

Study on the Migration of Copper during the Cultivation of *Agaricus bisporus*

Xiaohan Pan, Lei Liu, Qiang Ding, Xuefen Wang, Xincheng Liu*

Yantai Institute, China Agricultural University, Yantai Shandong
Email: *pawlynny@163.com

Received: Apr. 21st, 2018; accepted: May 4th, 2018; published: May 14th, 2018

Abstract

In order to explore the migration of heavy metal copper in the culture medium and the fruit bodies of *Agaricus bisporus* in the process of cultivation of *Agaricus bisporus*, provide a scientific basis for the food safety of *Agaricus bisporus* and lay a scientific basis for the development and utilization of the ability of *Agaricus bisporus* to enrich heavy metal copper, this research takes *Agaricus bisporus* as the research object to measure the content of copper in the fermented material, the various culture substrate and the fruit body of *Agaricus bisporus* in the whole process of *Agaricus bisporus*'s cultivation, and the copper migration rule during the cultivation of *Agaricus bisporus* is obtained. The study finds that the content of copper in the fermentation material is related to the degree of fermentation. After fermentation, the copper in the culture medium is absorbed and used by *Agaricus bisporus*. The activity of the self-mycelium in the *Agaricus bisporus* has an effect on the copper content in the *Agaricus bisporus*.

Keywords

Agaricus bisporus, Copper, Enrichment, Migration

双孢菇栽培过程中铜迁移规律的研究

潘晓晗, 刘磊, 丁强, 王学芬, 刘新程*

中国农业大学烟台研究院, 山东 烟台
Email: *pawlynny@163.com

收稿日期: 2018年4月21日; 录用日期: 2018年5月4日; 发布日期: 2018年5月14日

*通讯作者。

摘要

为了探究在双孢菇栽培过程中, 重金属铜在培养基质与双孢菇子实体内的迁移情况, 从而为双孢菇的食用安全性提供科学依据, 为开发利用双孢菇富集重金属铜的能力奠定科学基础, 本研究以双孢菇作为研究对象, 测定从双孢菇培养全过程中发酵料、各次培养料基质以及双孢菇子实体中的铜的含量, 获得在双孢菇栽培过程中铜的迁移规律。研究发现, 发酵料中的铜含量与其发酵程度有关, 经过发酵后的培养基质中的铜被双孢菇吸收利用, 双孢菇中的自身菌丝体的活力对双孢菇菌体内的铜含量有所影响。

关键词

双孢菇, 铜, 富集, 迁移

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是世界上最早认识、栽培、食用食用菌的国家之一, 食用菌物种十分丰富[1]。二十一世纪以后, 随着人们养生意识的提高, 食用菌作为一类低脂、高蛋白、高膳食纤维营养丰富的健康食品, 深受消费者喜爱。但是, 由早前对食用菌富集重金属的研究可知所有食用菌均含有能够富集金属离子的金属硫蛋白[2], 食用菌重金属的含量成为广大消费者所关注的焦点, 而生产上, 栽培基质中重金属离子是食用菌子实体中重金属离子的主要来源, 所以近年来食用菌培养料中含有的重金属对食用菌产品安全产生的影响受到广泛关注。

双孢菇是山东省发展最早也是目前栽培面积最大的工厂化食用菌品种之一。双孢菇肉质肥厚, 味道鲜美, 而且热能低, 具有较高的医疗保健作用, 经常食用能增强机体免疫力[3]。双孢蘑菇是一种草腐菌类, 在双孢菇培养过程中, 合理的养料配方是获得高产的一个重要条件。双孢菇是一种腐生菌, 不能进行光合作用, 配料时, 在作物秸秆(麦秸草、稻草)中除加入适量的畜禽粪便, 还须加入适量的氮、磷、钾等无机养分。畜禽粪便是重要的培养基质。而在畜禽养殖过程中, 铜盐是一种常见的饲料添加剂, 畜禽食用后, 大约 90%的铜会随粪便排出体外[4], 造成畜禽粪便中铜含量较高。微量元素铜是双孢菇细胞生长代谢所必须的物质[5], 但这种畜禽粪便培养基质中大量的铜会在双孢菇子实体中形成富集。

