

姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J₃ 营养成分与农药残留分析

翁伯琦¹, 江枝和², 肖淑霞³, 雷锦桂², 王义祥¹, 唐翔虬²

(1. 福建省农业科学院农业生态研究所, 福州 350013; 2. 福建省农业科学院土壤肥料研究所, 福州 350013; 3. 福建省食用菌技术推广总站, 福州 350003)

摘要 通过常规生产床栽, 对比研究姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J₃ 和原菌株 J₁ 在营养品质以及重金属含量和农药残留情况。结果表明, 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J₃ 子实体中鲜味氨基酸总量 ($56.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、甜味氨基酸总量 ($52.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、硫氨基酸总量 ($15.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、支链氨基酸总量 ($38.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、芳香族氨基酸总量 ($16.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、儿童氨基酸总量 ($17.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、必需氨基酸总量 ($95 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 分别占氨基酸总量 ($221.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 的 25.48%、23.64%、7.13%、17.19%、7.26%、8.03% 和 42.85%, 分别比姬松茸 J₁ 高 28.12%、12.93%、0%、14.41%、12.59%、16.34% 和 11.76%。J₃ 的多不饱和脂肪酸 (76.15%) 和不饱和脂肪酸 (77.55%) 分别比姬松茸原菌株 J₁ 高 4.39% 和 3.82%。J₃ 子实体含镉 ($3.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、汞 ($0.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和砷 ($0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 也分别比原菌株 J₁ 低 45.86%、32.25% 和 18.18%。其铅含量符合国家食用菌卫生标准 GB 7096—2003, 砷含量符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准。子实体中联苯菊酯、溴氰菊酯、百菌清、六六六、多菌灵、阿维菌素、甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱、滴滴涕和二氧化硫含量均符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准。

关键词 食用菌 氨基酸 脂肪酸 重金属 农药残留

中图分类号 X172 **文献标志码** A **文章编号** 1672-2043(2011)02-0244-05

Analysis on Nutrients and Pesticide Residues in Strain J₃ *Agaricus blazei* Murill Irradiated by ^{60}Co

WENG Bo-qi¹, JIANG Zhi-he², XIAO Shu-xia³, LEI Jin-gui², WANG Yi-xiang¹, TANG Xiang-qiu²

(1. Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. Soil and Fertilizer Institute, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou 350013, China; 3. Fujian Edible Fungi Technology Extension Station, Fuzhou 350003, China)

Abstract *Agaricus blazei* Murill as rare edible fungi was adored by more and more customers. But with the increasing attention of food hygiene quality, it was important guidance of the safety production of *Agaricus blazei* to understand the health status of *Agaricus blazei* in the actual cultivation. This paper studied the difference in terms of nutritional quality, heavy metal contents and pesticide residues between strain J₃ and J₁. The results showed that the contents of delicious amino acid ($56.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), sweet amino acid ($52.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), sulfur amino acid ($15.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), branched chain amino acid ($38.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), aromatic amino acid ($16.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), children amino acid ($17.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), necessary amino acid ($95.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) in the fruit bodies of *Agaricus blazei* J₃, occupied 25.48%, 23.64%, 7.13%, 17.19%, 7.26%, 8.03% and 42.85% of total amount of amino acid ($221.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), respectively. These values were 28.12%, 12.93%, 0%, 14.41%, 12.59%, 16.34% and 11.76% respectively higher than those of *Agaricus blazei* J₁. The content of polyunsaturated fatty acids (76.15%) and unsaturated fatty acid (77.55%) in *Agaricus blazei* J₃ were 4.39% and 3.82% higher than *Agaricus blazei* J₁, respectively. The contents of cadmium, mercury and arsenic in fruitbodies of *Agaricus blazei* J₃, were $3.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively, and decreased by 45.86%, 32.25% and 18.18% than those of *Agaricus blazei* J₁. Lead content was lower than the limit of mushroom health standard of China (GB 7096—2003). Arsenic content was also lower than national green food standard for edible fungus (NY/T 749—2003) in China. The residues of pesticides in the fruitbodies of *Agaricus blazei* J₃, such as bifenthrin, decamethrin, chlorothalonil, hexachlorocyclohexane, carbendazim, avermectins, thiophanate-methyl, methamidophos, chlorpyrifos, DDT and SO₂, were lower than the limits of national green food standard for edible fungus (NY/T 749—2003), respectively. Therefore, strain J₃ of *Agaricus blazei* has a higher application value.

