

## Zhodnocení fyzikálně-chemických a biologických vlastností substrátů založených na bázi separátů upravených fermentací

certifikovaná metodika

Pavel Tlustoš a kol.



© Česká zemědělská univerzita v Praze  
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, FAPPZ  
Katedra zahradnictví, FAPPZ  
165 21 Praha-Suchbátol  
<http://www.af.czu.cz>

Vydavatelství Česká zemědělská univerzita v Praze

ISBN 978-80-213-2677-4

Praha 2016

Certifikovaná metodika byla zpracována  
v rámci řešení výzkumného projektu TAČR č. TA04020329

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

**Zhodnocení fyzikálně-chemických a biologických  
vlastností substrátů založených na bázi separátů  
upravených fermentací**

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

**Pavel Tlustoš a kol.**



---

Certifikovaná metodika byla zpracována  
v rámci řešení výzkumného projektu TAČR č. TA04020329

# Zhodnocení fyzikálně-chemických a biologických vlastností substrátů založených na bázi separátů upravených fermentací

## CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Dedikace: Ke zpracování certifikované metodiky bylo použito výsledků výzkumných aktivit realizovaných v rámci řešení výzkumného projektu TAČR č. TA04020329 „Výzkum a vývoj technologie výroby substrátů pro pěstování druhů jedlých a léčivých hub s využitím odpadních surovin a odpadního tepla z bioplynových stanic”.

### Kolektiv autorů:

Ing. Ivan Jablonský, CSc.<sup>2</sup>  
Ing. František Jelínek<sup>1</sup>  
Ing. Lukáš Kaplan, Ph.D.<sup>1</sup>  
doc. Ing. Martin Koudela, Ph.D.<sup>2</sup>  
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.<sup>1</sup>  
Ing. Marie Bazalová<sup>1</sup>

Česká zemědělská univerzita v Praze

<sup>1</sup>Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

<sup>2</sup>Katedra zahradnictví

---

## Zhodnocení fyzikálně-chemických a biologických vlastností substrátů založených na bázi separátů upravených fermentací

Pavel Tlustoš a kol.

Vydání první, 2016

Vydavatelství: Česká zemědělská univerzita v Praze

Tisk: Powerprint s.r.o., Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha Suchdol, [www.powerprint.cz](http://www.powerprint.cz)

Obálka: Hlíva královská (*Pleurotus eryngii*)

© Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, FAPPZ ČZU v Praze

Katedra zahradnictví, FAPPZ ČZU v Praze

Kamýcká 129

165 21 Praha 6 - Suchdol

tel.: +420 224 382 736

<http://www.af.czu.cz>

ISBN 978-80-213-2677-4

## **Anotace**

---

Metodika je určena pro zájemce, zejména takové provozovatele bioplynových stanic (BPS), kde je k dispozici odpadní teplo, které se po příslušné augmentaci dá využít k teplotnímu ošetření substrátů. Lze ji využít i pro další úpravu separátu z BPS. Lze ale očekávat i zájem o tuto metodiku ze strany zavedených nebo budoucích pěstitelů jedlých a léčivých hub. Metodika popisuje nové postupy při ošetření pilinových substrátů bez náročné sterilizace a poskytuje výsledky dosažené při jejich obohacování přídatky separátu a fugátu. U pilinových substrátů byla metodika ověřena u hlívy máčkové (*Pleurotus eryngii*), korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*) a lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*). Na substrátech připravovaných ze separátu BSP byly pěstovány hnojník obecný (*Coprinus comatus*) a žampion mandlový (*Agaricus subrufescens*).

## **Annotation**

---

Methodology is intended for those interested in running such biogas stations, where waste heat is available, which can be used for thermal treatment of substrates after appropriate augmentation. It can be used even for the separate treatment of the biogas station. It could be expected interest of existing or prospective growers of edible and medicinal fungi in those results. The methodology describes the new procedures for the treatment of sawdust based substrates without demanding sterilization and provides the results of their enrichment of fugate supplements. Suitability of sawdust based substrates has been verified for following mushrooms: the King oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*), Lion's mane (*Hericium erinaceus*) and Reishi (*Ganoderma lucidum*). On substrates based on separate of the biogas station were grown: Shaggy Mane (*Coprinus comatus*) and Almond mushroom (*Agaricus subrufescens*).

---

## 1. Úvod

Problematika obnovitelných zdrojů energie (OZE) je v současnosti nejen v ČR vysoce aktuálním a diskutovaným tématem. V posledních letech výrazně stoupla produkce bioplynu mezofilní anaerobní fermentací v bioplynových stanicích, zejména z biomasy pěstované na zemědělské půdě (kukuřice, travní senáž). V bioplynové stanici (BPS) nedochází ke kompletní konverzi, ale část nerozložené suroviny společně s technologickou vodou je vedlejším produktem výroby bioplynu nazývaným digestát. Tento materiál obsahuje přístupné i vázané živiny a organickou hmotu. Pokud je digestát mechanickou separací oddělen, vzniká pevná složka – separát a kapalná složka – fugát. Vezmeme-li v úvahu počet instalovaných bioplynových stanic v ČR a v souvislosti s tím i vysoký objem produkce digestátu – respektive separátu a fugátu, je nutné hledat alternativní využití jednotlivých složek.

Jednou z možností je jejich použití pro přípravu substrátů pro pěstování hub, kdy se přidavkem separátu či fugátu dodá do substrátové směsi organická hmota, lignin a specifická konsorcia mikroorganismů a dojde i k úpravě hodnoty pH.

Pěstování exotických hub nabývá významu zejména v zemích jihovýchodní Asie, kde se léčivé houby využívají jako součást potravy a ve významné míře i jako doplněk stravy a při léčbě řady civilizačních chorob. Nejpěstovanější léčivou houbou je v současnosti hlíva (*Pleurotus* sp.), která ve světové produkci předstihla běžně pěstovaný žampion dvouvýtrusý (*Agaricus bisporus*). Prudké zvýšení světové produkce pěstovaných hub je důsledek prudkého rozvoje v Číně, kde spotřeba na hlavu za rok činí 12 - 15 kg. V Evropě stále ještě převažuje pěstování žampionu dvouvýtrusého a jeho současná roční spotřeba na osobu činí 2,5 kg. V ČR je to pouhých 0,5 kg. Pěstování léčivých hub je zatím v Evropě na nízké úrovni a houby se většinou dovážejí z asijských zemí a využívají se ve formě doplňků stravy.

Existuje několik stovek druhů hub s léčivými účinky. Několik desítek druhů se dá pěstovat. Předmětem zájmu je zatím 18 - 20 druhů jako jsou: ucho Jidášovo (boltcovitka) - *Auricularia auricula-judae*; žampion mandlový - *Agaricus subrufescens*, hnojník obecný - *Coprinus comatus*, housenice čínská - *Cordyceps sinensis*, housenice červená (vojenská) – *C. militaris*, penízovka sametonohá - *Flammulina velutipes*, lesklokorka lesklá - *Ganoderma lucidum*, trsnatec lupenitý - *Grifola frondosa*, korálovec ježatý - *Hericium erinaceus*, rezavec šikmý - *Inonotus obliquus*, houževnatec jedlý (šitake) - *Lentinula edodes*, ohňovce - *Phellinus* spp., druhy rodu hlíva - *Pleurotus* spp., choroš oříš - *Polyporus umbellatus*, klanolístka obecná - *Schizophyllum commune*, rosolovka stříbřitá - *Tremella fuciformis*, pórnatka kokosová - *Wolfiporia extens*.

Léčivé houby obsahují řadu účinných látek, a využívají se v tradiční čínské medicíně a uplatňují se v léčbě četných závažných chorob (viz Tab. 1). Mnohé obsahové látky byly syntetizovány farmaceutickými firmami a jsou základem účinných léků.

Tab. 1 Přehled hlavních bioaktivních látek a jejich účinků

Bioaktivní látka	Účinky
<b>Glukany</b>	Antibakteriální, antivirotické, antikancerogenní, imunomodulační, radioprotektivní
<b>Glykoproteiny</b>	Antivirotické, antikancerogenní, imunomodulační
<b>Nukleotidy</b>	Snížení zánětlivé reakce, zvýšení imunity
<b>Vláknina (rozpustná, nerozpustná)</b>	Podporuje zažívání a snižuje hladinu krevního cholesterolu
<b>Triterpenoidy</b>	Protizánětlivé
<b>Diterpeny (hericinenony, erinaciny)</b>	Navazování nervových spojení, zlepšování kognitivních schopností
<b>FIP houbové imunomodulační proteiny</b>	Antialergické vlastnosti
<b>Antibiotika</b>	Antibakteriální, antimykotické

*Prameny: Ando (1995); Antonín a kol. (2013); Hobbs (1986); Chang a Miles (2004)*

## 2. Cíl metodiky

Cílem předkládané metodiky je zhodnotit chemické a fyzikální vlastnosti různých typů substrátů ze separátu, případně z jiných lignocelulóзовých materiálů za přídavku fugátu, a dokumentovat růst mycelia vybraných druhů hub na upravených substrátech včetně popisu jejich přípravy. Dále pak poskytnout potenciálním výrobcům substrátu a pěstitelům hub návod k přípravě substrátu pro pěstování vybraných druhů hub. Dalším důležitým cílem metodiky je využití odpadního tepla z bioplynových stanic při teplotním ošetření substrátů, čímž se sníží náklady na vynaloženou energii. Součástí metodiky je i ověřený postup pro pěstování léčivých hub. Metodika bude vhodná pro takové výrobce substrátu, kteří mají k dispozici vhodnou surovinu a odpadní teplo (bioplynové stanice, sušárny). S výhodou se dá využít odpadní teplo i v pěstebním procesu léčivých a exotických hub a k jejich dalšímu zpracování (sušení).

## 3. Vlastní popis metodiky

### 3.1 Popis přípravy substrátů na bázi separátu a fermentovaných pilin

Volba substrátu pro pěstované houby závisí na skupině hub, pro které jsou substráty určeny. Některé druhy hub koprofilních (hnojník, žampióny) rostou na substrátech připravovaných ze slamatého hnoje podrobeného fermentaci. S pěstováním hub na substrátu se separátem BPS byly činěny pokusy. Tak např. Mikiashvili a Isikhuemhen (2009) přidávali do substrátu pro pěstování hlívy 10 % separátu z BPS ke slámě obohacené drceným prosem. Separát je ale vhodnější pro pěstování koprofilních druhů. Proto se Jasinské a kol. (2016) osvědčila kombinace 18 % slámy, 36 %

papíru, 3 % drůbežního hnoje, 40 % digestátu a 3 % sádry pro pěstování hnojníku obecného (*Coprinus comatus*).

Jinou skupinou hub jsou houby dřevní, osidlující lignocelulózové odpady (piliny, různé druhy slámy, bavlníkové odpady), které byly po obohacení vodou tepelně ošetřeny. Každý druh dřevní houby dává přednost jinému složení substrátů a rychlost kolonizace substrátu je příznivě ovlivňována přidavkem snadno přijatelných zdrojů uhlíku (otruby obilovin, pokrutiny, šroty), malého množství sacharózy a také prostředku stabilizujícího pH, jako je sádra a vápenec. Dřevní houby se liší také v rychlosti kolonizace substrátu, od čehož se také odvíjí náročnost na teplotní ošetřování substrátu. Čím pomaleji podhoubí houby roste, tím je náročnější na takový substrát, který je prostý zárodků konkurenčních plísní. V Evropě se běžně používá ošetření substrátu teplotou 110 - 120 °C po dobu 2 - 4 hodin v závislosti na velikosti bloků substrátu. Teploty 65 – 80 °C zcela dostačují jen k ošetření substrátu pro hlívu ústřičnou, jejíž podhoubí rychle kolonizuje substrát. Pro ostatní druhy hub se obecně používají teploty 110 °C pod podmínkou, že teplotně ošetřený substrát bude inokulován (očkován) sadbou za aseptických podmínek, tj. ve flow-boxu nebo v očkovačce vybavené přetlakovým přívodem sterilního vzduchu.

### 3.2 Hodnocení fyzikálně-chemických vlastností surovin pro pěstební substráty

Hodnocení fyzikálně-chemických vlastností surovin bylo prováděno na České zemědělské univerzitě v Praze. Jednotlivé suroviny pro přípravu substrátových receptur byly odebírány vždy v čerstvé hmotě, a to z následujících stanovišť: separáty pocházely ze zemědělských bioplynových stanicích Krásná Hora nad Vltavou a BPS Petrovice, fugát pocházel z BPS Petrovice, smrkové piliny pocházely z pily poblíž BPS Petrovice, slaměné pelety byly standardně pořízeny nakoupením. Veškeré hodnoty v tabulkách jsou průměrem třech opakování.

Z tabulky 2 je patrná nižší hodnota pH ve smrkových pilinách (pH 5,5) a slaměných peletách (pH 7,3). Naopak vyšší hodnota pH byla zjištěna v separátech a fugátu bioplynových stanic. Nejnižší obsah všech makroživin byl nalezen ve smrkových pilinách, vyšší ve slaměných peletách, významně vyšší v separátech a nejvyšší ve fugátu. Z jednotlivých živin dominoval především mobilní draslík a také obsah vápníku byl především ve fugátu vysoký. Při hodnocení mikroživin byly rozdíly mezi pilinami a slámou významně nižší, ale tyto se podstatně lišily od separátu a fugátu, kde obsahy mikroprvků několikanásobně vzrostly. Je důležité, že obsahy rizikových prvků v separátech i ve fugátu jsou velmi nízké, což minimalizuje riziko jejich transportu do plodnic hub.