铜离子是大脑神经递质的重要成分, 在人体内参与多种金属酶的合成[6]。人体不能直接从食物中吸收无机形式的微量元素铜, 必须转化成络合物的形式才能被人体吸收。利用深层培养的真菌菌丝体来富集和转化微量元素, 使人们在摄入菌丝体的同时能够摄入微量元素[3]。但是超量的铜将会对人体的肝脏和脑等器官产生很强的毒害作用, 危害人体健康。

同时 Meyer 的研究成果表明, 仅以土壤中的重金属总量并不能很好地预测和评估重金属的生物有效性及其环境效应[7]。本研究的创新之处在于以双孢菇为研究对象, 关注在双孢菇栽培过程中重金属铜在其菌体内与培养基质中的迁移和富集规律, 通过测定重金属铜含量在培养基质, 以及双孢菇菌体内的变化情况, 更有效地检测双孢菇的重金属铜含量, 以指导双孢菇的科学、安全生产, 充分发挥其营养价值与经济效益。

2. 材料与方法

2.1. 材料与试剂

材料：第一次发酵料、第二次发酵料、一潮菇基质、二潮菇基质、一潮菇鲜菇样品、二潮菇鲜菇样品，均采自山东瑞泽农业科技股份有限公司。

试剂：浓硝酸(分析纯)、浓硝酸(化学纯)、浓盐酸、浓硫酸、过氧化氢、蒸馏水、铜标准溶液。

实验器材：电子天平、药匙、消化炉、消化管、弯颈小漏斗、胶头滴管、100 ml 容量瓶、广口瓶。

2.2. 样品的处理与测定

发酵料、基质、双孢菇均用去离子水洗净，不同阶段的发酵料与基质经风干后，研磨，过 0.25 mm 筛，备用。鲜菇样品 100℃ 条件下放入恒温干燥箱中烘干后，研磨，过 0.25 mm 筛，然后把样品混合均匀收集到广口瓶中，备用。称取上述处理过的样品 2.00 g 于消化管中，加 1 ml 水润湿，加入 4 ml 浓 H₂SO₄ 摇匀，分两次各加入 H₂O₂ 2 ml，每次加入后均摇匀，待激烈反应结束后，置于消化炉上加热消煮，使固体物消失成为溶液，待 H₂SO₄ 发白烟，溶液成褐色时，停止加热，此过程约需 10 分钟。待冷却至管壁不烫手，加入 H₂O₂ 2ml，继续加热消煮约 5~10 分钟，冷却，再加入 H₂O₂ 消煮，如此反复直至溶液呈无色或清亮后(一般情况下，加 H₂O₂ 总量约 8~10 ml)再继续加热 5~10 分钟，以除尽剩余的 H₂O₂。取下冷却后用水将消煮液定量地转移入 50 ml 容量瓶中，定容，在仪器工作条件下测定[8] [9] [10]。

采用火焰原子吸收法测定并读取数据，其中样品重复 3 次，随行试剂空白 3 次，校正试剂和方法误差[8] [9] [10]。

3. 结果与分析

不同时间段采集的发酵料和培养料样品中的含铜量如表 1 所示。由表中数据可以看出，随着时间的推移，发酵料和培养料中的 Cu 含量有增加的趋势。表 2 和表 3 分别展示了双孢菇和双孢菇采收后的基质中的 Cu 含量。根据国家食品(蔬菜)卫生限量标准 GB15199-200-94 (Cu Fe)规定：食用菌含铜量要≤10 mg/Kg [11]，该批双孢菇含铜量未超过国家标准。对比发现，铜含量在两潮双孢菇中呈明显上升趋势，而相对应的基质中的含铜量呈下降趋势：

Table 1. Copper content for the first and second fermentation materials (natural air drying) (mg/kg)

表 1. 第一次、第二次发酵料(自然风干)含铜量 (mg/kg)

发酵料	含铜量
第一次发酵料	43.42
第二次发酵料	44.50

Table 2. The copper content of *Agaricus bisporus* (fresh weight) in the first and second batch (mg/kg)

表 2. 一、二潮双孢菇(鲜重)含铜量 (mg/kg)

双孢菇	含铜量
一潮菇	3.846
二潮菇	3.654

Table 3. The copper content of the first and second tidal mushroom bases (natural air-dried) (mg/kg)**表 3.** 一、二潮菇基质(自然风干)含铜量(mg/kg)

