

粗毛纤孔菌提取物的抗氧化和抑菌活性研究

咎立峰^{1,2}, 梁瑞娟¹, 包海鹰²

(1. 邯郸学院 食用菌研究所, 河北 邯郸 056005; 2. 吉林农业大学 食药用教育部工程研究中心, 吉林 长春 130118)

摘 要:采用福林酚法和 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ 比色法分别测定了粗毛纤孔菌子实体 70% 乙醇提取物中的多酚和黄酮, 含量分别为 $(64.02 \pm 0.73) \mu\text{g}/\text{mg}$ 和 $(5.74 \pm 0.13) \mu\text{g}/\text{mg}$; 并对 70% 乙醇提取物及主要化合物 Hispidin 的抗氧化和抑菌活性进行了测定。结果表明: 70% 乙醇提取物和 Hispidin 具有强烈的清除 DPPH 和 $\cdot\text{OH}$ 自由基活性的作用, 在浓度为 200 mg/kg 时清除率分别与 BHA 相当, 清除率达到 90% 左右; 采用 K-B 纸片扩散法测定了 70% 乙醇提取物及 Hispidin 对大肠杆菌 *Escherichia coli* ATCC 8099、金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538、枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* 的抑制活性, 结果除 70% 乙醇提取物高剂量 (40.96 mg/mL) 对大肠杆菌的抑制率达到 40.35%, 其余均没有明显活性。

关键词:粗毛纤孔菌; 蘑菇; 抗氧化剂; 抑菌活性

中图分类号:Q 949.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0151-05

生物机体在正常代谢过程中会产生超氧阴离子 (O_2^-)、过氧化氢 (H_2O_2)、羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 等自由基, 进而导致机体脂质过氧化, 对脂类、蛋白质、核酸造成损害, 引发机体衰老以及癌症、动脉粥样硬化、肝硬化、糖尿病、风湿性关节炎、肺气肿等疾病^[1]。抗氧化剂指当其浓度远低于底物浓度时能显著阻滞底物氧化的物质, 适当摄取抗氧化剂可以保护机体免受氧化损伤。

市场上常用 BHA、BHT 等合成抗氧化剂作油脂类食品稳定剂^[2], 然而最新研究发现 BHA 和 BHT 等合成抗氧化剂对动物具有致癌性, 寻找天然抗氧化剂引起人们的广泛关注。大型真菌资源作为自然界的一部分, 许多都具有多种生理活性, 如: 抗癌、抗氧化、抗炎以及抑菌等^[3], 其中抗氧化活性可能与真菌中的总酚含量有密切的关系^[4], 多酚类化合物是人体非必需物质, 且具有抑制动脉粥样硬化和癌症的活性, 因此真菌资源可能是寻找天然抗氧化活性物质的理想材料^[5]。粗毛纤孔菌子实体中含有大量的黄褐色的吡喃酮多酚类色素, 如化合物 Hispidin、Hispolon 和 Bis-noryangonin^[6]。该试验以没食子酸为标准品, 采用福林酚法对粗毛纤孔菌子实体 70% 乙醇提取物中多酚含量进行了测定, 并评价其抗氧化

活性。

黄酮类化合物具有广泛的药理和生物活性, 如抗微生物、抗凝血、抗诱变和抗癌活性^[7]。最新研究发现由于各种抗生素的乱用, 许多致病性微生物具有多重耐药性, 这就促使科学家寻找新的具有抗微生物活性的新物质, 该试验对粗毛纤孔菌子实体黄酮类物质含量进行测定, 并测定其抑制细菌的活性。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试粗毛纤孔菌子实体粉末用 70% 乙醇在 35℃ 提取 3 次, 每次 12 h, 35℃ 减压浓缩得到 70% 乙醇提取物; 70% 乙醇提取物通过正相硅胶、凝胶 Sephadex LH-20 柱层析分离、甲醇结晶得到化合物 Hispidin, 得率为 0.73%; 以上样品均在 4℃ 保藏备用。

