

添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质营养价值的影响

江枝和¹, 肖淑霞², 雷锦桂¹, 王义祥³, 翁伯琦³

(1.福建省农业科学院食用菌开发应用研究中心, 福建 福州 350013; 2.福建省食用菌技术总站, 福建 福州 350003; 3.福建省农业科学院农业生态研究所, 福建 福州 350013)

摘要 采用国际上通用的非生物学评价方法, 研究了不同供锌水平对猪肚菇子实体蛋白质营养价值的影响, 以期为猪肚菇栽培技术的改善和完善提供科学依据。结果表明, 氨基酸总量以 $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的最高, 其与对照差异达到显著 ($P < 0.05$), 但与其他处理差异不显著 ($P > 0.05$), 而 Zn 含量以 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理最高。营养综合评价结果显示, 以浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn 处理的培养料栽培的猪肚菇子实体蛋白质营养价值评价的 6 项指标中氨基酸评分、必需氨基酸指数、氨基酸比值系数分 and 生物价分别为 95.33、91.70、82.52 和 88.50, 均居 6 种 Zn 处理之首, 化学评分和营养指数分别为 73.22 和 25.49, 均居第 3 位。综合评价的结果显示, 以浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn 处理的蛋白质营养价值最高。

关键词 猪肚菇; Zn; 营养价值; 蛋白质营养

中图分类号: X503.23 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2009)03-0449-05

Nutritional Value of Protein of *Panus giganteus*'s Fruit Bodies Under the Condition of Exogenous Addition of Zn

JIANG Zhi-he¹, XIAO Shu-xia², LEI Jin-gui¹, WANG Yi-xiang³, WENG Bo-qi³

(1. Research Center of Development and Application of Edible Fungi, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. Edible Fungi Office of Fujian, Fuzhou 350003, China; 3. Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou 350013, China)

Abstract Using current international method, the effects of zinc (Zn) addition of different concentrations on nutritional value of protein of *Panus giganteus*'s fruit bodies were studied in order to provide a scientific basis for its cultivation technology improvement. The results showed that total amino acid content in the treatment of $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ was the highest, and lied significant difference to the control and no significant difference to the others, and that Zn content was the highest in the treatment of $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The results of nutritional value showed that the amino acid score (AAS), essential amino acid index (EAAI), score of ratio coefficient of amino acid (SRCAA) and biological valence (BV) in the protein of *Panus giganteus*'s fruit bodies cultivated with medium in which middle concentration ($30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) of Zn treatment applicated were the highest among six treatments, being 95.33, 91.70, 82.52 and 88.50 respectively; and its chemical score (CS) and nutritional index (NI) were 73.22 and 25.49, all held the third place in six treatments with different concentration of Zn. It was seen on the basis of synthesizing evaluation that the nutritional value of protein in the treatment of $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn was the highest.

Keywords *Panus giganteus*; Zn; nutritional value; nutrition of protein

猪肚菇(*Panus giganteus*)是一种食药兼用菌,又名巨大覃耳,属于多孔菌目,多孔菌科,覃耳属^[1]。据《西藏经济真菌》报道,该菇富含亚油酸及各类氨基

酸、蛋白多糖等,具有抗癌作用。另外,利用无机锌元素在食用菌内转化机理生产富集有机锌的食用菌,不仅能够提高食用菌的保健作用,而且能够强化微量元素锌的生物功能,是一条改善人类微量元素锌缺乏有效途径。然而,国内外尚未出现关于不同供锌水平对猪肚菇子实体的营养价值评价的影响的报道。因此,该研究拟通过添加锌的猪肚菇袋栽试验,探讨猪肚菇对锌的吸收特性,分析外源锌对猪肚菇子实体氨基酸组成与含量的影响,并采用国际上通用的评价方法对子实体蛋白质营养价值进行综合评价,以求为猪肚菇

收稿日期 2008-06-03

基金项目 福建省科技厅项目(2008N0026),福建省农业科学院科技创新团队建设基金(STIF-Y01),科技部“十一五”支撑计划项目课题 13-东南地区农田秸秆菌业循环生产技术与示范研究(2007BAD89B13)

