

# 米糠和光皮树籽粕对平菇受铅、汞毒害的缓解作用

焦 帅 阮榕生 刘玉环 刘建强 彭 红

南昌大学食品科学与工程国家重点实验室/生物质转化教育部工程研究中心,南昌 330047

**摘要** 通过平板培养试验及袋栽试验,观察米糠和光皮树籽粕对平菇受铅、汞毒害的缓解效果。结果表明:当  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  的质量浓度分别达到 50、15 mg/L 时,对应的基础培养基中平菇菌丝的生长受到显著抑制;在正常的培养基中添加米糠和光皮树籽粕能显著促进平菇菌丝的生长(20.0 g/L 最佳),同时米糠和光皮树籽粕对  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  具有螯合作用;在受到 50 mg/L  $Pb^{2+}$  或 15 mg/L  $Hg^{2+}$  污染的培养基中,添加米糠或光皮树籽粕都具有显著的螯合解毒效果,受  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  毒害的平菇菌丝可以恢复生长。袋栽试验中,在被污染的栽培料中添加米糠或光皮树籽粕,表现出很强的螯合解毒和增产效果,其平菇子实体中的  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  含量都较相应的对照栽培处理配方有显著降低。

**关键词** 重金属; 平菇菌丝; 米糠; 光皮树籽粕; 解毒作用

**中图分类号** Q 935    **文献标识码** A    **文章编号** 1000-2421(2011)01-0115-06

平菇 (*Pleurotus ostreatus*) 属担子菌门,层菌纲,伞菌目,口蘑科,是广泛栽培的食用菌之一<sup>[1]</sup>。平菇以其高营养和药用价值倍受人们喜爱,新鲜的平菇富含碳水化合物、营养纤维、氨基酸、维生素、矿物质及生物活性物质<sup>[2]</sup>,但是随着环境污染的日益严重,食用菌栽培料中重金属污染程度呈提高的趋势,食用菌子实体中富集的重金属含量也趋于增加,给消费者的身体健康带来潜在危害<sup>[3]</sup>,亟待寻求有效控制食用菌子实体重金属富集的技术。米糠可以作为食用菌栽培辅料<sup>[4]</sup>,米糠中含有大量的植酸和油脂,植酸对重金属离子具有很强的螯合能力<sup>[5-6]</sup>。光皮树是一种高产优质的能源油料树种并具有食用油开发潜力,其干全果含油率达 33%~36%<sup>[7]</sup>,压榨后的光皮树籽粕中含有一定量的果胶、油脂,果胶具有结合铅、镍等重金属的能力<sup>[8]</sup>,油脂能够提高食用菌的产量和品质<sup>[9-10]</sup>。本试验通过平板培养探索米糠和光皮树籽粕解除  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  对平菇菌丝生长的毒害,为进一步寻求控制食用菌子实体中重金属富集的方法提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

米糠经粉碎,过孔径为 0.180 mm 筛。经测定,

试验用米糠中各物质含量为粗植酸钙 8.32%,油脂 19.50%,蛋白质 14.60%,灰分 7.60%,钙 0.055%,磷 1.35%,汞 0.006 mg/kg,铅 <0.056 mg/kg。

光皮树籽在常温冷榨条件下压榨,经过粉碎,过孔径为 0.180 mm 筛制得光皮树籽粕。光皮树籽粕中各物质含量为果胶 5.10%,油脂 11.50%,蛋白质 8.50%,灰分 7.80%,钙 1.80%,磷 0.17%,汞 0.031 mg/kg,铅 0.76 mg/kg。

平菇 1012 菌株由福建省三明市真菌研究所提供。琼脂、葡萄糖、硝酸铅、硝酸汞均为分析纯。

### 1.2 试验方法

1) 米糠和光皮树籽粕对溶液中  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  的吸附性。配制 3 组溶液,每组 5 瓶。A 组:取 5 个锥形瓶(编号为 A1~A5),分别加入 50 mL 50 mg/L 的  $Pb(NO_3)_2$  溶液,然后在 A2、A3 号瓶中分别添加米糠 0.5、1.0 g(即 10.0、20.0 g/L),在 A4、A5 号分别添加光皮树籽粕 0.5、1.0 g(即 10.0、20.0 g/L);间歇搅拌 24 h,静置 24 h;6 000 r/min,离心分离 A1~A5 号溶液 10 min,取上清液,采用原子吸收法测定其中的  $Pb^{2+}$  含量。B 组:取 5 个锥形瓶(编号为 B1~B5),分别加入 50 mL 15 mg/L 的  $Hg(NO_3)_2$  溶液,米糠和光皮树籽粕的添加量和检