Keywords edible fungus; amino acid; fatty acid; heavy metal; pesticide residue

收稿日期 2010-05-31

基金项目 “十一五”国家科技支撑计划项目课题“东南地区农田秸秆菌业循环生产技术集成研究与示范”(2007BAD89B13)

作者简介 翁伯琦 (1957—), 男, 福建福州人, 研究员, 主要从事土壤肥料与生态农业技术研究。E-mail: boqiwen@yahoo.com.cn

姬松茸 (*Agaricus brasiliensis* Muril) 又名巴西蘑菇, 是一种名贵食药兼用真菌。其味道鲜美, 而且具有食疗保健功能, 含有多种活性多糖、核酸及各类氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素等, 具有抗癌、抗病毒、补肾护肝以及提高机体免疫力等功效^[1-2]。1992年福建省农业科学院食用菌开发应用研究中心, 首次栽培成功该菇并对其进行生物学特性、栽培工艺和营养成分研究, 此后又开展了 ^{60}Co 射线辐射对其细胞结构、脂肪酸、氨基酸、微量元素、稀土元素、多糖结构、突变株 J_3 中蛋白质营养评价及若干特性的影响的报道^[3-17]。随着姬松茸的药用价值、保健功能的不断开发利用和人们生活水平的不断提高, 国内外市场的需求量与日俱增, 其卫生学品质也日益受到高度关注和重视。但关于食用菌子实体中农药残留重金属含量与评价系统研究尚未见报道。本文对姬松茸 J_3 子实体中农药残留和重金属含量与评价系统进行研究, 采用原子吸收分光光度法测定其重金属铅、镉、汞、砷的含量; 采用气相和液相色谱法, 测定其农药六六六、滴滴涕、溴氰菊酯、联苯菊酯、百菌清、甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱和阿维菌素等的残留量, 以了解姬松茸不同菌株和相同的培养料重金属、农药残留情况, 为保障使用优质菌株和安全配方及人们健康提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

分析用姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 和姬松茸原菌株 J_1 子实体从莆田基地床栽随机采集所得。

1.2 气相色谱条件

检测仪器: Agilent 公司 6890N 气相色谱仪, 仪器号 A199, 检测器 (ECD)。联苯菊酯、溴氰菊酯和百菌清的检测条件为 DB-1701 色谱柱 $30.0\text{ m}\times 320\text{ }\mu\text{m}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$ 大小作分离柱, 载气 N_2 , 柱前压 0.12 MPa , 流速 $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 恒压方式, 尾吹氮气, 进样温度 $200\text{ }^\circ\text{C}$, 检测器温度 $300\text{ }^\circ\text{C}$; 进样量 $1\text{ }\mu\text{L}$, 进样 0.75 min 后吹扫; DB-1701 柱温程序: 柱温 $190\text{ }^\circ\text{C}$, 以 $15\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 $280\text{ }^\circ\text{C}$, 恒温 17 min 至样品全部流出。六六六和滴滴涕的检测条件为: 柱前压 0.08 MPa , 分流比 $10:1$, $15\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 $250\text{ }^\circ\text{C}$, 恒温 15 min , 其余同上。甲基托布津、甲胺磷和毒死蜱的检测条件为: 色谱柱 $30.0\text{ m}\times 0.53\text{ mm}\times 0.50\text{ }\mu\text{m}$, 载气 N_2 , 压力 0.1 MPa , 流速 $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 氢气 $3\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 空气 $60\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 尾吹 $10\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 色谱柱程序升温: 首先以 $30\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 180

$^\circ\text{C}$ 再以 $5\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温 $230\text{ }^\circ\text{C}$, 保留 10 min 。

