

食用菌液体发酵及富集微量元素的研究进展

王伟霞¹, 王文锋², 李福后¹, 陈立国³

(1. 江苏省海洋生物技术重点建设实验室 淮海工学院 海洋学院 江苏 连云港 222005;

2. 新乡医学院 生命科学技术系 河南 新乡 453003; 3. 华中农业大学 应用真菌研究所, 湖北 武汉 430070)

摘要: 对食用菌液体发酵及富集微量元素等方面进行了综述, 以期促进食用菌液体发酵生产的大力发展。

关键词: 食用菌; 液体发酵; 富集; 微量元素

中图分类号: S 646 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)10-0255-03

近年来, 随着食用菌栽培产业的发展, 大量的树木被砍伐, 导致自然环境遭到严重破坏, 探索其它途径来生产食用菌显得极其重要。目前, 液体发酵培养菌丝体, 作为食用菌栽培的一种良好替代方式, 得到人们的广泛关注。与传统栽培方式相比, 液体发酵培养生产周期短, 且操作规范性强, 另外, 食用菌菌丝体对微量元素具有较强的生物富集作用, 通过加入微量元素, 使食用菌品质得到进一步提高。现对食用菌液体发酵的发展概况以及富集微量元素的研究进行了综述。

1 食用菌液体发酵的发展概况

食用菌液体发酵的研究始于 20 世纪 40 年代末期。1948 年, 美国的 Humfeld 等首先报道液体发酵培养蘑菇菌丝体, 其后, 关于食用菌液体发酵的研究取得了很大进展。我国食用菌液体发酵的研究始于 20 世纪 60 年代^[1], 初期主要集中在药用菌的生产上, 如灵芝 (*Ganoderma lucidum*)、蜜环菌 (*Armillaria mellea*)、银耳

(*Tremella fuciformis*) 等菌类; 20 世纪 70 年代初, 开始研究香菇 (*Lentinula edodes*)、冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis*)、猴头 (*Hericium erinaceus*)、黑木耳 (*Auricularia auricula*)、金针菇 (*Flammulina velutipes*)、草菇 (*Volvariella volvacea*) 等蕈菌的深层发酵, 产品陆续上市, 除应用于医药、食品饮料工业之外, 还可作为液体菌种生产子实体。

20 世纪 90 年代, 由于发现食用菌多糖有抗癌活性^[2], 一些具有生理活性物质的菌类如云芝 (*Cordyceps versicolor*)、灰树花 (*Grifola frondosa*) 等已成功地在上海等地进行深层发酵培养^[3]。液体发酵培养所获得的菌丝体, 其营养成分可与子实体、菌核相媲美。金针菇发酵菌丝体主要营养成分含量达到或超过了子实体, 且锌含量高^[4]。猴头菌子实体与发酵菌丝体的营养成分均十分丰富, 子实体中 17 种氨基酸总含量占子实体干重的 32.33%, 而菌丝体中其含量占菌丝体干重的 29.60%^[5]。另外, 大量的研究表明, 液体发酵产生的菌丝体多糖和子实体多糖之间并没有明显的差异, 某些情况下, 菌丝体多糖比子实体多糖还要好^[3]。张李阳等用相同的方法提取灵芝子实体和液体发酵菌丝体多糖, 通过比较, 发现菌丝体的多糖含量是子实体多糖含量的 3.5 倍, 并且多糖组分上不存在差异^[6]。李刚通过比较分析

第一作者简介: 王伟霞 (1977-), 女, 硕士, 讲师, 现从事微生物学及生物活性物质研究。

基金项目: 淮海工学院人才引进基金资助项目 (KK03032)。

收稿日期: 2009-05-20

Research on Producing Craft of Canned Lotus Roots of Bahe

ZHOU Tao-ying LUO Deng-hong CHEN Hai-jun

(Department of Biology, Huanggang Vocational and Technical College, Huanggang Hubei 438002, China)

Abstract: Through the orthogonal design experiment about the formula of canned lotus root meat, this paper concluded that the canned lotus root meat had unique taste and rich nutrition, delicious and refreshing, and having a very broad market prospects for development. The best experiment combination was as follow: the volume of onion was 10%, the volume of seasoning was 38%, the volume of sesame oil was 2%, and the volume of lotus roots was 50%.