供试大肠杆菌 *Escherichia coli* ATCC 8099、金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538、枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*, 均由吉林农业大学动物科学学院提供。

试剂: 福林-酚 (Foline-Phenol) 试剂、二苯基苦味酰基苯肼 (DPPH) 购自 Sigma 公司; 芦丁标准品购自中国药品生物制品检定所; 一水没食子酸、邻二氮菲、无水碳酸钠等其它试剂均为分析纯。

仪器: UV-2550 紫外可见分光光度计 (日本岛津公司); HH-CP-01W 二氧化碳细胞培养箱 (上海博迅实业有限公司医疗设备厂); SHA-CA 水浴恒温振荡器 (江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司)。

第一作者简介:咎立峰 (1980-), 男, 博士, 讲师, 现主要从事食药菌质量评价等研究工作。E-mail: tengfei007zlf@126.com.

基金项目:邯郸市科技局资助项目 (1422104057-3); 邯郸学院食用菌研究所资助项目; 国家自然科学基金面上资助项目 (31270088)。

收稿日期:2014-11-10

1.2 项目测定

1.2.1 多酚含量测定 取 0.05 g 的粗毛纤孔菌子实体 70%乙醇提取物,加入 5 mL 的 70%乙醇溶解稀释过滤,定容至 50 mL,备用;准确称取 0.1 g 水没食子酸粉末,用蒸馏水溶解并定容至 100 mL,得到浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$ 没食子酸的标准溶液。准确吸取没食子酸溶液 0、0.25、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 mL 溶液于 25 mL 试管中,再分别加入 1 mL 福林酚试剂,摇匀放置 3 min 后加入 2 mL 12%的 Na_2CO_3 溶液,摇匀并定容 25 mL,在 20℃下避光放置 2 h,在 760 nm 处测定吸光度。以标准溶液浓度($\mu\text{g/mL}$)为横坐标,以吸光度为纵坐标绘制标准曲线^[8],结果如图 1 所示。线性关系为 $y=0.1249x+0.0272$, $R^2=0.9992$,线性良好。式中: y 为显色液的吸光度, x 为没食子酸标准液浓度,单位为 $\mu\text{g/mL}$ 。在测量样品中多酚含量时,在相同的反应条件下测定样品的吸光度,通过公式算出样品溶液中多酚的浓度,再换算出样品的最终含量。计算公式如下:

$$M = \frac{(y - 0.0272) \times 50 \times 25}{0.1249 \times m \times 1\,000};$$

式中: M 为 70%乙醇提取物样品中总多酚的含量($\mu\text{g/mg}$); m 为样品的质量(g);50 为样品提取液定容的体积(mL);25 为测量时样品定容的体积(mL);取样品 1 mL,采用和标准曲线制作相同的方法测定样品中总多酚的含量,以没食子酸计。

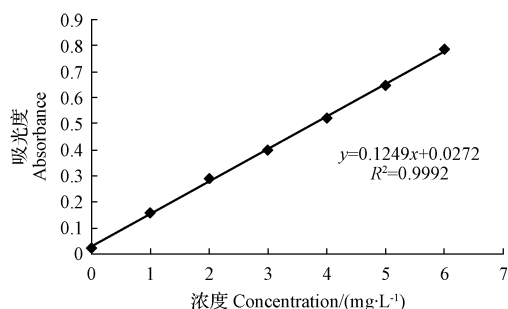


图 1 总多酚测定的标准曲线

Fig. 1 Standard curve of gallic acid

1.2.2 黄酮含量测定 准确称取芦丁标准品 11.6 mg,用 70%乙醇溶解并定容于 25 mL 容量瓶中,作为标准液备用;准确称取 30 mg 的样品提取物用 70%的乙醇定容于 25 mL 容量瓶中,作为供试液。吸取标准芦丁溶液 0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL,置于 25 mL 容量瓶中显色后,在 510 nm 处测其吸光度,以芦丁实际浓度(x)对吸光度(y)作线性回归。如图 2 所示,线性关系为 $y=0.1363x+0.0171$, $R^2=0.9984$,线性良好。式中: y 为显色液的吸光度, x 为芦丁标准液体积,单位为 mL。吸取标准液 3 mL 于 25 mL 容量瓶中,加入 1 mL 5% NaNO_2