Tab. 2 Fyzikální a chemické vlastnosti vstupních surovin pro přípravu substrátových receptur  
(K.H. – BPS Krásná Hora nad Vltavou)

Vzorek	pH (H <sub>2</sub> O)	N (% v č. hm.)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Smrkové piliny	5,45	---	3,95±1,20	304±10,7	757±26,9	77,7±3,1	138±7,1	104±3,5	7,84±0,86	0,134±0
Fugát Petrovice	9,95	0,38	10575±595	64609±1351	27036±1787	9146±794	6732±100	2547±222	307±18,5	64,2±2,8
Slaměné pelety	7,30	0,21	666±9,3	8037±217	4057±145	449±9,8	1315±29,7	121±3,5	5,75±0,05	1,28±0,13
Separát K.H.	9,23	0,62	12533±115	27965±499	11193±73,5	2141±15,7	4005±25,8	1331±11,1	172,3±0,2	27±0,3
Separát Petrovice	9,17	0,55	3856±36,5	12349±64,5	18664±237	4945±61,6	3723±32,1	1157±41,9	175,9±0,8	60,0±0,9
Vzorek	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Al (mg/kg)	Na (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Smrkové piliny	1,112±0,121	128±0,5	< 0,2	103±3,1	8,94±0,43	< 0,8	< 1,2	0,079±0,006	0,239±0,040	0,0027±0
Fugát Petrovice	23,64±0,25	353±25,8	2,235±0,143	898±63,5	6116±357	0,642±0,097	1,193 ± 0	0,158±0,019	2,601±0,179	0,023±0
Slaměné pelety	1,346±0,283	18,15±0,708	0,198±0,001	150±7,4	128±11,1	< 0,8	< 1,2	0,03±0,009	0,143±0,002	0,0116±0
Separát K.H.	32,8±5,26	187±0,97	< 0,2	440±10,1	338±0,5	3,82±0,46	< 1,2	0,097±0,001	0,775±0,028	0,577±0,005
Separát Petrovice	11,14±0,56	114±0,03	0,568±0,031	250±33,8	1054±14,9	< 0,8	0,27±0,01	0,058±0,004	1,825±0,203	0,408±0,008



Tabulka 3 a tabulka 4 uvádějí, jak přídavek separátu ke slaměným peletám znamenal nárůst obsahu živin v substrátech pro pěstování hnojníku obecného i žampionu mandlového. S rostoucím přídavkem separátu ke slaměným peletám rostla také hodnota pH. Obsah živin rostl s rostoucím přídavkem separátu, zejména v těch případech, kdy byl obsah živin ve slámě nízký (fosfor a hořčík v případě makroživin, železo, měď a zinek v případě mikroživin). S ohledem na nízký obsah toxických prvků v surovinách byly i v těchto směsích jejich obsahy nízké.

Tabulka 5 kompletně shrnuje chemické vlastnosti dvou vybraných separátů, pocházejících ze zemědělských bioplynových stanic Krásná Hora nad Vltavou (K.H.) a Petrovice (Pet). Hodnota pH ve vzorcích separátu byla relativně podobná a pohybovala se v rozmezí 8,3 – 8,6. Z makroživin byl zjištěn nejvyšší obsah vápníku v separátu z BPS Krásná Hora nad Vltavou, nejnižší obsah z makroživin byl pak zjištěn u celkového dusíku v čerstvé hmotě v separátu pocházející z BPS Petrovice. Zjištěné obsahy rizikových prvků v obou separátech nepřekročili limity obsahů těchto prvků daných vyhláškou.

Tabulka 6 charakterizuje zhodnocení chemických vlastností surovin navržených substrátových receptur postupem fermentace ve dvou sledovaných obdobích, a to na začátku a konci fermentace. Z tabulky je patrný nárůst hodnoty pH ve smrkových pilinách po přídavku fugátu pocházejícího z bioplynové stanice Petrovice. Výrazně nejvyšší obsah amonné formy dusíku byl zjištěn ve fugátu, nejnižší obsah byl pak zjištěn ve smrkových pilinách. Přídavek fugátu zvýšil podle očekávání obsah amonné formy v pilinách. Po fermentaci jeho obsah významně poklesl (vzorky 4 a 5). Obsah celkového dusíku v čerstvé hmotě se zvýšil v době konce fermentace, což pravděpodobně dokládá, že během postupu fermentace došlo k rozkladu organické hmoty. Výrazně nejvyšší obsahy z makroživin byl zjištěn ve fugátu u draslíku, ale také u fosforu a síry. Z mikroživin byl nejvyšší obsah zjištěn u železa ve fugátu, nejnižší pak u molybdenu, kde jeho obsah byl nepatrný téměř ve všech vzorcích. Ve všech vzorcích nebyl překročen obsah rizikových prvků dle vyhlášky, což opět redukuje riziko transportu rizikových látek do plodnic pěstovaných hub.

Tab. 3 Fyzikální a chemické vlastnosti substrátů připravených na bázi slaměných pelet a separátu z BPS Petrovice pro pěstování hnojníku obecného (*Coprinus comatus*)

Vzorek	pH (H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg č.h.)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Slaměné pelety	5,35	58±6,0	606±26	8157±622	4424±138	485±29	1272±35,2	120±8,7	4,67±0,29	1,27±0,13
Separát 25%	5,99	90±3,8	1214±70,1	11089±868	6622±247	1248±110	1813±53,8	274±24,3	16,98±1,06	6,21±0,19
Separát 50%	6,12	127±3,4	2397±145	9623 ±55,1	12952±471	2920±123	2367±78,9	659±12,7	39,13±2,03	15,56±0,67
Separát 75%	6,25	137±2,2	3483±100	11965±137	17602±232	4334±147	3081±83,5	1024±33,1	63,8±2,22	25,4±2,06
Vzorek	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Al (mg/kg)	Na (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Slaměné pelety	5,19±1,26	16,3±0,75	< 0,2	140±10,4	134±0,17	0,15±0,009	< 1,2	0,02±0	0,23±0,015	0,013±0
Separát 25%	5,61±0,15	31,67±1,17	0,19±0,001	180±11,5	282±1,86	0,14±0,064	< 1,2	0,041±0	0,413±0,042	0,013±0
Separát 50%	11,48±0,1	62,67±3,05	0,46±0,21	312±15,3	627±24,6	0,34±0,076	< 1,2	0,082±0,001	1,185±0,087	0,013±0
Separát 75%	15,14±0,001	91,76±2,94	0,43±0,043	402±7,7	864±25,6	0,50±0,015	< 1,2	0,051±0,004	1,564±0,014	0,015±0

Tab. 4 Fyzikální a chemické vlastnosti substrátových receptur na bázi slaměných pelet a separátu z BPS Petrovice pro pěstování žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*)

Vzorek	pH (H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg č.h.)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Slaměné pelety	5,35	45±4,7	589±79,0	6692±0,7	4447±703	476±77,3	1246±88	121±18	14,90±4,8	36,90±17,5
Separát 25%	8,63	70±2,9	1105±0,41	8337±524	8375±386	1918±62,7	1403±51,5	363±5,5	16,69±0,18	11,67±0,25
Separát 50%	8,79	99±2,6	2024±124	8955±89,7	11443±434	2924±141	2188±122	639±24,8	36,55±1,70	27,56±2,03
Separát 75%	8,93	106±1,7	3167±46,9	10437±35,7	16380±255	4239±88,9	2993±44,7	1030±40,0	56,87±0,13	43,58±1,68
Vzorek	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Al (mg/kg)	Na (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Slaměné pelety	3,8±0,4	17,6±2,7	< 0,2	138±21,6	133±24,6	<0,8	< 1,2	0,03±0,06	0,398±0,25	0,018±0,001
Separát 25%	1,35±0,34	56,34±0,47	< 0,2	95,8±3,22	222±10,2	<0,8	< 1,2	0,03±0,01	0,250±0,03	0,240±0,006
Separát 50%	2,89±0,42	79,00±3,49	0,21±0,02	140±17,1	485±26,5	<0,8	< 1,2	0,026±0	0,558±0,041	0,336±0,003
Separát 75%	7,35±0,27	96,05±0,77	0,39±0,04	198±0,45	734±88,9	<0,8	< 1,2	0,057±0,013	0,913±0,012	0,381±0,007

Tab. 5 Souhrn chemických vlastností dvou vybraných separát z BPS Krásná Hora (K.H.) a Petrovice (Pet)

Vzorek	pH (H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg č.h.)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Separát K.H.	8,35	2013±18	6027±314	11300±61,7	33732±703	6156±231	3951±80	2038±64	186±2,88	36,90±17,5
Separát Pet.	8,63	2261±36	4822±602	18658 ± 501	14958±386	4217±644	3312±51,5	1329±812	94,8±5,72	37,77±0,25
Vzorek	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Al (mg/kg)	Na (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Separát K.H.	24,5±0,4	139±0,77	0,947±0,13	374±21,6	133±24,6	<0,02	1,77±0,27	0,22±0,06	2,16±0,25	1,586±0,15
Separát Pet.	19,6±0,34	119±69,9	1,025±0,37	268±33,22	222±10,2	<0,02	1,67±0,31	0,20±0,01	1,64±0,60	1,554±0,56

Tab. 6 Fyzikální a chemické vlastnosti surovin navržených substrátových receptur postupem fermentace

Vzorek	pH (H <sub>2</sub> O)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg č.h.)	N (% v č. hm.)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1	9,1 ± 0,2	1958±22,5	0,35	7178±352	68283±459	3991±34,2	1451±265	3863±778	222±78,2	36,8±3,47
2	6,08 ± 0,01	6,56±0,001	0,01	232±4,59	768±5,15	2466±15,5	325±7,66	199±3,65	296±12,0	16,2±0,26
3	7,11 ± 0,02	72,18±0,3	0,09	336±3,00	1490±5,06	2996±38	414±0,46	261±0,012	634±17,6	25,8±1,18
4	5,74 ± 0,01	16,14±0,01	0,06	260±39,8	540±306	2817±63	355±28,5	195±15,9	258±23,1	40,1±2,93
5	6,91 ± 0,2	18,54±0,02	0,13	348±4,56	1868±33,6	3475±144	438±12,5	267±3,10	415±6,5	31,6±0,69
Vzorek	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Al (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	2,09±0,02	66,4±17,6	108±99,1	0,471±0,013	231±4,29	0,68±0,02	<0,02	4,13±0,26	0,16±0,05	0,64±0,03
2	2,46±0,02	5,56±0,49	187±2,39	<0,01	230±14,4	0,879±0,03	<0,02	<0,03	0,29±0,01	1,48±0,58
3	3,86±0,13	5,92±0,03	272±2,99	<0,01	319±1,77	1,026±0,04	<0,02	<0,03	0,34±0,008	1,17±0,03
4	3,23±0,17	6,09±0,68	286±11,7	<0,01	146±2,85	0,899±0,12	<0,02	<0,03	0,35±0,02	0,84±0,001
5	4,27±0,23	6,52±0,15	315±7,16	<0,01	252±9,57	1,183±0,02	<0,02	<0,03	0,37±0,002	0,99±0,03

Vzorek 1 – vstupní surovina fugát, vzorek 2 – vstupní surovina piliny ze smrkového dřeva, vzorek 3 – vstupní surovina piliny ze smrkového dřeva obohacené fugátem (5 %), vzorek 4 – výstupní surovina piliny ze smrkového dřeva po fermentaci, vzorek 5 – výstupní surovina piliny ze smrkového dřeva obohacené fugátem (5 %).

### 3.3 Pěstování hub na upraveném separátu z bioplynových stanic

Na rozdíl od ostatních autorů jsme se rozhodli na substrátu připraveném ze separátu z BPS pěstovat koprofilní druhy hub a to hnojník obecný (*Coprinus comatus*) a žampion mandlový (*Agaricus subrufescens*) s tím, že ve složení substrátu převažoval podíl separátu nebo jsme používali samotný separát. Oproti žampionovému substrátu po Fázi I., kde směs slámy a dusíkatých odpadů projde 3 – 5 denní fází při teplotách 75 – 80 °C, obsah vody činí maximálně 74 % a substrát má nižší vláknitou strukturu, obsahuje separát z BPS 80 % vody a má velmi vysokou vláknitou strukturu a vysoký obsah volného čpavku. V separátu sice proběhla anaerobní fermentace, kterou byly zcela vyčerpány snadno přístupné zdroje uhlíku, což na jedné straně nedává příležitost k růstu konkurenčních hub (zelených plísní), ale chybí potřebné živiny usnadňující podhoubí sledovaných hub dostatečně rychle kolonizovat substrát. Dalším problémem je vysoká vlhkost substrátu kombinovaná s kompaktní strukturou, což zneumožňuje dostačenou cirkulaci vzduchu v substrátu podporující aerobní fermentaci při teplotách 45 – 48 °C.

První zkoušky byly prováděny v prostorách s nastavenou teplotou 30 °C v plastových fermentorech. Separát v množství 20 kg ve fermentačních sudech o objemu 120 litrů byl zde intervalově provětráván vzduchem z kompresoru v množství 8 litrů vzduchu za hodinu. Pro odstranění volného čpavku, nevyhovujícího pro mycelium studovaných hub, se takový postup ukázal jako nedostatečný. Navíc, než byl ze separátu odstraněn volný čpavek, substrát vyschnul natolik, že nebyl vhodný pro růst podhoubí studovaných hub.

Naopak se osvědčil postup aerobní fermentace separátu v tunelu za stálé cirkulace vzduchu, a pokud teplota dosáhla úrovně vyšší, než byla nastavená, automaticky byl přidán čerstvý venkovní vzduch.

### 3.4 Růst podhoubí hnojníku obecného (*Coprinus comatus*) na substrátech připravených ze separátu

Protože vlastnosti čerstvého separátu z BPS nejsou vhodné pro pěstování koprofilních druhů hub s ohledem na jeho strukturu, vysoký obsah vody (80 %) a obsah volného čpavku, musí se předem podrobit takovému procesu, během kterého se sníží obsah vody na 72 - 74 % a zbaví se čpavku. Dosáhne se toho fermentačním aerobním procesem v teplotách 45 - 47 °C, kdy se část čpavkového dusíku přemění činností termotolerantních mikroorganismů na jeho organickou formu a zbytek se odvětrá. Po anaerobní fermentaci zůstává v separátu BPS celulóza a lignin, ale chybí v něm snadno přístupné uhlíkaté látky (hemicelulóza a cukry) potřebné pro růst mycelia hub.

Proto se osvědčilo separát před fermentací obohatit vybraným zdrojem organické hmoty.