1.3 液相色谱条件

检测仪器: Waters Alliance 公司 2695 液相色谱仪, 仪器号 A236。多菌灵的检测条件为: 色谱柱 SymmetryC18 ($4.6\text{ }\mu\text{m}\times 150\text{ mm}$), 柱温 $30\text{ }^\circ\text{C}$, 柱压 20 MPa ; 等度洗脱方式, 流动相: 甲醇: 2% 醋酸铵 ($35:65$), 流速 $1.0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。阿维菌素的检测条件为: 色谱柱同多菌灵, 柱温 $40\text{ }^\circ\text{C}$, 柱压 5 MPa ; 等度洗脱方式, 流动相: 甲醇: 水 ($80:20$), 流速 $1.0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

1.4 检验方法

根据如下标准测定: 溴氰菊酯、联苯菊酯、百菌清, NY/T 760—2008; 阿维菌素, SN/T 2114—2008; 亚硫酸盐, GB/T 5009.34—2003; 多菌灵, SN 0220—1993; 甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱, SN 0162—1992; 六六六、DDT, GB/T 5009.19—2003; 砷, GB/T 5009.11—2003; 汞, GB/T 5009.17—2003; 镉, GB/T 5009.15—2003; 铅, GB/T 5009.12—2003。其中金属离子采用 Perkin-Elmer PE-3030 原子吸收分光光度计进行测定。

1.5 氨基酸的测定方法

将样品置于 $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸溶液中, 于 $110\text{ }^\circ\text{C}$ 水解 24 h , 用日立 835-50 型氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量。

1.6 脂肪酸的测定方法

称取 5 g 样品, 加入混合溶剂 ($\text{CHCl}_3:\text{CH}_3\text{OH}=2:1$) 60 mL , 于 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 加热回流 1 h , 过滤, 加 60 mL BF_3 -乙醚液, 于 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 冷却 20 min , 加 5 mL 饱和 NaCl 溶液及 1 mL 正乙烷, 振荡, 静置, 取上清液进行气相色谱分析。数据处理根据标准品 (花生油) 按碳数规律定性鉴别, 以峰面积归一化法定量。气相色谱条件: 色谱柱为 3.5% PEGA (聚乙二酸酯) 2 m , 柱温 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 保持 2 min , $5\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 $195\text{ }^\circ\text{C}$, 保持 30 min 。氢火焰离子化检测器 (HFID) 环境温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$, 湿度 58% , N_2 流速 $35\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2.1 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 子实体氨基酸种类与含量测定

从表 1 看出, 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 子实体中氨基酸总量 ($221.7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、鲜味氨基酸总量 ($56.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、甜味氨基酸总量 ($52.4\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、支链氨基酸总量 ($38.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、芳香族氨基酸总量 ($16.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、儿童氨基酸总量 ($17.8\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、必需氨基酸总量 ($95.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 分别比姬松茸原菌株 J_1 高 28.12% 、 12.93% 、

表 1 姬松茸 J_3 与 J_1 的子实体氨基酸含量比较Table 1 Comparison of amino acid contents in the fruit bodies of *Agaricus Blazei* J_3 and *Agaricus Blazei* J_1

氨基酸	$\text{J}_3/\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{J}_1/\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	增幅/%
天门冬氨酸	20.9	17.7	18.1
苏氨酸	11.1	9.6	15.6
丝氨酸	10.5	8.5	23.5
谷氨酸	35.6	26.4	34.8
甘氨酸	12.5	10.9	14.7
丙氨酸	19.4	18.1	7.2
胱氨酸	2.0	1.7	17.6
缬氨酸	13.0	11.4	14.0
蛋氨酸	13.8	14.1	-2.1
异亮氨酸	8.9	7.6	17.1
亮氨酸	16.2	14.3	13.3
酪氨酸	5.2	4.5	15.6
苯丙氨酸	10.9	9.8	11.2
赖氨酸	13.9	12.0	15.8
组氨酸	5.1	4.4	15.9
精氨酸	12.7	10.9	16.5
脯氨酸	10.0	8.9	12.4
氨基酸总量	221.7	190.8	16.2
鲜味氨基酸总量	56.5	44.1	28.1
甜味氨基酸总量	52.4	46.4	12.9
硫氨基酸总量	15.8	15.8	0.0
支链氨基酸总量	38.1	33.3	14.4
芳香族氨基酸总量	16.1	14.3	12.6
儿童氨基酸总量	17.8	15.3	16.3
必需氨基酸总量	95.0	85.0	11.8