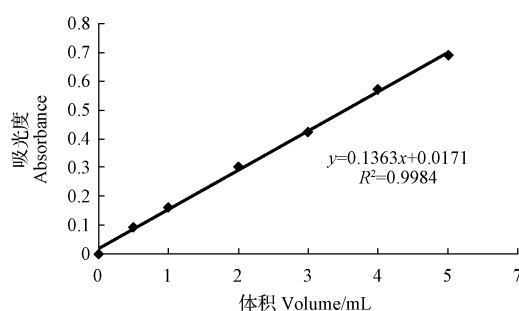


图 2 总黄酮测定的标准曲线

Fig. 2 Standard curve of rutin

溶液,摇匀 6 min,再加入 1 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,摇匀 6 min,然后加入 10 mL 4% NaOH 溶液,用 70%乙醇定容,放置 10 min 后,用 70%乙醇作空白,从 400~900 nm 扫描波长,记录最大波长,取供试品 3 mL,同样方法显色,6 000 r/min 离心 36 min,取上清液,在 400~900 nm 扫描,记入最大波长,然后在最大吸收波长处测定吸光度^[9]。

1.2.3 抗氧化活性测定 清除 DPPH 自由基的测定:参照 Krakauer 等^[10]所述方法并作适当修改。移取 2 mL 不同浓度的样品溶液与 2 mL 无水乙醇充分振摇;同样移取 2 mL 样品溶液与 2 mL 0.01 mmol/L DPPH 无水乙醇溶液振摇;用移取样品溶液 2 mL 与 2 mL 0.01 mmol/L DPPH 无水乙醇溶液充分振摇。室温下静置 30 min 后,在 517 nm 处分别测定吸光度 A 值(A_j 、 A_c 、 A_i),重复测定 3~5 次。DPPH 自由基的清除率(K)= $[1 - (A_i - A_j)/A_c] \times 100\%$ 。式中: K 为抗氧化剂对 DPPH 自由基的清除率; A_i 为加试样反应后 DPPH 溶液吸光度; A_j 为不加 DPPH 只加试样溶液吸光度; A_c 为不加试样只加 DPPH 溶液的吸光度。清除 $\cdot\text{OH}$ 自由基的测定:参照付翔等^[11]方法,并做适当修改。在样品管中加 0.5 mL 0.75 mmol/L 的邻二氮菲溶液、1 mL 0.15 mmol/L 的 PBS 缓冲溶液和 0.5 mL 测试样品,混合均匀后,加 0.5 mL 0.75 mmol/L 的 FeSO_4 溶液混合均匀,再加 0.5 mL 0.01% 双氧水溶液,置恒温水浴中 37℃保温 1 h。反应液在 536 nm 处测定吸光度 $A_{\text{样}}$ 。同样用 0.5 mL 蒸馏水代替 0.5 mL 样品,在波长 536 nm 处测定吸光度为 $A_{\text{损}}$ 。吸光度 $A_{\text{未损}}$ 为不加过氧化氢和样品测定值,以蒸馏水代替。平行测定 3~5 次。 $\cdot\text{OH}$ 自由基清除率($\%$)= $(A_{\text{样}} - A_{\text{损}})/(A_{\text{未损}} - A_{\text{损}}) \times 100\%$ 。

1.2.4 体外抑菌活性研究 采用 K-B 纸片扩散法^[12],无菌条件下,用移液枪吸取 100 μL 菌种于 MH 培养基内,密封并轻轻摇匀,置 37℃摇床(转速 200 r/min)中培养 16~18 h。取少量培养好的菌液于试管中,稀释成 0.5 麦氏标准浊度。取直径为 7 mm 的无菌圆形滤纸片

