

# 交变磁场对猴头菌生长及胞外多糖的影响<sup>\*</sup>

高梦祥<sup>1</sup> 夏帆<sup>1</sup> 朱朋涛<sup>2</sup>

(1. 长江大学生命科学学院, 荆州 434025; 2. 厦门大学生命科学院, 厦门 361005)

**【摘要】** 以猴头菌为研究对象,通过改变磁场强度和作用时间,研究交变磁场对猴头菌生长效应的影响。试验结果表明:磁场对猴头菌胞外多糖的作用相对菌丝的作用有滞后性,在磁场强度为 1.06 A/m,作用时间为 12 h 时,磁场对猴头菌菌丝的生长促进作用最强,猴头菌的菌干质量增长率达 140.1%;作用时间为 24 h 时,猴头菌胞外多糖质量浓度增长率达 100.8%;作用时间为 48 h 时,磁场对猴头菌胞外多糖的生长促进作用最强,猴头菌胞外多糖质量浓度增长率达 271.7%。在作用时间为 24 h 时,磁场对猴头菌胞外多糖的生长促进作用最强的磁场强度为 0.8 A/m,猴头菌胞外多糖质量浓度增长率达 187.5%。

**关键词:** 猴头菌 交变磁场 生长 代谢产物

**中图分类号:** Q64; Q937

**文献标识码:** A

## Influence of Alternating Magnetic Field on Growth and Polysaccharide outside the Cell of Lions mane hericium

Gao Mengxiang<sup>1</sup> Xia Fan<sup>1</sup> Zhu Pengtao<sup>2</sup>

(1. College of Life Science, Yangtze University, Jingzhou 434025, China

2. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

### Abstract

The stimulation of alternating magnetic field on *Lions mane hericium* was studied by using a self-designed generator with adjustable magnetic field intensity and time. The results showed that the effects of the magnetic field on the growth of *Lions mane hericium*'s hypha have the sluggish functioning of the produce of polysaccharide outside the cell. When the intensity of the magnetic field is 1.06 A/m, time is 12 h, the dry weight of the *Lions mane hericium* increased 140.1%. The concentration of the *Lions mane hericium*'s polysaccharide increased 271.7% when the intensity of the magnetic field is 1.06 A/m, time is 24 h. The concentration of the *Lions mane hericium*'s polysaccharide increased 271.7% when the intensity of the magnetic field is 1.06 A/m, time is 48 h, which is the strongest stimulation of the *Lions mane hericium*'s polysaccharide.

**Key words** *Lions mane hericium*, Alternating magnetic field, Growth, Metabolic products

### 引言

猴头菌(*Lions mane hericium*),富含蛋白质、脂肪、多种氨基酸、B 族维生素、胡萝卜素及 Ca、P、Fe 等。低频磁场(ELF, 0~300 Hz)是生物磁学领域的一个研究热点,国内外关于低频磁场对细胞增殖周期、基因转录、细胞凋亡、细胞膜及跨膜信息传递、酶

活性、细胞因子、肿瘤细胞核参数等方面的研究已有大量报道<sup>[1]</sup>。磁场对微生物的影响,主要集中在磁场杀菌方面的研究<sup>[2]</sup>,磁场对有益菌株的生长促进作用未见报道。本文通过探求磁场对猴头菌生长效应及其胞外多糖分泌的影响规律,为磁场在发酵工业的应用以及研究磁场对微生物的磁致效应机理提供参考。

收稿日期: 2008-03-31 修回日期: 2008-04-11

<sup>\*</sup>湖北省教育厅重点科研资助项目(B200512002)和长江大学博士启动基金资助项目(03000282)

作者简介: 高梦祥,副教授,博士,主要从事磁致微生物效应、农产品物理保鲜方法研究, E-mail: mxgao0398@yahoo.com.cn

## 1 试验仪器材料与材料

### 1.1 仪器设备

磁场发生器,自行研制;HQ45型恒温摇床,中国科学院武汉科学仪器厂;超净工作台,苏州市百神科技网络系统有限公司;恒温电热培养箱,南通市金沙自动化仪表厂;手提式压力蒸汽灭菌锅,上海医用核子仪器厂;生物显微镜,麦克奥迪实业集团有限公司;722S型分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;接触调压器,华通机电集团有限公司。

### 1.2 试验材料

猴头菌由长江大学生命科学学院微生物实验室提供。马铃薯,葡萄糖,麸皮,VB<sub>1</sub>,琼脂,尾粉,黄豆粉,玉米粉,浓硫酸,葱酮,乙酸乙酯,蔗糖, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 无水 MgSO<sub>4</sub>, NaCl 等。

