

姬松茸中 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 累积特性的初步研究*

王小平¹ 李婷¹ 李柏²

(1 苏州大学放射医学与公共卫生学院, 苏州, 215123;

2 中国科学院高能物理研究所, 核分析技术重点实验室, 北京, 100049)

摘 要 对三种不同产地的姬松茸子实体, 经过微波消解后, 采用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)、原子吸收光谱法(AAS)和原子荧光光谱法(AFS)测定了其中 Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V 和 Zn 等 32 种元素的含量, 并用高效液相色谱和电感耦合等离子质谱联用技术(HPLC-ICP-MS)分析了其中 Hg 元素的形态. 另外, 还探讨了 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 及一些相关元素在姬松茸子实体不同部位的分布特征. 研究表明: 与一些常见种类的大型真菌相比, 姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 具有较强的累积能力, 累积的 Hg 主要以 Hg^{2+} 形态存在, CH_3Hg^+ 占总 Hg 比例在 15% 以下. Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 在姬松茸子实体不同部位的分布特征为: 从菌柄下部到上部、从菌盖中心到边缘元素含量逐渐增加; P 有助于提高姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 的累积能力, 而 Ca 似乎起拮抗作用.

关键词 姬松茸, 铜, 锌, 银, 镉, 汞, 形态分析.

姬松茸(*Agaricus blazei* Murill)不仅富含蛋白质、维生素、矿物质和膳食纤维等营养成分, 还含有多种生物活性物质, 如多糖、凝集素、甾醇(主要为麦角甾醇)等, 具有增强机体免疫力、抗肿瘤、抑制 AIDS 病毒等重要生物学功能. 但是, 姬松茸累积重金属 Cd 的能力很强^[1-3], 给人体健康带来了潜在的威胁.

本文采用微波消解电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)、原子吸收光谱法(AAS)和原子荧光光谱法(AFS)测定了三种不同产地姬松茸中 32 种元素的含量, 并用 HPLC-ICP-MS 分析了其中 Hg 的形态. 另外, 探讨了 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 及一些相关元素在姬松茸子实体不同部位的分布特征.

1 样品的预处理和分析

两种姬松茸子实体分别收集于四川省松潘县和江西省玉山县, 另外一种姬松茸子实体采购于苏州欧尚大型超市(产地为福建省古田县). 将适量的三种姬松茸子实体置于隔水式电热恒温干燥箱中, 在 40℃ 干燥 48h, 然后用玛瑙研钵研成粉末, 装于试剂瓶中, 在玻璃干燥器中密封保存.

精确称量约 0.5g 干燥样品置于洁净的 ETHOS D 型微波消解仪的 Teflon PFA 消解罐中, 加入 8ml 浓硝酸, 盖好盖子, 放置过夜. 次日再加入 2ml 过氧化氢, 放置 2h 后旋紧消解罐, 选择如下程序进行消解: 250W, 1min; 0W, 1min; 250W, 6min; 400W, 5min; 600W, 5min. 消解完毕, 待消解罐完全冷却后移至通风橱中, 打开盖子, 让消解产生的 NO_2 等气体完全逸去, 然后将消解液定量转移至 100ml 塑料瓶中, 加去离子水至 50ml 刻度, 通过差减法称量获得溶液质量, 此溶液系列即可用于姬松茸中各种元素含量的测定. 在用 AFS 测定姬松茸中 As 和 Se 含量时, 必须对溶液进行后续处理, 将 As(V) 和 Se(VI) 全部还原为 As(III) 和 Se(IV), 具体操作步骤与文献[4]相同.

精确称量约 0.1—0.3g 过 60 目筛的干燥样品置于 5ml 离心管中, 加入 2mL $6mol \cdot L^{-1}$ HCl 溶液, 放置过夜, 次日超声提取 2h, 再激烈振摇 4h, 然后以 $4000r \cdot min^{-1}$ 离心 10min, 收集上清液. 重复上述提取过程, 并将两次溶液合并. 取 0.5ml 上清液以去离子水稀释 5 倍, 用于姬松茸中总 Hg 含量测定; 剩余上清液用 $NH_3 \cdot H_2O$ 调节 pH=7.0, 再以流动相适当稀释, 过滤后用于 Hg 形态分析.