0、14.41%、12.59%、16.34%和11.76%。

2.2 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 子实体脂肪酸种类与含量测定

从表 2 看出,脂肪酸种类无明显差异。但姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 多不饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸含量比姬松茸原菌株 J_1 分别高 4.39%和 3.82%。

2.3 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 子实体农药残留分析

从表 3 看出,姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 的子实体中农药残留的联苯菊酯、溴氰菊酯、百菌清、六六六、多菌灵、阿维菌素、甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱、滴滴涕和二氧化硫的含量符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准。

2.4 姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 和姬松茸原菌株 J_1 子实体中重金属含量分析比较

从表 4 看出,姬松茸 ^{60}Co 辐射新菌株 J_3 重金属镉的含量 ($3.86\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 和汞的含量 ($0.42\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

表 2 姬松茸 J_3 与 J_1 的子实体脂肪酸含量比较 (%)Table 2 Comparison of fatty acid contents in the fruit bodies of *Agaricus Blazei* J_3 and *Agaricus Blazei* J_1 (%)

项目	J_3	J_1
豆蔻酸 (C14 1)	0.2	0.3
棕榈酸 (C16 1)	10.45	11.35
十六烯酸 (C16 2)	0.1	0.2
硬脂酸 (C18 1)	2.5	2.8
油酸 (C18 2)	1.50	1.95
亚油酸 (C18 3)	76.05	72.75
亚麻酸 (C18 3)	0.1	0.2
二十烷酸甲酯 (C20 1)	1.2	1.3
二十二烷酸 (C22 1)	2.75	3.20
其他	5.15	5.95
多不饱和脂肪酸	76.15	72.95
饱和脂肪酸	77.55	74.70

表 3 姬松茸 J_3 子实体农药残留分析Table 3 Analysis of pesticide residua in the fruit bodies of *Agaricus Blazei* J_3

项目	含量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
联苯菊酯	<0.01
溴氰菊酯	<0.01
百菌清	<0.01
六六六	<0.01
多菌灵	0.028
阿维菌素	<0.1
甲基托布津	<5
甲胺磷	<0.05
毒死蜱	<0.05
滴滴涕	<0.01
二氧化硫	5.8

表 4 姬松茸 J_1 与 J_3 子实体中重金属含量分析比较Table 4 Analysis and comparison on heavy metal contents in the fruit bodies of *Agaricus Blazei* J_3 and *Agaricus Blazei* J_1

项目	$\text{J}_3/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{J}_1/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
砷	0.11	0.09
汞	0.62	0.42
铅	0.94	1.00
镉	7.13	3.86

超过了国家食用菌卫生标准 GB 7096—2003, 但比姬松茸原菌株 J_1 重金属镉和汞的含量分别低 45.86%和32.26%。铅的含量符合国家食用菌卫生标准 GB 7096—2003。砷的含量符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准。

3 讨论

本研究结果, 姬松茸⁶⁰Co 辐射新菌株 J₃ 子实体中鲜味氨基酸总量、甜味氨基酸总量、硫氨基酸总量、支链氨基酸总量、芳香族氨基酸总量、儿童氨基酸总量、必需氨基酸总量, 分别占氨基酸总量的25.48%、23.64%、7.13%、17.19%、7.26%、8.03%和 42.85%, 分别比姬松茸原菌株 J₁ 高 28.12%、12.93%、0、14.41%、12.59%、16.34%和 11.76%。多不饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸也比姬松茸原菌株 J₁ 分别高 4.39%和 3.82%, 故该新菌株具有很高的营养价值。

