

葡萄枝屑栽培平菇的产量及营养成分效应研究

忻龙祚 金亚征 常美花 吴伟刚 塔秀成 王激清
(河北北方学院 园艺系 河北 张家口 075400)

摘要: 为解决平菇栽培原料供应价格飙升、供应紧张的现状,以平菇为试材,在平菇栽培培养料中按不同比例添加葡萄枝屑(0、30%、50%、70%),研究葡萄枝屑对平菇菌丝体生长、子实体产量及子实体营养成分的影响。先将葡萄枝屑、玉米芯、土霉素药渣等原料按不同比例浸泡混匀,装袋培养灰色平菇栽培种,采用柱前衍生反相高效液相色谱法测定平菇子实体氨基酸含量,按照国家标准测定方法测定平菇中微量元素含量。结果表明:添加适宜比例葡萄枝屑栽培平菇,菌丝体长势强,生长速率高,菌丝洁白、粗壮、紧密;添加葡萄枝屑可显著提高平菇产量,其中以添加50%葡萄枝屑的平菇产量最高(324.0 g/袋),且加入葡萄枝屑3个处理的生物学效率为90.3%~99.7%;添加葡萄枝屑可提高平菇子实体中铁、锌、硼等微量元素的含量;4个基质配方栽培的平菇基本能满足人体对必需氨基酸的搭配需求,且添加葡萄枝屑栽培的平菇赖氨酸含量显著高于不添加葡萄枝屑的对照。因此,加入葡萄枝屑可提高平菇的产量及微量元素含量,满足人体对必需氨基酸的需求。

关键词: 葡萄枝屑; 平菇; 菌丝体; 产量; 微量元素; 氨基酸

中图分类号: S646.1⁺4 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2017)06-0093-05

Effect of Cultivation with the Chip of Grape Branch on Yield and Nutritional Components of Oyster Mushroom

XIN Longzuo, JIN Yazheng, CHANG Meihua, WU Weigang, TA Xiucheng, WANG Jiqing
(Department of Horticulture, Hebei North University, Zhangjiakou 075400, China)

Abstract: It is necessary to research mycelia, yield and nutritional components of oyster mushroom by adding the chip of grape branch into cultivation materials for resolving the problem that cultivation materials of oyster mushroom are supplied more and more short and the price is higher. The first step was to smash one year branch of grape by partial grinder, to immerse uniformly the mixture of chip of grape branch, corncob, terramycin waste residue by different proportion, and then to plant cultivated species of oyster mushroom in the bag. The second step was to observe the growth of mycelia, and to determine yield and biological efficiency. The last was to determine amino acid and trace element of fruit body by HPLC method and GB method. The results showed that oyster mushroom cultured with adding the suitable proportion chip of grape branch had mycelia of strong growth vigor, pure white color, compact body and higher growth rate. It significantly increased yield and biological efficiency by adding the chip of grape branch. 50% was the best proportion for yield(324.0 g/bag) and the biological efficiency was 90.3%—99.7% after adding the chip of grape branch. And adding the suitable proportion of chip of grape branch could improve content of iron, zinc and boron. The oyster mushroom cultivated by four matrices could all satisfy the demand of human body for amino acid, and the lysine content was significantly higher when chip of grape branch was added. In a word, oyster mushroom planted with chip of grape branch had higher

收稿日期: 2017-02-06

基金项目: 河北省科技支撑计划项目(14227304D); 河北省农业厅现代农业产业技术体系创新团队岗位专家专项基金项目(HBCT2013060204)

作者简介: 忻龙祚(1968-),男,河北张家口人,副教授,硕士,主要从事食用菌栽培、育种等研究工作。

E-mail: jyzheng_2@126.com

yield and content of trace elements and could satisfy the demand of human body for amino acid.