#### 1.2.1 马铃薯葡萄糖琼脂培养基配制

将马铃薯去皮,切成小块,于锅中加水煮沸 30 min,用双层布过滤,取其滤液加糖,并加水定容至 1 000 mL。再加入葡萄糖 20 g,煮沸后加入琼脂 20 g,继续加热使之融化,补足失水。分装在 250 mL 三角瓶中,每瓶装入 250 mL。

#### 1.2.2 摇瓶发酵培养基配制

取麸皮 20 g,尾粉 20 g,用沸水煮沸 30 min,滤液补足至 1 000 mL,再加入葡萄糖 20 g,黄豆粉 5 g,玉米粉 5 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.5 g, MgSO<sub>4</sub> 1 g,混合均匀,分装到锥形瓶中。在 121 °C 下,灭菌 30 min。

## 2 试验方法

### 2.1 猴头菌菌丝干质量的测量

不同磁场条件处理的各子摇瓶的发酵液经离心后的沉淀物,用蒸馏水清洗数次,在 80 °C 下干燥至恒量<sup>[3]</sup>。称其质量即为猴头菌菌丝干质量。猴头菌菌丝干质量增长率  $L = \frac{m-n}{n} \times 100\%$ ,其中  $m$  为各磁场处理后的猴头菌菌丝干质量,  $n$  为对照组猴头菌菌丝干质量。

### 2.2 猴头菌胞外多糖的测定

#### 2.2.1 标准曲线的制作

在每支试管中加入葱酮试剂 0.5 mL,再用酸式滴定管加入浓硫酸 5 mL,摇匀,反应 10 min,在 620 nm 处测其吸光值。以标准葡萄糖质量浓度作为纵坐标,以吸光值作为横坐标,作出标准曲线。其回归方程为  $y = 0.1105x - 0.0005$ ,  $R^2 = 0.9958$ 。

#### 2.2.2 子摇瓶中猴头菌所产胞外多糖的测定

把 18 只已经作标记的子摇瓶分 6 组,每组 3 个重复,其中 1 组作为对照,其余 5 组分别放入相应的

磁场中培养,每隔 12 h 测 1 次,连续测量 5 次。测量的方法是:把从子摇瓶中取出的 50 mL 发酵液在离心机 5 000 r/min 下离心 15 min,分别取各个子摇瓶的离心液各 1 mL,稀释数倍,测得吸光值。由标准曲线可求得稀释液中的多糖质量浓度,计算出子摇瓶中猴头菌实际产胞外多糖的量。猴头菌胞外多糖增长率  $r = \frac{b-a}{a} \times 100\%$ 。其中  $a$  为对照组的吸光值,  $b$  为磁场处理组的吸光值。

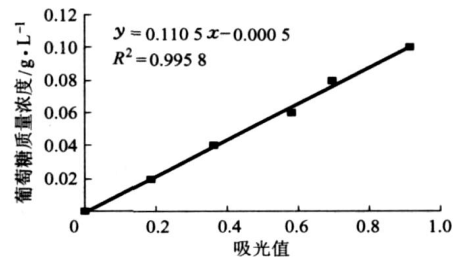


图 1 葡萄糖标准曲线

Fig. 1 Relationship between absorbance and consistency of glucose

## 3 结果分析

### 3.1 磁场对猴头菌菌丝生长的影响

磁场对猴头菌菌丝干质量增长率的影响如图 2 所示。由图 2 可知,磁场强度 0.42 ~ 3.04 A/m,作用时间小于 24 h 时,磁场对猴头菌的作用趋势表现为促进作用;作用时间大于 24 h 时,磁场对猴头菌的作用趋势表现为不同程度的抑制作用,体现出磁场作用的阈值性和累积效应。磁场作为物理因素,其对生物的影响与许多因素有关,首先就是有阈值,即需有一定的场强。不同生物或生物的不同层次,若使可观测到的生物指标发生变动,则需一定场强,并需有一定的作用时间<sup>[1~2]</sup>。磁场强度 3.04 ~ 4.24 A/m 时,磁场对猴头菌都是抑制作用,虽然抑制效果不同。这一规律也证实了磁场作用的阈值性。

磁场强度为 1.06 A/m 时,磁场对猴头菌菌丝的生长在 12 h 时促进作用最强,菌丝干增长率约 150%,这说明了磁场对猴头菌菌丝的生长促进作用具有强度窗效应和时间窗效应<sup>[4]</sup>。强度窗(或称功率窗)可能与能够触发出靶系统的生物效应的电磁场阈值有一定关系。而时间窗效应很可能跟生物体系自身的调节适应机制有关<sup>[4]</sup>。磁场作用于生物细胞时,存在物理窗效应,即只对某些特征和参数的磁场作用才产生特异性应答的现象<sup>[5~6]</sup>。这种效应在磁场处理啤酒酵母时也表现得很明显<sup>[7]</sup>。