作者简介 江枝和(1955—),副研究员,研究方向为食药食用菌辐射育种与无公害生产技术。E-mail zhihe10000@163.com

通讯作者 翁伯琦 E-mail boqiwen@yahoo.com.cn

营养栽培和科学施用锌元素提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种为猪肚菇辐 105 号,由福建省农科院食用菌开发中心提供。以常规平菇料配方栽培试验,所用 Zn 为硫酸锌,购于国药集团化学试剂有限公司。试验共分 6 个处理,每个处理重复 10 次。首先将硫酸锌制成 0、10、20、30、40、50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 6 个浓度,按 1:1.8 料水比制备配料。利用 0.1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液将各个处理的 pH 分别调节至 8.0,装袋后高压灭菌,接种进行培养。猪肚菇子实体采收标准:孢子未弹射时采收样品,不同供锌水平样品置于 60 $^{\circ}\text{C}$ 烘干箱内,以烘干法计算其含水量以及粉碎后样品分析。

1.2 氨基酸的测定

将烘干样品置于 6 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液中,于 110 $^{\circ}\text{C}$ 水解 24 h,用日立 8801 型氨基酸自动分析测定出 17 种氨基酸含量。

1.3 营养价值评价

氨基酸评分(AAS)、化学评价(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)、营养指数(NI)按文献[2]、[3]的方法测定,氨基酸比值系数分(SRCAA)按文献[4]的方法测定,利用世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(IAO)[5]1973 年提出的蛋白质营养价值的 FAO/WHO 模式,计算样品的氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分。

2 结果与分析

2.1 添加外源锌对猪肚菇子实体各类氨基酸和锌含量的影响

从表 1 可知 Zn 浓度为 10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体锌含量最高,比对照提高了 14.96%,其与对照间差异显著 ($P < 0.05$)。Zn 浓度为 20、30、40 和 50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的锌含量分别比对照提高 10.39%、

6.63%、11.66%、0.005%,但与对照间差异不显著。从表 1 还可以看出 Zn 浓度为 40 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体中氨基酸总量比对照提高了 14.96%,与对照间差异显著 ($P < 0.05$),但 Zn 浓度为 10、20、30 和 50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理与对照间的差异均不显著 ($P > 0.05$)。Zn 浓度为 20、30、40 和 50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的必需氨基酸含量分别比对照提高了 4.59%、8.04%、9.19%、6.16%,但各处理间的差异均不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质氨基酸评分的影响

由图 1 可知 Zn 浓度为 10 和 20 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体氨基酸评分平均分别比对照减少了 7.56% 和 4.16%,与对照间差异极显著 ($P < 0.01$)。Zn 浓度为 30、40 和 50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体氨基酸评分平均分别比对照提高了 4.63%、3.95% 和 2.13%,与对照间差异达到极显著和显著水平 ($P < 0.01$ 和 $P < 0.05$)。

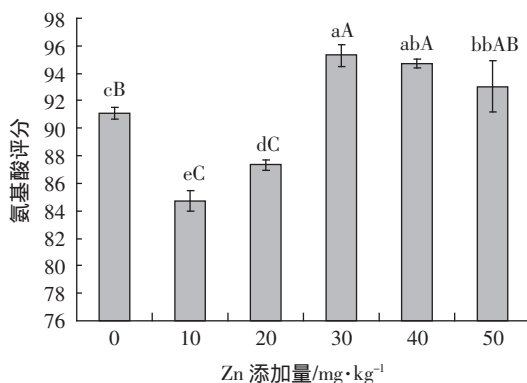


图 1 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质氨基酸评分的影响

Figure 1 Effects of different concentrations of Zn treatment on amino acid score (AAS) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.3 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质必需氨基酸指数的影响

由图 2 可知 Zn 浓度为 30 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体必需氨基酸指数平均比对照提高了 2.57%,

表 1 添加外源锌对猪肚菇子实体各类氨基酸和锌含量的影响

Table 1 Effects of Zn addition on the contents of amino acids and Zn in fruit bodies of *Panus giganteus*

处理/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	鲜味氨基酸/%	甜味氨基酸/%	硫氨基酸/%	支链氨基酸/%	儿童氨基酸/%	必需氨基酸/%	芳香族氨基酸/%	氨基酸总量/%	锌/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
0	6.05 abA	5.03 bA	1.42 aA	3.625 cBC	1.40 aA	9.57 aA	1.68 Bab	21.45 bB	26.06 bA
10	5.70 bA	4.95 bA	1.52 aA	3.500 dC	1.30 bA	9.29 aA	1.58 bB	21.24 bB	29.96 aA
20	6.19 abA	5.23 abA	1.53 aA	3.90 bcBC	1.53 abA	10.02 aA	1.75 bAB	22.96 abAB	28.77 abA
30	5.95 bA	5.09 bA	2.33 aA	3.72 bcdBC	1.43 abA	10.34 aA	1.61 bB	22.82 abAB	27.79 abA
40	6.71 aA	5.86 aA	1.53 aA	4.38 aA	1.64 aA	10.48 aA	1.94 aA	24.66 aA	29.10 abA
50	6.17 abA	5.14 bA	1.59 aA	3.97 bAB	1.41 abA	10.16 aA	1.75 bAB	22.88 abAB	26.21 bA