Key words: chip of grape branch; oyster mushroom; mycelia; yield; trace elements; amino acid

平菇 (*Pleurotus ostreatus*) 又名凤尾菇、糙皮侧耳、蚝菇等,平菇肉质肥嫩、味道鲜美、营养丰富,是一种高蛋白质、低脂肪的食品,也是我国栽培量和消费量最大的食用菌之一^[1]。传统的平菇栽培原料主要以棉籽壳和玉米芯为主。随着平菇栽培规模的扩大,棉籽壳和玉米芯供不应求,价格飙升,增加了平菇栽培的成本^[2]。针对平菇栽培培养料日趋紧张的状况,越来越多的原材料被开发以满足当前平菇生产的需求^[3]。目前,平菇栽培的原料主要有枸杞枝屑^[4]、茶树树渣^[5]、柑橘皮渣^[6]、桑枝屑^[7-9]、桉木^[10]、核桃壳^[11]、光叶楮木屑^[12]、木麻黄^[13]、杜仲^[14]、亚麻屑^[15]等。

葡萄是多年生藤本植物,每年夏季葡萄进入旺盛生长期、冬季进入休眠期时都要对枝蔓进行修剪,除极少部分留作繁殖苗木外,大部分枝条都废弃掉了,这样既污染环境又造成了巨大的资源浪费^[16]。有研究表明,葡萄枝条中含有大量的纤维素、半纤维素、木胶、蛋白质、木质素、可溶性糖及多种矿物质等养分,采用废弃的葡萄枝条栽培平菇,既可以降低成本,又能够变废为宝^[17]。目前,利用葡萄枝屑栽培杏鲍菇^[18-19]、秀珍菇^[20]、毛木耳^[21]、白玉菇^[22]等已有报道,利用葡萄枝屑栽培平菇的研究较少^[16 23-24]。鉴于此,采用冬季修剪的葡萄枝屑作为原料栽培平菇,研究葡萄枝屑对平菇菌丝生长、产量及营养成分的影响,以期为平菇栽培原料葡萄枝屑的开发、利用提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

母种培养基为 PDA 加富培养基^[1]。原种培养基为枝条菌种。供试菌株由河北北方学院食用菌研究中心提供。

1.2 试验方法

1.2.1 栽培原料配比处理 栽培原料配比共设置 4 个处理(表 1)。葡萄枝是冬季修剪的 1 年生枝条,枝条经过培养料颗粒制作机粉碎、过筛,直径为 0~3 cm。玉米芯从当地市场购买,颗粒为 0~1.4 cm。土霉素药渣由石家庄制药厂提供。

1.2.2 栽培基质制作 根据培养基配方比例精确称取培养料,将葡萄枝屑、玉米芯、土霉素药渣清水浸泡 24 h 预湿,用基质搅拌机将培养料搅拌均匀,使培养料含水量达 63%,pH 值调节至 7~8。培

养料混匀后装入 17 cm×36 cm 聚乙烯塑料袋中,每袋装料 325 g,装好后常压蒸汽灭菌 8 h,冷却 30 ℃ 后接种培养。每处理各 100 袋,重复 3 次。

表 1 平菇栽培原料配比 %

处理	葡萄枝屑	玉米芯	土霉素药渣	麸皮	石膏
CK	0	87	2	10	1
A	30	57	2	10	1
B	50	37	2	10	1
C	70	17	2	10	1

1.2.3 菌丝体培养、观察 接种后将菌袋置于菇房内按常规进行避光培养,室温控制在(25±1)℃,空气相对湿度为 65%~70%。观察菌丝的生长情况,若有杂菌污染,及时将感染杂菌的菌袋检出销毁,以免感染其他菌袋。每个处理随机选取 20 袋,每天观察菌丝的长势,记录菌丝的生长长度、每袋满瓶天数,计算菌丝平均生长速率。菌丝生长长度测定采用直线测量法。菌丝平均生长速率=菌丝平均生长长度/菌丝平均满袋时间。

1.2.4 出菇管理、采收 出菇期间人工控制空气相对湿度为 85%~90%,CO₂ 质量浓度<1 000 mg/L,温度为 18~20 ℃,自然光照,直至生长结束。当平菇菇体颜色由深变浅,菌盖边缘尚未完全展开,孢子未弹射时采收,称量鲜菇产量,并计算生物学效率。平菇产量=第 1 潮菇产量+第 2 潮菇产量+第 3 潮菇产量,生物学效率=鲜菇产量/培养料干质量×100%。

1.2.5 平菇营养成分的测定 氨基酸含量采用柱前衍生反相高效液相色谱法测定^[25]。微量元素含量的测定:铁、锰按 GB/T 5009.90—2003 测定,硼按 GB 3653.1—1988 测定,锌按 GB/T 5009.14—2003 测定,铜按 GB/T 5009.13—2003 测定。测定营养成分的样品采用 3 潮菇混合干样。

