

猴头菌及其菌丝提取物的药理与临床研究进展

翁润翌, 朱平

(中国医学科学院, 北京协和医学院药物研究所, 卫生部天然药物生物合成重点实验室, 北京 100050)

猴头菌或称猴头菇 *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers 是一种药食两用菌, 性平、味甘, 能利五脏、助消化、滋补和抗癌^[1]。药理和临床研究表明, 猴头菌对慢性胃炎、消化不良、胃溃疡等多种消化系统疾病有较好疗效, 同时, 还具免疫调节、抗肿瘤、降血糖、降血脂以及保护神经的功能。猴头菌的主要活性成份有多糖、多肽、糖肽等物质。本文以万方数据医药信息系统、维普信息资源系统和美国 Medline 等数据库检索资料为基础, 综述了自 2000 年以来有关猴头菌及其菌丝提取物的药理与临床研究进展。

1 药理作用

1.1 对消化系统的作用

文献^[2]观察了猴头菌提取物颗粒治疗慢性萎缩性胃炎 (CAG) 的临床疗效, 治疗 6 个月复查, 临床总有效率为 93.8%, 治疗中未发现不良反应, 服药后血细胞、肝肾功能无异常。应用猴头菌提取物颗粒治疗慢性萎缩性胃炎也取得了类似的临床试验结果^[3]。对猴头菌提取物颗粒 (商品名: 谓葆, 山西康欣药业有限公司生产) 治疗重度慢性溃疡性结肠炎的疗效进行评估, 治疗组和对照组各 30 例, 治疗组口服强的松、柳氮磺胺吡啶 (SASP)、谓葆于饭前 30min 温水冲服; 对照组口服强的松、SASP。3 个月为 1 疗程, 分别从症状和内窥镜下对两组治疗效果进行比较, 治疗组均明显优于对照组 ($P < 0.05$)^[4]。文献^[5]观察了猴头菌提取物颗粒 (谓葆) 预防胃、十二指肠溃疡复发的临床疗效, 将 80 例住院和门诊溃疡痊愈患者随机均分为猴头菌提取物颗粒治疗组和法莫替丁组, 分别口服提取物颗粒和法莫替丁, 每月服

用 7d, 定期随访, 持续 6 个月。结果表明, 长期口服猴头菌提取物颗粒和法莫替丁均能显著降低溃疡的复发, 治疗组胃、十二指肠溃疡复发率 7.5%, 与法莫替丁组 (12.5%) 的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。将 300 例消化性溃疡患者随机分为治疗组 (猴头菌颗粒与质子泵抑制剂潘托拉唑联合用药) 和对照组 (单用潘托拉唑)。结果表明, 联合用药组治愈率 89%, 总有效率 99%; 对照组治愈率 77%, 总有效率 91%, 两组治愈率、总有效率比较差异有显著性意义 ($P < 0.05$)。联合用药组在缓解腹痛、腹胀等症状方面也显著优于对照组^[6], 采用猴头菌颗粒、胶体果胶铋、羟氨苄青霉素和克拉霉素四联合用药治疗消化性溃疡 51 例; 对照组采用奥美拉唑、羟氨苄青霉素和克拉霉素三联联合用药治疗消化性溃疡 50 例。结果显示, 治疗组对消化性溃疡的治愈率为 96.1%、对照组为 92.0%; 治疗组对幽门螺杆菌 (Hp) 的根除率为 96.1%, 对照组为 92.0%, 两组都有效, 两组间差异无显著性 ($P > 0.05$)^[7]。对 29 例儿童腹痛患者给予谓葆猴头菌颗粒治疗, tid, 每次 3g, 疗程 4 周, 并以硫糖铝片治疗 29 例作为对照, 比较其疗效。谓葆猴头菌颗粒治疗儿童腹痛的疗效肯定, 治愈 17 例、显效 11 例、无效 1 例; 对照组治愈 9 例, 显效 12 例、无效 8 例, 两组比较 $P < 0.01$ ^[8]。选择确诊的慢性胃炎及消化性溃疡的患者 60 例, 分别采用猴头菌片和养胃冲剂治疗 60d, 猴头菌片对慢性胃炎和消化性溃疡总体疗效的有效率达 87.5%, 对慢性胃炎和消化性溃疡的总有效率分别为 88.89%、84.62%^[9]。有研究认为, 猴头菌对胃肠道系统疾病治疗的作用机理是猴头菌中所含的氨基酸和多糖成份对胃黏膜上皮的