收稿日期:2010-03-31

基金项目:江西省自然科学基金项目(2008GZH0047)和江西省农业产业化重大项目(2007BN12100)

焦 帅,硕士,研究方向:食品质量与安全。E-mail: shuaijiao25@gmail.com

通讯作者:刘玉环,博士,研究员,研究方向:食品资源(含生物质)利用。E-mail: liuyuhuan@ncu.edu.cn

测方法同 A 组, 测定溶液中的  $Hg^{2+}$  的含量。C 组: 取 5 个锥形瓶(编号为 C1~C5), 配制 50 mg/L  $Pb(NO_3)_2 + 15 \text{ mg/L } Hg(NO_3)_2$  的混合溶液, 米糠和光皮树籽粕的添加量和检测方法同 A 组, 测定混合溶液中的  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  含量。

2) 培养基制作。母种斜面培养基与活化平板菌种培养基均采用 PDA 培养基。试验所用平板采用直径为 9 cm 的培养皿, 装量为每皿 30 mL。基础培养基组成为葡萄糖 20 g, 尿素 0.91 g, 琼脂 20 g,  $V_B_i 0.01 \text{ g}, ddH_2O 1000.0 \text{ mL}, pH 5.5$ , 所有培养基分别用 250 mL 锥形瓶配制 100 mL。

①米糠和光皮树籽粕培养基的制作。在基础培养基中分别添加米糠(或光皮树籽粕)0、5.0、10.0、20.0、30.0 g/L, 按添加量的顺序标记序号, 米糠培养基为 R1~R5, 光皮树籽粕培养基为 O1~O5, 每个量做 3 个平行样。

②  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  质量浓度梯度培养基的制作。在基础培养基中分别添加  $Pb(NO_3)_2$  溶液 0、10.0、50.0、100.0、500.0、1000.0 mg/L, 依次标记序号为 Pb1~Pb6; 在基础培养基中分别添加  $Hg(NO_3)_2$  溶液 0、4.0、8.0、10.0、15.0、20.0 mg/L, 依次标记序号为 Hg1~Hg6。

③米糠和光皮树籽粕与重金属搭配培养基的制作。以  $Pb^{2+}$  开始显著性抑制平菇菌丝生长的质量浓度(50 mg/L)为基础, 添加米糠或光皮树籽粕制作成相应的培养基, 米糠(或光皮树籽粕)的添加量

分别为 0、2.0、4.0、8.0、12.0、16.0、20.0 g/L, 依次标记序号, 添加米糠的培养基为 PbR1~PbR7, 添加光皮树籽粕的培养基为 PbO1~PbO7。以  $Hg^{2+}$  开始出现显著性抑制平菇菌丝生长的质量浓度(15 mg/L)为基础, 添加米糠(或光皮树籽粕)制作成相应的培养基, 米糠(或光皮树籽粕)的添加量分别为 0、5.0、10.0、15.0、20.0、25.0、30.0 g/L, 依次标记序号, 添加米糠的培养基为 HgR1~HgR7, 添加光皮树籽粕的培养基为 HgO1~HgO7。

3) 接种和培养。取保存的斜面母种, 无菌条件下, 取黄豆粒大小的菌种块, 接于活化菌种所用的平板中, 置于 25 ℃ 的恒温培养箱中, 避光静置培养 10 d, 作为一级菌种。将活化好的一级菌种取出, 用直径为 0.5 cm 的打孔器沿同心圆打块, 用接种铲定量接种到试验所用培养基平板中央。将接种后的平板置于 25 ℃ 恒温培养箱中, 避光静置培养。

4) 测定方法。每天定时观察平菇菌丝体的生长情况, 培养 20 d 左右后, 结束培养。观察菌落形态, 记录菌落直径, 计算菌丝的平均生长速度, 采用 SPSS 对数据进行处理。