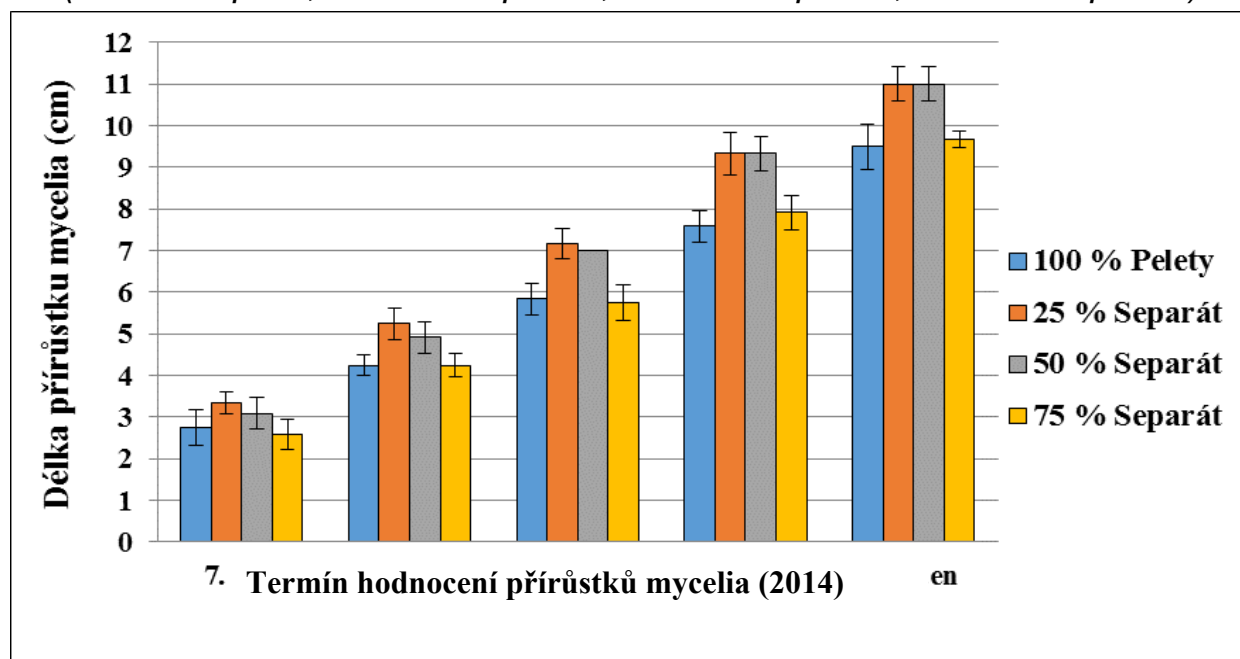
Byly porovnávány směsi separátu BPS se slaměnými peletami zvlhčenými na 68 % obsahu vody se samotnými navlhčenými slaměnými peletami a to v následujících poměrech:

1. 100 % pelet - kontrola (slaměné pelety namočené v horké vodě v poměru 1 díl pelet a 2 váhové díly vody)
2. 75 % pelet a 25 hmotnostních % separátu BPS
3. 50 % pelet a 50 hmotnostních % separátu BPS
4. 25 % pelet a 75 hmotnostních % separátu BPS

Namíchaný materiál byl naplněn do 4 aerovaných fermentorů (objem fermentoru 30 l), do každého fermentoru byl vložena masa substrátu o hmotnosti 8 kg. Ve fermentorech byla při stálé aeraci nastavena teplota 45 - 47 °C a z každého fermentoru byl 0., 2., 4. a 6. den odebrán vzorek substrátu (z každého odběru byly naplněny 3 sklenice substrátem a současně osázeny sadbou pro sledování rychlosti růstu mycelia). Při odběru byla měřena trubičkami Dreager koncentrace čpavku. Substrát připravený ze separátu BPS smíchaného se slaměnými peletami byl následně osázen sadbou žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*) a hnojníku obecného (*Coprinus comatus*). Při osazování sadbou hub 6. den substrát neobsahoval více než 5 ppm volného amoniaku.

Z grafu 1 jsou patrné nejvyšší přírůstky mycelia ve variantách (mimo variantu 4 v termínech 22. 7., 24. 7. a 26. 7.), kde byl substrát tvořen podílem separátu oproti kontrolní variantě se samotnými slaměnými peletami.

Graf 1. Přírůstky mycelia hnojníku obecného (*Coprinus comatus*) ve sledovaných obdobích všech variant pokusu  
(1 - 100 % pelet, 2 - 25 % separátu, 3 - 50 % separátu, 4 - 75 % separátu)



Obr. 1. Hnojník obecný (*Coprinus comatus*)  
na směsi fermentovaného separátu a slaměných pelet





### 3.5 Růst podhoubí žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*) na substrátech připravených ze separátu BPS

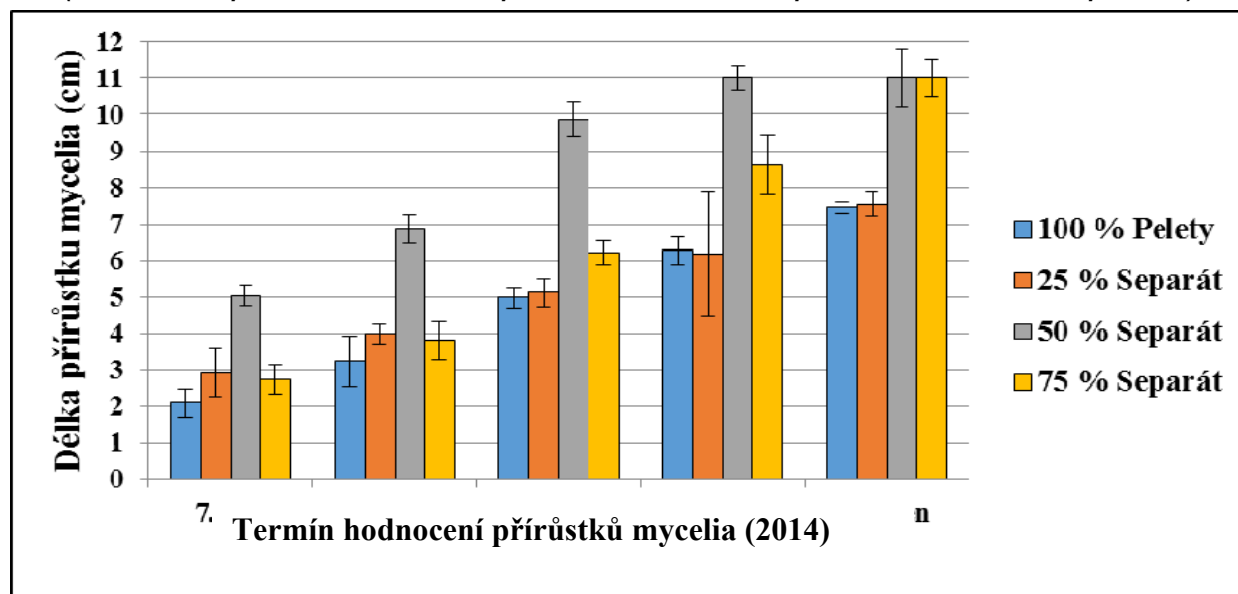
Slaměné pelety byly namočené v horké vodě a to v poměru 1 díl pelet a 2 hmotnostní díly vody. Namočené pelety byly pak míchány v následujícím poměru se separátem BPS.

1. 100 % pelet - kontrola
2. 75 % pelet a 25 hmotnostních % separátu BPS
3. 50 % pelet a 50 hmotnostních % separátu BPS
4. 25 % pelet a 75 hmotnostních % separátu BPS

Vlhkost substrátu byla před zahájením fermentace nastavena na 75 % vody. Namíchaný materiál byl naplněn do čtyř aerovaných fermentorů, ve kterých byla nastavena teplota 47 – 49 °C. V průběhu 9 dnů byly provedeny 3 odběry z každého fermentoru a bylo současně provedeno měření obsahu volného čpavku. Na odebraných vzorcích substrátu byly provedeny zkoušky rychlosti růstu mycelia žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*) a stanoven obsah C, N a těžkých kovů.

Graf 2 uvádí jednotlivé přírůstky mycelia žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*) ve sledovaných obdobích všech variant pokusu. Z grafu jsou patrné nejvyšší přírůstky mycelia ve variantách, kde byl substrát tvořen podílem separátu oproti kontrolní variantě s peletami. Zvyšující se přídavek separátu v substrátové receptuře zvyšoval obsah ligninu, což uvádí tabulka č. 1, stejně tomu tak bylo i ve variantě substrátu pro hnojník obecný. Vyšší obsah ligninu v separátu oproti slaměným peletám byl pravděpodobně způsoben vyšší vkládkou travní senáže do reaktoru bioplynové stanice Petrovice.

Graf 2. Přírůstky mycelia žampionu mandlového (*Agaricus subrufescens*) ve sledovaných obdobích všech variant pokusu (1 - 100 % pelet, 2 - 25 % separátu, 3 - 50 % separátu, 4 - 75 % separátu)



Obr. 2. Žampion mandlový (*Agaricus subrufescens*) na fermentovaném separátu BPS Petrovice



### 3.6 Pěstování vybraných druhů hub na substrátech z fermentovaných pilin

Perspektivně důležité je vyvinout takový substrát pro exotické houby, který by byl levný a připravený z dostupných surovin. Čerstvé piliny jehličnanů nejsou pro pěstování hub vhodné pro zvýšený obsah pryskyřic. Proto byly zvoleny piliny jehličnatých stromů (ze dřeva douglasky a smrku) fermentovány s přídavkem resp. bez přídavku 20 % fugátu z BPS. Účelem přídavku fugátu bylo piliny mikrobiálně aktivovat

a podrobit je následné aerobní fermentaci při 30 °C po dobu 9 týdnů. V průběhu fermentace byly odebírány vzorky po 3, 6, a 9 týdnech a vedle chemické analýzy byly prováděny růstové testy mycelia hlívy máčkové a korálovce ježatého.

Při studiu pilinových substrátů byly ověřovány minimální účinné teploty při ošetření substrátu pro pěstování hub, čehož by se využilo při uplatnění odpadního tepla z BPS. Pokusy proběhly v nově zkonstruovaném propařovacím boxu při teplotách 65, 70, 80 a 90 °C.

### 3.7 Využití fugátu při fermentaci jehličnatých pilin pro přípravu substrátu dřevních hub

Účelem pokusů bylo nahradit piliny listnatého dřeva, kterého je nedostatek, pilinami smrkového dřeva. Vzhledem k obsahu pryskyřic v pilinách smrkového dřeva jsme ověřovali, zda v důsledku fermentace se pryskyřice v pilinách rozloží a takto zpracovaný substrát se stane přijatelnější pro růst podhoubí vybraných dřevních hub.

Bylo sledováno 6 variant:

F 3	Smrkové piliny s přídavkem 5 % fugátu - 3. týden fermentace
F 6	Smrkové piliny s přídavkem 5 % fugátu - 6. týden fermentace
F 9	Smrkové piliny s přídavkem 5 % fugátu - 9. týden fermentace
B 3	Smrkové piliny bez přídavku fugátu - 3. týden fermentace
B 6	Smrkové piliny bez přídavku fugátu - 6. týden fermentace
B 9	Smrkové piliny bez přídavku fugátu - 9. týden fermentace
Buk	Bukové piliny nefermentované
Smrk	Smrkové piliny nefermentované

Varianty určené k fermentaci (F3 až B9) byly doplněny na standardní vlhkost 50 % a naplněny po 40 kg do plastových sudů o obsahu 120 litrů. Materiál v sudech s výjimkou bukových pilin byl aerován množstvím 4 l vzduchu po dobu 3 minut s 87minutovou přestávkou. Hmoty 40 kg substrátu byla aerována v poměru 0,2 litru vzduchu na 1 kg hmoty (v přepočtu 200 l vzduchu na 1 t materiálu).

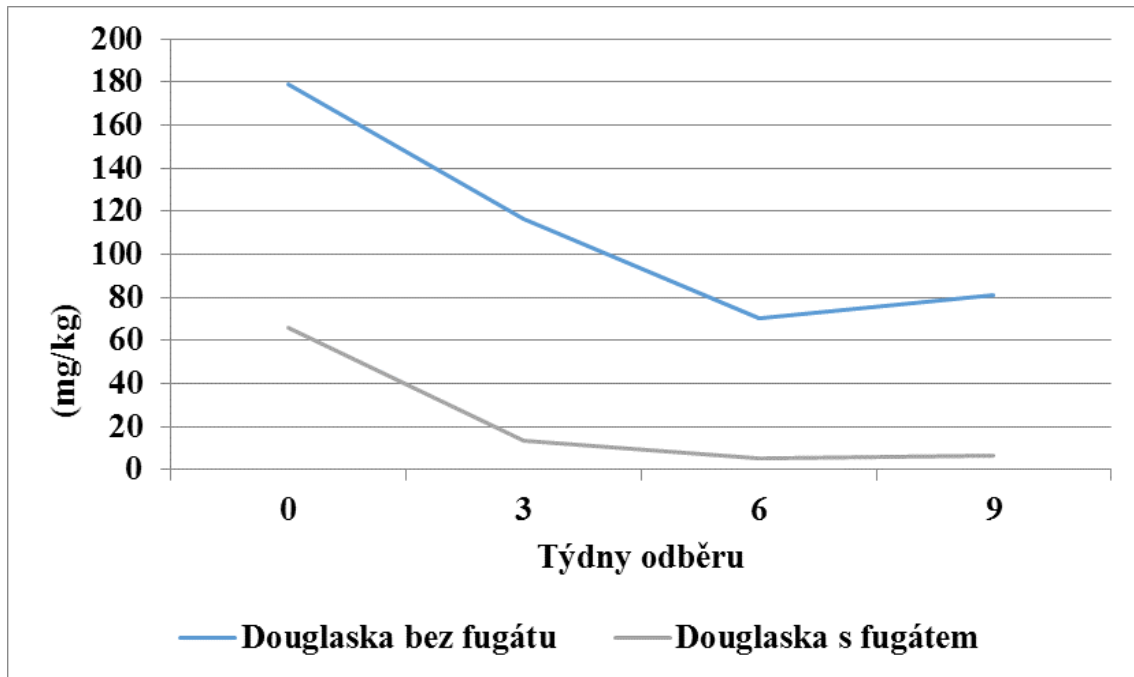
V průběhu 3, 6 a 9 týdnů byl substrát postupně odebírán a při posledním odběru byl pokus s fermentací ukončen. Při jednotlivých odběrech vzorků byl orientačně hodnocen zápach substrátu a ukazovalo se, že všude, kde byl přítomen fugát, při smyslovém posouzení zápach pryskyřic postupně mizel. Z jednotlivých variant substrátu byly odebrány vzorky na pozdější stanovení aromatických látek (pryskyřic).