选择生长发育良好的姬松茸样品, 小心揭去菌膜, 用洁净的不锈钢手术剪刀将菌柄和菌盖分离.

2008 年 1 月 16 日收稿.

* 国家自然科学基金(No. 30771808)资助项目.

菌柄自下而上等分为 3 部分；菌盖亦分为 3 部分：与菌柄直接相连的菌盖部位作为中心部分，将剩余菌盖取宽度中点沿垂直于辐射状菌褶的方向剪开（刀口运动轨迹为圆形），分为中间部分和边缘部分。分别精确称量后进行微波消解，然后测定各部分 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 及一些相关元素的含量。

ICP-OES, AAS 和 AFS 的优化操作参数参见文献 [4]。

ICP-OES 测定各种元素含量时所用谱线的波长为：Al, 396.152nm；B, 249.772nm；Ba, 233.527nm；Ce, 418.659nm；La, 333.749nm；Mo, 202.032nm；P, 213.618nm；Rb, 780.026nm；S, 181.972nm；Sr, 216.596nm；Ti, 336.122nm，其中测 S 时多色仪须用高纯 N₂ 吹扫饱和。

AAS 火焰法测定 Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na 和 Zn 等元素含量（氘灯校正背景）；AAS 石墨炉法测定 Ag, Au, Cr, Co, Ni, Pb, Sn 和 V 等元素含量（塞曼效应校正背景），

AFS 测定 As, Bi, Sb, Se 等元素含量。

姬松茸中 Hg 元素含量的测定及形态分析采用 HPLC-ICP-MS 联用仪。（1）HPLC：色谱柱为 Waters Symmetry Shield RP18 Column（5μm, 3.9mm × 150mm）；流动相为 5%（V/V）CH₃OH, 0.06mol · l⁻¹ NH₄Ac, 20μg · l⁻¹ Bi, 0.1%（V/V）HSCH₂CH₂OH；流速 1.0ml · min⁻¹；进样 50μl PEEK。（2）ICP-MS：预先用含 5% 甲醇的 1μg · l⁻¹ Be, Co, In 和 U 混合标准溶液对仪器条件进行优化，然后选择等离子体射频功率 1.2kW；同心雾化器，雾化气 Ar（含 2% O₂），流速 0.8L · min⁻¹，雾室温度 1℃；采样深度 9.3mm；驻留时间 0.2s；测定所用同位素为 ²⁰²Hg。用 PEEK 管（Φ 0.13mm）作为连接 HPLC 和 ICP-MS 的接口，以色谱手动进样器为质谱工作的触发信号。峰面积定量，外标法计算。

利用生物标准物质茶叶 GBW07605 和灌木枝叶 GBW07603 评价测定方法的准确度，各种元素含量的测定值与标准值十分吻合，回收率处于 91.7%—106.6% 之间（n=6）。在进行姬松茸中 Hg 元素形态分析时，所用生物标准物质为角鲨鱼鱼肝 NRCC-DOLT-3，总 Hg 回收率为 98.22 ± 0.09%。

2 姬松茸中 32 种元素的含量

姬松茸中 32 种元素含量的测定结果见表 1。由表 1 可知，姬松茸中 K, P 和 S 的含量非常丰富，而 Na 含量则远低于 K 含量，故姬松茸具有大型真菌高 K、低 Na 的共同特征。另外，Satoshi Yoshida 等^[5]研究表明，与生长在同一环境中的绿色植物相比，大型真菌中 Rb 含量要高 1 个数量级左右，而 Ca 和 Sr 的含量较为偏低，显然，姬松茸矿物质组成特征亦与之相符。

表 1 三种不同产地姬松茸中 32 种元素含量的测定结果（n=3）

Table 1 The determined values of 32 elemental contents in *Agaricus blazei* Murill mushrooms cultivated in three different regions of southern China (n=3)