### 1.3 平菇袋栽试验

以木屑作为食用菌的主要栽培原料, 各种物质添加量见表 1, 采用 ICP-MS 方法对平菇子实体中的重金属含量进行测定(重金属的添加量按照培养基烘干质量计算)。

表 1 平菇袋栽试验配方  
Table 1 Formula of cultivation experiments in *Pleurotus ostreatus*

配方 Formula	木屑量/% Amount of sawdust	蔗糖含量/% Concentration of sucrose	$Pb^{2+}$ 含量/(mg/kg) Concentration of $Pb^{2+}$	$Hg^{2+}$ 含量/(mg/kg) Concentration of $Hg^{2+}$	光皮树籽粕含量/% Amount of <i>Swida</i> <i>wilsoniana</i> oilcake	米糠含量/% Amount of rice bran
1	99	1	0	0	0	0
2	84	1	0	0	0	15
3	89	1	0	0	10	0
4	99	1	50	0	0	0
5	84	1	50	0	0	15
6	89	1	50	0	10	0
7	99	1	0	15	0	0
8	84	1	0	15	0	15
9	89	1	0	15	10	0

## 2 结果与分析

### 2.1 米糠和光皮树籽粕对溶液中 $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$ 的吸附性

采用原子吸收法测定各溶液上清液中的重金属含量, A1~A5 中  $Pb^{2+}$  质量浓度分别为 46.50、

6.99、1.08、8.37、4.92 mg/L; B1~B5 中  $Hg^{2+}$  质量浓度分别为 14.00、0.036、0.026、0.96、1.46 mg/L; C1~C5 中  $Pb^{2+}$  质量浓度分别为 45.20、2.88、0.58、9.38、7.18 mg/L,  $Hg^{2+}$  质量浓度分别为 13.86、0.124、0.114、1.040、1.380 mg/L, 表明米糠和光皮树籽粕对  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  都具有一定的吸附性。

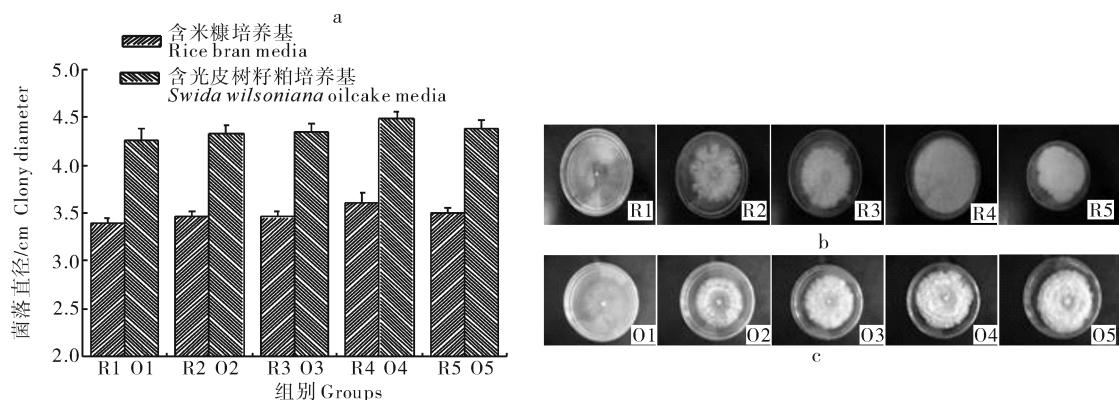
在上述试验组中,米糠添加量为 20.0 g/L(A3、B3、C3)时,对  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  的吸附作用最大;光皮树籽粕添加量为 10.0 g/L(B4、C4)时,其对  $Hg^{2+}$  的吸附作用最佳;添加量为 20.0 g/L(B5、C5)时,对  $Pb^{2+}$  的吸附作用最好。对比每组中米糠和光皮树籽粕对  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$  的吸附作用,结果显示:相同添加量下,米糠对  $Hg^{2+}$  的吸附作用比光皮树籽粕高 1 个数量级,但两者对铅的吸附作用差异较小。