2 结果与分析

2.1 不同配方栽培基质对菌丝生长的影响

由表 2 可知,4 个配方基质均适宜平菇菌丝的生长,菌丝均表现为绒毛状、洁白、整齐一致、菌丝粗壮、紧密。但不同处理对菌丝满瓶天数、生长速率的影响程度不同。加入葡萄枝屑的处理 A、B、C 满瓶天数均早于不加葡萄枝屑的 CK,且随着加入葡萄枝屑量的增加,满瓶需要的天数缩短。不同基质配方菌丝平均生长速率表现为 C>B>A>CK,C、B 处理无显著差异。

表2 不同栽培基质配方菌丝生长状况

处理	平均满瓶天数/d	平均生长速率/ (mm/d)	菌丝长势			
			颜色	形状	密度	长势
CK	33.0 ± 0.03a	4.33 ± 0.16c	洁白	绒毛状、整齐	++	较粗壮
A	32.0 ± 0.21a	4.98 ± 0.17b	洁白	绒毛状、整齐	++	较粗壮
B	29.2 ± 0.15b	5.49 ± 0.11a	洁白	绒毛状、整齐	+++	粗壮
C	28.8 ± 0.22b	5.56 ± 0.09a	洁白	绒毛状、较整齐	+++	粗壮

注: +表示菌丝不致密; ++表示菌丝较致密; +++表示菌丝很致密。同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著,表3、表4同。

2.2 不同配方栽培基质对鲜菇产量的影响

由表3可知,不同处理3潮鲜菇产量变化明显。第1潮菇中,CK高于A、B、C3个处理。第2潮菇中,CK产量下降明显,较第1潮菇降低89.1g/袋,而A、B、C3个处理较第1潮菇分别降低22.2、17.2、4.0g/袋,B处理产量最高,CK产量最低。总计前2潮菇的产量,4个处理产量表现为B>A>C>CK。第3潮菇中,A处理较第2潮菇降低

21.2g/袋,B、C处理分别下降7.6、5.5g/袋,CK产量最低。总计3潮菇的产量,加入葡萄枝屑的A、B、C3个处理均显著高于CK,其中B处理产量优势明显,显著高于其他3个处理。3潮菇CK、A、B、C处理产量变化幅度分别为77.0、43.4、24.8、9.5g/袋,即随着葡萄枝屑比例的增加,每潮菇产量下降的幅度减小。加入葡萄枝屑的3个处理的生物学效率为90.3%~99.7%,CK仅为70.1%,差异显著。

表3 不同栽培基质配方平菇产量

处理	第1潮菇 产量/(g/袋)	第2潮菇 产量/(g/袋)	第3潮菇 产量/(g/袋)	总计/ (g/袋)	生物学效率/%
CK	131.3 ± 0.60a	42.2 ± 0.76c	54.3 ± 0.57d	227.8 ± 1.08c	70.1 ± 0.04c
A	120.2 ± 0.60b	98.0 ± 0.37b	76.8 ± 0.07c	295.0 ± 0.93b	90.8 ± 0.01b
B	122.0 ± 0.29b	104.8 ± 0.52a	97.2 ± 0.41a	324.0 ± 0.20a	99.7 ± 0.04a
C	102.3 ± 0.37c	98.3 ± 0.20ab	92.8 ± 0.49b	293.4 ± 0.11b	90.3 ± 0.07b

2.3 不同配方栽培基质对平菇养分的影响

2.3.1 微量元素含量

由表4可知,加入葡萄枝屑基质栽培的平菇中铁、硼、锌、铜元素含量较CK均

有不同程度的增加,且差异显著。随着葡萄枝屑比例的增加,4种微量元素含量也呈逐渐增加的趋势。

表4 不同栽培基质配方平菇微量元素含量

处理	铁	硼	锌	铜	锰
CK	101.34 ± 0.15c	1.24 ± 0.03c	58.60 ± 0.76c	5.98 ± 0.01d	7.87 ± 0.15a
A	118.01 ± 0.23b	5.23 ± 0.01b	57.87 ± 0.56c	10.54 ± 0.07c	4.43 ± 0.03b
B	123.75 ± 0.55ab	7.78 ± 0.01a	62.92 ± 0.53b	13.01 ± 0.01b	4.13 ± 0.34b
C	130.67 ± 0.65a	10.06 ± 0.06a	68.33 ± 0.42a	15.53 ± 0.05a	4.52 ± 0.05b