元素	四川省松潘	江西省玉山	福建省古田	元素	四川省松潘	江西省玉山	福建省古田
Ag*	738.5 ± 3.1	2559 ± 39	1029 ± 8	Mg	737.3 ± 9.7	781.9 ± 7.3	766.2 ± 4.8
Al	111.6 ± 0.5	44.2 ± 1.0	175.9 ± 1.9	Mn	4.1 ± 0.3	5.8 ± 0.1	5.6 ± 0.1
As*	310.3 ± 5.9	104.4 ± 4.0	307.2 ± 4.4	Mo	nd	nd	nd
Au*	nd	nd	nd	Na	38.3 ± 3.0	34.0 ± 0.9	47.97 ± 0.06
B	15.1 ± 0.1	5.9 ± 0.2	13.80 ± 0.02	Ni*	45.3 ± 4.9	19.2 ± 1.2	22.1 ± 3.2
Ba*	623.7 ± 4.0	428.0 ± 21.6	979.8 ± 19.8	P/%	0.936 ± 0.004	1.160 ± 0.000	1.023 ± 0.004
Bi*	37.3 ± 0.7	27.9 ± 0.3	31.4 ± 2.7	Pb*	86.7 ± 5.7	11.9 ± 2.1	133.6 ± 3.9
Ca	128.7 ± 1.5	68.1 ± 0.6	146.6 ± 3.8	Rb	84.3 ± 0.4	82.7 ± 1.8	119.4 ± 0.8
Cd	13.5 ± 0.2	17.2 ± 0.6	12.7 ± 0.4	S/%	0.5564 ± 0.0009	0.3667 ± 0.0008	0.564 ± 0.002
Cr*	257.5 ± 22.6	62.8 ± 3.3	83.98 ± 0.09	Sb*	nd	nd	nd
Co*	294.4 ± 10.8	224.8 ± 27.1	146.2 ± 4.0	Se*	425.0 ± 9.3	251.8 ± 15.9	827.1 ± 5.8
Cu	45.6 ± 0.5	110.0 ± 0.4	49.78 ± 0.06	Sn*	89.2 ± 4.8	31.9 ± 5.8	181.6 ± 5.4
Fe	85.9 ± 2.0	56.3 ± 1.8	78.93 ± 0.03	Sr*	792.4 ± 11.2	356.2 ± 3.9	922.9 ± 15.5
Hg*	426.0 ± 5.2	986.4 ± 7.2	454.9 ± 7.6	Ti	2.2 ± 0.2	1.26 ± 0.02	2.9 ± 0.1
K/%	2.27 ± 0.03	2.361 ± 0.008	2.2 ± 0.1	V*	nd	nd	nd
La*	147.2 ± 16.6	nd	230.7 ± 8.5	Zn	85.7 ± 1.0	91.6 ± 2.6	88.7 ± 0.5

注：浓度为 mg · kg⁻¹，* 浓度为 μg · kg⁻¹，nd 为未检出。

与一些常见的大型真菌相比,姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 具有较强的累积能力. 图 1 比较了同一产地(四川省松藩)姬松茸与雪茸、相思菌、冷香菇和雪花菇中 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的含量,从图 1 可以看出,姬松茸中 Cu, Ag, Cd 和 Hg 的含量远高于雪茸、相思菌、冷香菇和雪花菇中相应元素的含量;而 Zn 尽管在同一产地的大型真菌中含量差异相对较小,但也以在姬松茸中含量为最高. 姬松茸中 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的含量也高于许多其它种类的野生或人工栽培的食用菌(如香菇、鸡腿菇、白灵菇、草菇、长根菇、猴头菇、珍珠菇、茶树菇、花菇、金顶菇和鸡枞菌等)中相应元素的含量.

不同产地的姬松茸中, Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量的趋势为: 四川省松藩 < 福建省古田 < 江西省玉山. 由于姬松茸子实体的寿命非常短暂, 每潮菇周期仅为 10d 左右, 故在上述三个远离严重大气污染的地区, 姬松茸子实体中的矿物质元素主要来源于菌丝体从培养基中的吸收, 而培养基原料多为就地取材, 因此, 不同产地的姬松茸中, Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量的差异, 实际上反映了大陆地壳不同地区化学元素丰度的差异. 江西省 Cu 和 Ag 的储量高居全国榜首, 玉山县所在的赣东北地区更为我国重要的有色金属与贵金属矿化密集区, 且矿床往往出现伴生现象, 因此, 当地岩石及土壤中 ds 区元素的含量较高, 这可能是导致出产于江西省玉山的姬松茸中, Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量较高的主要原因.

