

# 富硒木耳栽培硒多糖提取及抗铅抗汞的研究

张百岩<sup>1</sup>, 张天扬<sup>2</sup>, 王 粟<sup>3</sup>, 梁 英<sup>4</sup>, 杨忠文<sup>5</sup>, 栾少波<sup>5</sup>, 何海洋<sup>5</sup>

(1. 黑龙江省农业环境保护监测站, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨理工大学计算机与测控学院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 3. 黑龙江省教育学院化学系, 黑龙江 哈尔滨 150080; 4. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030; 5. 黑龙江省木兰县农业技术推广中心, 黑龙江 木兰县 151901)

**摘要:** 以木耳为载体, 通过在培养基中加入不同浓度的硒溶液进行富硒栽培, 获得了富硒木耳, 硒含量对比照提高 844—3 336 倍。并以富硒木耳为原料, 采用稀碱浸提法提取木耳硒多糖。以大鼠为实验动物进行了硒多糖的抗铅、抗汞试验。试验表明, 亚硒酸钠和硒多糖均可增加大鼠各组织的硒含量, 降低各组织的汞和铅含量, 且硒多糖的效果好于亚硒酸钠。

**关键词:** 富硒; 木耳; 硒多糖; 提取; 抗铅; 抗汞

中图分类号: S131 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 0267(2002)04 - 0309 - 05

## Characters of Anti - Mercury and Anti - Lead for Selenium - Enriched *Auricularia auricula* : Cultivation and Extraction of Selenium Polysaccharide

ZHANG Bai - yan<sup>1</sup>, ZHANG Tian - yang<sup>2</sup>, WANG Li<sup>3</sup>, LIANG Ying<sup>4</sup>, YANG Zhong - wen<sup>5</sup>, LUAN Shao - bo<sup>5</sup>, HE Hai - yang<sup>5</sup>

(1. Heilongjiang Agriculture Environment Protecting Monitoring Station, Harbin 150090, China; 2. Harbin Institute of Science and Technology, Harbin 150080; 3. Heilongjiang College of Education, Harbin 150080; 4. Northeast Agriculture University, Harbin 150030; 5. Mulan Municipality Agro - technique Spread Center of Heilongjiang 151901, China)

**Abstract:** Using *Auricularia auricula* as carriers and putting selenium solution with different concentrations into cultural medium, we gained selenium - enriched *Auricularia auricula*. It has been found that the increased selenium contents of selenium - enriched *Auricularia auricula* 844 - 3336 times, respectively more than that in controls, if using dilute solution extraction method for extraction of selenium polysaccharide of *Auricularia auricula*. In a lab test of utilizing rats, the selenium polysaccharide exhibited anti - mercury and anti - lead properties. It has shown that sodium selenite and selenium polysaccharide all could increase the selenium contents in tissues of rats, and could make Hg contents, in their tissues decrease, suggesting that selenium polysaccharide anti - mercury and anti - lead influences were stronger than sodium selenite.

**Keywords:** selenium - enriched; *Auricularia auricula*; polysaccharide anti - mercury anti - lead

近年来国内外研究表明, 食用菌有较强的富硒能力, 可通过菌丝体使无机硒吸收转化富集于子实体中。本研究试图通过富硒木耳栽培, 进而提取出有效成分木耳硒多糖, 并进行大鼠动物实验, 探讨硒多糖对抗铅、抗汞的毒性作用和效果。

## 1 材料和方法

### 1.1 富硒木耳栽培试验

#### 1.1.1 试验材料

菌种: 木耳 *Auricularia auricula* 8808、935 分别由黑龙江省尚志市珍珠乡多种经营科技站、黑龙江省八一农垦大学食用菌研究所提供。

培养基: 母种培养基(PDA); 原种培养基(玉米、原种驯化硒溶液); 栽培种培养基(锯末 80%、麦麸 12%、黄豆粉 1%、玉米面 2%、石膏 0.5%、石灰 0.5%, 分别加栽培硒溶液、栽培复合硒溶液)。

试剂:  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , AR, 沈阳市试剂二厂; 腐植酸由东北农业大学腐植酸课题组提供。

设备: 常压灭菌锅, 喷雾器, 聚丙烯塑料袋(17 cm × 33 cm)。

#### 1.1.2 试验方法

收稿日期: 2002 - 02 - 07; 修订日期: 2002 - 05 - 23

作者简介: 张百岩(1943—), 男, 高级工程师, 黑龙江省农业环境保护监测站副站长。

原种驯化:分别量取原种驯化硒溶液 0、30、60、90 mL 加到文火加热的玉米水中,最终使硒浓度为 0、30、60、90 mL · kg<sup>-1</sup>,捞出晾半干分装到 8 个瓶中,灭菌接母种后移入培养室,室温 22 °C ± 1 °C 培养,记录发菌天数、菌丝生长状况。