再生和修复起重要作用，还能增强胃黏膜屏障机能^[10]。

1.2 抗肿瘤、抗突变及免疫增强作用

给予猴菇多糖治疗胃癌癌前病变患者，其中，慢性萎缩性胃炎 (CAG) 伴肠上皮化生 (M) 患者 20 例、CAG 伴异型增生 (DYS) 患者 20 例。疗程 6 个后，20 例 CAG 伴 M 组中 12 例肠上皮化生消失，20 例 CAG 伴 DYS 组中 8 例异型增生消失；Bcl-2 表达量 (荧光指数 FI) 减少，治疗前后 FI 阳性率有显著差异 ($P < 0.05$)，说明猴菇多糖对胃癌癌前病变有较好的临床疗效^[11]。通过 Ames 试验发现，猴头菌子实体、菌丝体的醇提物和水提物均有显著的抗突变活性。同时，加热后其抗突变活性大大降低，推测其抗突变物质对热敏感^[12]。从猴头菌液体培养物中提取的多糖具有抗肿瘤和免疫增强活性，用摇瓶发酵培养猴头菌和假猴头菌 *Hericium laciniatum*，分别得到分子量大于 105kDa 的多糖，其中，猴头菌多糖主要由葡萄糖组成，而假猴头菌多糖主要由半乳糖组成，两种多糖均有抗 ICR 小鼠肺转移肿瘤和免疫增强活性 ($P < 0.05$)。前者的活性优于后者，两种多糖均可增加 T 细胞和巨嗜细胞的数量^[13]。文献^[14]选择猴头菇、香菇、茯苓 3 种真菌的多糖，配以葡萄籽多酚和甘草酸，制成复合多糖，研究复合真菌多糖对小鼠 S180 肉瘤的抑制作用和对荷瘤小鼠腹腔巨噬细胞活性的影响。结果表明：复合多糖荷瘤组和香菇多糖荷瘤组的瘤重、瘤体比与荷瘤模型组相比均显示出瘤重减轻、瘤体比减小等明显的抑制作用，而复合多糖组的抑瘤率明显大于香菇多糖组 ($P < 0.05$)。提示复合真菌多糖是通过提高免疫功能抑制肿瘤细胞生长的。此外，文献^[15]曾研究了猴头菌多糖的分离纯化及活性，得到的精品多糖可明显增强细胞因子 IL-2 的生物活性。

1.3 对糖脂代谢紊乱的影响

文献^[16]以常规降糖药物格列本脲为阳性对照，比较猴头菌丝多糖各剂量与格列本脲的

降血糖效果。结果表明，猴头菌丝多糖对四氧嘧啶型高血糖模型小鼠具有降血糖作用，效果优于格列本脲，且对糖尿病小鼠的胰腺具有一定的保护作用。文献^[17]从液体培养的猴头菌培养物中得到分子量在 40kDa 以下的胞外生物聚合物 (总糖占 91.2%、蛋白占 8.8%)，研究了该聚合物对高脂血症大鼠血脂的影响，发现其具有降血脂活性且降脂效果具有量效关系。在剂量为 200mg / kg 时能显著降低血浆中总胆固醇 (32.9%)、LDL 胆固醇 (45.4%)、甘油三酯 (34.3%) 和磷脂 (18.9%)、动脉硬化指数 (58.7%) 及肝脏 HMG-CoA 还原酶活性 (20.2%)。与对照相比，该生物聚合物增加了血浆 HDL 胆固醇水平。

1.4 对神经系统的作用

包裹神经轴突的髓鞘具有支持、保护、滋养和绝缘等功能，髓鞘结构损伤将导致神经系统严重疾病。文献^[18]研究了猴头菌提取物对培养的小脑细胞和髓鞘形成的影响，结果显示，猴头菌提取物可使髓鞘形成比对照提前且效率提高，但未观察到不良反应，说明猴头菌提取物可促进培养的小脑细胞正常发育并可调节髓鞘发生过程。神经营养因子对于神经元正常功能的发挥是必不可少的。神经营养因子样物质或其诱导剂有望被应用于治疗神经退行性疾病，如 Alzheimer's 病。文献^[19]研究了猴头菇、白灵菇 *Pleurotus eryngii*、灰树花 *Grifola frondosa* 和巴西蘑菇 *Agaricus blazei* 的乙醇提取物对人星形细胞瘤 1321N1 细胞株神经生长因子 (NGF) 基因表达的影响，4 种蘑菇提取物中只有猴头菇提取物能以剂量依赖方式促进 NGF mRNA 表达并能增强 1321N1 细胞分泌 NGF 蛋白。另外，用 ddY 小鼠进行体内试验也得到类似结果。研究还提示，猴头菌含有的活性化合物通过活化 JNK 途径刺激 NGF 合成，而这些化合物并非以前报道的猴头菇素 (hericenones)。文献^[20]采用基于修订的长谷川痴呆量表 (HDS-R) 的认知功能评分，用双