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,不同大写字母表示在 $P < 0.01$ 水平上差异显著,下同。

与对照间差异不显著 ($P>0.05$) Zn 浓度为 10、20、40 和 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体必需氨基酸指数平均分别比对照减少了 0.007%、0.007%、0.007% 和 0.008% ,与对照间差异不显著($P>0.05$)。

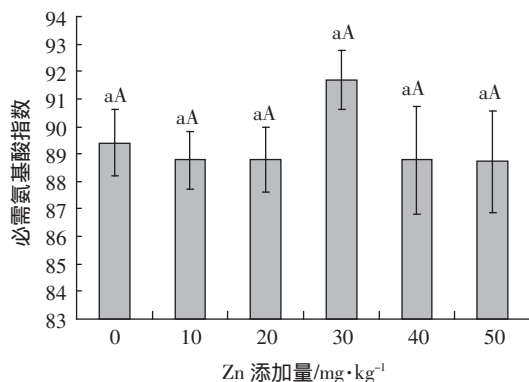


图2 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质必需氨基酸指数的影响

Figure 2 Effects of different concentrations of Zn treatment on the essential amino acid index(EAAI) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.4 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质氨基酸比值系数分的影响

由图3可知 Zn 浓度为 $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体氨基酸比值系数分平均比对照提高了 4.77% ,与对照间差异达到显著水平($P<0.05$) Zn 浓度为 10、20 和 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体氨基酸比值系数分平均比对照提高了 1.98%、3.05%和 3.48% ,与对照间差异均不显著($P>0.05$) Zn 浓度为 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体氨基酸比值系数分平均比对照减少了 18.38% ,与对照间差异极显著($P<0.01$)。

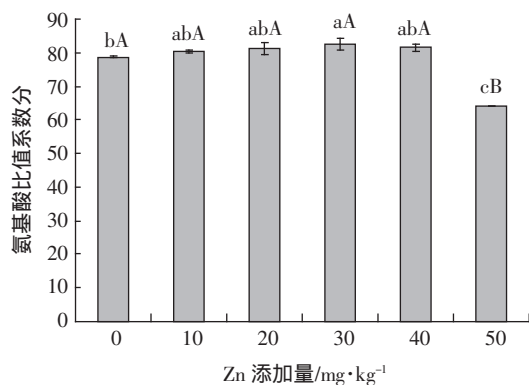


图3 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质氨基酸比值系数分的影响

Figure 3 Effects of different concentrations of Zn treatment on the score of ratio coefficient of amino acid(SRCAA) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.5 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质生物价的影响

由图4可知 Zn 浓度为 $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体生物价平均比对照提高了 3.21% ,与对照间差异不显著 ($P>0.05$) Zn 浓度为 20 和 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体生物价平均分别比对照少了 0.008%和 0.008% ,与对照间差异均不显著($P>0.05$) ; Zn 浓度为 10 和 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体的生物价平均分别比对照少了 10.84%和 16.59% ,差异极显著($P<0.01$)。

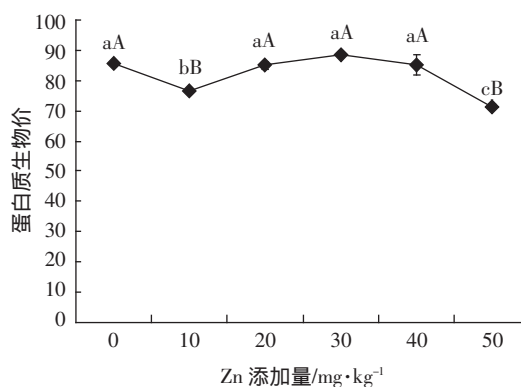


图4 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质生物价的影响

Figure 4 Effects of different concentrations of Zn treatment on the biological valence(BV) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.6 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质化学评分的影响

由图5可知 Zn 浓度为 10、30 和 $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体蛋白质化学评分平均分别比对照提高了 3.51%、0.008%和 4.37% ,与对照间差异均不显著 ($P>0.05$) Zn 浓度为 20 和 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体蛋白质化学评分平均分别比对照减少了 5.59%和 0.000 4% ,与对照间差异显著和不显著($P<0.05$ 和 $P>0.05$)。

