

食用菌深层发酵的研究进展

周 键* 孙培龙 赵培城 高红林

(浙江工业大学生物与环境学院 杭州 310014)

摘要: 发酵工程是现代生物工程技术之一, 目前, 它在食用菌生产中已得到深入研究和广泛应用。通过回顾食用菌液体深层发酵的研究历史, 概述了有关食用菌的液体发酵研究状况, 并展望了该技术在我国食用菌生产中的应用前景。

关键词: 食用菌, 发酵, 研究

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2654 (2003) 06-0111-04

THE PROGRESS OF FERMENTATION ENGINEERING RESEARCH OF EDIBLE-FUNGI MYCELIUM

ZHOU Jian SUN Pei-Long ZHAO Pei-Cheng GAO Hong-Lin

(College of Biology & Environment, Zhejiang University of Technology, HangZhou 310014)

Abstract: Fermentation engineering is one of the modern biotechnologies. It has been intensively studied and widely applied in edible fungi. Based on the review of research history of liquid fermentation for edible fungi, the research status of liquid fermentation about edible fungi were summarized, and its application prospects on edible fungi production of our country were described in this paper.

Key words: Edible fungi, Fermentation, Research

食用菌的液态深层发酵研究始于美国。1947年, Humfeld 提出深层发酵培养蘑菇 (*Agaricus campestris*) 菌丝体, 从此食用菌的发酵生产在世界范围内兴起; 1953年, 美国的 Block 博士用废甘汁深层培养了野蘑菇 (*Agaricus arvensis*); 1958年 Szuess 第一个用发酵罐培养了羊肚菌 (*Morchella esculenta*)。从此, 食用菌的生产渐渐工业化。我国是1958年开始研究蘑菇、侧耳等的深层发酵的。1963年羊肚菌 (*Morchella esculenta*) 液态发酵开始工业化生产试验。自此以后, 大规模采用液态发酵生产食用菌逐渐展开。当时主要研究灵芝 (*Ganoderma lucidum*)、蜜环菌 (*Armillariella mellea*)、银耳 (*Tremella fuciformis*) 等的液态发酵应用于医药工业。70年代开始研究香菇 (*Lentinula edodes*)、冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis*)、黑木耳 (*Auricularia auricula*)、金针菇 (*Flammulina velutipes*)、猴头 (*Hericium erinaceus*)、草菇 (*Volvariella volvacea*) 等的液态发酵。从已有的试验结果比较来看, 深层培养食用菌菌丝体的营养价值高, 从多糖、蛋白质、氨基酸的含量来看均类似或超过了子实体。

1 灵芝深层发酵研究

据李平作等人^[1]报道葡萄糖、玉米粉、酒糟、较高的 C/N 比、酵母膏和麸皮有利于灵芝胞外多糖的形成, 并且用正交优化试验确定了灵芝多糖深层发酵的最佳培养基组成 (g/L) 为: 酒糟 80 (含水量 75%), 葡萄糖 10g, 玉米粉 10g, 麸皮 5g。在 25L 发

* 联系人 E-mail: zhoujian761111@163.com

收稿日期: 2002-11-01, 修回日期: 2003-01-18

酵罐上灵芝多糖的最高产量是2.91g/L。人们也注重对深层发酵产物特性及成分的研究。张李阳^[2]等对灵芝子实体及其液体深层发酵产物进行了比较研究,发现菌丝体中的粗多糖及多糖含量均高于子实体,分别为子实体的2.26倍、3.5倍。两者氨基酸组成不一致,子实体中必需氨基酸为总氨基酸量的58.4%,而菌丝体中必需氨基酸为总氨基酸的45.2%。Yang F C等^[3]研究了氮源及葡萄糖对灵芝酸和灵芝多糖生成的影响,认为最适氮源为5g/L酵母提取物加5g/L的蛋白胨,缺其一细胞均呈现不良生长;起始葡萄糖浓度高(约50g/L),会促进多糖和灵芝酸的产生。另外,Fang Q H等^[4]还研究了pH值变化对灵芝深层发酵的影响,为工业化生产提供了理论依据。