富硒栽培:将不同剂量栽培硒溶液(亚硒酸钠溶液)及栽培复合硒溶液(亚硒酸钠溶液加腐植酸)分别加到拌料水中进行搅拌,使栽培培养基中最终的硒含量分别为 0、20、40、60、80、100 mg · kg<sup>-1</sup>。共设 10 个处理,二个对照(CK),分别将 2 kg 栽培培养基分装在 12 个塑料袋内,编号,并放入高压灭菌锅中进行灭菌。当温度达 100 °C 时,保持 10—12 h,起锅后移入接种室冷却;待温度降至 28 °C 以下时,接入各自未驯化及驯化长势好的菌种。接种后将菌袋移入培养室培养,前 10d 温度控制在 26 °C 左右,以后温度控制在 20 °C ± 1 °C,每天通风 2—3 次,每次 5—8 min,室内湿度保持在 55%—65% 以上。记录发菌天数及菌丝长势。待菌丝长满袋后,搭建耳棚,挂袋前用 5% 石灰水浸泡 1 min,干燥后去掉棉塞和颈圈,用绳子扎住袋口,用无菌刀片分别在菌袋上割 10—12 个 V 字形口,长度均为 1.5—2 cm,割口后挂袋出耳,棚内温度控制在 15 °C—25 °C,空气相对湿度挂袋初期控制在 60%—80%,出耳旺期提高到 90%—95%,待耳片充分展开,按同一标准随即分别采收 6 袋记产,每袋随机采收 3—4 朵,自然风干后,装袋备用待测。

### 1.1.3 富硒效果的测定

样品经混酸消化后,硒均转变为 4 价无机硒,在酸性条件下,4 价硒与 DAN(2,3-二氨基萘)反应生成 4,5-苯并苯硒脑(4,5-Benzopiaslenol),然后用环己烷萃取。该络合物在紫外光激发下产生荧光,其强度与络合物的浓度成正比,从而可计算出样品中硒的含量。

已知硒含量在 0.5 mg · kg<sup>-1</sup> 以上时荧光强度和硒含量呈线性关系,故在大量测定样品时,只需作试验空白与样品硒含量相近的标准管(双管)即可。

## 1.2 木耳硒多糖提取分离方法<sup>[2]</sup>

### 1.2.1 稀碱浸提法

称取已粉碎烘干过筛的富硒木耳子实体粉 2.000 g,加浸提剂 77 倍,浸提 5 次,浸提时间 2.3 h,浸提温度 93 °C;用 0.5 mol · L<sup>-1</sup> 氢氧化钠溶液进行热水浴浸提。每隔 30 min 充分搅拌一次,每次浸提后减压过滤,合并滤液,把各滤液在 93 °C 恒温水浴中减压浓缩至原体积的 1/5 左右(提取氢氧化钠溶液,需用盐酸

中和,将 pH 值调至中性,以防多糖水解)。然后加 3 倍体积的 95% 乙醇醇析 24h,离心 15 min(3 000 r · min<sup>-1</sup>),收集醇析沉淀物。用蒸馏水溶解醇析沉淀物,用自来水透析 48 h,然后用 Sevag 法除蛋白 5—6 次,再用蒸馏水透析 48 h,适当浓缩,加 3 倍体积的 95% 乙醇醇析 24 h,离心 15 min,收集沉淀。用无水乙醇、乙醚洗涤沉淀物各 3 次,冷冻干燥、粉碎得富硒木耳除蛋白硒多糖。

### 1.2.2 木耳硒多糖鉴定方法

应用 α-萘酚反应,茛三酮反应,硫酸酮反应对多糖进行鉴定。

### 1.2.3 木耳硒多糖中糖含量测定方法

采用苯酚-硫酸法<sup>[3]</sup>。

### 1.2.4 木耳硒多糖中硒含量测定方法

采用荧光法测定。

## 1.3 木耳硒多糖对大鼠组织中硒、铅、汞含量的影响试验

### 1.3.1 试验动物分组及给药方式

试验动物采用体重为(167 ± 9) g 的 WKH 系雄性大鼠 30 只(由哈尔滨医科大学第三医院试验动物中心提供),随机分成 3 组,每组 10 只,分别饲以普通饲料(硒含量为 0.149 7 mg · kg<sup>-1</sup>),添加亚硒酸钠和硒多糖饲料(硒含量为 0.438 7 mg · kg<sup>-1</sup>),饲料组成为:玉米 70%、大豆 29%、食盐 1%,自由进食进水。

