúplná kolonizace hoblin listnatého dřeva myceliem *G. lucidum* vlivem nedostatečného přísunu kyslíku v plastovém boxu (pokus č. 2)

Příloha č. VI – tabulka č. 12. Měření přírůstků mycelia *B. adusta*, *G. lucidum* a *G. sessile* v pilinách listnatého dřeva a hoblinách jehličnatého dřeva (pokus č. 3)

Příloha č. VII – obrázek č. 12. Neúplná kolonizace pilin listnatého dřeva myceliem *G. lucidum* vlivem nedostatečného přísunu kyslíku k myceliu v kultivačním boxu s polyuretanovou zátkou (pokus č. 3)

Příloha č. VIII – tabulka č. 13. Měření přírůstků mycelia *G. sessile*, *T. hirsuta* a *F. pinicola* v substrátech obohacených 20% přídatkem pšeničných otrub (pokus č. 4)

Příloha č. IX – obrázek č. 13. Mykokompozity vypěstované na substrátech obohacených 20% přídatkem pšeničných otrub (pokus č. 4)

Příloha č. X – obrázek č. 14. Růstová zkouška šesti vybraných dřevobytných hub ve zkumavkách s pilinami jehličnatého a listnatého dřeva (pokus č. 5)

Příloha č. XI – tabulka č. 14. Měření přírůstků mycelia šesti vybraných dřevobytných hub ve zkumavkách s pilinami (pokus č.5)

Příloha č. XII – tabulka č. 15. Měření přírůstků mycelia *P. betulinus*, *F. pinicola* a *G. lingzhi* v pilinách jehličnatého a listnatého dřeva (pokus č. 6)

Příloha č. XIII – obrázek č. 15. Mycelia *P. betulinus*, *F. pinicola* a *G. lingzhi* po 3 měsících prorůstání v kultivačních boxech (pokus č. 6)

Příloha č. XIV – tabulka č. 16. Hodnoty tepelně-izolačních parametrů neměřené u mykokompozitů *G. sessile*, *P. ostreatus* „*Ivory*“ a *G. lingzhi* na základě slámy (pokus č. 7)

10. Samostatné přílohy

Příloha č. I – tabulka č. 10. Měření přírůstku mycelia *P. ostreatus* „Ivory“ a *G. sessile* (pokus č.1)

Druh houby	Vlhkost substrátu (%)	Přírůstek mycelia po 4 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 10 dnech (mm)
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	55	44,5	83,75
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	55	43,25	82
Lingzhi	55	34,5	66,5
Lingzhi	55	27,25	66,45
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	60	43,75	79,5
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	60	45	81,5
Lingzhi	60	33,25	67,75
Lingzhi	60	34,75	68,9
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	65	44,25	81,75
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	65	45,85	80
<i>G. lingzhi</i>	65	36,75	73,25
<i>G. lingzhi</i>	65	30,5	69,15
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	70	42,5	83,75
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	70	44	82
<i>G. lingzhi</i>	70	28	69,1
<i>G. lingzhi</i>	70	29,75	69,25
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	75	46,75	73,75
<i>P. ostreatus</i> „Ivory“	75	43	81,25
<i>G. lingzhi</i>	75	37	76,75
<i>G. lingzhi</i>	75	39,25	77,25



Příloha č. II – obrázek č. 9. Mykokompozity *P. ostreatus* „Ivory“, (dva vlevo) a *G. sessile* (pokus č. 1)



Příloha č. III – obrázek č. 10. Kolonizace bukových pilin myceliem *P. ostreatus* ‚Ivory‘ a *G. sessile* (pokus č. 1)

Příloha č. IV – tabulka č. 11. Měření přírůstků mycelia *G. lucidum*, *G. lingzhi* a *G. sessile* v hoblinách listnatého dřeva při nízké vlhkosti (pokus č. 2)

Houba	Přírůstek mycelia po 5 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 9 dnech (mm)
<i>G.sessile</i>	31,75	63
<i>G.sessile</i>	31,75	66,25
<i>G.sessile</i>	33	64,25
<i>G.sessile</i>	26	64,75
<i>G.sessile</i>	28,25	62
<i>G.sessile</i>	21,75	62,5
<i>G.sessile</i>	32,5	66
<i>G.lucidum</i>	25,75	61,75
<i>G.lucidum</i>	29,25	64,75
<i>G.lucidum</i>	29,25	63,75
<i>G. lingzhi</i>	20,42	40,75
<i>G. lingzhi</i>	26,83	44
<i>G. lingzhi</i>	18,92	40,25



Příloha č. V – obrázek č. 11. Neúplná kolonizace hoblin listnatého dřeva myceliem *G. lucidum* vlivem nedostatečného přísunu kyslíku v kultivačním boxu bez otvoru (pokus č. 2)

Příloha č. VI – tabulka č. 12. Měření přírůstků mycelia *B. adusta*, *G. lucidum* a *G. sessile* na pilinách listnatého dřeva a hoblinách jehličnatého dřeva (pokus č. 3)