2 香菇深层发酵研究

自1960年陈美丰等研究了香菇液体发酵以来,该技术在香菇生产中已得到较为广泛的研究和应用。汪维云等^[5]报道了利用气升式生物反应器进行香菇的液体深层培养的条件,培养液pH在4.50~5.20和通气量为1:0.50~0.60vvm条件下菌丝生物量达到最大;并提出了稀土对菌丝生长有促进作用。Crestini c等^[6]利用香菇SC-495,在28℃下进行深层发酵12d,可获得12.1mg/100mL的脱乙酰壳聚糖。作为食品工业中的螯合剂和澄清剂,由香菇生产具有广阔的应用前景。

3 灰树花深层发酵研究

因灰树花生物转化率较低,生产周期长,一直未得到全面开发。直到20世纪90年代,通过深层发酵获得灰树花菌丝体的研究才得以开展。裘娟萍等人^[7]研究了灰树花摇瓶发酵较佳条件:QF培养基,25℃,pH4.5,装量60mL/500mL三角瓶,转速100r/min。在种子培养基中加0.4%的CMC,可增加种子液菌丝的生长点,从而提高菌丝量。在10L气升式发酵罐上放大试验,菌丝量对初糖的生物转化率在24%以上,对耗糖的转化率达43.5%。菌丝体中多糖含量达10.2%,发酵液中多糖含量为1.38%。对于灰树花子实体与深层发酵菌丝体的氨基酸、微量元素、多糖组分的分析比较,还鲜见报道。孙培龙等人^[8]分别从菌丝体及发酵清液中提取灰树花多糖和胞外多糖,同时还测定了菌丝体成分:灰树花多糖7.82%,蛋白质21.7%,总糖57.2%,灰分6.05%,其中菌丝体灰树花多糖及总糖含量明显高于子实体。

4 姬松茸深层发酵研究

目前,国外已有这方面的报道,但国内鲜有报道。沈爱英^[9]等人研究了姬松茸深层发酵培养基及培养条件对菌丝体和胞外多糖产量的影响,在初始pH6.0、三角瓶装液量50mL/250mL、接种量10%、温度25℃、摇瓶转速150r/min下,培养7d可得到发酵生物量1.25g/100mL,胞外多糖131mg/100mL。王雅芬^[10]对姬松茸(*Agaricus blazei* HS-3)的耐硒、富硒能力和生物转化进行了研究,结果表明:采用液体深层培养,在硒含量为5~85mg/L范围内,菌丝体中硒含量随培养液中硒浓度增加而增加,菌丝体富集硒的范围为8.5~69.0mg/kg。从硒富集率来看,当硒含量为25mg/L时最佳,达7.2%。此时,菌体的氨基酸含量明显高于对照,多糖含量也略高于对照。

5 虫草深层发酵研究

国外于50至70年代对蛹虫草(*Cordyceps militaris*)进行了深层发酵研究,提取虫草

素。国内的研究开始于 70 年代后。蛹虫草又称北虫草, 不同于冬虫夏草, 但同属虫草属。由于其较易获得且成分功效相似, 因此研究报道较多。李信等^[11]对蛹虫草菌胞外多糖 (EPS) 的发酵培养基和发酵条件进行了优化, 发现最适碳源为甜菜糖, 最适氮源为 KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4Cl 不但影响菌丝体生长, 而且抑制了胞外多糖的生成。在此条件下, 胞外多糖产量由 3.2g/L 提高到 5.4g/L, 发酵周期由 120h 缩短到 96h。相比之下, 赵明文等^[12]采用培养基配方: 玉米粉、黄豆粉、酵母汁、 K_2HPO_4 、 MgSO_4 , 接种量 3%, pH5.5, 25℃培养 144h 的胞外多糖产量只达到 1.83g/L。Park J P 等^[13]报道了在 5L 发酵罐中, 通气量对蛹虫草菌丝形态以及胞外生物多聚物产生的影响, 并研究了后二者之间的联系。

6 其它食用菌

杨梅等人^[14]研究了白背木耳深层培养条件并进行成分分析, 认为: 适宜发酵条件为 pH5.0, 移种量为 5%, 种子周期 5d, 发酵周期 4d; Zn^{2+} 和赤霉素可以明显促进白背木耳菌丝体增长; 而三十烷醇可明显提高菌丝体胞内多糖含量。菌丝体富含 18 种氨基酸, 总量为 20.72g/100g 干样。