在相同培养料下, 姬松茸⁶⁰Co 辐射新菌株 J₃ 子实体中重金属镉、汞和砷分别比姬松茸原菌株 J₁ 降低 45.86%、32.25%和 18.18%; 铅的含量符合国家食用菌卫生标准 GB 7096—2003 砷的含量符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准。但镉和汞含量超过了国家食用菌卫生标准 GB 7096—2003 限值, 说明姬松茸在生长过程中会将培养料和土壤中的某些重金属元素吸收并富集, 导致某些重金属元素超标。因此, 对姬松茸的培养料和土的组合等进行严格控制是非常必要的。

姬松茸⁶⁰Co 辐射新菌株 J₃ 子实体中农药残留的联苯菊酯、溴氰菊酯、百菌清、六六六、多菌灵、阿维菌素、甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱、滴滴涕和二氧化硫的含量符合国家绿色食品食用菌 NY/T 749—2003 的标准, 故 J₃ 新菌株具有很好的开发价值。

4 结论

调查研究表明, 姬松茸 J₃ 菌株氨基酸、脂肪酸等营养品质和对砷、汞、铅、镉等重金属低富集方面均优于原菌株 J₁; 生产中姬松茸 J₃ 子实体中联苯菊酯、溴氰菊酯、百菌清、六六六、多菌灵、阿维菌素、甲基托布津、甲胺磷、毒死蜱、滴滴涕和二氧化硫等农药残留均未超出国家绿色食品食用菌 (NY/T 749—2003) 的限量标准, 说明 J₃ 菌株具有较好的推广应用价值。但姬松茸 J₃ 子实体中重金属镉和汞含量超过了国家食用菌卫生 (GB 7096—2003) 的限量标准。因此, 实际生产中严格抓好原料控制关是非常重要的。

参考文献:

[1] 江枝和, 翁伯琦, 黄俊民, 等. ⁶⁰Co γ 射线辐射对姬松茸子实体中 Er、Dy、Tb 和 P、K 及微量元素含量的影响[J]. 电子显微学报, 2005, 24 (3): 221–225.

JIANG Zhi-he, WENG Bo-qi, HUANG Jun-min, et al. Effects of ⁶⁰Co γ ray irradiation on the contents of Er, Dy, Tb, P, K and trace elements in fruitbodies of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 2005, 24 (3): 221–225.

[2] 江枝和, 翁伯琦, 王义祥, 等. ⁶⁰Co γ 射线辐照对姬松茸菌丝体细胞超微结构的影响[J]. 电子显微学报, 2006, 25 (5): 435–440.

JIANG Zhi-he, WENG Bo-qi, WANG Yi-xiang, et al. Effect of irradiation with ⁶⁰Co γ radiation on mycelial ultrastructure of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 2006, 25 (5): 435–440.

[3] 江枝和. 姬松茸[J]. 中国食用菌, 1993 (3): 封底.

JIANG Zhi-he. *Agaricus blazei* Murill[J]. *Edible Fungi of China*, 1993 (3): cover.

[4] Takaku T, Kimura Y, Okuda H. Isolation of an antitumor compound from *Agaricus brasiliensis* Murill and its mechanism of action[J]. *Journal of Nutrition*, 2001, 131 (5): 1409–1413.

[5] Mizuno M, Morimoto M, Minato K, et al. Anti-tumor polysaccharide from the mycelium of liquid-cultured *Agaricus blazei* Murill[J]. *Biochemistry and Molecular Biology*, 1999, 47 (4): 707–714.

[6] Ohno N, Furukawa M, Miura N N, et al. Antitumor beta glucan from the cultured fruit body of *Agaricus blazei* [J]. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2001, 24 (7): 820–828.

[7] Sorimachi K, Ikehara Y, Maezato G, et al. Inhibition by *Agaricus brasiliensis* Murill fractions of cytopathic effect induced by western equine encephalitis (WEE) virus on VERO cells in vitro[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2001, 65 (7): 1645–1647.

[8] 江枝和, 朱 丹, 杨佩玉. 姬松茸的栽培技术[J]. 食用菌学报, 1999, 6 (1): 33–38.

JIANG Zhi-he, ZHU Dan, YANG Pei-yu. The cultivation technique of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Acta Edulis Fungi*, 1999, 6 (1): 33–38.