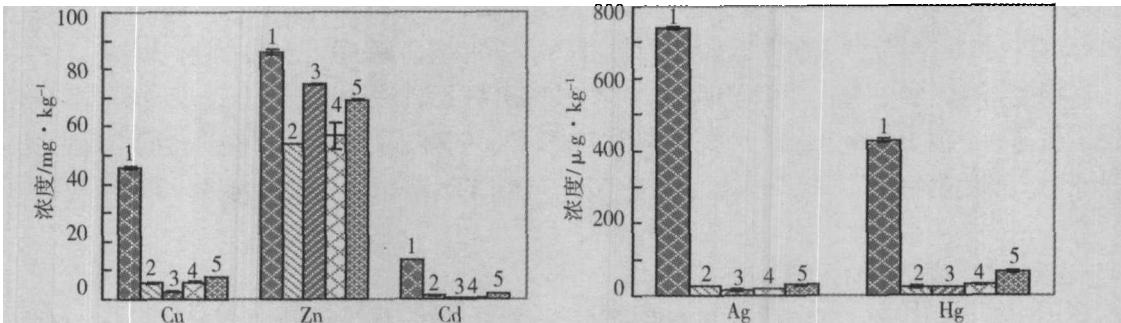


图 1 四川省松藩姬松茸和其它四种大型真菌中 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量的比较
1. 姬松茸 *Agaricus blazei* Murill; 2. 雪茸 *Pleurotus cryngii* (DC. exfr.) Quel; 3. 相思菌 *Pleurotus citrinopileatus* sing; 4. 冷香菇; 5. 雪花菇
Fig. 1 Comparison of Cu, Zn, Ag, Cd and Hg contents between *Agaricus blazei* Murill and four kinds of mushrooms produced in the same cultivation region

3 姬松茸中 Hg 元素形态分析

与 Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ 和 Cd^{2+} 不同的是, Hg^{2+} 可被环境中分布的一些种群的微生物甲基化, 生成毒性更强且具有生物积累与生物放大效应的 CH_3Hg^+ (亦存在非生物甲基化过程), 因此, 对姬松茸中所累积的 Hg 元素进行形态分析很有必要. 为了获得准确的 Hg 元素形态分析结果, 应选择条件较为温和的样品提取方法, 以避免 CH_3Hg^+ 离子中 Hg—C 之间的共价键发生断裂, 本文采用 $6\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ HCl 作为溶剂, 超声作为辅助手段, 提取效果良好. 从实验获得的 HPLC-ICP-MS 谱图可知, 在仪器检测限之上, 姬松茸中 Hg 元素只存在 CH_3Hg^+ 和 Hg^{2+} 二种形态, 其中 CH_3Hg^+ 在谱图上率先出峰. 三种不同产地姬松茸中所累积的 Hg 主要为 Hg^{2+} , 含量可以相差很大, 但 CH_3Hg^+ 含量相差不大, 所占总 Hg 比例均在 15% 以下(表 2).

表 2 三种不同产地姬松茸中 Hg 形态 HPLC-ICP-MS 分析结果
Table 2 Determination of the mercury species in *Agaricus blazei* Murill mushrooms produced in three different cultivation regions of southern China by HPLC-ICP-MS

	四川省松藩	江西省玉山	福建省古田
$\text{CH}_3\text{Hg}^+/\mu\text{gHg} \cdot \text{kg}^{-1}$	62.6 ± 1.2	72.1 ± 2.2	62.5 ± 2.1
$\text{Hg}^{2+}/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	332.0 ± 8.6	889.0 ± 10.6	384.0 ± 7.8
$(\text{CH}_3\text{Hg}^+/\text{总 Hg})/\%$	14.7	7.3	13.7