### 3.2 磁场对猴头菌胞外多糖的影响

磁场对猴头菌胞外多糖的影响如图 3 所示。由

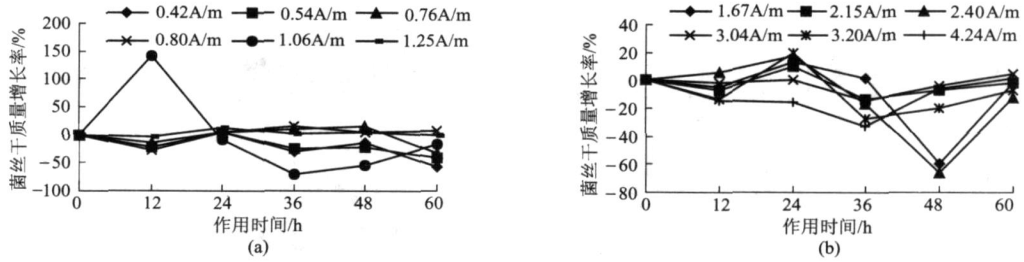


图 2 磁场对猴头菌菌丝干质量增长率的影响曲线

Fig. 2 Effects of time to dry weight on the stimulation

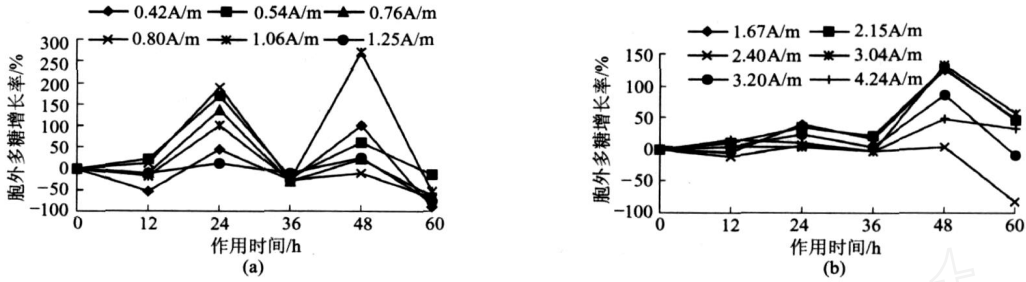


图 3 磁场对猴头菌胞外多糖增长率的影响曲线

Fig. 3 Effects of time to polysaccharide outside the cell on the stimulation

图 3 可看出,磁场强度为 0.42 ~ 1.25 A/m,作用时间小于 60 h 时,磁场对猴头菌胞外多糖的产生有不同程度的促进作用,在 24 h 之前促进作用表现出递增趋势,而在 24 h 和 48 h 时,2 次达到不同的峰值。磁场强度为 1.67 ~ 4.24 A/m 时,在 24 h 之前磁场对猴头菌胞外多糖的产生有不同程度的促进作用,并随作用时间的延长表现出递增趋势,而在 24 h 和 48 h 时,2 次达到不同的峰值,但在 24 h 的峰值不明显。磁场强度为 1.06 A/m 时,在 48 h 时促进作用最强,猴头菌胞外多糖质量浓度增长率达到 271.65 %。

与图 2 对照看出,磁场对猴头菌菌丝增长和胞外多糖产生的作用不一致,胞外多糖的增加相对菌丝的增加有滞后性。磁场作为物理因素,改变了猴头菌的细胞膜的通透性,使得体内多糖一直外渗,致使一部分菌丝衰老以致死亡,表现为在 24 h 之前,磁场对猴头菌菌丝干质量的生长有促进作用,但这

种作用不明显,甚至有稍微的抑制作用,而磁场胞外多糖一直表现出促进作用。胞外多糖在 48 h 出现峰值,是因为这些衰老、死亡细胞发生自溶导致的。自溶现象会对发酵的后续工作带来诸多不利,应加以避免。

#### 4 结束语

磁场对胞外多糖的作用相对菌丝的作用有滞后性,在磁场强度为 1.06 A/m,作用时间为 12 h 时,磁场对猴头菌菌丝的生长促进作用最强,猴头菌的菌质干质量增长率达 140.1 %;作用时间为 24 h 时,猴头菌胞外多糖浓度增长率达 100.8 %;作用时间为 48 h 时,磁场对猴头菌胞外多糖的产生促进作用最强,猴头菌胞外多糖浓度增长率达 271.7 %。在作用时间为 24 h 时,磁场对猴头菌胞外多糖的生长促进作用最强的磁场强度为 0.8 A/m,猴头菌胞外多糖浓度增长率达 187.5 %。