Key words: Canned lotus roots; The orthogonal design experiment; Echnology

灵芝子实体和发酵菌丝体多糖的含量, 同样证明菌丝体的多糖含量比子实体的多糖含量高^[7]。忻丁烯通过对冬虫夏草液体发酵菌丝体和天然菌丝体的多糖等有效成分以及药理作用和临床疗效等系统比较和分析, 表明两者在各个方面都非常接近, 发酵菌丝体和天然菌丝体有相同的作用^[8]。

液体发酵深层培养技术在珍稀野生食用菌资源开发利用中占有重要地位, 许多大型野生真菌, 如松茸、鸡纵菌、羊肚菌等, 其食用价值和经济价值都非常高, 然而其生态习性异常特殊, 迄今无法完全进行人工栽培。以羊肚菌为例, 20 世纪 60 年代以来, 其生物学特性已基本得到阐明, 然而其人工栽培技术进展甚微, 子实体尚无法进行商品化生产。羊肚菌菌丝体液体深层发酵却取得较大进展: 1958 年, Szuets 首次在发酵罐内培养出羊肚菌菌丝体; 欧超等研究了羊肚菌液体深层发酵条件, 表明其最优培养基配比为: 玉米粉 4.0 g/dL, 葡萄糖 1.0 g/dL, 黄豆粉 2.0 g/dL, 酵母粉 0.3 g/dL, KH_2PO_4 0.2 g/dL, MgSO_4 0.1 g/dL, CaSO_4 0.1 g/dL^[9]。目前尚未见到采用液体发酵技术大规模商品化生产羊肚菌菌丝体的报道。

总体来说, 有关液体发酵工业化生产食用菌菌丝体的报道尚不多见, 可能是由于对菌丝体液体培养条件、生产工艺未能完全准确掌握或合理设计, 以及菌种等方面的原因。以茯苓为例, 在其液体发酵过程中, 研究发现易产生黑色素以及形成菌丝团等现象, 导致菌丝体得率非常低; 另外, 在蜜环菌发酵过程中, 也发现存在菌种退化以及产生黑色素等现象, 同样导致菌丝体得率降低。

2 食用菌富集微量元素的研究

微量元素在人体内含量甚微, 在生理生化过程中却具有非常重要的功能^[10]。如锌包含在许多金属蛋白和酶中, 缺锌易导致骨骼生长迟缓、肝脾肿大^[11]。微量非金属元素也具有非常重要的生理功能, 如缺硒易造成克山病、大骨节病和某些地方性癌症。然而, 微量元素在自然界中的存在形态以无机态为主, 且毒性较高, 难以被人体直接吸收利用, 而一般动植物食品中活性微量元素含量甚小, 难以满足人体需求, 因此, 生物富集就成为人类开发富含微量元素功能性食品的重要手段。研究表明, 食用菌菌丝体具有很强的生物富集作用, 能从很稀的水溶液中富集微量元素, 在食用菌保健品及药品开发中占有重要地位。

2.1 富集钙的研究

钙是人体必需的、含量最多的一种矿质元素, 也是最容易缺乏的元素之一, 从严格意义上讲, 钙并不属于微量元素。钙具有很多生理作用, 如果缺钙, 则会导致体内钙代谢失调而影响人体正常的生理功能。

何佳等通过对平菇、金针菇、木耳和灵芝等进行富

钙研究, 发现在发酵液中添加 0.6% CaCl_2 , 不仅可以大幅度增加菌丝体内钙含量, 还能刺激菌丝体产生大量多糖及提高生物量^[12]。王伟霞等发现当 CaCl_2 质量浓度小于或等于 2.00 g/L 时, 茯苓菌丝生长不受抑制; 以 2.00 g/L CaCl_2 进行液体富钙培养, 结果表明, 以浓度梯度法加入 CaCl_2 , 钙的富集率较高, 为 97.91%, 菌丝体钙质量分数为 89.11 mg/g, 且 24.57% 的总钙为有机态钙^[13]。叶明研究表明, 香菇生长耐受钙的范围是 0~10 mg/mL, 富钙菌丝体的钙含量和多糖含量较出发菌株均显著提高, 且双核体菌株富钙能力明显高于单核体^[14]。

钙元素与其它元素之间的相互作用也比较复杂。随着浓度的变化, 以及不同种类的食用菌, 它们之间的协同作用与拮抗作用随之发生变化。据报道, 大型真菌富集钙时, 钙的活性与汞的含量呈正相关^[15]。Poitou 的研究表明, 对担子菌, 高浓度铜干扰钾和镁的吸收, 而对于块菌, 高浓度铜则促进钙的吸收^[16]。