基质	含铜量
一潮菇基质	46.10
二潮菇基质	57.05

在培养料的发酵过程中,在微生物代谢作用下,培养原料中的一部分物质被分解转化,再加上系统通风的作用,发酵结束后的含水量会降至 65%左右[12],培养料的质量和体积大大减少。并且培养料质量减少量远大于铜元素的损失,所以培养料在发酵过程中的铜含量表现为上升趋势。

在二潮菇生长过程中,菌丝体老化[13],吸收运输重金属离子的能力下降,加上二潮菇对铜的吸收量与菇体的生长量比例不同。所以,二潮菇所能富集在体内的铜含量低于一潮菇。

由于二潮菇吸收铜的能力低于一潮菇,所以一潮菇基质中的 Cu 残余量比二潮菇基质中的 Cu 残余量少,同时,在双孢菇整个的生长过程中,基质中的水分主要是在二潮菇生长期间丢失[14],所以二潮菇基质中铜浓度大于一潮菇基质。

同时对比表 1 和表 3 可以发现,生长过双孢菇的基质中的铜含量比发酵料中的铜含量有明显的上升。这是因为双孢菇在生长过程中对基质中的水分、养分等的分解利用比例比对铜的吸收比例大,所以双孢菇生长基质中的铜含量比发酵料中的多。

4. 结论

通过分析可以发现,重金属元素铜作为一种微量元素,双孢菇在生长的过程中,对铜有一定的吸收能力。这种能力不仅受栽培基质中铜含量的影响,而且受到自身菌丝体的活力的影响,同时与自身菌丝体的活力呈正相关。

在对双孢菇的培养料的选择过程中,要对培养料中的铜的含量加以监控。也可以通过一些培养方式,比如从施入量、富集率、产量等方面控制铜等微量元素的含量,让菌体内铜的含量保持在合理安全的范围之内。同时推广到不同食用菌的培育,充分安全地发挥食用菌的经济营养价值。

基金项目

山东省现代农业技术产业体系(SDAIT-07-14); 中国农业大学烟台研究院 URP 项目(U2016004)。

参考文献

- [1] 卯晓岚. 中国蕈菌[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 3-5.
- [2] 朱华玲, 班立桐, 徐晓萍. 食用菌对重金属耐受和富集机理的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 8056-8057.
- [3] 王敏. 微量元素对双孢蘑菇菌丝生长的影响[J]. 资源开发与市场, 2010, 26(7): 579-582.
- [4] 吾拉木, 古丽娜孜, 阿扎提. 动物粪便中铜和锌测定方法的研究探讨[J]. 新疆畜牧业, 2008(3): 20-21.
- [5] 康平. 双孢菇栽培技术[J]. 新疆农垦科技, 2010, 33(3): 30-30.
- [6] 周乐山, 史雪严, 杨梦娇, 姜慧君. 基于 L-苯丙氨酸一步水热合成碳量子点及其对 Cu²⁺的检测[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2016, 39(2): 147-148.
- [7] Meyer, J.S. (2002) The Utility of the Terms “Bioavailability” and “Bioavailable Fraction” for Metals. *Marine Environmental Research*, 53, 417-423. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(01\)00121-0](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(01)00121-0)
- [8] 何奕波, 严静. 火焰原子吸收光谱法测定食用菌中铜、锰、铁、锌含量[J]. 理化检验(化学分册), 2010, 46(3):

324-324.

- [9] 张玉洁, 胡国海, 李洪超. 云南省部分地区食用菌重金属含量的分析及评价[J]. 北方园艺, 2011(20): 171-174.
- [10] 张颖, 曹艳茹, 徐恒. 攀枝花野生食用菌重金属含量调查与评价[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2011, 48(2): 474-480.
- [11] 徐承水. 环境中有害微量元素对人体健康的影响[J]. 广东微量元素科学, 1999, 6(10): 212-216.
- [12] 王鸿磊, 王红艳, 宋俊芬, 丁强, 徐康铭, 邹积华. 双孢菇培养料工厂化发酵过程中微生物及物质变化研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 94-96.
- [13] 王博, 许修宏, 袁立. 双孢蘑菇营养菌丝老化现象的形态学研究[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(5): 99-103.
- [14] 胡利华. 菌袋补水技巧[J]. 农家科技, 2015(12): 23.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org