## 2.2 米糠和光皮树籽粕对平菇菌丝的影响

试验结果表明,培养基中添加米糠,能够促进平

菇菌丝的生长。当米糠添加量为 20 g/L 时,相应培养基中的菌丝最浓密。

从图 1-a 可知,当米糠添加量为 20 g/L 时,其上生长的菌落直径是基础培养基上的平菇菌落直径的 1.064 倍,差异极显著( $P < 0.05$ )。添加光皮树籽粕的培养基,光皮树籽粕对平菇菌丝的生长同样具有促进作用。当光皮树籽粕添加量为 20 g/L 时,其上生长的平菇菌落直径是基础培养基上的平菇菌落直径的 1.055 倍,差异显著( $P = 0.03$ ),菌落洁白、浓密。



a: 菌落直径 Colony diameter; b: 含米糠培养基 Basic medium adding rice bran; c: 含光皮树籽粕培养基 Basic medium adding *Swida wilsoniana* oilcake.

图 1 米糠和光皮树籽粕培养基上平菇的菌落直径(a)和菌落特征(b,c)

Fig. 1 Clony diameter(a) and characters(b,c) of *Pleurotus ostreatus* mycelium growth on basic medium adding rice bran or *Swida wilsoniana* oilcake

## 2.3 重金属对平菇菌丝生长的影响

$Pb^{2+}$  质量浓度为 10~1 000 mg/L 时,对平菇菌丝的生长有显著的抑制作用,随着  $Pb^{2+}$  质量浓度的增加,平菇菌丝的生长受抑制的程度增大。菌落直径和平均生长速度迅速下降,如图 2-b 所示。当  $Pb^{2+}$  质量浓度为 50 mg/L 时, $Pb^{2+}$  对平菇菌丝生长的抑制作用达到极显著水平( $P \leq 0.003$ ),菌丝生长停滞,菌落面积缩小到仅相当于基础培养基上菌落面积的 25%; $Pb^{2+}$  质量浓度进一步提高到 100 mg/L 时,菌丝萌发后立即停顿;当  $Pb^{2+}$  质量浓度大于等于 500 mg/L 时,菌丝很快死亡或完全不能萌发。

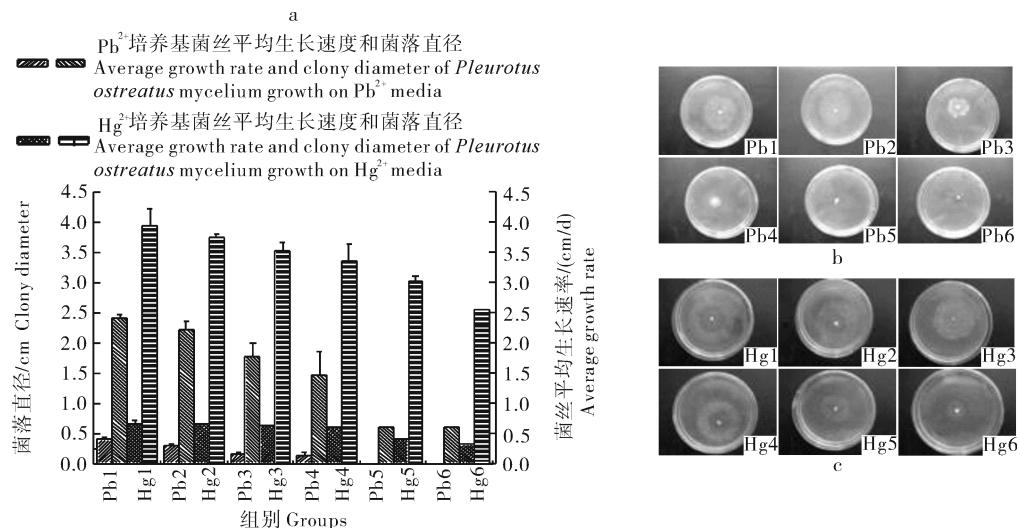
随着培养基中  $Hg^{2+}$  质量浓度的增加,菌丝的生长受到的抑制作用越来越大,菌落直径急速变小而稀薄(图 2-c)。当  $Hg^{2+}$  的质量浓度为 15 mg/L 时,无论是菌落的平均直径还是平均生长速度都较对照基础培养基显著下降( $P < 0.05$ ),而当  $Hg^{2+}$  的质量浓度为 20 mg/L 时,平菇菌丝几乎不