4 姬松茸中 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 及一些相关元素的分布特征

由表 3 可知, Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 在姬松茸中的分布非常具有规律性, 表现为从菌柄下部到上部、从菌盖中心到边缘含量逐渐增加, 并且在产生孢子的菌盖部位的平均含量总是高于在菌柄部位的平均含量, Mg 和 Mn 亦采取此种分布模式. P 在姬松茸中的分布模式与 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 完全一致, 并且在不同产地的姬松茸中, Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量愈高, 则 P 含量也愈高(Mg, Mn 与 P 情形相同, 见表 1), 说明 P 有助于提高姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的累积能力. 其可能机理为: (1)P 含量愈高, 姬松茸中磷酸根基团的数目就愈多, 就愈能吸附更多的金属离子; (2)P 是菌丝细胞 DNA 和 RNA 的组成成分, P 含量愈高, 则意味着子实体中三级菌丝交织愈紧密, 细胞壁的总面积也就愈大. Ca 在姬松茸中的分布模式较为独特, 表现为在 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 含量愈高的部位其含量愈低, 说明 Ca 可能会与 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 竞争相同吸附位点, 拮抗姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的累积作用. 尽管有文献报导姬松茸中胱氨酸(一种含 S 氨基酸)含量与 Cd 含量关联最大^[6], Se 也能拮抗重金属的毒性, 但 S, Se 与 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 在姬松茸中的分布模式却并非完全一致. 值得提及的是, S 和 Se 在姬松茸不同部位含量的相关性高达 0.9636, 说明姬松茸具有相同的 S 和 Se 吸收和转运机制.

Pb 虽然是一种常见的污染元素, 但姬松茸中 Pb 含量很低, 其分布特征表现为从菌柄下部到上部含量逐渐降低、从菌盖中心到边缘含量又逐渐增加, 与 Al 和 Fe 的分布特征一致. 分析多株三种不同产地的姬松茸子实体, 未发现 Pb, Al 和 Fe 分布特征有任何改变. 鉴于姬松茸子实体在生长发育过程中需要大量的水分, 推测 Pb^{2+} 是被水中的天然胶体微粒所包围或吸附, 并随之发生迁移, 这种胶体微粒主要由 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 等离子水解形成. 由于高等维管束植物输导组织较为复杂, 这种胶体微粒在发生迁移时会受到很多阻碍, 故 Pb^{2+} 多累积于植物根部, 而植物叶片中的 Pb 主要来源于大气气溶胶的干、湿沉降.

表 3 姬松茸中 Cu, Zn, Ag, Cd, Hg 及一些相关元素的分布特征
Table 3 The distribution patterns of Cu, Zn, Ag, Cd, Hg and some related elements in *Agaricus blazei* Murill

	菌柄 (下部)	菌柄 (中部)	菌柄 (上部)	菌盖 (中心)	菌盖 (中间)	菌盖 (边缘)
Cu/mg · kg ⁻¹	45.01	54.31	59.78	68.37	93.00	123.7
Zn/mg · kg ⁻¹	52.08	74.78	92.87	97.90	142.2	171.9
Ag/mg · kg ⁻¹	0.6194	0.9780	1.083	0.9462	1.402	1.822
Cd/mg · kg ⁻¹	5.669	9.079	10.60	13.27	21.64	28.30
Hg/μg · μg ⁻¹	136.1	150.2	180.6	141.3	242.5	472.8
P/%	0.7324	0.7814	0.8383	0.8050	1.218	1.628
S/%	0.4632	0.3903	0.5168	0.6151	0.7861	0.9479
Se/μg · kg ⁻¹	276.6	241.8	291.1	315.0	357.9	495.1
Mg/mg · kg ⁻¹	511.8	690.4	746.2	807.7	1099	1414
Mn/mg · kg ⁻¹	3.798	3.854	4.404	4.383	6.137	7.271
Al/mg · kg ⁻¹	35.61	17.47	5.573	12.51	28.46	33.73
Fe/mg · kg ⁻¹	75.97	28.09	13.48	13.52	31.25	32.68
Pb/μg · kg ⁻¹	84.21	65.95	46.55	96.25	110.6	117.2
K/%	1.387	1.375	1.377	1.419	1.522	1.592
Ca/mg · kg ⁻¹	166.8	53.77	33.50	117.5	62.36	44.75

姬松茸累积 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的机理目前尚不十分明了. X 射线能谱仪分析表明, 一些大型真菌如雪茸、相思菌、冷香菇和雪花菇的能谱图上, 强度从高到低只呈现 C, O, K, P 和 S 的特征峰, 而姬松茸中除 P 和 S 含量高于这些大型真菌外, 在能谱图上还呈现 N 和卤素(Cl 或 Br)的特征峰, 并且菌盖部分 N 的峰强度明显高于菌柄部分 N 的峰强度. 姬松茸中多肽及蛋白质含量极为丰富, 可能是能谱图上 N 特征峰的主要信号来源, 而部分多肽及蛋白质能与游离重金属离子结合, 从而降低