盲、平行试验方法研究了口服猴头菌片对 50~80 岁、轻度认知障碍的日本患者的疗效。经过 2 周的预试验, 30 位受试者被平均分成两组, 实验组口服猴头菌片, tid, 每天 4 片, 疗程 16 周, 对照组口服安慰剂。试验结束再观察 4 周。与对照组比较, 在第 8、12、16 周时, 猴头菌组的认知功能评分显著增加, 提示猴头菌在改善轻度认知障碍方面有效。但在停药后的第 4 周猴头菌组的认知评分则比以前明显下降。

2 讨 论

猴头菌及其菌丝提取成分具有多种生物活性, 包括保护胃肠黏膜和促进黏膜修复与再生、抗肿瘤、抗突变、增强免疫、保护神经系统及促进认知功能、调节糖脂代谢紊乱等。其活性成分包括猴头菌多糖、糖蛋白以及其它小分子化合物等。猴头菌制剂在临床上已被广泛用于治疗胃肠道消化系统的疾病, 在治疗胃癌癌前病变和作为治疗肿瘤辅助用药方面也有较好的疗效。在治疗神经系统疾病(如 Alzheimer's 病、认知功能障碍)和糖脂代谢紊乱疾病(如高脂血症、糖尿病)等方面也有潜在的应用前景。

参考文献

- [1] 刘波.中国药用真菌[M].第二版.太原:山西人民出版社,1978,76-77.
- [2] 许宏吉,陈满咚.猴头菌提取物颗粒治疗慢性萎缩性胃炎 32 例 [J]. 临床和实验医学杂志,2008,7(3):135
- [3] 刘重阳,陈东风,王军,等.猴头菌提取物颗粒治疗慢性萎缩性胃炎 30 例 [J]. 中国临床保健杂志,2007,10 (3):290-291
- [4] 周中银,靖泽友.猴头菌提取物颗粒治疗重度慢性溃疡性结肠炎临床探讨 [J]. 临床消化病杂志,2007, 19(6):376-378
- [5] 江必武,吴玉芳,李桂珍,等.猴头菌提取物颗粒预防胃、十二指肠溃疡复发的临床疗效观察[J].中国基层医药,2007,14(4):656-657
- [6] 刘少俊,唐五良.猴头菌颗粒联合潘托拉唑治疗消化性溃疡 150 例临床观察 [J].临床消化病杂志,2007,19(5):317-318
- [7] 吴达荣,吴振强,童志勇.猴头菌颗粒、胶体果胶铋、羟氨苄青霉素、克拉霉素联合治疗消化性溃疡的临床研究 [J].现代医药卫生,2005,21(8):908-909
- [8] 丘碧芬,马启玲.谓葆治疗儿童腹痛的疗效观察[J].临床消化病杂志,2006,18(5):306-307
- [9] 潘超雄,陈立军,许燕云.猴头菌片治疗慢性胃炎及消化性溃疡的临床疗效观察 [J].海南医学院学报,2004,10(4):260-261
- [10] 樊伟伟,黄惠华.猴头菇多糖研究进展[J].食品科学,2008,29(1):355-358
- [11] 高泽立,安淑华,吴敏生,等.猴菇多糖对胃癌癌前病变的逆转治疗研究 [J].中成药,2000,22(8):555-558
- [12] Wang J, Hu SH, Lee WL, et al. Antimutagenicity of extracts of *Hericium erinaceus* [J]. Kaohsiung J Med Sci, 2001, 17(5):230-238
- [13] Wang JC, Hu SH, Su CH, et al. Antitumor and immune-enhancing activities of polysaccharide from culture broth of *Hericium spp.* [J]. Kaohsiung J Med Sci, 2001, 17(9):461-467
- [14] 唐省三,朱晓琴.复合真菌多糖的抗肿瘤及免疫增强作用初探 [J]. 基础医学与临床,2004,24(5):599-600
- [15] 崔玉海.猴头菌多糖的分离纯化及活性探讨[J].黑龙江医药科学,2004,27(4):18-19
- [16] 杜志强,任大明,葛超,等.猴头菌丝多糖降血糖作用研究[J].生物技术,2006,16(6):40-41
- [17] Yang BK, Park JB, Song CH. Hypolipidemic effect of an Exobio-polymer produced from a submerged mycelia culture of *Hericium erinaceus* [J]. Bio Sci Biotechnol Biochem, 2003, 67(6):1292-1298
- [18] Kolotushkina EV, Moldavan MG, Voronin KY, et al. The influence of *Hericium erinaceus* extract on myelination process *in vitro* [J]. Fiziol Zh, 2003, 49(1):38-45
- [19] Mori K, Obara Y, Hirota M, et al. Nerve growth factor-inducing activity of *Hericium erinaceus* in 1321N1 human astrocytoma cells [J]. Biol Pharm Bull, 2008, 31 (9):1727-1732
- [20] Mori K, Inatomi S, Ouchi K, et al. Improving effects of the mushroom Yama bushi take (*Hericium erinaceus*) on mild cognitive impairment: a double-blind placebo-controlled clinical trial [J]. Phytother Res, 2009, 23(3): 367-372