给药方式采用腹腔注射方法。给药量为:铅 20 mg · kg<sup>-1</sup>、汞 0.25 mg · kg<sup>-1</sup>(药量 · 体重<sup>-1</sup>)。前 2 次隔日给药,第 3 次 3 d 给药,第 4 次、5 次隔 4 d 给药。第 5 次给药后饲养 9 d 后断脊处死取样。

### 1.3.2 测定方法

铅含量测定采用原子吸收法<sup>[4]</sup>;汞含量测定采用冷原子吸收法<sup>[5]</sup>;硒含量测定采用压力消解-荧光法<sup>[6]</sup>;统计方法采用 t 检验及两组比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 富硒木耳栽培及富硒效果试验结果

#### 2.1.1 硒驯化对原种菌丝生长状况的影响

由试验观察结果可见,原种经硒驯化后,菌丝生长正常。硒浓度为 30 和 60 mg · kg<sup>-1</sup> 时,菌丝形态浓白粗壮;硒浓度为 90 mg · kg<sup>-1</sup> 时,菌丝生长受到抑制,菌丝形态前期纤弱,后期浓白。硒浓度为 60 mg · kg<sup>-1</sup> 时,菌丝发育最好,生长势强,发菌天数短,表明一定浓度的硒对菌丝生长有促进作用。当硒浓度增大到一定值时,对菌丝生长又产生了抑制作用。本试验

当硒浓度为  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,对菌丝生长最有利。

### 2.1.2 培养基施硒对菌丝生长及子实体生长周期的影响

由试验结果可见,培养基中施加不同浓度的栽培硒溶液和栽培复合硒溶液对菌丝生长的影响各不相同。施硒浓度低于  $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,菌丝生长速度快,发菌时间短,菌丝浓白粗壮,出耳时间短,整齐度也有一定程度的提高;施硒浓度为  $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上时,菌丝生长速度慢,发菌天数长,出耳时间拖后并延长,整齐性差;施硒浓度为  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,菌丝长势最好,施复合硒溶液效果更佳。施低浓度硒溶液较对照比,提前 0—3 d 现原基,发菌天数缩短 1—9 d,出耳天数提前 1—9 d,菌丝形态、色泽未见差异。施高浓度硒溶液与对照相比,拖后 0—3 d,发菌天数拖后 0—10 d,出耳天数拖后并延长 2—14 d。菌丝前期纤弱、发红、生长缓慢。吃料至 1/4 袋深后,菌丝逐渐粗壮、深白,与对照相比差别不大。这说明硒浓度低对菌丝生长有促进作用,浓度高有抑制作用。木耳对硒耐受力高于金针菇<sup>[7]</sup>。

### 2.1.3 木耳富硒栽培对子实体产量的影响

从表 1 可见,在常规培养基中施加一定浓度的硒溶液,可影响子实体的产量。低浓度时,单施硒可使木耳产量提高 3.0%—10.3%,复合施硒可使木耳产量提高 3.2%—16.8%;高浓度时,单施硒可使木耳产量下降 3.8%—19.9%,复合施硒可使木耳产量下降 0.2%—16.1%。

表 1 木耳富硒栽培的产量(g)

Table 1 Output of *Lentinus edodes* and *Auricularia auricula* richen Se(g)

培养基中 硒浓度/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	A 单纯施硒(培养基 中不含腐植酸)	B 复合施硒(培养基 中含 0.2% 腐植酸)
A <sub>1</sub> (0)	21.7	22.4
A <sub>2</sub> (20)	22.3	23.7
A <sub>3</sub> (40)	23.7	25.4
A <sub>4</sub> (60)	23.9	25.2
A <sub>5</sub> (80)	20.9	21.8
A <sub>6</sub> (100)	17.4	18.2

注:木耳为干重。

对表 1 试验结果作方差分析及  $F$  测验。经  $F$  测验,木耳  $F_A = 79.2 > F_{0.01}$ ,说明硒浓度对木耳产量的影响差异极显著; $F_B = 23.1 > F_{0.01}$ ,说明腐植酸对木耳产量的影响差异极显著; $F_{A \times B} = 0.429 < F_{0.05}$ ,说明硒与腐植酸互作对木耳产量的影响差异不显著。