能生长。

## 2.4 米糠对平菇受铅、汞毒害的缓解效果

试验结果显示,基础培养基受到 50.0 mg/L  $Pb^{2+}$  污染后,无论是菌落的平均直径还是平均生长速度都较对照基础培养基显著下降。向受 50.0 mg/L  $Pb^{2+}$  污染的培养基中添加米糠可以缓和  $Pb^{2+}$  的毒害,平菇菌落的生长逐步得到恢复。当米糠添加量为 4.0 g/L 时,其上生长的平菇菌落直径比受 50.0 mg/L  $Pb^{2+}$  污染的培养基(PbR2 号培养基)显著增大( $P < 0.05$ );当米糠添加量在 16.0~20.0 g/L 时,对应的培养基中菌丝几乎覆盖整个培养皿,菌落生长最为浓密、洁白。

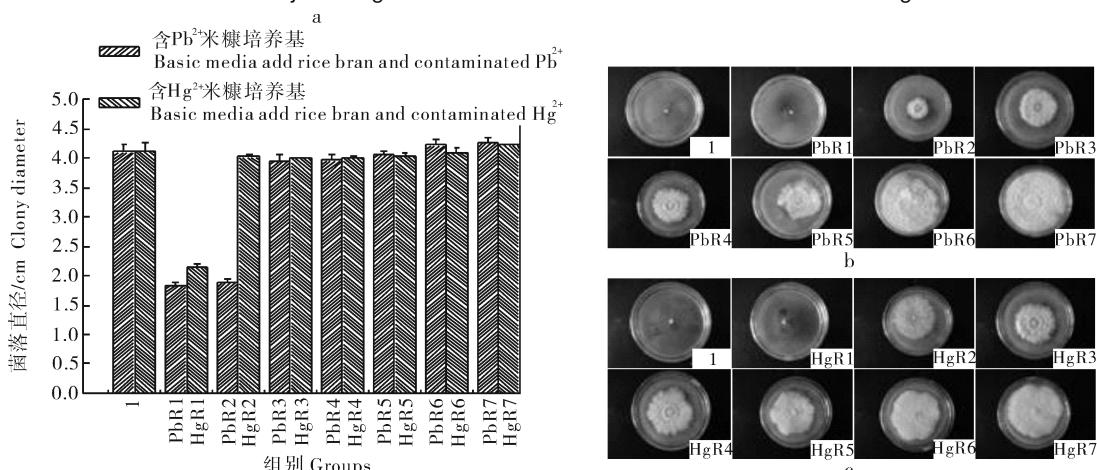
在受到 15.0 mg/L  $Hg^{2+}$  污染的培养基中,但米糠添加量为 5.0 g/L 时,其上生长的平菇菌落直径极显著( $P = 0.0001$ )大于 HgR2 号培养基(图 3-c);当米糠添加量为 30.0 g/L(HgR7 号培养基)时,菌落直径是基础培养基(1 号,不含  $Hg^{2+}$ )的 1.024 倍,菌落浓密、洁白。



a: 菌落直径和菌丝平均生长速率 Clony diameter and average growth rate; b: 含  $\text{Pb}^{2+}$  培养基 Basic media contaminated  $\text{Pb}^{2+}$ ; c: 含  $\text{Hg}^{2+}$  培养基 Basic media contaminated  $\text{Hg}^{2+}$ .

图 2 含  $\text{Pb}^{2+}$  或  $\text{Hg}^{2+}$  培养基上菌落直径和菌丝平均生长速度(a) 平菇菌落特征(b,c)

Fig. 2 Clony diameter and average growth rate (a) and characters(b,c) of *Pleurotus ostreatus* mycelium growth on basic medium and contaminated  $\text{Pb}^{2+}$  or  $\text{Hg}^{2+}$



1:基础培养基 Basic medium; a: 菌落直径 Clony diameter; b: 添加米糠的含  $\text{Pb}^{2+}$  培养基 Basic medium adding rice bran and contaminated  $\text{Pb}^{2+}$ ; c: 添加米糠的含  $\text{Hg}^{2+}$  培养基 Basic medium adding rice bran and contaminated  $\text{Hg}^{2+}$ .