蘸取供试药溶液(完全浸透且无液滴滴落),将该滤纸片均匀摆放在涂有菌悬液的 MHA 培养基上,每个培养皿中均摆放 4 个纸片,分别为供试药的 3 个不同浓度和阳性药,做 5 次平行试验。将培养皿密封后置于 37℃ 恒温培养箱中培养 18~20 h 后,采用十字交叉法测量抑菌圈直径。以抑菌圈直径(mm)和抑菌率(%)来评定药物的抑菌作用。抑菌率(%)=(供试药抑菌圈直径-滤纸片直径)/(阳性药抑菌圈直径-滤纸片直径)×100%。

1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 18.0 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 多酚含量

准确取样品 1.0 mL,按照制作标准曲线方法测定样品的吸光度,3 次重复吸光度分别 0.350、0.348、0.343,根据公式计算出样品多酚含量分别为 64.64、64.21、63.21 $\mu\text{g}/\text{mg}$,平均值为 $(64.02 \pm 0.73) \mu\text{g}/\text{mg}$ 。

2.2 黄酮含量

准确吸取样品 0、0.5、1、2、3、4、5 mL 置于 25 mL 容量瓶中,在 415 nm 处测得的吸光度分别为 0.001、0.040、0.054、0.121、0.169、0.214、0.269,由于 0.001、0.040、0.054 吸光度太小,误差偏大,故将其舍去,得到 4 组数据计算黄酮含量分别为 5.90、5.75、5.59、5.72 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 。平均值为 $(5.74 \pm 0.13) \mu\text{g}/\text{mg}$ 。

2.3 抗氧化活性

2.3.1 清除 DPPH 自由基 粗毛纤孔菌子实体 70%乙醇提取物及其主要单体化合物 Hispidin 的清除 DPPH 自由基的活性如图 3 所示,结果显示 70%乙醇提取物和化合物 Hispidin 具有较好的活性,乙醇提取物的抗氧化活性随着浓度的增加而增加,当浓度为 800 mg/L 时提取物的抗氧化活性与 BHA 相当,达到 89.20% (BHA 为 92.10%),化合物 Hispidin 的清除自由基活性与 BHA 相当,在浓度为 12.5 mg/L 时清除率达到 84.70%,略高于 BHA(81.30%),随着浓度增加活性增加不明显,当浓度为 800 mg/L 时清除率为 92.72%,因此在较低浓度下就能达到较高的清除活性,是一种较好的天然抗氧化剂。

2.3.2 清除 ·OH 自由基 由图 4 可知,70%乙醇提取物在浓度为 12.5、25.0、50.0、100.0、200.0 mg/kg 时清除 ·OH 自由基的清除率分别为 25.71%、47.62%、58.33%、73.33% 和 89.52%,且呈量效关系,浓度为 200 mg/kg 时清除 ·OH 自由基的清除率与 BHA (87.03%) 相当。化合物 Hispidin 浓度为 12.5、25.0、50.0、100.0、200.0 mg/kg 时清除 ·OH 自由基的清除率分别为 41.70%、74.10%、87.93%、89.55% 和 93.10%,而 BHA 清除率分别是 53.30%、61.10%、68.20%、

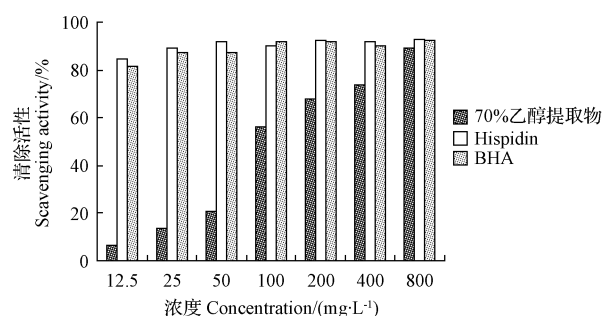


图 3 不同浓度的 70%乙醇提取物和化合物 Hispidin 对 DPPH 的清除活性

Fig. 3 DPPH scavenging activity of 70% ethanol extract and hispidin at different concentrations