因硒浓度对产量的影响差异极显著,因而对此进

行多重比较,结果见表 2。

表 2 差异显著性测验(SSR)

Table 2 Determination of diversity outstanding strength (SSR manner)

硒浓度 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / $\text{g} \cdot \text{bag}^{-1}$	平均数	差异				
		$\bar{X}_i 17.79$	$\bar{X}_i 21.32$	$\bar{X}_i 22.02$	$\bar{X}_i 23.02$	$\bar{X}_i 24.50$
A <sub>4</sub> (60)	24.58	6.79**	3.26**	2.53**	1.56**	0.08
A <sub>3</sub> (40)	24.50	6.71**	3.18**	2.45**	1.48**	
A <sub>2</sub> (20)	23.02	5.23**	1.76**	0.97*		
A <sub>1</sub> (0)	22.05	4.26**	0.73			
A <sub>5</sub> (80)	21.32	3.53**				
A <sub>6</sub> (100)	17.79					

由表 2 可见,除 A<sub>4</sub> 与 A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub> 与 A<sub>1</sub> 差异不显著外,其余二者之间差异均极显著,其中 A<sub>3</sub> 对木耳增产效果最好,较对照增产 12.5%。虽然 A × B 互作差异不显著,但施腐植酸比单施硒有更突出的增产效果,较单施硒增产 6.7%,从经济效益看最好采用 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>。

### 2.2 木耳富硒效果试验结果

试验结果见表 3。

表 3 木耳富硒栽培的试验结果

Table 3 The result of *Lentinus edodes* and *Auricularia auricula* cultured in media rich of selenium

培养基中硒浓度 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	木耳子实体中硒含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	
	单纯施硒	复合施硒
0	0.037	0.036
	0.039	0.039*
20	34.32	31.24
	48.42	41.41*
40	56.20	56.24
	81.44	61.43*
60	74.63	67.00
	103.45	89.40*
80	99.34	81.46
	119.47	111.46*
100	107.72	103.43
	131.42	123.45*

注:\* 数据为原种经硒驯化,硒浓度是培养基中最终硒含量。

由表 3 可见,将硒溶液及复合硒溶液加到培养基中制成不同浓度的培养基,均可提高子实体中的硒含量,且培养基中硒浓度与子实体中硒含量呈正相关。单施硒比复合施硒对提高子实体中硒含量效果更佳,原种经驯化后更有利于子实体对硒的吸收。富硒木耳的硒含量从 34.32—131.42  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比普通木耳硒含量提高 884—3 336 倍。

### 2.3 木耳硒多糖的性质及鉴定

用稀碱浸提法提取出来的木耳硒多糖进行多糖含量、硒含量的测定及鉴定,其结果见表 4。

由表 4 可见,从富硒木耳中提取到天然硒多糖,

表4 木耳硒多糖的鉴定

Table 4 Identification of Auricularia auricula selenium polysaccharide

CuSO <sub>4</sub>	茚三酮反应	α-萘酚反应	多糖含量/%	硒含量/mg·kg <sup>-1</sup>
—	—	+	73.86	23.77
无蛋白	无蛋白 无小分子肽	无氨基酸 多糖特征反应	此多糖是硒多糖	

注:—为无反应,“+”为有反应。

表5 大鼠组织中硒、铅、汞的含量(X±S,湿组织)

Table 5 Contents of Se, Pb, Hg in tissues of rats (X±S wet tissue)

元素	组织	对照组	亚硒酸钠组	硒多糖组
Se	血	0.087±0.008 07	0.141 9±0.0121 <sup>A</sup>	0.177 4±0.014 5 <sup>A</sup>
	心	0.828 3±0.110 6	1.213±0.096 <sup>a</sup>	1.818±0.147 1 <sup>AB</sup>
	肝	0.774 3±0.082 8	1.549±0.141 5 <sup>A</sup>	2.322±0.231 8 <sup>AB</sup>
	肾	0.789 3±0.102 4	1.108±0.134 2 <sup>a</sup>	1.973±0.204 8 <sup>AB</sup>
	肺	0.551 1±0.073 8	0.598 6±0.064 6	0.991 9±0.118 1 <sup>ab</sup>
	脑	0.883 9±0.078 0	0.962 3±0.052 4	1.597 8±0.986 4
Pb	血	4.243±0.932 1	3.514±0.419	2.970±0.558 4
	心	276.7±33.9	251.8±33.28	183.7±23.77 <sup>a</sup>
	肝	2 571±1 016	1 415±187.6	1 032±147.8
	肾	5 187±1 480	4 784±1 416	3 631±1 184
	肺	5 679±1 951	3 917±694.2	3 133±518.3
	脑	296.2±36.31	231.6±20.38	185.3±14.27 <sup>a</sup>
Hg	血	0.126 7±0.067 4	0.140 2±0.035 4	0.084 1±0.026 18
	心	0.284 6±0.084 8	0.132 8±0.042 4	0.079 5±0.024 3 <sup>a</sup>
	肝	0.454 1±0.249 3	0.217 8±0.124 5	0.187 1±1.100 8 <sup>a</sup>
	肾	0.751 0±0.294 5	0.600 8±0.025 6	0.475 2±0.132 5
	肺	0.469 0±0.228 1	0.234 8±0.106 9	0.166 7±0.093 2
	脑	0.100 9±0.055 9	0.082 3±0.020 6	0.061 2±0.018 3