重金属对菌丝细胞的毒害. 引人关注的是, Cl^- 和 Br^- 均能与 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 的离子形成配合物, 可能对姬松茸中 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 累积特性的形成具有重要作用. 此外, ICP-OES 分析表明, 姬松茸中 Al 和 Si 含量也远高于同一产地的其它种类大型真菌, 而 Si 含量高有助于增强姬松茸的抗逆性. 另一方面, 从生物形态结构来看, 姬松茸的菌柄中心存在一条细的孔道, 内多絮状物, 也有利于 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 从菌丝体向子实体的迁移.

综上所述, 姬松茸对 Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 具有较强的累积能力, 其中 Hg 以 2 种形态存在, 主要为 Hg^{2+} , CH_3Hg^+ 占总 Hg 比例在 15% 以下. Cu, Zn, Ag, Cd 和 Hg 在姬松茸子实体中是表现为从菌柄下部到上部、从菌盖中心到边缘含量逐渐增加, 与 Mg, Mn 和 P 的分布特征完全一致.

参 考 文 献

- [1] 李开本, 陈体强, 徐洁等, 巴西蘑菇富镉特性研究初报 [J]. 食用菌学报, 1999, 6 (1): 55—57
- [2] 黄建成, 李开本, 何锦星等, 姬松茸镉累积特性研究 I. 培养基镉污染对子实体的效应 [J]. 福建农业学报, 2006, 21 (3): 240—243
- [3] 黄建成, 应正河, 余应瑞等, 姬松茸对重金属的富集规律及控制技术研究 [J]. 农业资源与环境科学, 2007, 23 (3): 406—409
- [4] 王小平, 项苏留, 微波消解-ICP-OES, AAS 和 AFS 测定大蒜不同部位 20 种元素含量 [J]. 光谱学与光谱学分析, 2006, 26 (10): 1907—1911
- [5] Satoshi Yoshida, Yasuyuki Muramatsu, Concentrations of Alkali and Alkaline Earth Elements in Mushrooms and Plants Collected in a Japanese Pine Forest, and Their Relationship with ^{137}Cs [J]. J. Environ. Radioactivity, 1998, 41 (2): 183—205
- [6] 江枝和, 翁伯琦, 王义祥等, 利用灰色系统分析姬松茸子实体中氨基酸含量与镉含量的关系 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24 (6): 1259—1261

A PRELIMINARY STUDY ON ACCUMULATION CHARACTERISTICS OF COPPER, ZINC, SILVER, CADMIUM AND MERCURY IN *AGARICUS BLAZEI* MURILL

WANG Xiao-ping¹ LI Ting¹ LI Bai²

(1 School of Radioactive Medicine and Public Hygiene, Suzhou University, Suzhou, 215123, China;

2 Key Laboratory of Nuclear Analytical Techniques, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

ABSTRACT

After a microwave decomposition, the contents of Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V and Zn in the fruiting bodies of *Agaricus blazei* Murrill produced in three different cultivation regions of southern China were determined by ICP-OES, AAS and AFS, and the mercury species were separated and determined by HPLC-ICP-MS. Moreover, the distribution patterns of ds elements and some related elements were surveyed in *Agaricus blazei* Murrill. Compared with other mushrooms, *Agaricus blazei* Murrill has a peculiar characteristic of accumulating Cu, Zn, Ag, Cd and Hg in its tissues. Only two mercury species were found in *Agaricus blazei* Murrill, a great majority of accumulated mercury is in the form of Hg^{2+} , and the ratios of $\text{CH}_3\text{Hg}^+/\text{Hg}_{\text{total}}$ in all samples are below 15.0%. From low stipe to high stipe, from centric pileus to outer pileus, the contents of Cu, Zn, Ag, Cd and Hg in *Agaricus blazei* Murrill become more and more high, P can facilitate ds element accumulation, but Ca seems to play an opposite role.

Keywords: *Agaricus blazei* Murrill, copper, zinc, silver, cadmium, mercury, speciation analysis.