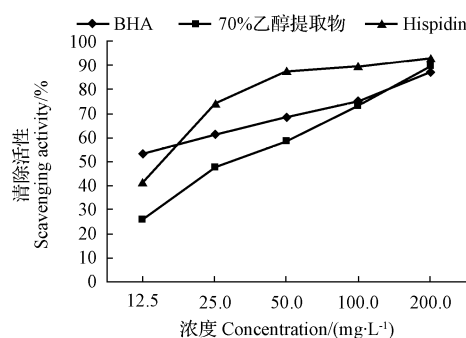


图 4 不同浓度的 70%乙醇提取物和化合物 Hispidin 对 ·OH 的清除活性

Fig. 4 ·OH scavenging activity of 70% ethanol extract and hispidin at different concentrations

75.00%和 87.03%,由此看出当浓度大于 25 mg/kg 时化合物 Hispidin 的抗氧化活性大于 BHA 的活性。

2.4 体外抑菌活性

2.4.1 70%乙醇提取物 粗毛纤孔菌子实体 70%乙醇提取物对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌的抑制活性如表 1 所示,中剂量(20.48 mg/mL)和高剂量(40.96 mg/mL)乙醇提取物对大肠杆菌的抑制率分别达到 21.74%和 40.35%,其中高剂量抑制效果达到显著水平($P < 0.05$);而 70%乙醇提取物各剂量对金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌均没有明显的抑制作用。

2.4.2 化合物 Hispidin 粗毛纤孔菌子实体中化合物 Hispidin 对大肠杆菌 ATCC8099、金黄色葡萄球菌 ATCC6538 和枯草芽孢杆菌都有抑菌活性,见表 2 所示。除了高剂量(40.96 mg/mL)枯草芽孢杆菌有一定的抑制作用(20.59%)外,其它各剂量组对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均无明显抑制活性,综合评价化合物 Hispidin 对 3 种细菌的抑制活性不佳,不具备抗生素类药物开发的潜力。

表 1

70%乙醇提取物抑菌活性

Table 1

Inhibitory activity of 70% ethanol extract to *S. aureus*, *E. coli* and *B. subtilis*

组别	浓度	抑菌直径 Inhibition diameter/mm			抑菌率 Inhibition rate/%		
Group	Concentration/(mg · mL ⁻¹)	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>
空白组		7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00			
阿米卡星	1.28	27.13±0.76	28.71±3.68	29.69±1.10			
低剂量	10.24	7.35±0.22	7.85±0.26	9.45±0.66	1.74	3.92	10.80
中剂量	20.48	7.94±0.62	11.72±0.58	9.13±0.33	4.67	21.74	9.39
高剂量	40.96	8.55±0.88	15.76±1.53*	10.01±0.53	7.70	40.35	13.27

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$, 下同。

表 2

Hispidin 抑菌活性

Table 2

Inhibitory activity of hispidin to *S. aureus*, *E. coli* and *B. subtilis*

组别	浓度	抑菌直径 Inhibition diameter/mm			抑菌率 Inhibition rate/%		
Group	Concentration/(mg · mL ⁻¹)	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>
空白组		7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00			
阿米卡星	1.28	28.55±1.22	26.41±0.02	28.56±1.52			
低剂量	10.24	—	7.48±0.03	8.80±0.02	0	2.48	8.35
中剂量	20.48	7.58±0.61	7.16±0.02	8.89±1.08	2.69	0.82	8.77
高剂量	40.96	7.44±0.08	7.53±0.05	11.44±1.15	2.04	2.73	20.59

3 结论

粗毛纤孔菌子实体中含有多种多酚类化合物,具有良好的抗氧化活性,该试验采用福林酚法测定了子实体70%乙醇提取物的多酚含量,以没食子酸为标准品,结果显示多酚含量较高,达到 $(64.02 \pm 0.73) \mu\text{g}/\text{mg}$,表现出较好的抗氧化活性,在浓度为200 mg/kg以上时,抗氧化活性均达到90%左右,与BHA活性接近,抗氧化活性较强可能与其多酚含量较高有着直接的关系,多酚类物质一般具有较强的抗氧化活性。70%乙醇提取物的主要化合物Hispidin也表现出极强的抗氧化活性,200 mg/kg以上时,清除率可达90%以上,略高于BHA,而且在粗毛纤孔菌中含量较高,有望开发成为一种新的天然抗氧化剂。