图 3 含  $\text{Pb}^{2+}$  或  $\text{Hg}^{2+}$  培养基添加米糠对平菇菌落直径(a)和特征(b,c)的影响

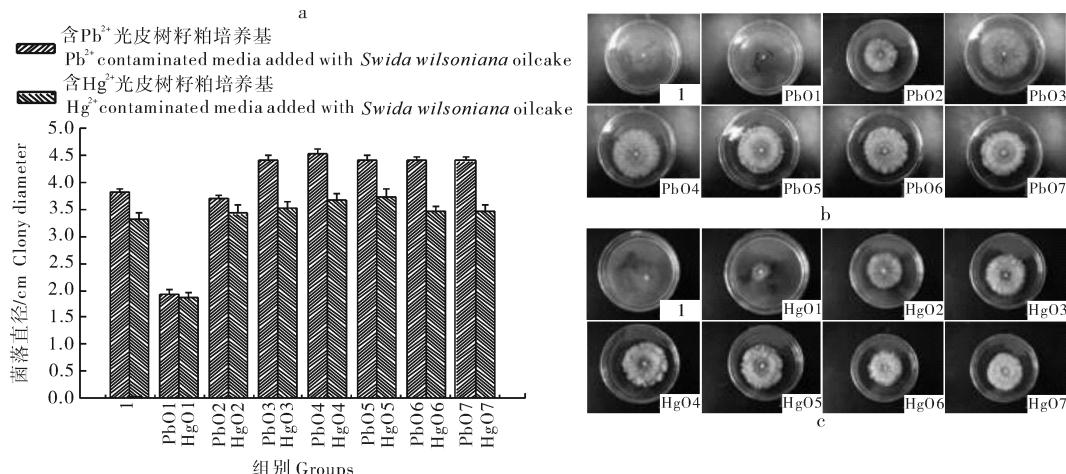
Fig. 3 Clony diameter(a) and characters(b,c) of *Pleurotus ostreatus* mycelium growth on media adding with rice bran and contaminated  $\text{Pb}^{2+}$  or  $\text{Hg}^{2+}$

## 2.5 光皮树籽粕对平菇受铅、汞毒害的缓解效果

在  $\text{Pb}^{2+}$  最低显著性抑制质量浓度(50 mg/L)的条件下,添加不同量的光皮树籽粕,光皮树籽粕能够缓解  $\text{Pb}^{2+}$  对平菇菌丝的毒害作用。由图 4-a 可知,光皮树籽粕添加量为 2.0 g/L(PbO2 号培养基)时,菌落直径与 1 号基础培养基存在显著性差异( $P < 0.05$ ),菌落生长茂盛、呈绒絮状;当光皮树籽粕添加量在 4.0 ~ 20.0 g/L 时;对应的培养基与 PbO2 号培养基和 1 号基础培养基相比,菌落直径都呈现显著性差异水平,且 PbO7 号(20.0 g/L)的

菌落直径是 1 号基础培养基 1.155 倍,从图 4-b 可以看到培养基菌落之间的差异;其中 PbO4 号培养基中的平菇菌落生长最佳,菌落生长的非常均匀、洁白,并且无轮纹出现。

试验结果表明,光皮树籽粕缓解  $\text{Hg}^{2+}$  对平菇菌丝生长的毒害效果比较好(图 4-c)。当光皮树籽粕添加量为 20.0 g/L 时,培养基中的菌落直径与 1、HgO2 号培养基均存在显著性差异水平( $P < 0.05$ ),且菌落直径是 1 号培养基的 1.106 倍,菌丝生长洁白、浓密,菌落生长最佳;随着光皮树籽



1:基础培养基 Basic medium; a:菌落直径 Clony diameter; b:添加光皮树籽粕的含 Pb<sup>2+</sup> 培养基 Basic medium adding oilcake of *Swida wilsoniana* and contaminated Pb<sup>2+</sup>; c:添加光皮树籽粕的含 Hg<sup>2+</sup> 培养基 Basic medium adding oilcake of *Swida wilsoniana* and contaminated Hg<sup>2+</sup>.