Houba	Substrát	Přírůstek mycelia po 9 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 14 dnech (mm)
<i>B. adusta</i>	Piliny listnatého dřeva	55	96,5
<i>B. adusta</i>	Piliny listnatého dřeva	61,25	98,25
<i>B. adusta</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	41,75	70,75
<i>B. adusta</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	51,75	85
<i>G. lucidum</i>	Piliny listnatého dřeva	46,25	84,25
<i>G. lucidum</i>	Piliny listnatého dřeva	46,25	87,25
<i>G. lucidum</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	20,25	53,5
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	27,75	75
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	42,13	83,25
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	31,25	75
<i>G. sessile</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	12,63	60,75
<i>G. sessile</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	0	45,5
<i>G. sessile</i>	Hobliny jehličnatého dřeva	6,46	39,25



Příloha č. VII – obrázek č. 12. Neúplná kolonizace pilin listnatého dřeva myceliem *G. lucidum* vlivem nedostatečného přísunu kyslíku v kultivačním boxu s polyuretanovou zátkou (pokusu č. 3)

Příloha č. VIII – tabulka č. 13. Měření přírůstků mycelia *G. sessile*, *T. hirsuta* a *F. pinicola* v substrátech obohacených 20% přídatkem pšeničných otrub (pokus č. 4)

Houba	Substrát	Přírůstek mycelia po 5 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 9 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 12 dnech (mm)
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	30,75	60,75	83,25
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	29,25	59	81,3
<i>G. sessile</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	38,75	71,5	90,6
<i>G. sessile</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	31,25	62,75	86,34
<i>G. sessile</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	28,75	60,5	84,3
<i>T. hirsuta</i>	Piliny listnatého dřeva	27,5	58,25	81,3
<i>T. hirsuta</i>	Piliny listnatého dřeva	25,75	56,5	79,5
<i>T. hirsuta</i>	Piliny listnatého dřeva	26	56,75	79,8
<i>T. hirsuta</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	20	46,25	65,9
<i>T. hirsuta</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	30	56	75,5
<i>T. hirsuta</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	25	54,75	77,06
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	15,6	41,25	60,5
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	16,25	41,75	60,9
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	21,25	43,25	59,75
<i>F. pinicola</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	29,25	53,75	72,1
<i>F. pinicola</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	23,5	43,75	58,9
<i>F. pinicola</i>	Hoblíny jehličnatého dřeva	17,9	42,95	68



Příloha č. IX – obrázek č. 13. Mykokompozity vypěstované na substrátech obohacených 20% přídavkem pšeničných otrub (pokus č. 4); *G. sessile* – tmavé, *T. hirsuta* – bílé. Je patrné, že jsou bloky dobře prorostlé hyfami.



Příloha č. X – obrázek č. 14. Růstová zkouška šesti vybraných dřevobytných hub ve zkumavkách s pilinami (pokus č. 5); černé pruhy – měření v jednotlivých dnech.

Příloha č. XI – tabulka č. 14. Měření přírůstků mycelia šesti vybraných dřevobytných hub ve zkumavkách s pilinami jehličnatého a listnatého dřeva (pokus č.5)

Houba	Substrát	Přírůstek mycelia na 4. den (mm)	Přírůstek mycelia na 11. den (mm)	Přírůstek mycelia na 18. den (mm)	Přírůstek mycelia na 24. den (mm)	Přírůstek mycelia na 32. den (mm)	Přírůstek mycelia na 39. den (mm)
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	8	20	32	42	82	122
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	1	17	31	52	82	106
<i>G. sessile</i>	Piliny listnatého dřeva	9	20	38	56	80	106
<i>G. sessile</i>	Piliny jehličnatého dřeva	20	58	107	144	195	210
<i>P. betulinus</i>	Piliny listnatého dřeva	4	34	60	90	128	165
<i>P. betulinus</i>	Piliny listnatého dřeva	7	35	56	80	114	152
<i>P. betulinus</i>	Piliny listnatého dřeva	8	36	61	84	123	160
<i>P. betulinus</i>	Piliny jehličnatého dřeva	20	55	88	120	166	200
<i>P. betulinus</i>	Piliny jehličnatého dřeva	20	56	90	125	170	205
<i>P. betulinus</i>	Piliny jehličnatého dřeva	22	60	91	125	173	210
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	0	23	48	72	110	145
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	9	22	46	70	107	143
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	13,5	36	62	88	125	166
<i>F. pinicola</i>	Piliny jehličnatého dřeva	0	49	98	140	190	210
<i>F. pinicola</i>	Piliny jehličnatého dřeva	4	55	100	140	190	210
<i>F. pinicola</i>	Piliny jehličnatého dřeva	11	55	104	150	197	210
<i>G.lingzhi</i>	Piliny listnatého dřeva	9	23	46	66	100	125
<i>G.lingzhi</i>	Piliny listnatého dřeva	15	30	51	60	80	98
<i>G.lingzhi</i>	Piliny listnatého dřeva	12	30	54	74	104	130
<i>G.lingzhi</i>	Piliny jehličnatého dřeva	20	60	102	137	190	210
<i>G.lingzhi</i>	Piliny jehličnatého dřeva	18	57	94	130	180	210
<i>G.lingzhi</i>	Piliny jehličnatého dřeva	16	57	95	130	180	210
<i>B. adusta</i>	Piliny jehličnatého dřeva	0	15	50	85	140	185
<i>B. adusta</i>	Piliny jehličnatého dřeva	0	20	48	81	122	162
<i>B. adusta</i>	Piliny jehličnatého dřeva	0	34	72	105	163	210
<i>T. versicolor</i>	Piliny jehličnatého dřeva	3	33	58	85	114	143
<i>T. versicolor</i>	Piliny jehličnatého dřeva	7	30	52	77	112	139
<i>T. versicolor</i>	Piliny jehličnatého dřeva	14	39	73	103	140	170