注:动物数 n=9 A P<0.01 a P<0.05(与对照相比);B P<0.01 b p<0.05(与亚硒酸钠相比)。血单位为 mg·L<sup>-1</sup>,其余各组织单位为 mg·kg<sup>-1</sup>。

且硒含量明显高于一般天然硒化合物中的硒含量,这一结果进一步证实了硒多糖的存在,为硒多糖的开发利用提供了依据。

#### 2.4 木耳硒多糖对大鼠组织中硒、汞、铅含量的影响试验结果

由表5可见,在本试验浓度下,亚硒酸钠和硒多糖均可使大鼠各组织硒含量增加。亚硒酸钠使心、肾硒含量显著增加(P<0.5),使血、肝硒含量极显著增加(P<0.01);硒多糖使肺硒含量显著增加(P<0.05),使血、心、肝、肾硒含量极显著增加(P<0.01),且亚硒酸钠和硒多糖对有些组织硒含量的影响差异达到显著水平(P<0.05),硒多糖的补硒效果更好。亚硒酸钠和硒多糖也均可降低大鼠各组织中的铅、汞含量,减少汞、铅在体内的蓄积。但硒多糖的排铅、排汞效果较亚硒酸钠明显,对有的组织可达显著水平。总之,无论从补硒还是从抗铅、抗汞硒多糖的效果都好于亚硒酸钠。

## 3 讨论

### 3.1 木耳富硒栽培的可行性

以食用菌木耳为载体,在培养基中施硒进行无机硒转化均可提高子实体中的硒含量,且子实体中硒含量与硒加入量呈正相关,富硒木耳硒含量比对照提高884—3 336倍(一般木耳含硒量约为0.026 9±0.009 0 mg·kg<sup>-1</sup>)。木耳有很强的富硒能力,单施硒比复合施硒效果更好,这可能是由于硒与腐植酸作用,硒进入到腐植酸的结构中,形成Se=O、Se-H<sup>[8]</sup>。从而降低了可利用硒的浓度所致。也有文献报道,硒可能以大分子的腐植酸络合物的形式存在,而降低植物对硒的吸收。

### 3.2 木耳硒多糖的抗铅、抗汞效果

硒具有拮抗铅、汞的作用,已被大量试验所证实。本试验表明,亚硒酸钠和硒多糖均可使大鼠各组织中的硒含量升高,经统计学分析呈显著或极显著的影响,且硒多糖效果更明显。硒多糖在体内提供的有

机态硒可以延长在体内的存留时间,因而迅速提高各组织中的硒含量。同时亚硒酸钠和硒多糖也降低了大鼠各组织中的铅、汞含量,防止铅、汞中毒。硒多糖的排铅、排汞作用也强于亚硒酸钠。有人报道硒可部分地降低铅中毒及硒缺乏而引起的大鼠  $\alpha$ -氨基乙酰丙酸尿排泄物的增加,部分地缓解铅引起大鼠组织中 ALA-脱水,酶活性的降低,这说明硒可拮抗铅的中毒,同时也说明拮抗作用的大小与硒水平有关。本试验排铅效果不明显可能是由于硒的剂量不够所致。硒多糖可使大鼠心、肝、肺中汞含量显著降低,而对其它组织中汞含量影响不大。说明硒可拮抗在心、肝、肺中的蓄积,也能不同程度地降低其它组织中汞含量。但也有人提出硒通常使肾中的汞减少,使其它组织中的汞增加,如血、肝、肌肉、脑和睾丸<sup>[11]</sup>。然而他们没提出试验前提,我们在这方面做了一些具体工作,在硒含量为  $0.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  左右时,发现硒可使大鼠各组织中的汞含量减少。硒更有效地拮抗汞蓄积的最佳硒浓度范围有待进一步研究。