图 4 含 Pb<sup>2+</sup> 或 Hg<sup>2+</sup> 培养基添加光皮树籽粕对平菇菌落直径(a)和特征(b,c)的影响

Fig. 4 Colony diameter (a) and characters (b, c) of *Pleurotus ostreatus* mycelium growth on media adding with oilcake of *Swida wilsoniana* and contaminated Pb<sup>2+</sup> or Hg<sup>2+</sup>

粕添加量的增加,HgO6、HgO7号培养基的菌落大小却并没有因为光皮树籽粕量的增加而呈现增大的趋势,两者的菌落生长都较为均匀、洁白,但大小几乎没有差异。

## 2.6 平菇栽培及子实体中重金属含量

栽培结果显示,被重金属污染的培养料中平菇生长都比较缓慢,且产量最少。加入一定量米糠和光皮树籽粕后,平菇子实体较大,产量有所提高,仅次于单一添加米糠或光皮树籽粕培养料中的平菇产量。在被 Pb<sup>2+</sup> 污染的培养料中添加米糠或光皮树籽粕,对比被污染的培养料(配方 4)平菇产量存在显著性差异( $P < 0.05$ ),分别占未污染栽培料(配方 1)平菇产量的 114.8%、102.0%,单一添加米糠或光皮树籽粕的 87.0% 和 72.2%;在被 Hg<sup>2+</sup> 污染的培养料中添加米糠或光皮树籽粕后,占未被污染(配方 1)中平菇产量的 127.8% 和 122.6%,单一添加米糠或光皮树籽粕的 97.8%、86.8%。因此,从产量方面而言,平菇被重金属污染以后,有了很大程度的恢复。

在未被 Pb<sup>2+</sup> 污染袋栽配方处理中,单一添加米糠或光皮树籽粕后,重金属 Pb<sup>2+</sup> 含量比配方 1(0.93 mg/kg)明显下降,达 54.8% 和 57.0%;而在被 Pb<sup>2+</sup> 污染袋栽处理中,分别添加米糠和光皮树籽粕后,平菇子实体中的重金属含量明显低于单一添加 Pb<sup>2+</sup> 的配方 4 栽培处理,可见米糠和光皮树籽粕对重金属 Pb<sup>2+</sup> 的毒性具有缓解作用。检测结果也显示,所有处理中平菇子实体 Pb<sup>2+</sup> 含量低于国家食用菌卫生标准规定的 2.0 mg/kg(干食用菌),符

合国家标准 GB7096—2003。

检测结果显示,在未被 Hg<sup>2+</sup> 污染的各袋栽配方处理中,添加米糠和光皮树籽粕后,平菇子实体中的 Hg<sup>2+</sup> 含量下降显著,尤其是添加光皮树籽粕的袋栽处理,Hg<sup>2+</sup> 含量比配方 1(0.72 mg/kg)下降了 79.2%(GB7096—2003)。在被 Hg<sup>2+</sup> 污染的各袋栽配方处理中,添加米糠和光皮树籽粕的处理与单一添加 Hg<sup>2+</sup> 的配方 7 处理对比结果,也验证了米糠和光皮树籽粕显著降低了平菇子实体对 Hg<sup>2+</sup> 富集作用,但也反应出米糠和光皮树籽粕对 Hg<sup>2+</sup> 的螯合固定容量低于预期;导致 Hg<sup>2+</sup> 含量未达到国家标准的原因,可能是由于栽培料中 Hg<sup>2+</sup> 含量较高;或装袋过程中,单袋质量过多,袋数总量减少,导致单袋质量中 Hg<sup>2+</sup> 含量较高;也不排除 Hg<sup>2+</sup> 添加量过高所导致,该结果有待进一步研究。

## 3 讨 论

本试验研究发现,重金属对平菇菌丝生长具有很强的抑制作用,当培养基中 Pb<sup>2+</sup> 浓度达到 50 mg/L 时,平菇菌丝的生长受到极显著抑制( $P \leq 0.003$ );重金属 Hg<sup>2+</sup> 对平菇的毒性强于 Pb<sup>2+</sup>,当 Hg<sup>2+</sup> 的浓度为 15 mg/L 时,培养基中平菇菌丝受到显著性抑制( $P < 0.05$ ),这种毒害作用可能与平菇的蛋白组成及性质有关。