2.2 富集碘的研究

碘是一种被科学家称为“智慧之泉”的微量元素, 缺碘易引起地方性甲状腺肿和克山病。我国从 20 世纪 50 年代起开始通过食用碘盐进行补碘, 但不利于人体的吸收利用, 尤其对于某些生理上转化无机碘为有机碘有障碍的人, 食用碘盐不能达到防病治病的目的^[17]。以食用菌为载体进行生物学强化, 转化成生物碘, 而利用生物碘补碘, 可以提高碘的生理活性和吸收率, 具有含碘量稳定、食用安全性高等优点。

罗明等通过对平菇、金针菇以及黑木耳等进行富碘研究, 发现几种食用菌菌丝体对碘均有一定富集作用; 不同的加碘浓度, 金针菇对碘的富集率不一样, 最有效而经济的加碘浓度初步确定为 300~500 mg/L, 且高浓度的碘对菌丝生长、菌丝生物量合成有抑制作用^[18]。傅金衡等发现培养基中添加 0.1% KI 而获得的富碘灵芝菌丝体氨基酸含量为 35.37%, 而不富碘菌丝体氨基酸含量为 26.95%^[19]。王伟霞的研究表明, 采用质量浓度梯度法加入 KI, 茯苓菌丝体富碘率较高, 为 1.64%, 菌丝体含碘质量为 2.3 mg/g, 且高浓度碘抑制茯苓菌丝体生长, 刺激菌丝分泌大量黑色素^[20]。

在生物体内, 碘存在的形态主要为有机碘、 I^- 、 IO_3^- 和极少量 I_2 , 其它形态无机碘几乎不存在, 但是各种形态的碘在食用菌菌丝体内的含量以及富碘菌丝体的生理功能尚待进一步研究。由于体内碘过量时, 易诱发自身免疫性甲状腺疾病(AITD), 所以开发含碘的食用菌药品及保健品时, 值得进一步探讨。

2.3 富集其它元素的研究

食用菌菌丝体能富集的微量元素种类很多, 如硒、锌、锗等。不同的食用菌富集某一微量元素的能力不同, 尚德静等发现金针菇、香菇、猴头菌和灵芝有不同程

度的富硒能力, 灵芝的富硒能力最强, 对硒的耐受能力可达 $500 \mu\text{g/g}$, 菌丝体内有机硒含量高达 $8\ 000 \mu\text{g/g}$ ^[21]。胡文军的研究表明, 硒元素可促进金针菇菌丝体生长, 并对可溶性蛋白、氨基酸、多糖合成有促进作用^[2]。魏华等对金针菇富锌作了研究, 发现添加 $200 \sim 2\ 500 \text{ mg/g}$ 锌离子, 其富集有机锌范围为 $19.6 \sim 152.9 \text{ mg/g}$ ^[23]。黄文芳等发现液体发酵培养灵芝菌丝体, 其可以转化无机锗为有机锗, 发酵液中所剩锗只占加入锗的 $6\% \sim 23.9\%$, 而利用固体培养基培养菌丝体, 绝大多数加入的锗仍处于无机态, 表明液体发酵转化微量元素的效率要比固体培养高^[24]。

在液体发酵培养基内加入适量微量元素, 进行深层培养, 所得菌丝体不仅富集了大量微量元素, 而且品质也得到改善。微量元素的加入量应符合 Bertrand 生物最适浓度定则^[11], 在不同浓度水平下具有不同的生物效应。因此, 需要进一步研究食用菌对微量元素的适应及转化能力, 以求达到最佳的富集水平。

3 展望

3.1 加强食用菌液体发酵生产工艺的研究

虽然食用菌液体发酵具有很大的工业化潜力, 但与传统栽培方式相比, 液体发酵仍然存在多种不足, 如菌种不稳定, 生产工艺复杂, 生产成本较高等, 更重要的是, 人们尚未完全接受这种生产方式, 市场需求薄弱。只有克服和改良现有的发酵设备, 进一步优化生产工艺, 提高质量, 降低成本, 努力扩大市场需求, 才能促进食用菌液体发酵工业的良性发展。

3.2 强化食用菌营养与药用价值, 生产高附加值产品

在液体发酵培养基中加入微量元素, 改善食用菌品质, 同时, 深入研究富微量元素菌丝体的生理功能, 分离提纯活性成分, 开发食用菌系列药品及保健品。如蜜环菌片、蜜环菌饮料、茯苓糕以及茯苓保健酒等。