### 3.8 Změny v obsahu pryskyřičných látek v pilinách

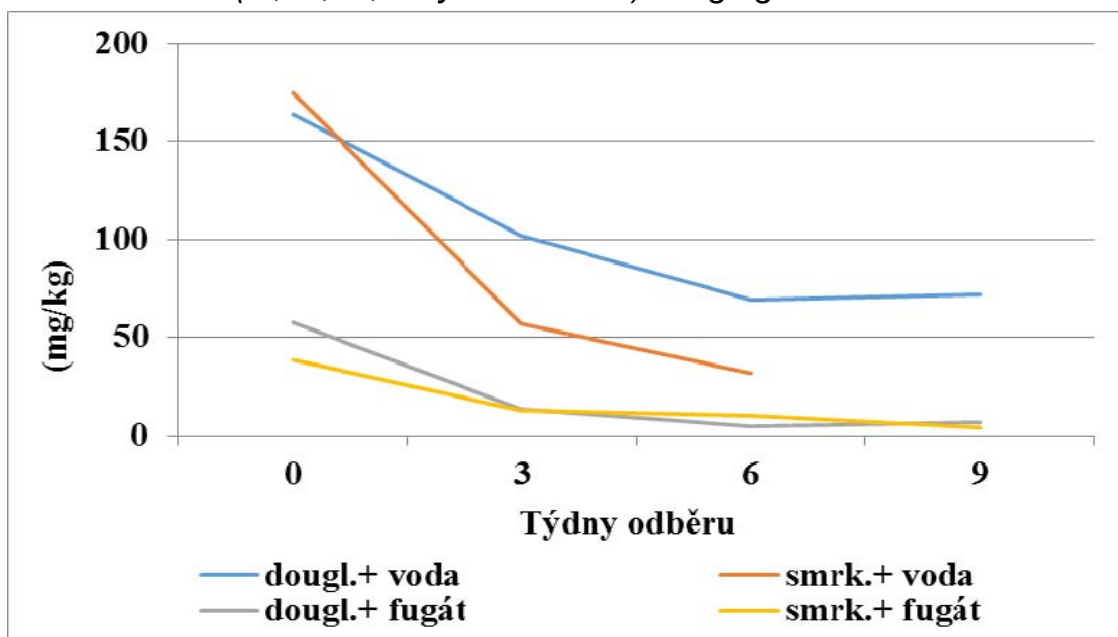
Účelem fermentace bylo odstranění pryskyřičných a těkavých organických látek, které jsou pravděpodobnou příčinou omezení růstu podhoubí pěstovaných hub. Byly sledovány změny obsahu těchto látek (graf č. 3 a č. 4) u pilin douglasky a smrku během fermentace po 3, 6 a 9 týdnech a to piliny pouze ovlhčené vodou a s přídavkem

fugátu, jehož funkcí bylo zvýšení mikrobiální aktivity pro urychlení rozkladu pryskyřičných látek. Podíl pryskyřičných látek se snižoval a k výraznému úbytku pryskyřičných látek a těkavých organických látek došlo již po 3 týdnech fermentace. Po 6 týdnech fermentace se dále obsahy obou skupin látek výrazně neměnily. Změny v obsahu pryskyřičných látek však nekorespondovaly s intenzitou růstu mycelia sledovaných hub, která byla nejvyšší v pilinách po 6 týdnech fermentace.

Graf 3. Změny obsahu těkavých organických látek v průběhu fermentace pilin z douglasky bez a za přídavku 5 % fugátu (mg/kg v sušině)



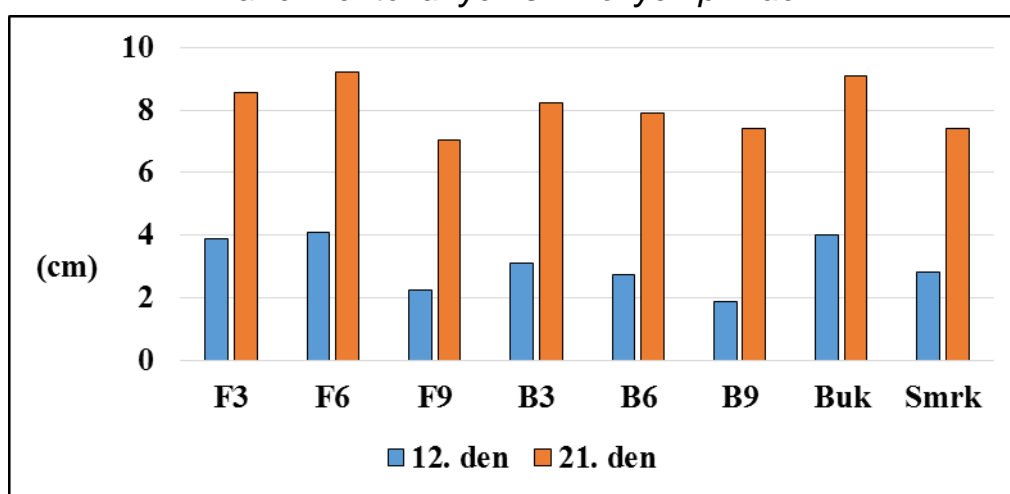
Graf 4. Podíl obsahu pryskyřičných látek v sušině fermentovaných pilin (0., 3., 6., 9. týden odběru) v mg/kg v sušině



### 3.9 Vliv fermentace smrkových pilin na růst mycelia lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*), hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a hlívy královské (*Pleurotus eryngii*)

Ukazuje se, že fermentace pilin po dobu 3 - 6 týdnů za přídavku 5 % fugátu příznivě ovlivní růst podhoubí lesklokorky. Doba fermentace pilin 9 týdnů již zpomaluje růst mycelia houby. Rychlost růstu mycelia na smrkových pilinách obohacených fugátem a fermentovaných po dobu 6 týdnů se zcela vyrovnala s bukovými pilinami, které tvoří základ substrátu pro pěstování dřevních hub.

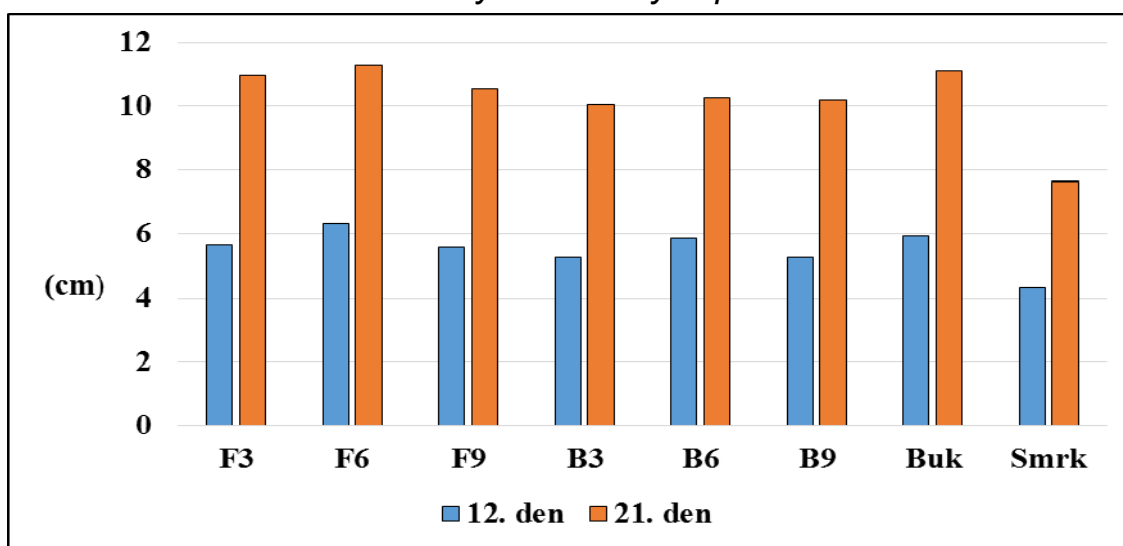
Graf 5. Přírůstky mycelia lesklokorky (*Ganoderma lucidum*) na fermentovaných smrkových pilinách



Obr. 3. Nasazené zárodky plodnic lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*) na substrátu z obohacených bukových pilin



**Graf 6. Přírůstky mycelia *Pleurotus ostreatus* na fermentovaných smrkových pilinách**



Legenda:

F3 - smrkové piliny obohacené 5 % fugátu po 3 týdnech aerobní fermentace při 30 °C

F6 - dtto po 6 týdnech fermentace

F9 - dtto po 9 týdnech

B3 - smrkové piliny bez fugátu po 3 týdnech aerobní fermentace při 30 °C

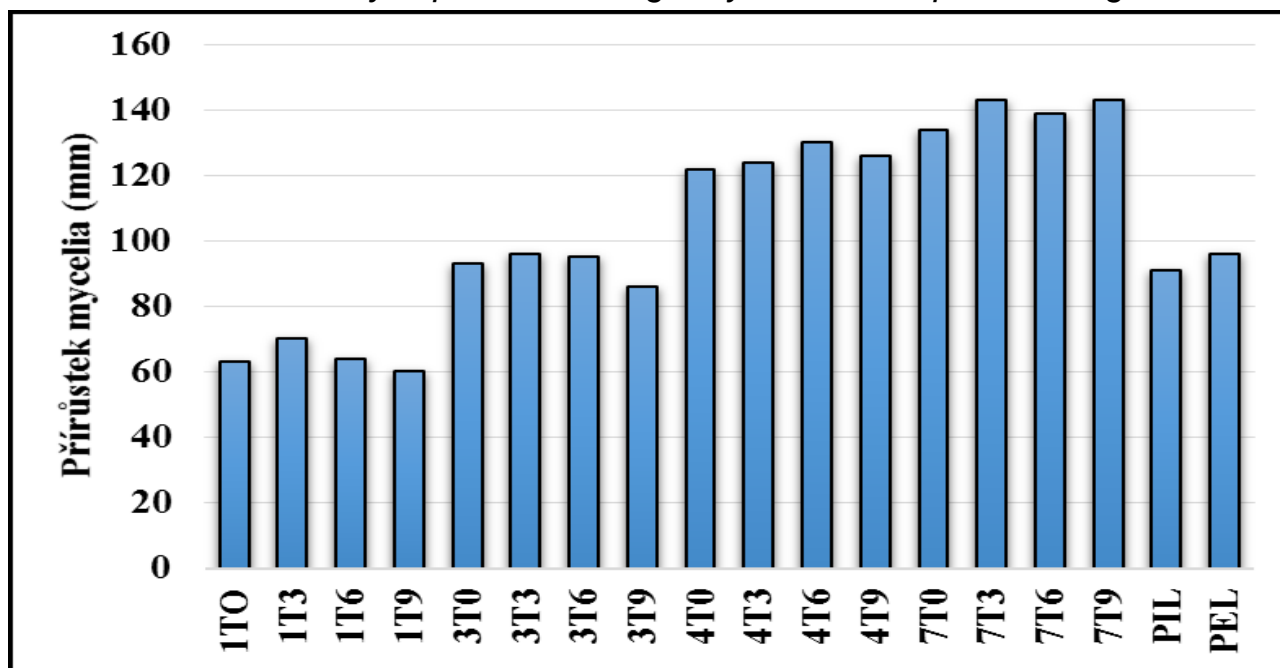
B6 - dtto po 6 týdnech fermentace

B9 - dtto po 9 týdnech

KONTROLA 1 Buk - bukové piliny nefermentované

KONTROLA 2 Smrk - smrkové piliny nefermentované

**Graf 7. Přírůstky mycelia hlívy královské (*Pleurotus eryngii*) na fermentovaných pilinách z douglasky a smrku za přídavku fugátu**



LEGENDA: Substrát: **1T0** – Douglaska, **1T3** – Douglaska po 3 týdnech, **1T6** – Douglaska po 6 týdnech, **1T9** – Douglaska po 9 týdnech, **3T0** – Smrk, **3T3** – Smrk po 3 týdnech, **3T6** – Smrk po 6 týdnech, **3T9** – Smrk po 9 týdnech, **4T0** – Douglaska + fugát, **4T3** – Douglaska + fugát po 3 týdnech, **4T6** – Douglaska + fugát po 6 týdnech, **4T9** – Douglaska + fugát po 9 týdnech, **7T0** – Smrk + fugát, **7T3** – Smrk + fugát po 3 týdnech, **7T6** – Smrk + fugát po 6 týdnech, **7T9** – Smrk + fugát po 9 týdnech, **PIL** – Bukové piliny, **PEL** – Slaměné pelety

Z grafu č. 7 je zřejmé, že přírůstky mycelia hlívy královské byly vyšší u variant s přidavkem fugátu, než u variant bez něj. Nejvyšší přírůstky byly u varianty fermentovaných arovaných pilin smrku s přidavkem 20 % fugátu. Nejnižších přírůstků dosahovaly houby rostoucí na fermentovaných arovaných pilinách douglasky.

### 3.10 Růst podhoubí vybraného sortimentu dřevních hub na fermentovaných pilinách jehličnanů ošetřených různými teplotami

Účelem tohoto pokusu bylo zjistit, zda je na fermentovaných pilinách nezbytně nutné substrát sterilizovat při obvyklých 121 °C nebo je možné použít nižší teplotu a modelovat tak situaci při využití odpadního tepla BPS.

Fermentované piliny jednotlivých substrátů různé délky fermentace byly doplněny na stejný obsah vody (68 %) včetně kontrolní varianty (bukové piliny) a byly naplněny do zkumavek o průměru 5 cm a uzavřeny ALU fólií. Byly rozděleny na 3 skupiny vždy po 4 zkumavkách.

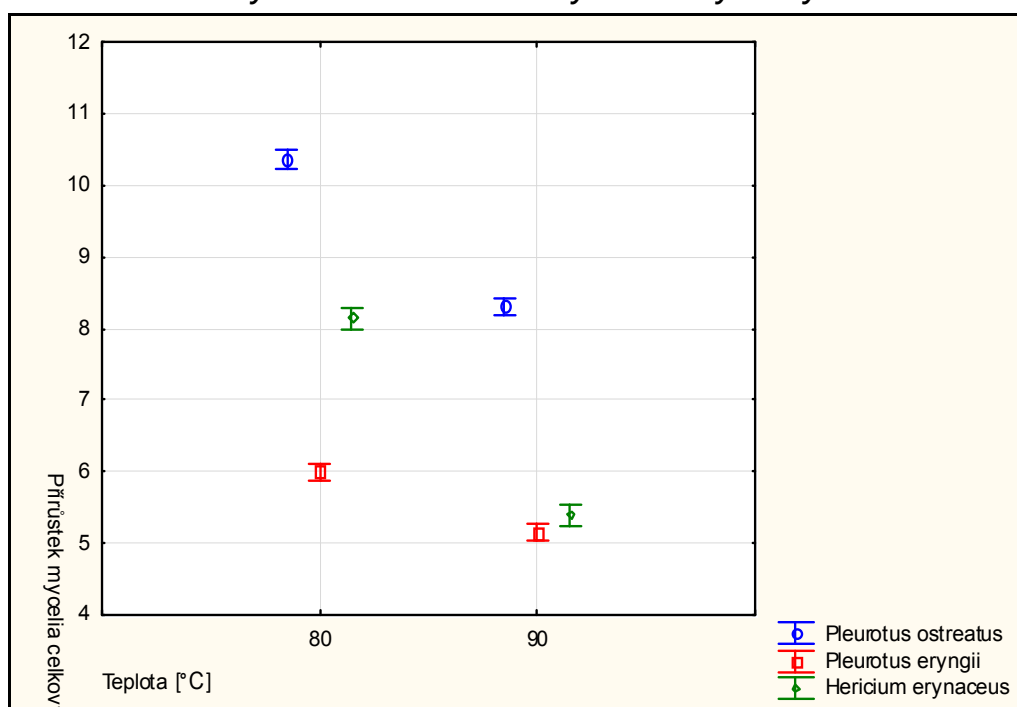
1. skupina - 72 zkumavek bylo sterilizováno v teplotě 121 °C po dobu 2 hodin
2. skupina - 72 zkumavek bylo ošetřeno v teplotě 50 °C po dobu 24 hodin
3. skupina - 72 zkumavek bylo ošetřeno v teplotě 90 °C po dobu 24 hodin

Teplotně ošetřené substráty od každé varianty byly následně zaočkovány zrnitou sadbou (4 zkumavky od každé varianty) čtyř druhů hub. Byla použita hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) kmen SPOPO, korálovec ježatý (*Hericium erinaceus*), hlíva královská (*Pleurotus eryngii*) a hlíva sicilská (*Pleurotus nebrodensis*) Po týdnu byly měřeny přírůstky podhoubí a po 28 dnech byl pokus uzavřen a vyhodnocen.