陈金春、刘祖同^[15]对白蚁伞在摇瓶和发酵罐中发酵产生白蚁伞多糖的动力学做了较为详细的研究。比较了几种不同培养基产生白蚁伞多糖的差异, 筛选出在 28℃, 200r/min 条件下, 摇瓶产生白蚁伞多糖的最适培养基为黄豆粉葡萄糖培养基: 黄豆粉 5g, 葡萄糖 30g, 酵母浸膏粉 2g, KH_2PO_4 1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, 自来水配制 1L, 自然 pH 值 (约 5.5)。发酵 120h, 达到最大的多糖产量 0.573g/L。

7 应用前景与展望

利用食 (药) 用菌液体发酵可以在较短时间内获得大量菌丝体及其发酵产物, 由于这一过程周期短、产量高、成本低、工艺设备简单, 因此在食用菌生产中具有广阔的应用前景。食 (药) 用真菌在深层培养过程中会产生多糖、多肽、生物碱、萜类化合物、甾醇、酶、核酸、维生素、具抗生素作用的多种化合物以及植物激素等多种生理活性物质, 这些物质分别具有对心血管、肝脏、神经系统、肾、性等人体器官的防病治病作用以及抗癌、消炎、抗衰老、抗菌、提高免疫力等功效。鉴于中国目前的发展趋势与国际知识产权方面的要求, 利用真菌宝库开发新药为其提供了良好的发展契机。目前食用菌液态发酵正在大量研究开发中, 除了应用于医药工业外还应用于液体菌种和食品饮料工业中。由于用工业化液体发酵来生产食用菌蛋白质, 要比饲养家禽或家畜来获取蛋白质的时间短、效率高、成本低, 因此, 食用菌的深层发酵在食品加工方面将有很大的发展前途, 它将成为 21 世纪人类所需的主要蛋白质的原料之一。

随着科学技术的发展, 尤其是微生物学、蕈菌学、发酵工艺学和工程学的相互渗透和交叉, 特别是发酵产物分离技术的发展, 使食用菌液体发酵技术应用更广泛、前景更宽阔。

参 考 文 献

- [1] 李平作, 徐 柔, 章克昌. 无锡轻工大学学报, 1998, 17 (4): 26~30.
- [2] 张李阳, 熊晓辉, 沈 昌, 等. 中国食用菌, 1998, 17 (1), 15~16.

- [3] Yang F C, Liao C B. *Process Biochemistry*, 1998, **33** (5): 547 ~ 553.
- [4] Fang Q H, Zhong J J. *Process Biochemistry*, 2002, **37** (7): 769 ~ 774.
- [5] 汪维云, 朱金华, 吴守一. *中国食用菌*, 1999, **18** (2): 11 ~ 13.
- [6] Crestini c, Kovac B, Giovannozzi- sermanni G. *Biotechnology and Bioengineering*, 1996, **50** (2): 207 ~ 210.
- [7] 裘娟萍, 孙培龙, 朱家荣, 等. *微生物学通报*, 2001, **28** (3): 33 ~ 35.
- [8] 孙培龙, 宣以巍, 裘娟萍. *食用菌*, 2001 (5): 4 ~ 5.
- [9] 王雅芬. *食品工业科技*, 2000, **21** (6): 20.
- [10] 沈爱英, 谷文英. *食用菌*, 2001 (4): 7 ~ 8.
- [11] 李 信, 许 雷, 蔡昭铃. *生物工程学报*, 1999, **15** (4): 507 ~ 511.
- [12] 赵明文, 吴燕娜, 李玉祥, 等. *中国食用菌*, 2000, **19** (4): 30 ~ 32.
- [13] Park J P, Kim Y M, Kim S W, *et al.* *Process Biochemistry*, 2002, **37** (11): 1257 ~ 1262.
- [14] 杨 梅, 林 琳, 余 望, 等. *中国食用菌*, 1997, **16** (6): 14 ~ 16.
- [15] 陈金春, 刘祖同. *清华大学学报 (自然科学版)*, 1997, **37** (6): 54 ~ 57.