粗毛纤孔菌子实体70%乙醇提取物的黄酮含量较低,以芦丁为标品,测定结果为 $(5.74 \pm 0.13) \mu\text{g}/\text{mg}$,同时该菌子实体提取物的抑菌活性不佳,除高剂量(40.96 mg/mL)乙醇提取物对大肠杆菌的抑制率40.35%外,其它抑菌活性均不明显,抑菌活性较低可能与70%乙醇提取物中黄酮含量极低有直接关系,一般黄酮类物质具有较好的抑菌活性。

参考文献

[1] Halliwell B, Gutteridge J M C. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease [J]. Biochemical Journal, 1984, 219: 1-4.

[2] Löliger J. The use of antioxidants in foods, free radicals and food additives [M]. London: Taylor and Francis, 1991: 121-150.

[3] Longvah T, Deosthale Y G. Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India [J]. Food Chemistry, 1998, 63: 331-334.

[4] Cheung L M, Cheung P C K, Ooi V E C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts [J]. Food Chemistry, 2003, 81: 249-255.

[5] Williams G M, Iatropoulos M J. Anticarcinogenic effects of synthetic phenolic antioxidants, oxidants, antioxidants, and free radicals [M]. USA: Taylor and Francis, 1997: 341-350.

[6] Ali N A A, Pilgrim H, Liberra K, et al. Hispolon, a yellow pigment from *Inonotus hispidus* [J]. Phytochemistry, 1996, 41(3): 927-929.

[7] Cook N C, Samman S. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 1996, 7: 66-76.

[8] 李巨秀, 王柏玉. 福林-酚比色法测定桑椹中总多酚 [J]. 食品科学, 2009, 30(18): 292-295.

[9] 刘艳芳, 杨焱, 贾薇, 等. 药用真菌桑黄总黄酮测定方法研究 [J]. 食用菌学报, 2006, 13(2): 45-48.

[10] Krakauer T, Li B Q, Yong H A. The flavonoid baicalin inhibits perantigen induced inflammatory cytokines and chemokines [J]. Febs Letters, 2001, 500(1-2): 52-55.

[11] 付翔, 陈薇, 段小群, 等. 雪灵芝提取物清除羟自由基和抑制脂质过氧化作用 [J]. 中国中医药信息杂志, 2010, 17(7): 35-36.

[12] 佟春兰, 包海鹰, 图力古尔. 蒙古口蘑子实体石油醚提取物的化学成分及抑菌活性 [J]. 菌物学报, 2010, 29(4): 619-624.

Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Inonotus hispidus* Extracts

ZAN Li-feng^{1,2}, LIANG Rui-juan¹, BAO Hai-ying²

(1. Institute of Edible Fungi, Handan College, Handan, Hebei 056005; 2. Engineering Research Centre of Edible and Medicinal Fungi, Ministry of Education, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

菌草菌糠提取物在竹荪母种培养基中的应用

王培丹, 谢长海, 苏德伟, 林兴生, 姚俊新, 林占熿

(福建农林大学 生命科学学院, 国家菌草工程技术研究中心, 福建 福州 350002)

摘 要:以平菇、香菇、灵芝、真姬菇、银耳、杏鲍菇、金针菇 7 种常见菌草菌糠浸提液配制的培养基为试材,研究了其对竹荪菌丝生长的影响,进而对最适竹荪菌丝生长的菌糠进行水溶物质的提取。将该菌糠提取物配制的不同浓度梯度的培养基与 PDA 培养基进行对比,筛选出最适的菌糠提取物添加量,旨在研究出一种新式竹荪母种培养基。结果表明:以菌草灵芝菌糠浸提液作为培养基,竹荪菌丝生长速度快于其它菌糠与 PDA 培养基($P < 0.01$)。当向母种培养基中添加 6 g/L 菌草灵芝菌糠提取物时,最适于竹荪菌丝的快速生长,且菌丝粗壮、洁白。