Růstová zkouška při porovnávání vlivu druhu substrátu, teplotního ošetření a růstu mycelia jednotlivých hub ukázala, že 9-ti týdenní fermentace zlepšila složení jehličnatých pilin natolik, že růst mycelia většiny hub byl srovnatelný s růstem na kontrole (bukových pilinách). Ukázalo se také, že při teplotním ošetření substrátu při 80 °C byl ve většině případů růst mycelia sledovaných hub rychlejší, než na sterilizovaném substrátu.

V dalším pokusu byly porovnávány 2 druhy pilin (douglaska a smrk) a dvě úpravy pilin (s fugátem a bez fugátu) a tři doby fermentace, přičemž se ukázalo, že v různých termínech fermentace (21., 42., 63. den) se měnila rychlost růstu podhoubí korálovce ježatého na jednotlivých typech substrátů. Nejrychleji prorůstalo podhoubí na smrkových pilinách s fugátem po 42, resp. 63 dnech a na douglaskových pilinách s fugátem po 63 dnech. Odpovídá to analýzám obsahu pryskyřic v průběhu fermentace.

Graf 8. Vliv teplotního ošetření slaměných pelet s otrubami na rychlost kolonizace myceliem vybraných druhů hub



Na substrátu ze slaměných pelet obohacených otrubami byl sledován vliv ošetření teplotami 80 a 90 °C po dobu 24 hodin (graf č. 8) na rychlost růstu podhoubí u hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*), hlívy máčkové (*Pleurotus eryngii*) a korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*). U všech tří hub byly substráty rychleji kolonizovány po ošetření nižší teplotou 80 °C. Ani při nižší teplotě nebyla zaznamenána kontaminace konkurenčními vláknitými houbami.

Předchozí pokusy se složením substrátů a teplotních ošetření umožnily vypracovat metodický postup na přípravu substrátů pro lesklokorku lesklou, korálovec ježatý a hlívu královskou.

## 4. Navržený postup výroby substrátů pro léčivé druhy hub a způsoby jejich pěstování

### 4.1 Vybavení pěstírny pro pěstování léčivých hub

#### 4.1.1 Příprava substrátu a pěstební obaly

Existují různé postupy přípravy substrátu pro dřevní houby – sterilizace při 121 °C. Tímto postupem se v substrátu zničí zárodky hub i sporulující bakterie. Nevýhodou jsou vysoké náklady na sterilizační zařízení (autokláv s vyvíječem páry). Dále pak je takový substrát silně vnímavý na možnou infekci zelenými plísněmi a musí být očkován v naprosto sterilních podmínkách. Tato sterilizace se používá vět-



šinou při výrobě sadby. Doba sterilizace při uvedené teplotě je podle obsahu hmoty v autoklávu 3 - 4 hodiny.

Sterilizace při 110 °C. Tímto postupem jsou zničeny zárodky plísní, ale sterilizace nepostihne zárodky bakterií. Ke sterilizaci je také zapotřebí autoklávu s vyvíječem páry. S ohledem na konstrukci autoklávu je cena zařízení nižší. Používá se většinou při sterilizaci substrátů, které tvoří lignocelulózové odpady. Většinou se substrát sterilizuje v sáčcích nebo plastových obalech. Sterilizace vyhovuje pro přípravu substrátu pro pěstování hub s pomalým růstem podhoubí.

Pasterizace při vysoké teplotě 80 - 90 °C. Tento postup se volí při sterilizaci substrátů z lignocelulózových odpadů a ničí se přitom zárodky plísní, ale neničí se sporující bakterie. Doba teplotního ošetření činí 12 - 48 hodin a závisí na druhu substrátu a jeho množství v pasterizační místnosti. Tento postup vyhovuje pro přípravu substrátu pro houby s pomalu rostoucím podhoubím.

Pasterizace při 60 – 70 °C. V současnosti se takto ošetřují lignocelulózové odpady (sláma) v tak zvaných tunelech, kdy se namočený materiál naplní do výše 2 m a nechá se jím procházet pára za trvalé cirkulace vzduchu. Takové propařování trvá 24 - 72 hodin a potom se substrát po zchladnutí osází a plní do pytlů, kde mycelium kolonizuje substrát. Metoda se používá pro houby s rychlou kolonizací mycelia substrátem, jako jsou hlívy a polnička topolová.

*Obr. 4. Různé typy obalů na substrát - sáčky a bloky vlevo, lahve vpravo*



Pro pěstování hub se používají následující typy obalů. Polypropylénové sáčky s dýchacím filtrem o obsahu 2000 - 4000 g substrátu. Ty jsou schopny odolávat teplotě 126 °C a fólie je zcela průsvitná. Po naočkování se sáčky zavařují. Sáčky z HD polyetylenu (vysokohustotního polyetylenu) odolávají teplotě do 121 °C. Fólie není průsvitná. Sáčky s dýchacím filtrem se plní 500 - 4000 g substrátu a zavařují se. Sáčky

ky z obou typů fólie jsou relativně levné, ale nedají se opakovaně použít. Kelímky z houževnatého HD polyetylénu o obsahu 1500 - 3000 g s víčkem opatřené otvorem s dýchací zátkou. Výhodou těchto obalů je možnost opakovaného použití. Plastové lahve z HD polyetylénu o obsahu 500 - 1500 g s možností opakovaného použití. Jsou vhodné pro využití na automatických linkách, kdy se automaticky plní substrátem, očkují sadbou a vyprazdňují. Pro vysoké investiční náklady tento způsob nepřipadá v úvahu.

Pro pěstování hub se využívá dobře tepelně izolovaná místnost se stěnami odolnými proti pronikání vlhkosti do konstrukce (PUR panely s plechovým povrchem jako v chladírnách nebo stěny ošetřené vhodným parotěsným nátěrem) a spádované podlahy směrem k odpadu s ohledem na vznikající vodní kondensát.

Místnosti bez oken jsou vybaveny osvětlením LED diodami zajišťující v prostoru intenzitu osvětlení 1000 - 1500 lx. Pěstírny jsou vybaveny regulací teploty od 10 do 28 °C podle druhu a pěstebního stadia vybraného druhu houby. Velmi důležité je spolehlivé vlhčení vzduchu buď parním vyvíječem, nebo rozprašováním vody pomocí trysek vytvářejících jemnou mlhu tak, aby bylo možno regulovat vlhkost ovzduší v rozmezí 80 – 95 % RVV.

Větrání v pěstírně udržuje spolehlivě nastavenou hodnotu CO<sub>2</sub> v rozmezí 500 - 1200 ppm. Větrá se ventilátorem, který cirkuluje vzduch v místnosti. Ve směšovací komoře se do potrubí míchá vzduch podle nastaveného poměru klapek čerstvého a cirkulovaného vzduchu tak, aby se dosáhlo optimální teploty, vlhkosti a obsahu CO<sub>2</sub> v ovzduší.

Pěstírna je vybavena policemi, na kterých jsou umístěny bloky prorůstající nebo plodící kultury vybrané houby. Postup pro pěstování dřevních hub na pilinových substrátech

*Obr. 5. Pohled do pěstírny s kulturou hlívy máčkové*



## 4.2 Technologie pěstování houby lesklokorka - *Ganoderma ssp.*

Lesklokorka patří mezi nejvýznamnější léčivé druhy hub s ohledem na obsah léčivých látek, které se v tradiční čínské medicíně využívají pro posilování imunity organismu a proti širokému spektru chorob, jako je léčba zánětlivých onemocnění, snižování hladiny cukru a cholesterolu v krevním séru apod. V Číně se každoročně její produkce prudce zvyšuje. U nás jsou na trhu doplňky stravy připravené z plodnic a mycelia houby. Pěstuje se na sterilizovaných substrátech tvořených pilinami a doplněných organickými přísadami, jako jsou otruby obilovin či pokrutiny olejnin.

V pokusech jsme sledovali vliv obohacení pilinových substrátů různými přísadami a vliv teploty ošetření substrátů. Bukové piliny obohacené slunečnicovými pokruti-  
nami respektive pšeničnými otrubami doplněné vodou na 68 % vlhkosti byly naplněné do Omnia sklenic a sterilizovány 2 hodiny při 121 °C. Pro každou variantu bylo naočkováno 8 sklenic. Ty byly ještě rozděleny na dvě skupiny. 4 sklenice byly umístěny v teplotě 24 °C respektive v 28 °C. Výrazný je však vliv teploty. Při teplotě 28 °C byl zaznamenán intenzivnější růst mycelia než při teplotě 24 °C.

*Obr. 6. Plodící kultura lesklokorky lesklé na substrátu z bukových pilin*



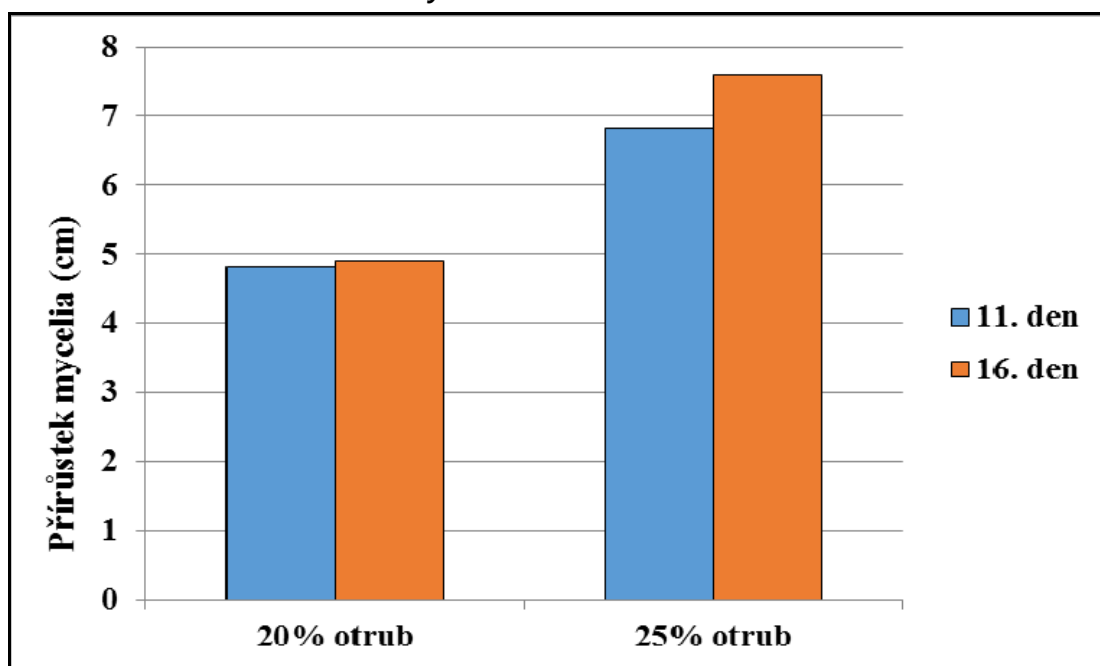
### **4.2.1 Ověření možnosti ošetření obohaceného substrátu pro pěstování lesklokorky při teplotě 90 °C**

Obvyklým způsobem ošetření substrátu pro pěstování dřevních hub je sterilizace při 110 °C po dobu odpovídající velikosti bloků a jeho množství ve sterilizačním prostoru. V některých provozech jako jsou bioplynové stanice nebo sušárny je k disposi-

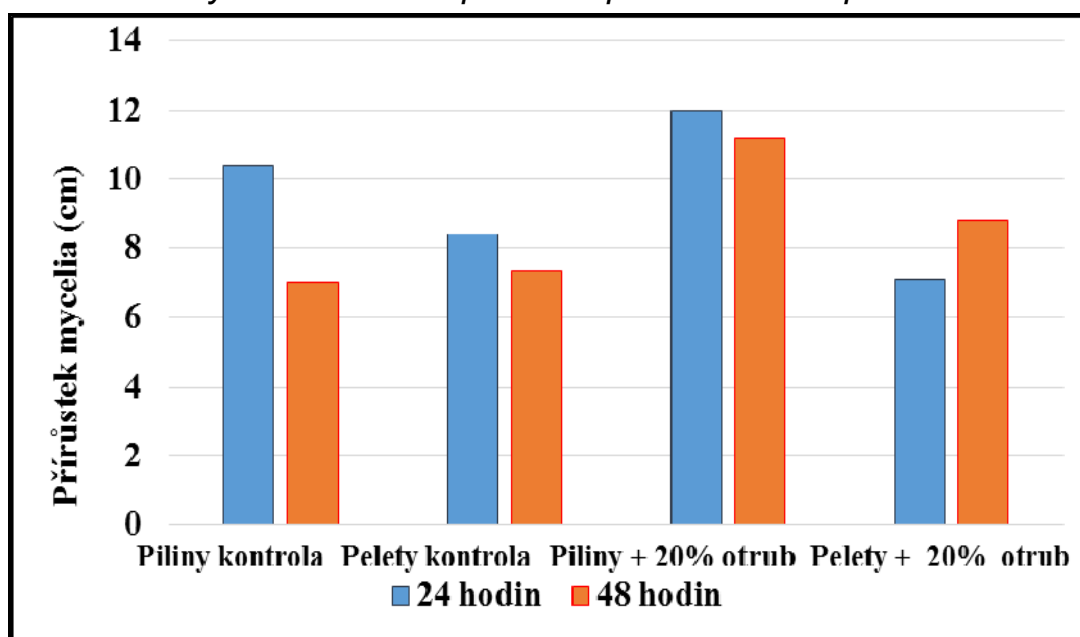
ci velké množství odpadního tepla, které lze využít a augmentovat tak, aby bylo dosaženo výroby volné páry. Tato situace byla namodelována a v pokusech ověřena pasterizace substrátu při 90 °C po dobu 24 hodin. Substrát byl obohacen 20, 25 a 30 % pšeničných otrub a naplněn do plastových kbelíků s víkem nebo do sáčků s dýchacím filtrem. Po teplotním ošetření se substrát v kbelících zaočkoval zrnitou sadbou na povrch za aseptických podmínek. Tepelně ošetřený substrát v sáčcích byl zaočkován tak, že se v rohu sáček rozřízl, zaočkoval zrnitou sadbou, opět svařil a sadba byla promíchána do celého profilu substrátu. Byl ověřen i způsob očkování dřevěnými tyčkami prorostlými podhoubím lesklokorky. Tyčka se pomocí vysterilizovaných kleští vsunula do substrátu propíchnutým sáčkem a vydezinfikovaný otvor se opět zalepil.