硒能防护或缓解汞中毒的生物化学机制至今尚未定论。有人认为硒对汞的毒性的保护作用,可能是由于使汞从低分子量蛋白结合转移到高分子量蛋白<sup>[11]</sup>,或是硒与汞在动物体内以摩尔比 1:1,形式结合成无活性状态的复合物,从而降低了游离汞的浓度,达到拮抗汞的作用<sup>[12]</sup>。Shamberyer 则认为硒能够消除机体内重金属的积累,具有解除重金属中毒的能力,其机理是硒被十二指肠吸收后有一部分与蛋白质相结合形成硒代氨基酸  $\text{R}_2\text{Se}$ ,该化合物是由酸  $\text{R}^+$ 与很弱的碱  $\text{Se}^{2-}$ 组成的,从电子酸碱理论上说比  $\text{R}^+$ 更弱的酸  $\text{Hg}^{2+}$ 与弱碱  $\text{Se}^{2-}$ 匹配性更好,能取代  $\text{R}_2\text{Se}$  中的  $\text{R}^+$ 或与  $\text{Se}^{2+}$ 形成化合物<sup>[13]</sup>。而硒能降低铅的毒性,所包含的机理与抗脂质过氧化有关。铅中毒引起机体内较大程度的脂质过氧化,硒可对抗这种作用而防止出现铅中毒<sup>[14]</sup>。

以 1996 年 3 月 WHO/FAO/IAIE 确定的最低需要量和适宜需要量为标准,每日食用发泡木耳 50—100 g,硒含量应控制在  $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  左右为宜,可补足日需要量,若是在缺硒或汞污染严重地区,以富硒木耳作为补硒源可适当提高子实体中的硒含量,一般控

制在  $4-7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  为宜。

## 4 结论

(1) 在培养基中加入一定浓度的硒,可被菌丝吸收利用并富集,提高木耳子实体的硒含量,且子实体中的硒含量与硒加入量呈正相关,单施硒比复合施硒效果更好。菌种驯化更有利于对硒吸收,木耳有很强的耐硒和富硒能力,可使木耳硒含量提高数千倍,为富硒保健食品开发研究提供了依据。

(2) 应用稀碱浸提法,从富硒木耳中浸提出硒多糖含量达  $23.77 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,多糖含量达 73.86%,说明稀碱浸提法是可行的。

(3) 硒多糖具有较好抗铅、抗汞作用,可不同程度减低大鼠各组织中的铅、汞含量,迅速增加各组织中的硒含量,表明硒多糖抗铅、抗毒性是有效的。

## 参考文献:

- [1] 王光亚,等. 生物样品水及土壤中痕量硒的荧光测定法[J]. 营养学报,1985,7(1):39-44.
- [2] 姚占芳,等. 香菇多糖提取工艺条件和测定方法的研究[J]. 河南农业大学学报,1995,29(2):180-183.
- [3] Dubis M, et al. *Anal Chem*, 1956, 28: 350.
- [4] 周何初,等. 用原子吸收法测定大鼠全血及组织中无机元素[J]. 中国地方病学杂志,1998,(7):179.
- [5] 朱明华. 仪器分析[M]. 北京:高等教育出版社,272.
- [6] 于敬海,等. 压力消解—荧光法测定生物样品中的微量硒[J]. 哈医大学学报,1990,24(3):357.
- [7] 林琳. 富硒金针菇的深层培养及其特性[J]. 中国食用菌,1996,16(2):36-38.
- [8] 任淑芳. 腐植酸与硒作用机理初步研究[J]. 中国地方病防治杂志,1990,5(1):34.
- [9] 李国华,等. 校园大气铅污染对学生血铅铜锌和 SOD 的影响[J]. 中国公共卫生,1994,10(5):204.
- [10] 扬少之,等. 环境化学概论[M]. 哈尔滨:黑龙江科技出版社,1988. 49.
- [11] Whanger P D. 硒在重金属中毒处理中的作用[J]. 国外医学地理分册,1993,14(4):157-158.
- [12] 扬少之,等. 环境化学概论[M]. 哈尔滨:黑龙江科技出版社,1988. 49.
- [13] Shamberyer R T, et al. *Arch Environ Health*, 1976, 31: 231.
- [14] 郑见仙. 功能性食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,1995. 467.