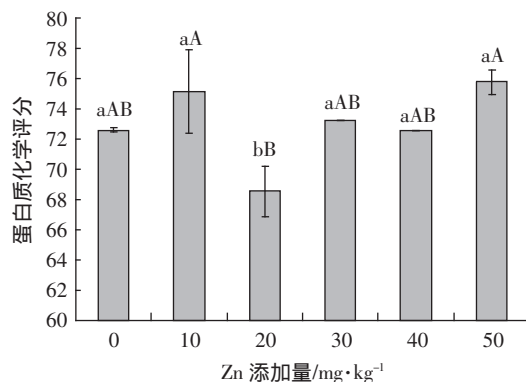


图5 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质化学评分的影响

Figure 5 Effects of different concentrations of Zn treatment on the chemical score(CS) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.7 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质营养指数的影响

由图 6 可知 Zn 浓度为 10、30、40 和 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体的营养指数平均分别比对照增加了 3.28%、0.004%、0.006% 和 2.10% ,而 20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理比对照减少了 6.99% ,与对照间差异均不显著 ($P>0.05$)。

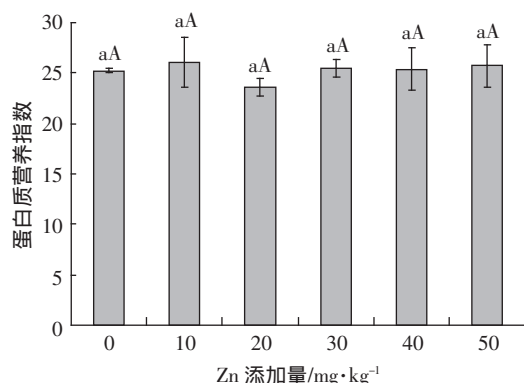


图 6 外源锌对猪肚菇子实体蛋白质营养指数的影响

Figure 6 Effects of different concentrations of Zn treatment on the nutritional index (NI) of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

2.8 添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质综合评价的影响

由表 2 可知,相同培养料不同 Zn 添加量对猪肚菇子实体蛋白质营养综合评价以 Zn 浓度为 30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理居第 1 位,其栽培的猪肚菇子实体蛋白质营养价值评价指标有 5 项居第 1 位,1 项居第 3 位; Zn 浓度为 40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理,其蛋白质评价指标有 2 项居第 2 位,2 项居第 3 位,1 项居第 4 位,1 项居第 5 位; Zn 浓度为 20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理,其蛋白质评价指标 1 项居第 2 位,3 项居第 3 位,1 项居第 5 位,1 项居第 6 位; Zn 浓度为 0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理,其蛋白质评价指标有 2 项居第 2 位,3 项居第 5 位,1 项居第 4 位;最差

表 2 猪肚菇子实体营养综合评价排序表

Table 2 Sorting table of integrated nutritional value of protein in *Panus giganteus*'s fruit bodies

添加量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	氨基酸	化学 评分	必需氨基 酸指数	生物价	营养 指数	氨基酸比 值系数分	综合 评价
0	4	5	2	5	2	5	3
10	6	2	5	4	4	4	4
20	5	6	3	3	3	2	3
30	1	3	1	1	1	1	1
40	2	4	5	2	3	3	2
50	3	1	4	6	5	6	4

的是 Zn 浓度为 10 和 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的处理。

3 讨论

锌是人体必需的微量元素,是诸如碳酸酐酶、DNA 复制酶、谷氨酸脱氢酶等许多重要酶的组成成分,在组织呼吸及蛋白质、脂肪、糖和核酸等的代谢中起到重要作用,对人体的生长发育影响重大。临床研究结果表明,锌对口角糜烂、口腔溃疡、粘膜出血、儿童食欲不振、腹泻、胃癌、肝癌、大肠癌等^[6]多种疾病有良好预防治疗作用。自然界中以无机物状态存在的锌不易被人体吸收利用,而食用菌有较强富锌能力,能够将锌元素结合到大分子活性物质上,将无机锌转化为有机锌多糖和锌蛋白,从而有效提高了锌的利用率。随着生物技术的发展,近些年,利用食用菌转化获得有机锌和提高产量成为锌研究的热点。本研究结果表明,添加不同浓度的 Zn 处理,猪肚菇子实体中 Zn 含量均有所提高,其中以 10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的含量最高,比对照提高了 14.96%,但各处理的 Zn 含量均低于国家标准食品中锌限量标准(50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