[9] 杨佩玉, 江枝和, 朱 丹, 等. 姬松茸若干菌性的研究[J]. 福建省农科院学报, 1994, 9 (4): 55–59.

YANG Pei-yu, JIANG Zhi-he, ZHU Dan, et al. Study on some characters of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Journal of Fujian Academy of Agricultural Sciences*, 1994, 9 (4): 55–59.

[10] 江枝和, 朱 丹, 杨佩玉. 姬松茸生物学特性研究[J]. 食用菌学报, 1996, 3 (3): 5–12.

JIANG Zhi-he, ZHU Dan, YANG Pei-yu. Studies on the biological characteristics of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Acta Edulis Fungi*, 1996, 3 (3): 5–12.

[11] 江枝和, 朱 丹, 杨佩玉. 姬松茸栽培工艺的研究[J]. 食用菌学报, 1997, 4 (3): 45–50.

JIANG Zhi-he, ZHU Dan, YANG Pei-yu. A study on the cultivation technique of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Acta Edulis Fungi*, 1997, 4 (3): 45–50.

[12] 江枝和, 朱 丹, 郑永标, 等. 三种培养料栽培的姬松茸氨基酸分析[J]. 食用菌学报, 1999, 6 (2): 30–34.

JIANG Zhi-he, ZHU Dan, ZHENG Yong-biao, et al. An analysis of amino acids in *A. blazei* Murill fruit bodies cultured by three different composts[J]. *Acta Edulis Fungi*, 1999, 6 (2): 30–34.

[13] 江枝和, 翁伯琦, 黄挺俊, 等. ⁶⁰Co 辐射诱变姬松茸突变株 J₃ 中蛋白

质的营养评价[J].核农学报, 2003, 17 (1) :20-23.

JIANG Zhi-he, WENG Bo-qi, HUANG Ting-jun, et al. Nutrient value protein of mutant J₃ *Agaricus blazei* Murill of by irradiation[J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2003, 17 (1) :20-23.

- [14] 翁伯琦, 江枝和, 黄挺俊, 等. 姬松茸 ^{60}Co 辐射菌株 J₃ 若干特性研究[J].中国农学科学, 2003, 36 (9) :1065-1070.

WENG Bo-qi, JIANG Zhi-he, HUANG Ting-jun, et al. Study on several characteristics of strain J₃ *Agaricus blazei* Murill irradiated by ^{60}Co [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2003, 36 (9) :1065-1070.

- [15] 江枝和, 翁伯琦, 黄挺俊, 等. ^{60}Co 辐射诱变姬松茸突变株 J₃ 的氨基酸分析与比较研究[J].西北农业学报, 2003, 12 (3) :129-132.

JIANG Zhi-he, WENG Bo-qi, HUANG Ting-jun, et al. Study on the analysis and comparison of amino acid contents in *Agaricus blazei* Murill by ^{60}Co mutagenic radiation mutant J₃[J]. *Acta Agriculturae Bo-*

reali-Occidentalis Sinica, 2003, 12 (3) :129-132.

- [16] 翁伯琦, 江枝和, 林 勇, 等. ^{60}Co 辐照诱变对姬松茸菌丝生长及其细胞形态结构的影响[J].核农学报, 2003, 17 (6) :434-437.

WENG Bo-qi, JIANG Zhi-he, LIN Yong, et al. Effect of ^{60}Co γ rays on growth of *Agaricus blazei* Murill hypha and its cell shape structure[J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2003, 17 (6) :434-437.

- [17] 翁伯琦, 江枝和, 宾 文, 等. ^{60}Co 辐射诱变对巴氏蘑菇 (姬松茸) 子实体多糖组分与结构变化的影响[J].菌物学报, 2007, 26 (1) :106-114.

WENG Bo-qi, JIANG Zhi-he, BIN Wen, et al. Effects of ^{60}Co irradiation on the components and structure of polysaccharide from the fruit-bodies of *Agaricus blazei* Murill[J]. *Mycosystema*, 2007, 26 (1) :106-114.



《农业环境与发展》 入选中国科技核心期刊

欢迎踊跃投稿!