猴头菌提取物抗氧化活性研究

潘伟 1,2, 刘瑞娜 1,2, 章炉军 1, 俞康莹 1, 尚晓冬 1, 赵国屏 3, 谭琦 1

1 上海市农业科学院食用菌研究所, 农业部南方食用菌资源利用重点实验室, 国家食用菌工程技术研究中心, 国家食用菌加工技术研发分中心, 上海市农业遗传育种重点开放实验室; 上海 201403

2 南京农业大学生命科学院; 江苏南京 210095

3 中国科学院上海生命科学研究院植物生理生态研究所, 上海 200032

人体持续暴露在活性氧与促氧化剂中时, 很容易引起机体组织产生氧化应激, 导致代谢性功能紊乱及一系列的慢性疾病[1]。食用一些富含具有抗氧化活性物质的功能性食品可以减轻机体组织氧化应激或预防损伤。一些合成抗氧化剂与天然抗氧化剂相比, 尽管具有很强的清除自由基活性, 但同时也具有强的毒副作用, 因此人们倾向于从自然界中寻求更安全的抗氧化剂。LEE 等[2]从桦褐孔菌 (*Inonotus obliquus*) 中分离到一些具有较强活性的抗氧化成分(多酚类化合物)。MAU 等[3]研究表明, 灵芝 (*Ganoderma lucidum*) 是很好的天然抗氧化剂。同为食用菌的猴头菌(*Hericium erinaceus*) 是著名的药膳两用真菌, 具有抗溃疡、抗炎症、抗肿瘤、抗衰老、抗疲劳、提高机体耐缺氧能力、增加心肌血液输出量、加速机体血液循环、降血糖、保肝护肝和降血脂、降血压等作用[4]。笔者通过对猴头菌子实体的水提物和醇提物总还原力、清除·OH、2,2-二苯基-1-苦肼基自由基 (DPPH·) 及 O₂-·自由基的研究, 旨在为其在医药保健方面的利用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

猴头菌 (*H. erinaceus*) 子实体由上海市农业科学院食用菌研究所提供。

1.2 主要试剂与仪器

柠檬酸、Na₂HP0₄、NaH₂PO₄、六氰合铁酸

钾(铁氰化钾)、醋酸、三氯化铁、维生素 C、FeSO₄·7H₂O、30%H₂O₂ 溶液、水杨酸、无水乙醇、95%乙醇等(国药集团化学试剂有限公司), DPPH (美国 Sigma 公司), 实验用水(娃哈哈纯净水); infinite M200 PRO 酶标仪(瑞士 TECAN 公司); UVmini-1240 分光光度计(日本 SHIMADZU 公司)。

1.3 提取物的制备

1.3.1 水提物: 干燥猴头菌子实体, 用粉碎机粉碎, 称取 50g 粉末, 加 1L 蒸馏水超声 20min, 过滤, 滤液减压浓缩, 反复 3 次, 合并浓缩液, 转至蒸发皿中, 60°C 水浴蒸干, 备用。