#### 参 考 文 献

- 刘歆,祝建. 电磁场细胞生物效应及机制的研究进展[J]. 同济大学学报:医学版, 2001, 22(5):89~92.  
Liu Xin, Zhu Jian. Advance of cell biological effect and mechanism by electromagnetic fields[J]. Journal of Tongji University: Medical Science, 2001, 22(5):89~92. (in Chinese)
- 邢治存,周一帆. 低频磁场对微生物影响的探讨[J]. 海南师范学院学报:自然科学版, 2001, 14(3):34~39.  
Xing Yicun, Zhou Yifan. Effects of low frequency magnetic fields on microorganisms[J]. Journal of Hainan Normal University: Natural Science, 2001, 14(3):34~39. (in Chinese)
- 王楠,任大明,龚涛,等. 60Co-射线辐照诱变尖端菌丝选育猴头菌多糖高产菌株[J]. 中国食用菌, 2005, 24(6):37~39.  
Wang Nan, Ren Daming, Gong Tao, et al. Screening of high polysaccharide yield strain of hericium erinaceus by 60Co-gamma irradiation[J]. Edible Fungi of China, 2005, 24(6):37~39. (in Chinese)

(下转第 90 页)

范围内其值又增大,但增加幅度不大。图5中,振幅在0~2.5 mm范围内阻尼系数增大;在其他范围内减小。

由图6、7仅当倾角不变时振幅对物料结合系数与阻尼系数影响不大;其中图6,物料结合系数随着转速的增大而减小;图7中,转速在50~57 rad/s、67~74 rad/s范围内阻尼系数增大,在74~92 rad/s范围内阻尼系数减小,在其他范围内变化幅度不大。

## 4 结论

(1)物料结合系数和阻尼系数与振幅、倾角等参数有关,因此分析系统时需要考虑物料的作用力。

(2)在较大振幅条件下合理地提高工作面的倾角可以提高物料的输送效率。

(3)当转速较高时,物料结合系数与阻尼系数随着转速的提高而减小,因此提高转速有利于输送工作。

## 参 考 文 献

- 1 瓦尔特 霍尔曼.物料由于阻尼和质量结合对振动槽运行状态的影响[J].曹秉忠,译.起重运输机械,1975(6):55~63.
- 2 Ohji T, Ichiyama S, Amei M, et al. A new conveyor system based on a passive magnetic levitation unit having repulsive-type magnetic bearings[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2004, 272~276(S1):1731~1733.
- 3 Wildeboer W J, Koppendraaier E, Litster J D, et al. A novel nucleation apparatus for regime separated granulation[J]. Powder Technology, 2007, 171(2):96~105.
- 4 Weingerl Ulrike, Schaflinger Uwe. Feeding of granular material on conveyer bands or chutes[J]. Powder Technology, 2000, 108(1):1~5.
- 5 Piatkowski T, Sempruch J. Model of the process of load unit stream sorting by means of flexible active fence[J]. Mechanism and Machine Theory, 2008, 43(5):549~564.
- 6 Kawamoto H. Some techniques on electrostatic separation of particle size utilizing electrostatic traveling-wave field[J]. Journal of Electrostatics, 2008, 66(3~4):220~228.
- 7 Gossel Stanley S. Safety considerations in conveying of bulk solids and powders[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 1998, 1(2):62~74.
- 8 闻邦椿,刘树英.振动机械的理论与动态设计方法[M].北京:机械工业出版社,2001.
- 9 闻邦椿,李以农,韩清凯.非线性振动理论中的解析方法及工程应用[M].沈阳:东北大学出版社,2000.

(上接第141页)

- 4 张宝裕,刘恒基.磁场的产生[M].北京:机械工业出版社,1987.
- 5 刘歆,祝建,钟季康,等.低频磁场对洋葱根的生物效应[J].同济大学学报:医学版,2002,23(2):110~113.  
Liu Xin, Zhu Jian, Zhong Jikang, et al. Biological effect on root of onion influenced by low magnetic field[J]. Journal of Tongji University: Medical Science, 2002, 23(2):110~113. (in Chinese)
- 6 Hermann B. Problems of weak electromagnetic field effects in cell biology[J]. Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 1999, 48(2):355~360.
- 7 高梦祥,夏帆,胡秋冬.交变磁场对啤酒酵母的生长促进效应[J].农业机械学报,2007,38(7):91~93.  
Gao Mengxiang, Xia Fan, Hu Qiudong. Stimulation of alternating magnetic field on saccharomyces cerevisiae [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(7):91~93. (in Chinese)
- 8 高梦祥,胡翠翠,严奉伟,等.磁场和抑制剂对莲藕多酚氧化酶反应动力学的影响[J].农业机械学报,2008,39(1):78~81.  
Gao Mengxiang, Hu Cuicui, Yan Fengwei, et al. Effect on reaction dynamics of lotus root polyphenol-oxidase by inhibitors and magnetic field[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(1):78~81. (in Chinese)