Při porovnání přírůstků mycelia lesklokorky a časnosti nasazování zárodků plodnic se u substrátů obohacených pšeničnými otrubami v porovnání s neobohaceným substrátem projevil pozitivní efekt přidavku otrub. Rychlost prorůstání podhoubí substrátem se lineárně zvyšuje až do 30 % obohacení otrubami. Zároveň se zárodky objevují dříve na více obohaceném substrátu než na kontrolní neobohacené variantě. Přídavek otrub také úměrně zvyšuje přírůstek mycelia, jak ukazují grafy 14 a 15. Obava z toho, že doba pasterizace 24 hodin není dostatečná, vedla k porovnání 24 a 48 hodinové pasterizační teploty 90 °C, a to na substrátech z pilin a slaměných pelet obohacených a neobohacených 20 % pšeničných otrub. Ukázalo se, že doba ošetření 24 hodin teplotou 90 °C je dostačující. Ukazuje se, že růst podhoubí lesklokorky na pilinách obohacených a neobohacených byl vyšší než na pšeničných peletách.

*Graf 9. Vliv přidavku otrub do bukových pilin na růst mycelia *Ganoderma lucidum**

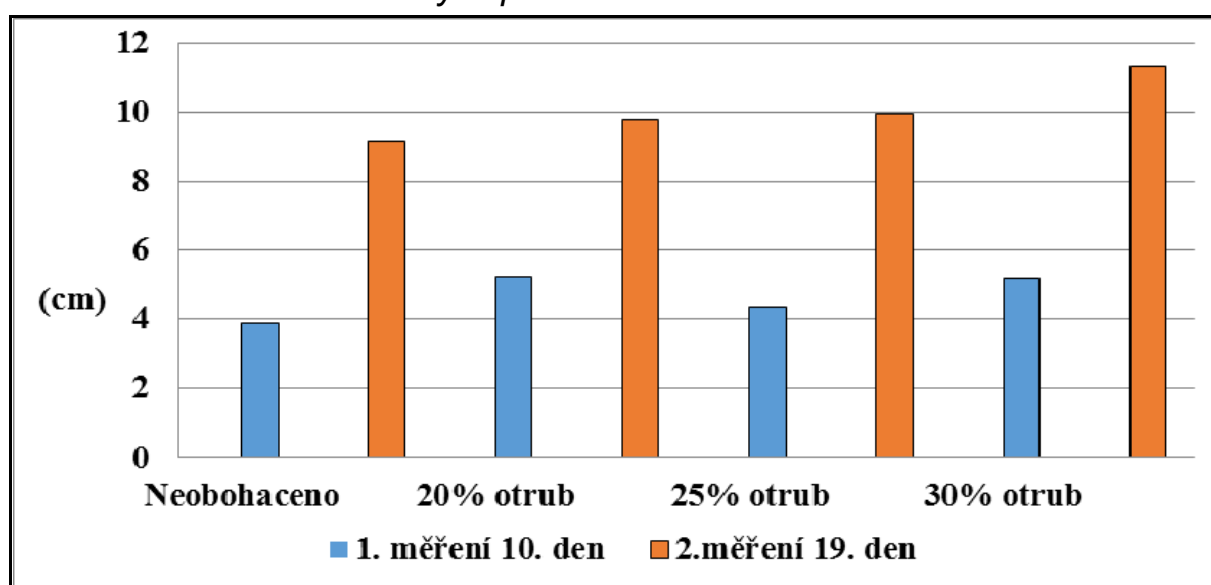


Graf 10. Porovnání růstu mycelia *Ganoderma lucidum* na různých substrátech při 24 resp. 48 hodinové pasterizaci



Při porovnání pilin a slaměných pelet jako základní složky substrátu se ukázalo, že piliny jsou vhodnějším substrátem pro tuto dřevní houbu. Efekt obohacení substrátu se také výrazněji projevil u pilin než u slaměných pelet. Rozdíly mezi 24 a 48-ti hodinovým intervalem teplotního ošetření byly u většiny variant ve prospěch kratší doby ošetření. Příčinou pomalejšího růstu mycelia v kelímcích u delší doby pasterizace je pravděpodobně způsoben vniknutím páry do substrátu a jeho částečným převlhčením u dna nádob.

Graf 11. Přírůstky mycelia *Ganoderma lucidum* v substrátu z bukových pilin obohaceném otrubami

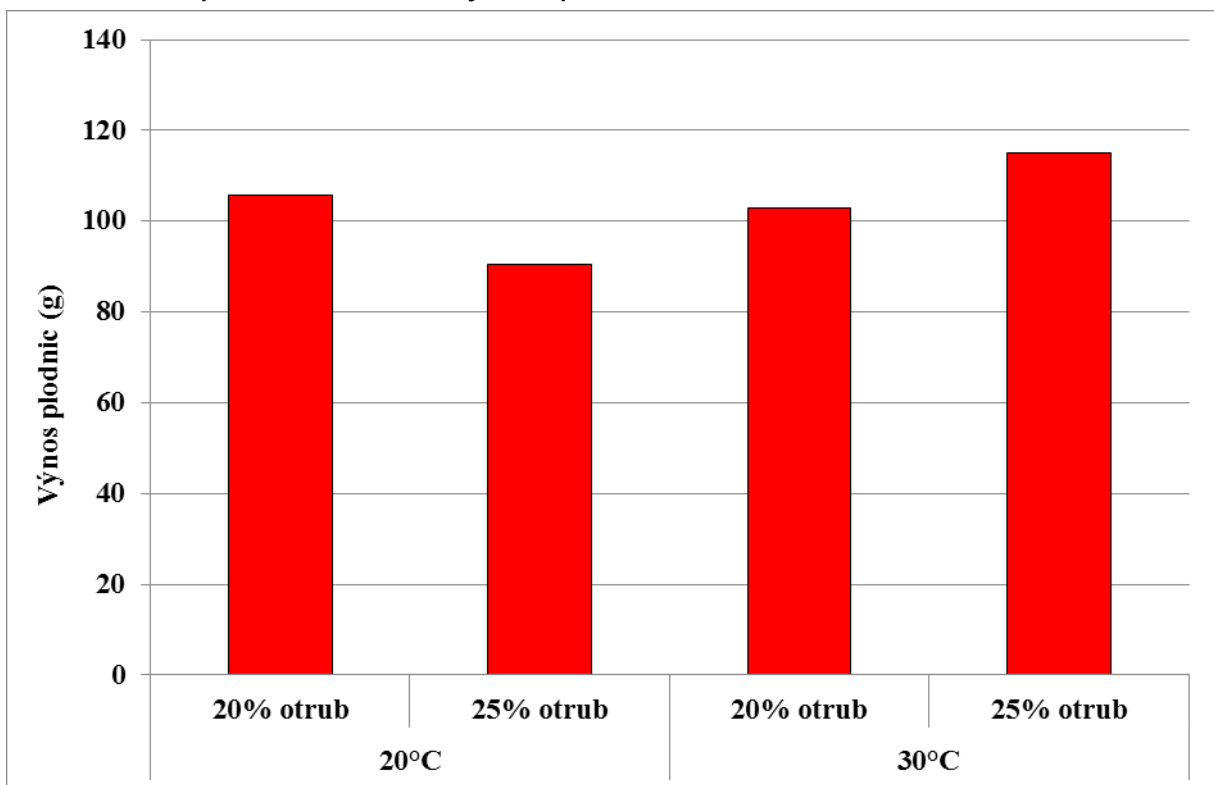


Ukazuje se, že *Ganoderma lucidum* příznivě reaguje na zvyšující se dávku pří-  
davku pšeničných otrub a to se projevuje nejen rychlostí růstu mycelia ale i časnějším  
nasazování zárodků plodnic (viz obr. 7).

Obr. 7. Vliv přidavku otrub na nasazení zárodků.  
Vlevo neošetřená kontrola, vpravo 30 % otrub



Graf 12. Výnos plodnic *Ganoderma lucidum*  
v podmínkách různých teplot a obohacení substrátu



Porovnáváme-li dosažený výnos plodnic na obohaceném a neobohaceném substrátu v různých teplotách, potom se efekt přídatku projevuje pozitivně pouze při vyšší teplotě. Souvisí to jak s rychlejším růstem mycelia při 28 °C než při 24 °C, ale i s lepší diferenciací plodnic na třeh a klobouk, ke které dochází při vyšších teplotách.

#### 4.3 Technologie pěstování houby hlívy máčkové (královské) *Pleurotus eryngii*

Hlíva máčková je houba, která má v pěstování velkou perspektivu. Prudký vývoj zaznamenalo její pěstování zejména v Číně, kde se staví jednotlivé pěstební kapacity s roční produkcí 5 - 6 tis. tun. Podniky jsou vybaveny velmi moderní technologií. Houba se začíná pěstovat i v Evropě a za pozornost stojí skutečnost, že v Německu její produkce překonala výrobu hlívy ústříčné. Důvodem obliby této houby je její výrazná chuť a textura celé plodnice připomínající hříbovité druhy. Houba je pozoruhodná také tím, že má vysokou skladovatelnost. O tom svědčí fakt, že se dá importovat z Jižní Koreje do Evropy v čerstvém stavu a snadno vydrží 14denní dopravu bez významnější ztráty jakosti. I u nás je nabídka importované hlívy královské a to za MC 300 - 400 Kč za 1 kg.

Důvod, proč se u nás houba nepěstuje, spočívá v tom, že její pěstební technologie se liší od pěstební technologie hlívy ústříčné následujícím způsobem:

Zatímco hlíva ústříčná se pěstuje na substrátu ze slámy, hlíva máčková na slámě sice roste, ale dosahuje nižších výnosů. Vyhovují jí spíše obohacené pilinové substráty.

Pro hlívu ústříčnou se sláma propařuje v teplotě 60 – 70 °C, ale pro hlívu máčkovou je třeba substrát sterilizovat.

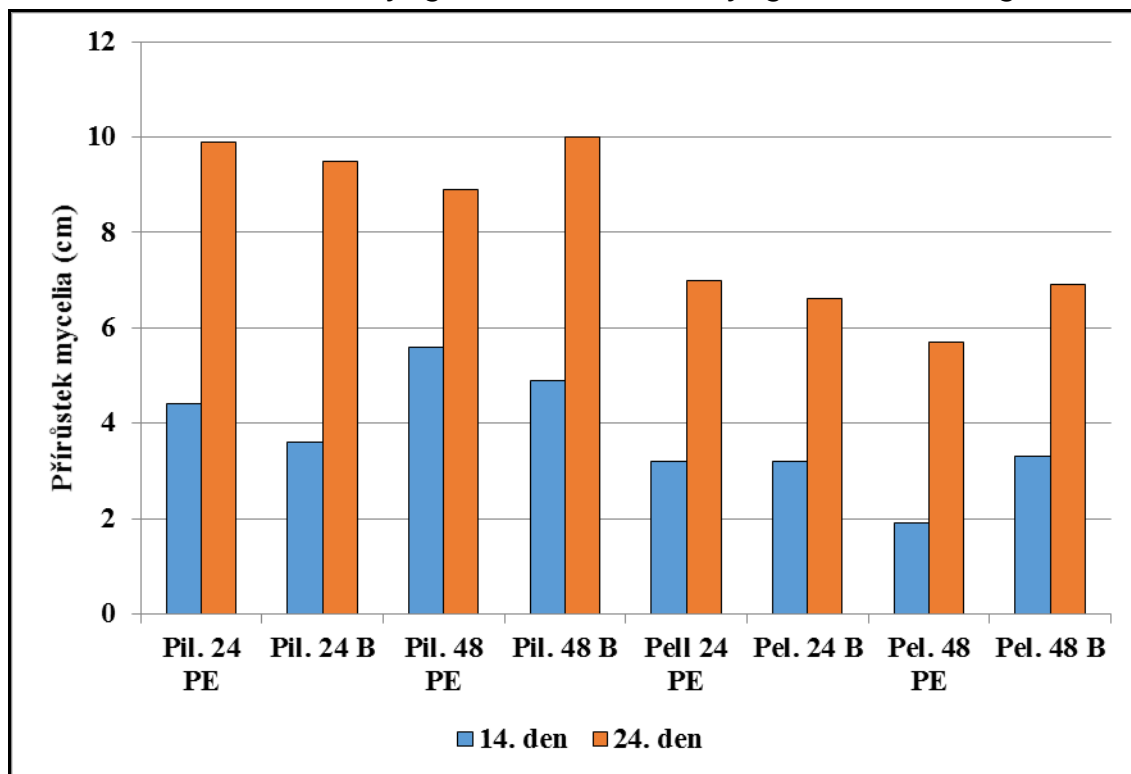
Pro tvorbu plodnic hlívy ústříčné vyhovuje teplota 12 – 20 °C, ale plodnice hlívy máčkové se vyvíjejí v úzkém teplotním rozmezí nízkých teplot 12 – 14 °C a v pěstírnách musí být instalována klimatizace.

Zaměřili jsme se na vliv teploty ošetření substrátu na růst podhoubí hlívy a případný výskyt kontaminace zelenými plísněmi a na složení substrátů.

Byly použity 2 typů substrátů a to bukových pilin a slaměných pelet, které byly obohaceny 20 % pšeničných otrub. Substráty naplněné alternativně v 1,56 kg kbelících a plastových sáčcích byly podrobeny teplotě 90 °C a to po dobu 24 resp. 48 hodin. Hodnotila se rychlost kolonizace substrátu myceliem 2 kmenů a to *Pleurotus eryngii* a *Pleurotus eryngii* Bailingu. Ukázalo se, že existuje rozdíl mezi obohacenými slaměnými peletami a obohacenými pilinami, na kterých byla rychlost růstu výrazně vyšší. V některých případech byly rychlost růstu kmene Bailingu vyšší než

u *Pleurotus eryngii*. Teplotní ošetření po dobu 48 hodin ve 2 případech vykazovalo u mycelia vyšší intenzitu růstu.