1.3.2 醇提物: 同样称取 50g 猴头菌子实体粉末, 加 1L95%乙醇超声 20min, 过滤, 其它操作步骤同 1.3.1。

1.4 母液制备

将猴头菌醇提物和水提物配制成 20mg/mL, 作为供试母液。

维生素 C 作为阳性对照, 称取一定量的维生素 C 定容到浓度为 1mg/mL, 作为对照母液, 避光 4°C 保存。

1.5 DPPH 溶液的配制

精密称取 19.7mg DPPH, 用无水乙醇溶解并定容于 250mL 容量瓶中, DPPH 浓度为 2×10⁻⁴mol/L, 避光 4°C 保存。

1.6 总还原力测定

按照参考文献^[5]操作进行总还原力测定。

1.7 OH 自由基清除活性测定

以 SMIRONFF 等^[6]的 Fenton 法为基础加以改进, 向试管中分别加入 2、4、6、8、10、12、

14、18mg/mL 不同浓度样品 2mL, 然后依次加 6mmol/L 的 FeSO₄ 溶液 2mL, 2.4mmol/L 的 H₂O₂ 溶液 2mL, 摇匀, 静置 10min, 再加入 6mmol/L 的水杨酸溶液 2mL 摇匀, 37°C 水浴 30min, 1016g 离心 10min, 取上清液于 510 nm 处测吸光度 (A) 值, 以维生素 C 作为阳性对照。

$$\text{清除率 } S = [1 - (A_i - A_j)/A_0] \times 100\%$$

A₀: 以纯水替代样品的空白对照; A_i: 反应液的 A 值; A_j: 以纯水替代水杨酸时提取液自身的 A 值。

1.8 DPPH 自由基清除活性测定

采用 DPPH 分析法, 根据参考文献^[7,8]研究方法加以改良, 测定了提取物抗氧化活性。将加入 1mL 的 2×10⁻⁴mol/L DPPH 无水乙醇溶液, 摇匀, 避光放置 30min, 于 517nm 处测定其 A 值, 以维生素 C 作为阳性对照。

$$\text{清除率 } S = [1 - (A_i - A_j)/A_0] \times 100\%$$

A₀: 以纯水替代抗氧化剂的 DPPH 溶液的 A 值; A_i: 加了抗氧化剂后 DPPH 溶液的 A 值; A_j: 以无水乙醇替代 DPPH 溶液的抗氧化剂溶液的 A 值。

1.9 O₂⁻ 自由基清除能力测定

采用改良的邻苯三酚自氧化法^[9]。首先根据下列公式计算邻苯三酚自氧化率。

$$\text{邻苯三酚自氧化率} = (A_{4\text{min}} - A_{1\text{min}})/3$$

A_{4min} 为第 4 分钟的 A 值, A_{1min} 为第 1 分钟的 A 值。

然后测定加样后邻苯三酚自氧化率: 操作方法同上, 加入邻苯三酚前分别加入 2、4、6、8、10、12、14、18mg/mL 不同浓度猴头菌水提取物、醇提取物。计算加样后邻苯三酚自氧化速率, 得出对 O₂⁻ 的抑制率。

$$\text{抑制率} = [(A_0 - A_i) / A_0] \times 100\%$$

A₀: 邻苯三酚自氧化率, A_i: 加样后的邻苯三酚自氧化率。

2 结果与分析

2.1 总还原力大小

在 2~18 mg/mL 范围内, 水提物总还原力很低, 不随着浓度的增加而增加; 醇提物总还原力随浓度的增加而升高, 浓度为 18mg/mL 时相当于 0.09mg/mL 维生素 C 的总还原力(图 1)。

Fig. 1 Total reducing power of aqueous and ethanolic extracts from *H. erinaceus* fruit bodies

2.2 ·OH 自由基清除活性

猴头菌水提物在 2~10mg/mL 范围内对·OH 自由基的清除率随浓度的升高而增加, 当浓度达到 10mg/mL 时, 清除率为 99.03%。而醇提物在一定浓度 (2~18mg/mL) 对·OH 的清除率随浓度的增加几乎不变 (图 2)。

图 2 猴头菌提取物清除·OH 自由基活性
Fig. 2 Hydroxyl radical scavenging activity of aqueous and ethanolic extracts of *H. erinaceus* fruit bodies

2.3 DPPH· 自由基清除活性

随着维生素 C 浓度的增加, 对 DPPH· 清除率增强。在试验浓度范围内, 维生素 C 浓度与 DPPH· 清除率呈现出良好的量效关系。猴头菌水提物和醇提物对 DPPH· 清除率在一定浓度范围内具有很好的量效关系。水提物对 DPPH· 清除效果要明显高于醇提物, 2mg/mL 的水提物清除率高达 93.33%, 而 2 mg/mL 的醇提物清除率只有 36.85% (图 3)。

图 3 猴头菌提取物对 DPPH 自由基的清除活性
Fig. 3 DPPH· scavenging activity of aqueous and ethanolic extracts of *H. erinaceus*