Příloha č. XII – tabulka č. 15. Měření přírůstků mycelia *P. betulinus*, *F. pinicola* a *G. lingzhi* v pilinách jehličnatého a listnatého dřeva (pokus č. 6)

Houba	Substrát	Přírůstek mycelia po 8 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 13 dnech (mm)	Přírůstek mycelia po 19 dnech (mm)
<i>P. betulinus</i>	Piliny listnatého dřeva	33,25	51,59	77
<i>P. betulinus</i>	Piliny listnatého dřeva	32,5	54,7	78
<i>P. betulinus</i>	Piliny jehličnatého dřeva	24,5	50,1	87,75
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	17,79	41,49	69,75
<i>F. pinicola</i>	Piliny listnatého dřeva	20,82	50,42	84,45
<i>F. pinicola</i>	Piliny jehličnatého dřeva	16	54,1	99,9
<i>F. pinicola</i>	Piliny jehličnatého dřeva	21	55,4	97,5
<i>G. lingzhi</i>	Piliny listnatého dřeva	9,75	28,25	48,25
<i>G. lingzhi</i>	Piliny listnatého dřeva	7,14	24,52	42,75
<i>G. lingzhi</i>	Piliny jehličnatého dřeva	2,25	43,1	77
<i>G. lingzhi</i>	Piliny jehličnatého dřeva	14,5	40,4	71



Příloha č. XIII – obrázek č. 15. Mycelia *P. betulinus*, *F. pinicola* a *G. lingzhi* po 3 měsících prorůstání v kultivačních boxech (pokus č. 6); některé bloky byly během té doby infikovány plísněmi. Piliny nebyly dobře prorostlé uvnitř, přestože byl zajištěn dostatečný přísun kyslíku. Mycelium se rozpadalo při odstranění z boxu.

Příloha č. XIV – tabulka č. 16. Hodnoty tepelně-izolačních parametrů neměřené u mykokompozitů *G. sessile*, *P. ostreatus* „Ivory“ a *G. lingzhi* na základě slámy (pokus č. 7)

Houba	Tepelná vodivost λ (W/m.K)	Objemová tepelná kapacita (MJ/m³.K)	Tepelná difuzivita α (1E-6 m²/s)
<i>G. sessile</i>	0,049559	0,155949	0,317791
<i>G. sessile</i>	0,049863	0,15895	0,313704
<i>G. sessile</i>	0,050034	0,160754	0,311244
<i>G. sessile</i>	0,052018	0,17906	0,290505
<i>G. sessile</i>	0,052308	0,181207	0,288661
<i>G. sessile</i>	0,05232	0,181641	0,288039
<i>G. sessile</i>	0,053499	0,155777	0,343436
<i>G. sessile</i>	0,053682	0,156878	0,342188
<i>G. sessile</i>	0,053703	0,159473	0,336752
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,055106	0,178978	0,307893
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,055301	0,180818	0,305841
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,055271	0,178817	0,309094
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,051482	0,132057	0,389846
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,051693	0,131622	0,392735
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,05168	0,131604	0,392691
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,052771	0,175925	0,299963
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,052989	0,177349	0,298785
<i>P. ostreatus</i> "Ivory"	0,053012	0,176687	0,300034
<i>G. lingzhi</i>	0,048577	0,164702	0,294936
<i>G. lingzhi</i>	0,048843	0,166138	0,293992
<i>G. lingzhi</i>	0,048811	0,16463	0,296486
<i>G. lingzhi</i>	0,047523	0,154763	0,307069
<i>G. lingzhi</i>	0,047724	0,156916	0,304136
<i>G. lingzhi</i>	0,047725	0,157321	0,303362
<i>G. lingzhi</i>	0,047359	0,155286	0,304978
<i>G. lingzhi</i>	0,04744	0,154927	0,306208
<i>G. lingzhi</i>	0,047281	0,153453	0,308114