随着生物技术的发展, 食用菌学与发酵工艺学、药物化学及食品科学相互交叉渗透, 必将促进食用菌液体发酵生产的迅猛发展。

参考文献

[1] 杨新美. 食用菌研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

- [2] 张树庭, Miles P G 著. 杨国良 译. 食用菌及其栽培[M]. 保定: 河北大学出版社, 1992.
- [3] 刘祖同, 罗信昌. 食用菌生物技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 166-212.
- [4] 宋士良, 杨瑞长, 高君辉. 金针菇 FV8812 发酵菌丝体成分分析[J]. 食用菌, 1992(3): 12.
- [5] 孙英华, 陈尚文. 猴头菌子实体、菌丝体和发酵液中的氨基酸分析比较[J]. 热带作物研究, 1993(4): 33-37.
- [6] 张李阳, 熊晓辉. 灵芝子实体及其深层培养产物特性的研究[J]. 中国食用菌, 1998, 17(1): 15-16.
- [7] 李刚. 发酵灵芝粉和灵芝子实体中灵芝多糖含量的比较[J]. 中国食用菌, 1999, 18(1): 35-36.
- [8] 忻丁焱. 人工深层发酵冬虫夏草菌丝体的研究进展[J]. 中成药研究, 1988(1): 35-36.
- [9] 欧超, 王娣, 张兆轩, 等. 羊肚菌液体深层发酵条件[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(2): 80-86.
- [10] 王夔. 生命科学中的微量元素[M]. 2版. 北京: 中国计量出版社, 1996.
- [11] 柴之芳, 祝汉民. 微量元素化学概论[M]. 北京: 原子能出版社, 1994.
- [12] 何佳, 赵启美, 田娟. 食用菌富钙的研究[J]. 食用菌, 1998(6): 5-6.
- [13] 王伟霞, 李福后, 陈立国. 茯苓菌丝体富集钙的研究[J]. 食用菌, 2007(1): 9-10.
- [14] 叶明, 陈辉, 叶崇军. 香菇富钙培养条件及其酯酶同工酶研究[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 240-241.
- [15] Kojo M R, Lodenius M. Cadmium and Mercury in Macrofungi mechanisms of transport and accumulation[J]. Angewandte Botanik, 1989, 63: 279-292.
- [16] Poitou U, Ollivier J M. Effect of copper on mycelium of three edible ectomycorrhizal fungi[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 1990, 28: 403-408.
- [17] 张顺风. 高碘蛋的食疗效果[J]. 食品科技, 1995(6): 24.
- [18] 罗明, 李兢, 庞俊峰, 等. 金针菇富碘栽培研究[J]. 中国食用菌, 1996, 15(4): 3-5.
- [19] 傅金衡, 谢俊杰, 魏华, 等. 灵芝富碘实验中氨基酸含量的探讨[J]. 菌物系统, 1997, 16(1): 46-51.
- [20] 王伟霞, 陈立国. 茯苓菌丝体富集微量元素碘的研究[J]. 淮海工学院学报, 2004, 13(3): 64-66.
- [21] 尚德静, 王关林. 四种食用菌富硒能力的比较研究[J]. 食用菌学报, 1999, 6(3): 17-20.
- [22] 胡文军, 傅庭治, 曹幼琴. 硒在金针菇体内的生物转化[J]. 中国食用菌, 1997, 16(3): 30-33.
- [23] 魏华, 谢俊杰, 戴明辉, 等. 金针菇富锌研究[J]. 中国食用菌, 1993, 12(2): 8.
- [24] 黄文芳, 温桂芳, 张松. 灵芝菌丝体转化无机锗为有机锗的研究[J]. 食用菌学报, 1995(3): 33-36.

The Research Progress of Fermentation and Enriching Microelements for Edible Fungi

WANG Wei-xia¹, WANG Wen-feng², LI Fu-hou¹, CHEN Li-guo³

(1. Key Lab of Marine Biotechnology of Jiangsu Province, School of Marine Science, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, Jiangsu, 222005, China; 2. Department of Life Sciences, Xinxiang Medical College, Xinxiang, Henan 453003, China; 3. The Institute of Applied Mycology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: In this paper, fermentation and enriching microelements for edible fungi were reviewed in order to make progress for them.

Key words: Edible fungi; Fermentation; Enrichment; Microelement