关键词:菌草;菌糠;提取物;竹荪;母种培养基

中图分类号:S 646.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0155-05

菌草是可以作为栽培食药菌培养基的草本植物的统称,既包括芒萁、五节芒、类芦、芦竹、芦苇等野生草本植物,也包括巨菌草、象草等人工栽培的草本植物^[1]。利用菌草栽培食药菌采收子实体后剩下的废弃培养料,统称为菌草菌糠。又因栽培菇类不同及基质配比不同,而分别称之为菌草平菇菌糠、菌草香菇菌糠、菌草双孢蘑菇菌糠等^[2],它不仅含有较多的纤维素、半纤维素和木质素,还含有丰富的菌丝残体蛋白、氨基酸、矿物质以及菌丝体的次生代谢产物等^[3-4],具有再利用的潜力。

竹荪属腹菌纲,鬼笔目,鬼笔科,竹荪属,俗称竹笙、竹参、网纱菌、面纱菌等,是一种珍贵的食药菌,有“真

菌皇后”的美称^[5],近年来在市场上供不应求,高产优质的竹荪产品除了选用一套科学的管理方法及采用优良菌株之外,供菌株生长的培养基条件也是至关重要的^[6]。目前,人工培育竹荪的母种培养基一般为 PDA 培养基,由于地域及季节限制,土豆无法长期保鲜,经过长时间保存的土豆营养物质流失,从而会对竹荪的生长繁殖产生不良的影响^[7]。该实验室通过长时间的实践发现以菌草灵芝菌糠为主料制作的培养基对竹荪菌株的生长势与速度都有较强的优势,可以很好的解决满管时间长,菌丝生长弱,菌种老化、退化现象。另外,菌草灵芝菌糠可以为竹荪生长提供必要的营养物质^[3-4],且成本低廉(0.1 元/kg)、便于储存、制作过程极其简易。同时,随着食用菌生产规模逐年扩大,菌糠的产生也逐年增多,除了极少部分菌糠作为生物燃料使用外,大部分菌糠被直接丢弃,造成资源浪费及环境的污染^[8]。近年来,利用菌糠栽培其它食用菌^[9-14]、菌糠浸提液添加到培养基起优化 PDA 母种培养基作用的研究已有广泛报道^[15-17]。然而将菌糠浸提物纯化出来,完全取代 PDA

第一作者简介:王培丹(1987),女,硕士研究生,现主要从事食药菌等研究工作。E-mail:603554582@qq.com.

责任作者:林占熿(1943-),男,研究员,博士生导师,现主要从事食药菌等研究工作。

基金项目:福建省科技重大专项资助项目(2012NZ0002);科技部国家中心组建资助项目(2011FU125X11)。

收稿日期:2014-11-10

Abstract: Antioxidant capacity and antimicrobial activities of *Inonotus hispidus* extracts obtained with 70% ethanol and compound hispidin were investigated by Folin-Ciocalteu and $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ colorimetric methods. Total phenolics were $(64.02 \pm 0.73) \mu\text{g}/\text{mg}$ (gallic acid equivalent) while the flavanoids were $(5.74 \pm 0.13) \mu\text{g}/\text{mg}$ (rutin equivalent) in the extract. The antioxidant and antibacterial activities of 70% ethanol extracts and hispidin were determined. The results showed that DPPH and $\cdot\text{OH}$ free radical-scavenging activities were found to exhibit about 90% inhibition, at concentration of 200 mg/kg. Positive correlations were found between total phenolic content in the mushroom extracts and their antioxidant activities. 70% ethanol extract and hispidin showed narrow antibacterial activities against *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*. 70% ethanol extracts inhibited the growth of the *Escherichia coli*, and inhibition values was 40.35% at concentration of 40.96 mg/mL.

Keywords: *Inonotus hispidus*; mushroom; antioxidant; antimicrobial activity