2.4 O₂^{-·} 自由基清除活性

在试验浓度 2~18 mg/mL 范围内,猴头菌水提物和醇提物对 O₂^{-·} 的清除率随着提取物浓度的增加而增加。水提物对 O₂^{-·} 的清除效果明显要高于醇提物(图 4)。

图 4 猴头菌提取物清除 O₂^{-·} 自由基活性
Fig. 4 O₂^{-·} scavenging activity of aqueous and ethanolic extracts of *H. erinaceus*

3 讨论

1956 年 DENHAM HARMAN 提出衰老的自由基学说,认为衰老过程中的退行性变化是由于细胞正常代谢过程中产生的自由基的有害作用造成的;机体中适量的自由基对细胞分裂、分化、生长、消炎解毒等生理过程起积极作用,但过量的自由基则会引起蛋白质变性、酶失活、多糖降解、DNA 链断裂、生物膜结构损伤、细胞解体乃至机体病变和死亡^[10]。已有许多研究指出,自由基和活性氧是细胞癌变的原始引发机制^[11,12]。在本研究中,笔者发现猴头菌子实体具有清除自由基的功能,这与早期中医的研究结果相吻合,具有抗衰老、抗氧化等功效。当机体内的自由基过量,食用猴头菌具有清除一些自由基功能,降低其负面影响,从而使我们机体更加健康。本实验中发现,猴头菌醇提物显示出良好的总还原力,且总还原力大小与浓度成正比;而水提物则显示出很低的总还原力且不随浓度的增加而增加。水提物具有很好的清除·OH、DPPH·和 O₂^{-·} 的活性,并且在一定浓度范围内,清除率与其浓度成正比;在相同的浓度下(2mg/mL),清除 DPPH· 的能力最强,·OH 次之, O₂^{-·} 最弱。醇提物具有很好的清除 DPPH· 的能力,且清除率与其浓度成正比;其次

为清除·OH;最差的为清除 O₂^{-·}。从还原力和清除自由基两个方面,猴头菌提取物在不同方面表现出各自的活性,这可能与其所含不同的化学成分有关,而猴头菌具体哪些成分与其总还原力及对自由基的清除作用有关还有待进一步研究。

参考文献

- [1] DIPLOCK AT, CHARLEUX JL, CROZIER WILLY GK, et al. Functional food science and defence against reactive oxidative species[J]. Br J Nut, 1998, 80:77-112.
- [2] LEE IK, KIM YS, JANG YW, et al. New anti-oxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2007, 17:6678-6681.
- [3] MAU JL, LIN HC, CHEN CC. Antioxidant properties of several medicinal mushrooms [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50:6072-6077.
- [4] 刘梅森, 陈海晏, 孙红斌. 猴头菌的药用价值概述[J]. 中国食用菌, 1999, 18(1):24-25.
- [5] SHON MY, CHOI SD, KAHNG GG, et al. Antimutagenic, antioxidant and free radical scavenging activity of ethyl acetate extracts from white, yellow and red onions [J]. Food Chem Toxicol, 2004, 42: 659-666.
- [6] SMIRNOFF N, CUMBES OJ. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes [J]. Phytochemistry, 1989, 28:1057-1060.
- [7] CAVIN A, HOSTETTMANN K, DYATMYKO W, et al. Antioxidant and lipophilic constituents of *Tinospora crispa* [J]. Planta Med, 1998, 64:393-396.
- [8] TAKASHI Y, KAZUKO M, TSUTOMU H, et al. Studies on inhibition mechanism of autoxidation by tannins and flavonoids V. Radical-scavenging effects of tannins and related polyphenols on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical [J]. Chem Pharm Bull, 1989, 37(7):1919-1921.
- [9] 陈美珍, 余杰, 龙梓洁, 等. 龙须菜多糖抗突变和清除自由基作用的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 219-222.
- [10] 钱传光, 周军, 赵文, 等. 泥鳅多糖清除活性氧和保护 DNA 链的作用[J]. 生物化学与生物物理学报, 2001, 33(2):215-218.
- [11] MARX JL. Oxygen free radicals linked to many diseases [J]. Science, 1987, 235:529-531.
- [12] 庞战军, 陈瑗, 周玫. 云芝多糖对巨噬细胞 GPx 基因表达的影响[J]. 生物化学与生物物理学报, 1999, 31(3):284-288.

错误!使用“开始”选项卡将 005 应用于要在此处显示的文字。