2.3.2 氨基酸含量

蛋白质是平菇子实体中最重要的营养成分。通常蛋白质的质量高低在于它所含氨基酸种类以及对应的氨基酸含量,对4个处理栽培的平菇氨基酸含量进行检测,结果如表5所示。共检测出了17种游离氨基酸(色氨酸、胱氨酸未检测),其中有7种必需氨基酸、2种半必需氨基酸、8种非必需氨基酸。17种游离氨基酸中,4个处理的谷氨酸(GLU)含量均最高,其次是天冬氨酸(ASP),甲硫氨酸(MET)、缬氨酸(VAL)含量最低。对于游离氨基酸总量和必需氨基酸量,CK明显优于其他加入葡萄枝屑的3个处理,加入葡萄枝屑的3个处理表现为C>A>B。

根据FAO/WHO推荐的理想蛋白质中氨基酸的组分模式认为,质量较好蛋白质的氨基酸EAA/

NEAA在60%以上^[26]。本研究4个基质配方处理的EAA/TAA、EAA/NEAA分别接近40%和60%,且除B处理外,A、C处理的EAA/TAA、EAA/NEAA值显著高于CK。表明4个基质配方栽培的平菇基本能满足人体对必需氨基酸的搭配需求,且加入适宜比例的葡萄枝屑可进一步优化此模式。

平菇营养丰富、味道鲜美,鲜美的味道取决于鲜味氨基酸组成和含量的多少。通常谷氨酸、天冬氨酸为鲜味氨基酸,谷氨酸、天冬氨酸含量决定了食物的鲜美程度^[27]。CK的谷氨酸、天冬氨酸含量总和为94.50mg/g,加入不同比例葡萄枝屑的A、B、C3个处理的2种氨基酸总和分别为44.38、35.00、72.32mg/g,表明4个处理中CK最为鲜美,其次是C处理,B处理鲜美度较差。

表 5 不同栽培基质配方平菇氨基酸含量

mg/g

氨基酸种类	CK	A	B	C
天冬氨酸(ASP)	37.24	17.32	13.54	27.97
谷氨酸(GLU)	57.26	27.06	21.46	44.35
组氨酸(HIS)**	8.85	2.23	1.35	4.58
丝氨酸(SER)	21.81	8.49	6.97	14.22
精氨酸(ARG)**	20.23	7.97	6.11	12.52
甘氨酸(GLY)	23.58	8.82	7.00	14.41
苏氨酸(THR)*	17.97	7.69	6.36	12.35
牛磺酸(TAU)	0.63	0.57	0.49	0.88
脯氨酸(PRO)	21.96	8.40	6.45	14.85
丙氨酸(ALA)	23.81	10.99	8.85	18.26
缬氨酸(VAL)*	0.26	0.04	0.10	0.19
甲硫氨酸(MET)*	0.06	0.04	0.04	0.06
异亮氨酸(ILE)*	16.87	8.23	5.99	13.29
亮氨酸(LEU)*	21.19	10.39	7.96	16.27
苯丙氨酸(PHE)*	12.60	6.61	4.52	10.36
赖氨酸(LYS)*	0.87	2.79	1.06	5.06
酪氨酸(TYR)	0.85	0.89	0.55	0.46
TAA	286.04 ± 1.21a	128.52 ± 0.93c	98.78 ± 0.31d	210.08 ± 0.58b
EAA	98.90 ± 0.82a	45.98 ± 0.02c	33.47 ± 0.35d	74.68 ± 0.64b
EAA/TAA	34.58 ± 0.21b	35.78 ± 0.16a	33.88 ± 0.45b	35.55 ± 0.73a
EAA/NEAA	52.85 ± 0.03b	55.72 ± 0.03a	51.25 ± 0.05b	55.15 ± 0.01a
鲜味氨基酸含量	94.50 ± 0.29a	44.38 ± 0.11c	35.00 ± 0.37d	72.32 ± 0.20b
支/芳值	2.85 ± 0.03a	2.49 ± 0.01a	2.77 ± 0.03a	2.75 ± 0.06a