Graf 13. Přírůstky mycelia 2 kmenů *Pleurotus eryngii* na obohacených substrátech z pilin (ozn. pil.) a pelet (ozn. pel.) teplotně ošetřených po dobu 24 resp. 48 hod. PE = *Pleurotus eryngii*, B = *Pleurotus eryngii*, kmen Bailingu



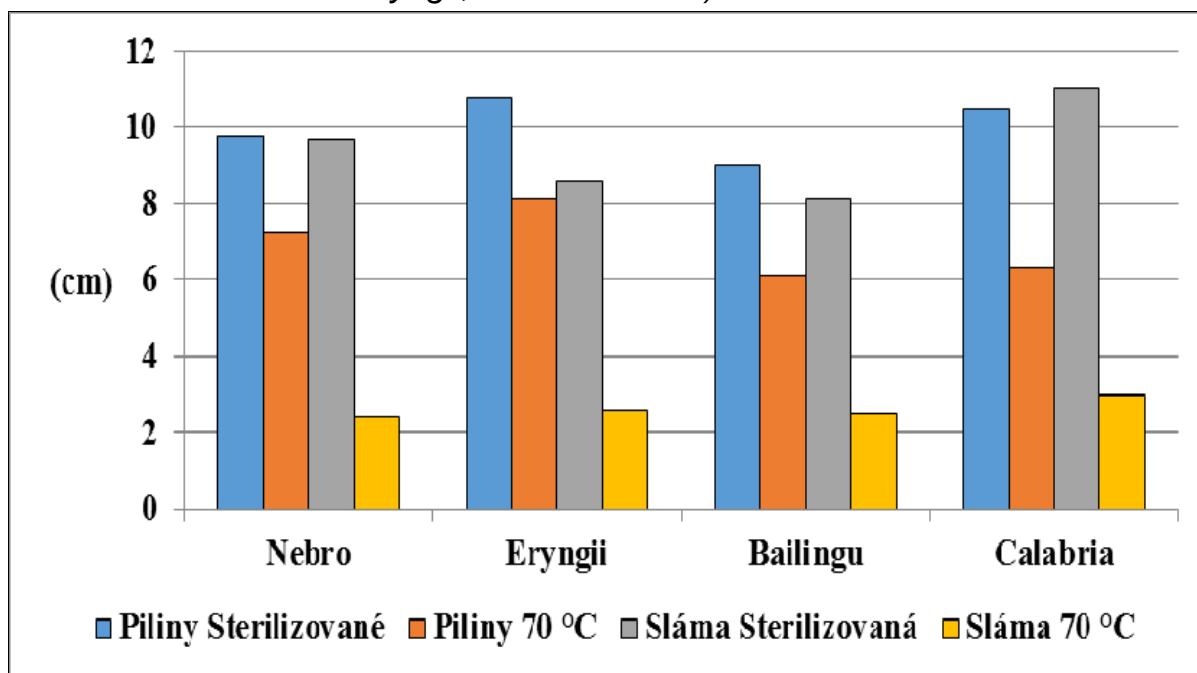
#### 4.3.1 Vliv teplotního ošetření při 121 °C a 70 °C neobohacených substrátů pilin a slaměných pelet na růst mycelia různých kmenů a druhů skupiny *Pleurotus eryngii*

Ve sklenicích a širokohrdlých zkumavkách bylo kultivováno několik kmenů hub ze skupiny *Pleurotus eryngii* na dvou typech substrátů - bukových pilinách a slaměných peletách ošetřených při 121 °C a 70 °C. Cílem bylo prověřit rozdílné reakce vybraných kmenů. Byly porovnávány kmeny a druhy různého původu: *Pleurotus eryngii* - (Jižní Korea), *Pleurotus eryngii* - Bailingu (Čína), *Pleurotus eryngii* - Calabria (Itálie), *Pleurotus nebrodensis* - hlíva sicilská (Čína).

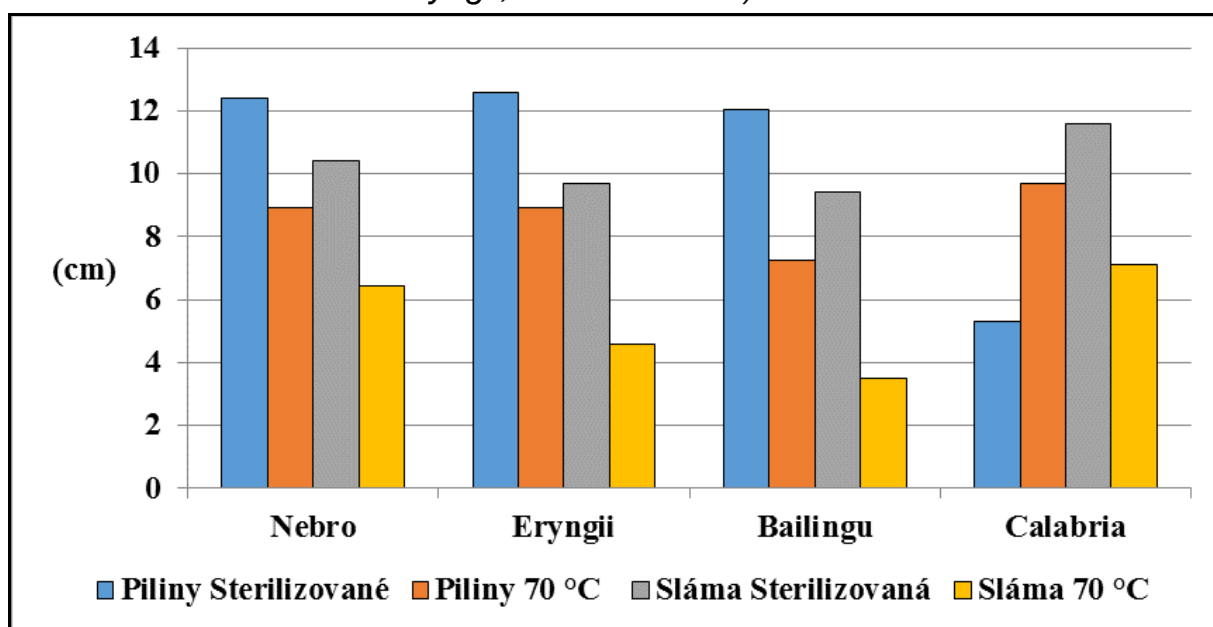
Při posuzování neobohacených substrátů slaměných pelet a bukových pilin byly zaznamenány výrazně vyšší přírůstky mycelia na bukových pilinách oproti slaměným peletám. Teplotní ošetření sterilizací při 121 °C pozitivně ovlivnilo růst mycelia na obou substrátech oproti ošetření při teplotě 70 °C. V dalších pokusech byly proto substráty ošetřovány při 90 °C. Všechny porovnávané kmeny reagovaly na způsoby ošetření stejně.



Graf 14. Růst mycelia *Pleurotus eryngii* a kmenů (*Pleurotus nebrodensis*, ozn. NEBRO, *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus eryngii*, kmen Bailingu, *Pleurotus eryngii*, kmen Calabria) v Omnia sklenicích



Graf 15. Růst mycelia *Pleurotus eryngii* a kmenů (*Pleurotus nebrodensis*, ozn. NEBRO, *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus eryngii*, kmen Bailingu, *Pleurotus eryngii*, kmen Calabria) ve zkumavkách



Obr. 8. Plodící kultura hlívy máčkové (*Pleurotus eryngii*)  
na pilinovém substrátu



#### 4.4 Technologie pěstování houby korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*)

Korálovec ježatý (*Hericium erinaceus*) je léčivá houba, která se vyskytuje na území České republiky a byla zařazena do Červeného seznamu. V Jihovýchodní Asii se stala houba velmi populární pro obsah řady léčivých látek (diterpény, hericinenony a erinaciny) s pozitivními účinky na zpomalení neurodegenerativních onemocnění a zvyšování kognitivních schopností. Tradičně je tato houba vítaným pomocníkem při léčbě zánětů trávicího traktu (Crohnova choroba). Navíc je houba vítanou surovinou pro přípravu kulinárních specialit.

V pokusech byly sledovány reakce kultury houby na výběr substrátů a jeho teplotní ošetření.

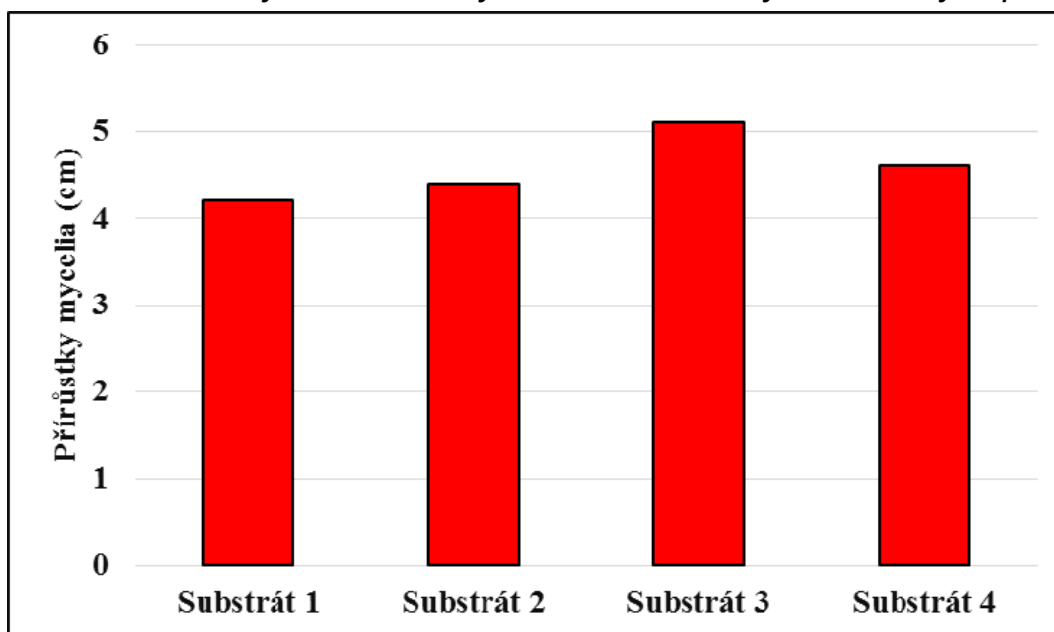
Obr. 9. Plodící kultura korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*)  
na obohacených bukových pilinách



#### 4.4.1 Fermentované obohacené slaměné pelety ošetřené teplotou 90 °C

Byl ověřován vliv 3denní fermentace slaměných pelet obohacených 13 % pšeničných otrub v porovnání s nefermentovanou variantou a ošetřených po dobu 24 hod. při 90 °C. Fermentace neměla na růst mycelia vliv. Neprojevilo se ani vliv přidavku otrub.

Graf 16. Růst mycelia korálovce ježatého na fermentovaných resp. nefermentovaných obohacených a neobohacených slaměných peletách



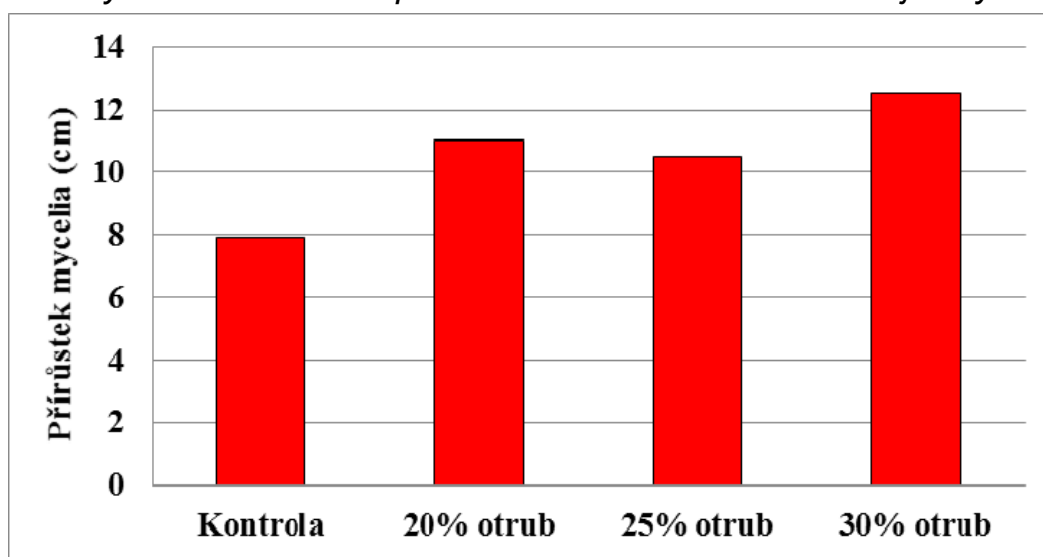
Legenda:

Č. substrátu	Složení	Poznámka
1	27 % slaměných pelet + 13 % pšeničných otrub + 60 % vody	Fermentovaný substrát
2	40 % slaměných pelet + 60 % vody	Fermentovaný substrát
3	27 % slaměných pelet + 13 % pšeničných otrub + 60 % vody	Nefermentovaný substrát
4	40 % slaměných pelet + 60 % vody	Nefermentovaný substrát

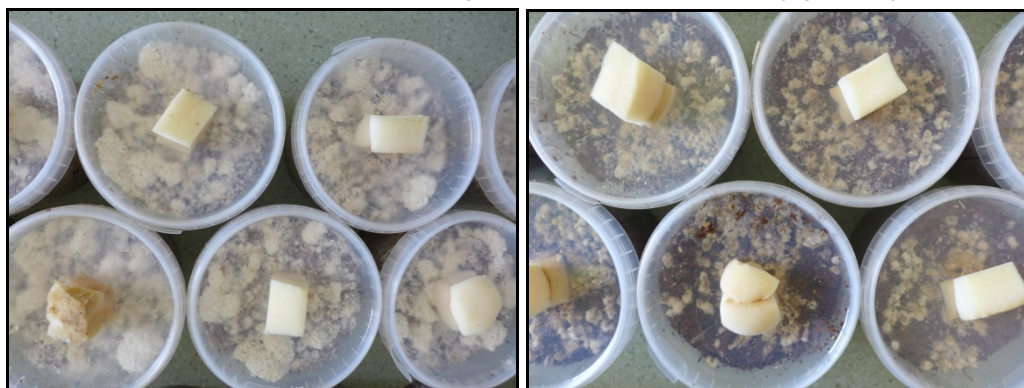
#### 4.4.2 Vliv obohacení substrátu z bukových pilin pšeničnými otrubami na rychlost kolonizace mycelia korálovce ježatého

Kultura korálovce ježatého pozitivně reaguje na obohacení pilinového substrátu až do 30 % přidavku otrub. Podobně také reagovala kultura časností nasazení zárodků plodnic (viz graf 17). Na neobohaceném substrátu nasazovaly plodnice později a v menším množství.

*Graf 17. Vliv přídavku pšeničných otrub na rychlost kolonizace pilinového substrátu korálovcem ježatým*



*Obr. 10. Růst mycelia na substrátu s přídavkem 30 % otrub (vlevo) a na neobohaceném pilinovém substrátu (vpravo)*



Pro ošetření substrátů pro pěstování korálovce ježatého byly zvoleny teploty, 90 °C po dobu 48 hodin, 90 °C po dobu 20 hodin, 121 °C po dobu 2 hodin, 80 °C po dobu 20 hodin a 70 °C po dobu 24 hodin. Ukázalo se, že teplota ošetření substrátu pod 100 °C může nahradit jeho sterilizaci při 121 °C. V rámci pokusu byly použity substráty složené z bukových pilin, slaměných pelet obohacené pšeničnými otrubami, případně pšeničným šrotem. Také byl zkoumán vliv fermentace substrátů na růstové vlastnosti korálovce ježatého. Nejvhodnějším substrátem pro růst mycelia a následnou fruktifikaci korálovce ježatého byly bukové piliny. Rychlejšího růstu mycelia a vyšších výnosů bylo dosahováno v případě obohacení substrátu z bukových pilin pšeničnými otrubami, případně pšeničným šrotem. Nebyl prokázán vliv fermentace substrátů na růst mycelia korálovce ježatého.