目前,关于锌对食用菌品质的影响已略有报道。邹祥等^[7]富锌培养对姬松茸生长代谢的影响的研究表明,锌对姬松茸菌丝量、多糖含量、氨基酸含量的提高有促进作用,液体培养姬松茸对锌的最适宜富集质量浓度为 300 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,82.2%的 ZnSO_4 在姬松茸菌丝内以有机锌的形式存在,富锌后菌丝体的发酵液中必需氨基酸含量与对照相比提高了 12.3%和 7.6%。魏华等^[8]对金针菇富锌研究,发现金针菇富锌能力强,添加 200~2 500 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 范围的锌离子,富集有机锌范围 19.6~152 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。张水成等^[13]研究表明,经 ZnSO_4 的适合浓度为 $2.473\times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理能促进香菇菌丝生长,提高香菇菌种质量,延缓菌丝衰老,提高产量 16.7%。但国内外未见添加外源锌对猪肚菇子实体蛋白质营养价值研究报道。本研究结果表明,相同培养料不同 Zn 添加量对猪肚菇子实体蛋白质营养综合评价以浓度为 30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn 处理的居第 1 位,其栽培的猪肚菇子实体蛋白质营养价值评价单项指标中有 5 项居第 1 位,1 项居第 3 位。蛋白质营养综合评价最低的是经浓度为 10 和 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn 处理的。

本研究结果还发现,40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn 处理的猪肚菇子实体氨基酸总量和必需氨基酸含量最高,分别为 24.66%和 10.48%。而采用国际上通用的评价方法得出的综合评价结果为 30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的猪肚菇子实体的蛋白质营养价值最高,这可以从两个方面得以

解释:一是尽管 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理的氨基酸总量比 $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理高,但两者间在统计学上的差异不显著。现代营养学理论认为,食物蛋白质的营养价值与其氨基酸组成密切相关,越接近人体蛋白质组成并为人体的消化吸收,其营养价值越高^[5]。某一种或几种必需氨基酸不足时,限制了其组成蛋白质的营养价值。某一种或几种必需氨基酸过多也严重影响蛋白质的营养价值。只有按人体需要达到氨基酸的平衡供应,才能最大限度地提高蛋白质的营养价值。综合评价的结果也表明, $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn 处理的猪肚菇子实体的必需氨基酸的均衡性优于 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 处理。

参考文献:

- [1] 邓旺秋,李泰辉,陈枝南,等.栽培食用菌猪肚菇的学名考证[J].食用菌学报,2006,13(3):71-74.
DENG Wang-qiu, LI Tai-hui, CHEN Zhi-nan, et al. Textual criticism on the scientific name of culturing edible fungus, *Clitocybe maxima* Quel[J]. *Journal of Edible Fungus*, 2006, 13(3): 71-74.
- [2] 翁伯琦,江枝和,黄毅斌,等.牧草料栽培金顶侧耳蛋白质营养价值评价[J].食用菌学报,2001,8(3):29-33.
WENG Bo-qi, JIANG Zhi-he, HUANG Yi-bin, et al. An assessment on the protein nutrient value of *Pleurotus citrinopileatus* cultivated by herbage compost[J]. *Acta Edulis Fungi*, 2001, 8(3): 29-33.
- [3] Bano I Raifarathram S. Edited by S. T. Chang and T. H. Quimio, *Pleurotus mushroom as a nutritious food in tropical mushrooms. Biological nature and cultivation methods*[M]. Hongkong: the Chinese University Press, 1982:363-380.
- [4] 朱圣陶,吴坤.蛋白质营养评价——氨基酸比值系数分法[J].营养学报,1988,10(2):187-190.
ZHU Sheng-tao, WU Kun. Nutritional evaluation of protein-amino acid ratio coefficient method[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1988, 10(2): 187-190.
- [5] FAO. Energy and protein requirements, report of Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee[S]. Food. Nutr Meet Rep Set No. 52 FAO Rome, 1973. 40-72.
- [6] 彭小玲.锌对人体健康的影响研究进展[J].山西医学教育,2003(3):27-28.
PENG Xiao-ling. Advances on effects of zinc on health[J]. *Shanxi Medical Education*, 2003(3): 27-28.
- [7] 邹祥,章党昌.富锌培养对姬松茸生长代谢的影响[J].无锡轻工大学学报,2003,22(2):48-52.
ZOU Xiang, ZHANG Dang-chang. Effect of enriched Zn culture on growth and metabolism of *Agaricus blazei* Murril[J]. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 2003, 22(2): 48-52.
- [8] 魏华,谢俊杰,戴明辉,等.金针菇富锌研究[J].中国食用菌,2005,12(2):8-10.
WEI Hua, XIE Jun-jie, DAI Ming-hui, et al. Study on zincion absorption of *Flammulina velutipes*[J]. *Edible Fungi of China*, 2005, 12(2): 8-10.