注: TAA 代表游离氨基酸总量; EAA 代表必需氨基酸* 和半必需氨基酸** 总量; NEAA 代表非必需氨基酸总量。同行不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

通常人体正常的支链氨基酸/芳香氨基酸值(支/芳值)为 3.0~3.5,而当肝受损伤时支/芳值仅为 1.0~1.5,当人体肝脏出现问题时食用高支低芳氨基酸及混合物能起到保护、修复肝脏的作用^[5]。17 种游离氨基酸中,支链氨基酸包括 VAL、亮氨酸(LEU)、异亮氨酸(ILE),芳香氨基酸包括苯丙氨酸(PHE)、酪氨酸(TYR),计算 4 个处理的支/芳值,CK 为 2.85,A 处理为 2.49,B 处理为 2.77,C 处理为 2.75,处理间无显著差异。表明本研究的 4 个处理都具有较高的支/芳值,保护肝脏的性能突出。

不同配方栽培基质影响了平菇赖氨酸含量的多少。CK 赖氨酸含量为 0.87 mg/g,A、B、C 3 个处理分别为 2.79、1.06、5.06 mg/g,加入葡萄枝屑栽培的平菇赖氨酸含量显著高于 CK,且 C 处理是 CK 的 5.8 倍。

3 结论与讨论

本试验结果表明,在 4 个处理基质栽培条件下,平菇菌丝体生长发育正常,菌丝洁白、粗壮、紧密,且在适宜比例的葡萄枝屑基质中,菌丝体生长速率高,满瓶时间缩短,子实体产量及生物学转化效率明显提高,随着葡萄枝屑量的添加,每潮菇产量差异变小。说明采用葡萄枝屑栽培平菇是可行的,这样既

可以将废弃的葡萄枝条进一步利用,防止污染环境,变废为宝,又解决了平菇栽培原料供不应求、价格飙升等问题。但是本试验是初步探讨葡萄枝屑栽培平菇可行性,从而葡萄枝屑添加量的比例间隔设置较大,最佳葡萄枝屑配比将进一步进行研究,且基质中随着葡萄枝屑量的增加,每潮菇产量下降的幅度变小,是否与平菇对葡萄枝屑所含木质素、纤维素、半纤维素等有机物的降解速率、降解条件及降解程度有关,也将进一步探讨。

人体必需的微量元素有铁、铜、锌、铅、钙、镁、锰、碘、硒、砷、硅、硼、磷等,这些微量元素虽然在人体中含量很少,但它是维持机体某些特殊生理功能的主要成分,与人类健康息息相关^[28]。本研究测定了不同处理栽培平菇子实体微量元素含量,结果表明,加入葡萄枝屑的处理除锰元素低于 CK 外,铁、硼、锌元素含量较 CK 均有不同程度的增加,尤其是硼元素含量增加明显。许多研究表明,硼元素对人体具有抗骨质疏松、抗炎症、抗肿瘤、降血脂等作用,对人的生殖健康有重要影响^[29]。

赖氨酸是人体碱性必需氨基酸,具有增强体质、增进食欲、提高智力、提高免疫力等作用。在合成的各种氨基酸中,赖氨酸是重要的一种,若缺乏,其他氨基酸就受到限制或得不到利用。而且人体不能自

身合成赖氨酸,它必须通过日常饮食和营养补品获得。由于谷物食品中的赖氨酸含量甚低,且在加工过程中易被破坏而缺乏,故称为第一限制性氨基酸^[30]。本试验结果表明,在17种氨基酸中,加入70%葡萄枝屑栽培平菇所含赖氨酸含量是未加入葡萄枝屑处理的5.8倍,增加了人体对赖氨酸摄入量。此外,加入葡萄枝屑栽培的平菇的必需氨基酸含量也能满足人体的需求。

参考文献:

- [1] 常明昌. 食用菌栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 范可章, 陈灵, 蔡健, 等. 不同秸秆培养基对平菇生长影响的比较研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(16): 126-131.
- [3] 刘巧宁. 五种培养料对平菇栽培影响的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [4] 王海霞, 黄莉, 李阿波, 等. 枸杞枝屑作为平菇栽培基质配方优化试验[J]. 北方园艺, 2014(17): 140-142.
- [5] 李挺, 宋斌, 林敏, 等. 澳洲茶树树渣栽培平菇的营养与安全性评价[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(1): 66-69.
- [6] 张云茹, 范守城, 汪远进, 等. 不同柑橘皮渣培养基对平菇营养品质的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(5): 2080-2085.
- [7] 杨昌剑, 吴登, 郎宁, 等. 桑枝屑栽培平菇不同配比试验[J]. 广西农业科学, 2010, 41(1): 59-61.
- [8] 周媛, 邓玲姣, 叶世玲, 等. 桑枝屑栽培平菇和秀珍菇的比较试验[J]. 中国食用菌, 2012, 31(3): 17-19.
- [9] 陈今朝, 戴玄, 王庆. 桑枝屑栽培平菇试验研究[J]. 北方园艺, 2008, 32(12): 178-179.
- [10] 郑英姿, 陈剑. 桉木屑栽培平菇配方试验[J]. 食药用菌, 2011, 19(5): 26-28.
- [11] 朱晓琴, 熊智. 核桃壳与木屑栽培平菇的营养成分对比分析[J]. 中国食用菌, 2007, 26(6): 38-39.
- [12] 杨杰, 张勇, 萧晋川, 等. 光叶楮木屑栽培平菇试验[J]. 山西农业科学, 2013, 41(10): 1079-1081.
- [13] 柯玉铸, 黄金水, 杨业武, 等. 木麻黄木屑栽培平菇的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(1): 164-168.
- [14] 张昌伟, 彭胜, 张琳杰, 等. 三种杜仲原料栽培平菇效果的比较[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 52-55.
- [15] 朱炫, 周汝德, 杨霞, 等. 亚麻屑为基质主料栽培平菇(侧耳)试验研究[J]. 中国麻业科学, 2014, 36(6): 284-288.
- [16] 党兆霞, 王延秀, 陈佰鸿, 等. 葡萄枝条基质对平菇菌丝生长及产菇量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(6): 52-57.
- [17] 薛雯, 房玉林, 孙艳, 等. 41种葡萄枝条废弃物中膳食纤维及营养成分研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(5): 139-145.
- [18] 高学峰, 李华, 杨继红, 等. 不同葡萄品种枝条栽培料对杏鲍菇生长的影响[J]. 北方园艺, 2015, 32(5): 163-166.
- [19] 郭蔚, 龚黛, 杜双田, 等. 葡萄枝条栽培杏鲍菇的营养成分研究[J]. 北方园艺, 2013, 32(19): 144-148.
- [20] 陈丽新, 黄卓忠, 韦仕岩. 葡萄枝营养成分分析及栽培秀珍菇试验[J]. 中国食用菌, 2010, 29(6): 28-29.
- [21] 黄卓忠, 陈丽新, 韦仕岩, 等. 葡萄枝屑栽培毛木耳配方筛选试验[J]. 南方农业学报, 2011, 42(8): 961-963.
- [22] 龚黛, 郭蔚, 王华, 等. 葡萄枝条栽培白玉菇的营养成分研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(6): 121-124.
- [23] 罗雯娟, 孟俊龙, 渠继红, 等. 葡萄枝屑栽培平菇试验[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2010, 30(2): 146-149.
- [24] 王海霞, 王东云, 王素娟, 等. 利用葡萄枝屑、玉米芯栽培平菇试验研究[J]. 宁夏农林科技, 2015, 56(10): 6-8.
- [25] 李娜. 贝类中氨基酸、脂肪酸和重金属的含量分析及其产品质量评价[D]. 保定: 河北农业大学, 2011.
- [26] FAO/WHO. Energy and protein requirements [J]. Food and Nutrition, 1975, 1(2): 11-19.
- [27] 董淮海, 毛传福, 陈洁, 等. 十一种食用菌的营养评价[J]. 食药用菌, 2011, 19(3): 15-16.
- [28] 陈文强. 微量元素锌与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 62-65.
- [29] 谢伟, 徐国茂, 叶琴. 微量元素硼与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2010, 27(1): 65-66.
- [30] 吴逸明. 预防医学[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2003.