在受重金属 Pb<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup> 严重污染的培养基中,添加米糠或光皮树籽粕,结果表明两者都对重金属毒害平菇的现象存在显著的缓解作用,均以 20.0

g/L为最佳的添加量,其平菇菌丝呈乳白色,生长浓密。袋栽试验结果也表明,米糠和光皮树籽粕都能够有效降低重金属  $Pb^{2+}$  和  $Hg^{2+}$  毒性,尤其是含  $Pb^{2+}$  袋栽试验,其平菇子实体中  $Pb^{2+}$  含量符合国家食用菌卫生标准的要求。这与米糠和光皮树籽粕的重金属吸附试验结果一致。这种效果可能源自以下2个方面,一是米糠和光皮树籽粕中丰富的植酸和果胶含量;二是米糠和光皮树籽粕中大量的油脂成分及较低的重金属含量。有关米糠和光皮树籽粕缓解食用菌受重金属毒害的机理有待于进一步研究。

**致谢** 南昌大学中德食品工程中心曾稳稳等同学在本试验后期,协助完成了大量的栽培试验工作,在此表示感谢!

## 参 考 文 献

[1] 刘永香. 食用菌不同层次遗传差异分子标记度量值的初步研究

- [D]. 武汉:华中农业大学植物科学技术学院,2008.
- [2] 占卫国,沈红霞. 9种不同平菇菌丝体对硒吸收效果研究报告[J]. 现代农业,2007(7):12.
- [3] 徐丽红,陈俏彪,叶长文,等. 食用菌对培养基中有害重金属的吸收富集规律研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24:42-47.
- [4] 王雪梅,李金红,孙爱华. 平菇袋料栽培技术[J]. 现代农业科技,2008(3):42.
- [5] 罗志刚,杨连生,高群玉. 米糠功能成分的研究与开发[J]. 粮油加工与食品机械,2003(12):50-54.
- [6] 陈红霞. 植酸的生物学特性与应用[J]. 生物学通报,2006(2):14-16.
- [7] 梁仰贞. 食用油脂树——光皮树栽培技术[J]. 中国林副特产,1996(2):26-27.
- [8] 江柏萱. 果胶结合铅、镍能力试验[J]. 世界热带农业信息,1997(11):19.
- [9] 黄孝新. 油脂拌料栽培食用菌产量高[J]. 中国食用菌,1999(3):41.
- [10] 罗杰,刘玉环,罗爱香,等. 乌桕油脂对香菇菌丝生长的影响[J]. 食品科学,2007(9):422-424.

## Detoxification of rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake on toxicity of $Pb^{2+}$ and $Hg^{2+}$ to mycelium growth of *Pleurotus Ostreatus*

JIAO Shuai RUAN Roger LIU Yu-huan LIU Jian-qiang PENG Hong

*State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University/  
Engineering Research Center of Biomass Conversion, MOE, Nanchang 330047, China*

**Abstract** To alleviate the toxic effects of heavy metals on *Pleurotus ostreatus*, detoxification of rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake to heavy metals was studied through a series of plate cultivation and sawdust cultivation. The results showed that the mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* were all significantly inhibited when the basic cultivating medium was contaminated by 50 mg/L  $Pb^{2+}$  or 15 mg/L  $Hg^{2+}$ , respectively. Both of rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake can promote the mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* remarkably when they was added to the basic medium, and the best concentration was 20 g/L. Meanwhile, rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake can take chelation on  $Pb^{2+}$  or  $Hg^{2+}$ . The chelation capacity of rice bran on  $Hg^{2+}$  is one order of magnitude stronger than that of *Swida wilsoniana* oilcake. When rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake are added in the medium contaminated by  $Pb^{2+}$  or  $Hg^{2+}$  respectively, the toxicity of  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  to mycelium growth was decreased and the growth of *Pleurotus ostreatus* was recovered. In cultivation experiments, rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake showed a very strong effects on chelate detoxification and increased yield as they were added in cultivation materials. Analyzing concentration of heavy metals in fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* by different cultivation methods, it was found that the concentration of  $Pb^{2+}$  or  $Hg^{2+}$  were decreased when rice bran and *Swida wilsoniana* oilcake were added in corresponding cultivation materials, especially the detecting results of tests about lead conformed to the hygienic standard for edible fungi in China.

**Key words** heavy metals; *Pleurotus ostreatus*; rice bran; *Swida wilsoniana* oilcake; detoxification

(责任编辑:陆文昌)