Obr. 11. Sklizené plodnice korálovce ježatého



## 5. Srovnání novosti postupů

1. Separát byl dosud přidáván při výrobě substrátů pro hnojník obecný v zahraničí pouze jako přídavek. Uvedená metodika vychází z toho, že v receptuře separát převládá a je doplněn slámou ve formě řezanky nebo slaměných pelet. Navíc se substrát připravený ze separátu BPS dá použít i k přípravě substrátu pro žampion mandlový.
2. Pro výrobu substrátu dřevních hub se používají piliny listnatého, nejlépe bukového dřeva. V Asii se v případě jeho nedostatku používají piliny jehličnanů, které se před tím skladují v tropických podmínkách na hromadách minimálně po dobu 6 měsíců. Naše doporučená metoda vychází z řízené fermentace jehličnanových pilin za přídavku 5 % fugátu po dobu 6 týdnů při teplotě 30 °C. Na výsledném materiálu bylo dosaženo vyšších přírůstků než na bukových pilinách.
3. Příprava substrátů pro dřevní houby spočívá v teplotním ošetření substrátu. Většinou probíhá při 121 °C po dobu 4 - 6 hodin. Námi navržená metoda s výhodou využila ošetření substrátů při 90 °C po dobu 24 hodin. Vychází se z toho, že k zahřátí substrátu bude v provozních podmínkách BPS využito odpadního tepla, které bude augmentováno na 95 – 100 °C a posléze využito k propaření substrátu.
4. U všech dřevních hub, které byly předmětem výzkumu, bylo ověřováno obohacení pilin. Ukazuje se, že nejrychlejší kolonizace substrátu a objevení primordií bylo dosaženo při obohacení suchých pilin v poměru 70 % pilin a 30 % pšeničných otrub.

## 6. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika poslouží producentům oddělené pevné části digestátu – separátu pocházejícího z bioplynových stanic, kteří budou efektivně využívat odpadní teplo pro termické ošetření substrátů.

Dále bude metodika sloužit výrobcům substrátů pro pěstování jedlých hub, kteří budou ve své praxi implementovat nízkoenergetické postupy přípravy substrátů s využitím pilin jehličnanů jako levnějších a dostupnějších surovin a tím dosahovat vyšší ekonomickou efektivitu produkce.

Metodika poskytuje pěstitelům žampionů vhodnou technologickou alternativu pro pěstování širokého spektra nových druhů jedlých a léčivých hub místo stávajícího způsobu pěstování žampionů a naopak vytváří díky inovativním aspektům určitou konkurenční výhodu pro domácí pěstitele vůči zahraniční konkurenci.

Pěstování exotických léčivých druhů hub se nabízí těm podnikatelům v zemědělství, kteří hledají uplatnění pracovních sil a využití opuštěných zemědělských budov.

## 7. Ekonomické aspekty

Potenciálním pěstitelům exotických a léčivých hub především chybí metodický postup, jak vyrobit vhodný substrát. Dále se obvykle používá pro sterilizaci substrátu autokláv o mnohamilionové hodnotě. Tento autokláv nahradí propařovací komora, která byla v našich pokusech ve zmenšeném měřítku úspěšně ověřena. Obvykle se k pěstování exotických a léčivých hub používají piliny z listnatého, nejlépe bukového dřeva. Těchto pilin je nedostatek a jejich cena je vysoká. Tento problém řeší piliny jehličnatého dřeva podrobené 6-ti týdenní fermentaci při 30 °C. Pokud se piliny ošetří odpadním teplem v zařízení umístěném poblíž některé z bioplynových stanic, potom dojde na jednu stranu k efektivnímu využití odpadního tepla BPS a navíc se uspoří energie obvykle získaná z elektrických či plynových vyvíječů páry. Podle kalkulace jsou náklady na výrobu 100 kg substrátu 963 Kč, což odpovídá 24 Kč za jedno 2,5 kg balení osázeného substrátu.

Tab. 5 Materiálové a pracovní náklady na výrobu 100 kg pilinového substrátu z fermentovaných smrkových pilin při využití odpadního tepla BPS

Položka	Kč na jednotku	Množství na 100 kg substrátu (v kg)	Cena na 100 kg v Kč
Piliny	1,50 na 1 kg	24	36
Otruby	7,60 na 1 kg	6	45,6
Sáčky s dýchacím filtrem	5 Kč za kus	40	200
Práce	120 Kč/hod	3 hod.	360
Energie	12 500 Kč/GJ	0,024 GJ	300
Voda	70 Kč za 1 m <sup>3</sup>	70 l	4,9
Sadba	50 Kč za 1 kg	125 g	6,25
<b>CELKEM</b>	---	---	<b>952,75</b>

Metodika podává souhrn získaných detailních postupů přípravy substrátových receptur pro druhy exotických a léčivých hub, složených z bukových a smrkových pilin, dále separátu a fugátu ze zemědělské bioplynové stanice podrobených fermentaci. Metodika poskytuje detailní fyzikální a chemické vlastnosti vybraných surovin a navržených substrátových receptur. Popisuje ověřené složení substrátů obohacené optimálním podílem pšeničných otrub. Doporučuje optimální teplotu i dobu teplotního ošetření substrátu.

Z hodnocení fyzikálních a chemických vlastí vybraných surovin a substrátových receptur byl zjištěn velmi nízký obsah rizikových látek, což vylučuje riziko transportu těchto látek do plodnic pěstovaných hub. Při hodnocení obsahu amonné formy dusíku po fermentaci separátu a separátu s podílem slaměných pelet a pilin s přídavkem fugátu, byl zjištěn výrazný pokles hladiny této formy dusíku během fermentace. Samotný separát a fugát se vyznačuje velmi vysokým obsahem  $\text{NH}_4^+$ , který je pro pěstování hub toxický.

V rámci sledování obsahů pryskyřičných a těkavých organických látek, byl zjištěn jejich úbytek již po 3 týdnech fermentace.

Při hodnocení růstu mycelia na substrátech s přídavkem separátu při pěstování hnojníku, byl zjištěn nejvyšší přírůstek ve směsi s podílem 25 % a 50 % separátu. Při pěstování žampionu mandlového byl přírůstek mycelia nejvyšší ve směsi s podílem 50 % a 70 % separátu.

Při hodnocení růstu mycelia na substrátech fermentovaných pilin z jehličnatého dřeva s přídavkem fugátu, byly zjištěny nejvyšší přírůstky u následujících druhů hub:

- V případě lesklokorky ve směsi s podílem 5 % fugátu po 3 – 6 týdnech fermentace
- V případě hlívy královské ve směsi s podílem 20 % fugátu po 3 týdnech fermentace
- V případě hlívy ústřičné ve směsi s podílem 5 % fugátu po 6 týdnech fermentace.

Při ověřování obohacování jehličnatých pilin u druhů dřevních hub, byla zjištěna nejrychlejší kolonizace substrátu ve směsi 70 % pilin a 30 % pšeničných otrub.

V rámci různého teplotního ošetření substrátů, založených na bázi jehličnatých pilin a slaměných pelet, se ukázala jako nejvhodnější doba 24 hod. při 90 °C. V případě pilinových substrátů s přídavkem fugátu byla metodika ověřena u hlívy máčkové (*Pleurotus eryngii*), korálovce ježatého (*Hericiium erinaceus*) a lesklokorky lesklé (*Ganoderma lucidum*). Na substrátech připravovaných ze separátu BSP byly pěstovány hnojník obecný (*Coprinus comatus*) a žampion mandlový (*Agaricus subrufescens*).

Metodika nalezne uplatnění zejména u takových bioplynových stanic, které produkují odpadní teplo, které se po příslušné augmentaci dá využít k teplotnímu ošetření substrátů. Lze ale očekávat zájem o tuto metodiku ze strany zavedených nebo budoucích pěstitelů jedlých a léčivých hub. Jednoduchá finanční rozvaha nákladů na výrobu substrátů z fermentovaných pilin s využitím odpadního tepla, umožňuje uživatelům zvolit si vlastní strategii levné výroby substrátů pro pěstování druhů jedlých a léčivých hub.

## 9. Seznam použité související literatury

- Ando, V. (1995): Klasická čínská medicína, Základy teorie I, Svítání, Praha, ISBN 80-901788-1-2.
- Antonín, V., Jablonský, I., Šašek, V., Vančurčíková, Z. (2013): Houby jako lék. OTTOVO NAKLADATELSTVÍ, Praha 3. ISBN 978-80-7451-257-5.
- Hobbs Ch., Medicinal mushrooms, Botanica Press, Summertown, Tennessee, cop. 1986, ISBN 1-57067-143-5.
- Chang, S a Miles, P.G.. (2004): Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press, ISBN 0849310431.
- Jasinska,A.,Wojciechowska, E.,Stoknes,K.,Krsesinski, W. (2016): s. 195-199, in Science and cultivation of edible and medicinal fungi: Mushroom Science IXX,ed. by A.S.M. Sonnenberg and J.J.P Baars. Proceedings of the 19th Congress of the International Society for Mushroom Science, Amsterdam, the Netherlands, 30 May -2 June 2016, ISBN 978-90-9029771-2.
- Mikiashvili, N.A., Isikhuemhen, O.A.: (2009): Productivity and Nutritional Content of Culinary-Medicinal Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetideae) Fruit Bodies Cultivated on Substrates Containing Solid Waste from Anaerobic Digested Poultry Litter. International Journal of Medicinal Mushrooms vol.11, č.2, s.2007-213.
- Oh, S.J., Shin, P. G., Weon, H. Y., Lee, K. H., Chon, G. H. (2003): Effect of Fermented Sawdust on *Pleurotus* Spawn. The Korean Society of Mycology. (1) p. 46-49.
- Pabon-Pereira, C. P., Vries, J. W., Slingerland, M. A., Zeeman, G., Lier, J. B. (2014): Impact of crop-manure ratios on energy production and fertilizing characteristics of liquid and solid digestate during codigestion. Environmental Technology. 35 (19) p. 2427-2434.
- Shah, Z. A., Ashraf, M., Ischtiaq, M. Ch. (2004): Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). Pakistan Journal of Nutrition. 3 (3). P. 158-160.

## 10. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Adamčík, D. (2014): Bakalářská práce. Vztah hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a klanolístky obecné (*Schizophyllum commune*) během kolonizace jabloňové a slivoňové štěpky. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 58 s.
- Balíková, E.(2014): Diplomová práce. Ošetření substrátu pro pěstování hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) vybranými bakteriemi. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 103 s.



- Jablonský, I., Šašek, V. (2006): Jedlé a léčivé houby pěstování a využití. Brázda. ISBN: 80-209-0341-0.
- Kubásek, V. (2016): Bakalářská práce. Substráty pro pěstování jedlých hub. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 44 s.
- Otradovcová, Š. (2016): Diplomová práce Vliv ošetření substrátu a teplotních podmínek na vývoj kultury *Pleurotus eryngii* a *Pleurotus nebrodensis*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 72 s.
- Sobotová, R. (2016): Diplomová práce. Příprava substrátu pro pěstování korálovce ježatého (*Hericium erinaceus*) za použití různých přísad a teplotních ošetření. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 58 s.
- Tlustoš, P., Kaplan, L., Dubský, M. (2014): Možnosti uplatnění upravených složek digestátu. Sborník Racionální použití hnojiv, Praha, s. 36 – 42.
- Tlustoš, P., Kaplan, L., Dubský, M., Bazalová, M., Száková, J. (2014): Stanovení fyzikálních a chemických vlastností pevných a kapalných složek digestátu bioplynových stanic. Certifikovaná metodika, Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 25.
- Wiesnerová, L. (2016): Diplomová práce. Vliv podmínek prostředí na vztah kultury hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*), *Trichoderma pleuroti* a mikrobiota v substrátu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 58 s.
- Zadrobilová, L. (2015): Diplomová práce. Vztah mikroorganismů v substrátu k myceliu hlívy ústříčné (*Pleurotus ostreatus*) a konkurenční houbě *Trichoderma pleurotum*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 97 s.

## **11. Jména oponentů a názvy jejich organizací**

---

### ***Odborný oponent z oboru***

Ing. Rudolf Ryzner, pěstitel hlívy  
Kojátky 96  
68501 Bučovice

### ***Oponent ze státní správy***

Ing. Michaela Budňáková  
Ministerstvo zemědělství ČR  
Odbor rostlinných komodit  
Oddělení polních plodin  
Těšnov 65/17  
Praha 1, 110 00

# OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Cíl metodiky .....	2
3. Vlastní popis metodiky .....	2
3.1 Popis přípravy substrátů na bázi separátu a fermentovaných pilin .....	2
3.2 Hodnocení fyzikálně-chemických vlastností surovin pro pěstební substráty.....	3
3.3 Pěstování hub na upraveném separátu z bioplynových stanic .....	10
3.4 Růst podhoubí hnojníku obecného ( <i>Coprinus comatus</i> ) na substrátech připravených ze separátu .....	10
3.5 Růst podhoubí žampionu mandlového ( <i>Agaricus subrufescens</i> ) na substrátech připravených ze separátu BPS .....	13
3.6 Pěstování vybraných druhů hub na substrátech z fermentovaných pilin .....	14
3.7 Využití fugátu při fermentaci jehličnatých pilin pro přípravu substrátu dřevních hub.....	15
3.8 Změny v obsahu pryskyřičných látek v pilinách.....	15
3.9 Vliv fermentace smrkových pilin na růst mycelia lesklokorky lesklé ( <i>Ganoderma lucidum</i> ), hlívy ústřičné ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) a hlívy královské ( <i>Pleurotus eryngii</i> ) .....	17
3.10 Růst podhoubí vybraného sortimentu dřevních hub na fermentovaných pilinách jehličnanů ošetřených různými teplotami .....	19
4. Navržený postup výroby substrátů pro léčivé druhy hub a způsoby jejich pěstování.....	20
4.1 Vybavení pěstírny pro pěstování léčivých hub .....	20
4.2 Technologie pěstování houby lesklokorka – <i>Ganoderma ssp.</i> .....	23
4.3 Technologie pěstování houby hlívy máčkové (královské) <i>Pleurotus eryngii</i> .....	27
4.4 Technologie pěstování houby korálovce ježatého ( <i>Hericium erinaceus</i> ) .....	30
5. Srovnání novosti postupů .....	33
6. Popis uplatnění certifikované metodiky .....	34
7. Ekonomické aspekty .....	34
8. Závěr .....	35
9. Seznam použité související literatury .....	36
10. Seznam publikací, které předcházely metodice .....	36
11. Jména oponentů a názvy jejich organizací .....	37