

羊肚菌生物活性研究进展

赵 莎

西安培华学院 陕西西安 710125

【摘要】羊肚菌是一种可人工栽培的珍稀的食药同源用真菌，具有很高的营养、经济及药用价值。近年来其生物学活性功能研究显示，羊肚菌具有免疫力提升及护肝、抗肿瘤、抗氧化、抗菌、抗炎、降血脂、降血糖及动脉粥样硬化等作用。其营养及药用价值主要归功于活性营养成分。本文对富硒羊肚菌化学成分以及生物活性进行概述，旨在为羊肚菌产业向科学和大健康的深度开发提供参考依据。

【关键词】羊肚菌；化学成分；生物活性

羊肚菌 (*Morchella esculenta* L)，又名羊肚蘑、羊肚菜或草笠竹，为盘菌目 (Pezizales)、羊肚菌科 (Morchellaceae)、羊肚菌属 (*Morchella*)，因菌盖表面凹凸不平整类似蜂巢状、形似羊肚状故而得名^[1]。其富含氨基酸、不饱和脂肪酸以及蛋白质等营养成分，肉质又鲜嫩爽口，因此可以作为药食同源的珍稀菌种^[2]。除了食用价值外，羊肚菌还具有极高的药用价值。我国传统中医记载羊肚菌性平、味甘，具有益肠胃、消化助食、化痰理气、补肾壮阳、补脑提神等功效，在传统医学中被用于快速愈合伤口的良药、对脾胃虚弱、消化不良、痰多气短、头晕失眠有良好的疗效^[3]。本文就羊肚菌生物活性肽的制备工艺、功能活性相关的研究进展进行概述，以期对相关产品的研发提供有益参考。

1 羊肚菌的生物活性功能

1.1 免疫调节活性

研究发现，羊肚菌多糖和免疫蛋白主要通过刺激免疫细胞活性进行激活增强巨噬细胞的吞噬，增加抗体生成量的表达，以及调节细胞因子如 IL-1 的分泌调节进行增强增强机体免疫功能。卢可可等^[6]研究体外细胞培养模型下羊肚菌多酚对癌细胞的影响，表明褐褐色羊肚菌的多酚体外可较好地抑制人肝癌细胞 (HepG2) 的增殖。Duncan JG^[7] 得出对羊肚菌进行分离中产生的半乳糖甘露聚糖 $3 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度下可提升 THP-1 单核细胞 NF-kappaB 虫荧光霉素表达量，在脂多糖 $10\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 可提高单核巨噬细胞活性的能力。Hu 等^[8] 从羊肚菌中分离得到多糖产物 MEP-II，可导致人肝癌细胞 (HepG2) 表面磷脂酰丝氨酸 (PS) 残基外化等凋亡现象，通过激活细胞凋亡 (apoptosis) 产生活性氧自由基 (ROS) 途径抑制 HepG2 增殖，促进 HepG2 细胞凋亡 (PCD)。

1.2 抗肿瘤活性

研究表明，羊肚菌富含的硒构成谷胱甘肽过氧化酶 (GSH) 重要成分，通过运输大量 O^{2-} 氧分子破坏癌细胞。关于其本身的直接抑制癌症的作用，陈彦等对羊肚菌胞外多糖 (EPM) 进行体内外抑制肿瘤的活性研究，得出

体外羊肚菌胞外多糖可抑制 S180 肿瘤细胞高达 46%，而体内试验 EPM 抑瘤率可达 64%，可显著提高 S180 荷瘤小鼠的 T-淋巴细胞数值、以及提升吞噬细胞数量^[9]。黄瑶等发现羊肚菌多糖溶液对 S180 小鼠灌胃处理后降癌率为 50.32%，进行内皮生长因子 VEGF 以及 VEGFR (受体) 蛋白表达进行优化，通过增强 PI3K/AKT 信号通路和 Ras 信号通路，共同抑制肿瘤细胞增长^[10]。

1.3 抗氧化活性

抗氧化活性目前作为羊肚菌功效研究热点，是抗氧化功能产品开发的良好基料，可以促进过氧化物和自由基的分解，有效清除各种自由基。FU 等^[11] 人发现羊肚菌子实体的胞外多糖 MEEP 具有抗氧化活性，可显著改善半乳糖诱导的衰老小鼠肝脏，可显著提高小鼠体内 SOD、CAT、GSH-Px 活性，提高 D-半乳糖衰老小鼠模型的抗氧化酶活性来修复氧化损伤。范三红等研究显示，羊肚菌清蛋白可清除 DPPH 自由基和 $\cdot\text{OH}$ 自由基活性，且与清蛋白浓度呈正相关^[12]。Zhang 等对过氧化氢 H_2O_2 诱导细胞氧化损伤模型显示羊肚菌蛋白酶解物及其糖基化衍生物的抗氧化活性抑制细胞 ROS 和 MDA 的产生，激活 Nrf2 信号通路，显示具有很好抗氧化作用^[13]。

1.4 降血糖、血脂活性

研究显示，羊肚菌具有很好的降血糖、降血脂功效。研究人员李井雷等^[14]发现羊肚菌胞外多糖 MEP 可有效抑制 α -葡萄糖苷酶达到 53.13%，抑制 α -淀粉酶的活性达 54.76%。此外在浓度为 5 mg/mL 时，MEP 对脂肪酶的抑制率接近 30%，同时还能够在一定程度上抑制葡萄糖的扩散，具有较强的降血糖降血脂活性。殷伟伟等^[15]研究显示，液体培养提取羊肚菌活性物 BEMC，可降低高脂小鼠 TC、TG、LDL-C 等指数，降血脂效果较为理想。

1.5 抗炎活性

ROS 氧化应激是引起慢性炎症的常见原因，是机体免疫系统损伤组

织细胞的生物现象。LI 等^[16]人研究羊肚菌多糖 FMP-1 及其衍生物 SFMP-1 和 CFMP-1 对 PM2.5 诱导大鼠肺泡巨噬细胞 RN8383 的抗炎作用, 证明 SFMP-1 可通过抑制 N F - κ B 途径的激活保护机体细胞免受 PM2.5 诱导的炎症反应。Chen 等^[17]研究发现羊肚菌产生的细胞外囊泡显著减少 NO 和 ROS 产生, iNOS、TNF- α 、IL-6、COX-2 等免疫炎症因子相关基因表达受到抑制, 被证明羊肚菌胞外囊泡可在炎症性疾病的治疗中作为一种抗炎物质被使用。

2. 展望

目前, 人们对羊肚菌生物功能中的活性成分和作用机制有一定的了解。羊肚菌的功能主要包括免疫功能调节、抗肿瘤、抗氧化、抗炎、和降血糖血脂等, 仅局限于蛋白质、多糖等生物大分子活性物质的研究, 对羊肚菌多糖成分的提取、纯化及相关药理学的作用机制亟需攻克。未来, 羊肚菌的研究方向可能会更加多元化和深入化。例如, 对羊肚菌的基因组学和代谢组学进行研究, 探索羊肚菌生长繁殖代谢途径; 研究羊肚菌的生态环境和分布规律, 制定保护羊肚菌的政策和措施。另外, 羊肚菌中富含多种酶类, 如 MEPPPO、脂肪氧合酶、 γ -谷氨酰转肽酶等, 对这几类酶活性影响因子报道很少见。因此对羊肚菌的一些生物活性代谢物如酶等进行研发, 可推动其作为功能性食品的快速的发展, 为人们的健康和经济发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1]孙巧弟, 张江萍, 谢洋洋, 等.羊肚菌营养素、功能成分和 保健功能研究进展[J].食品科学, 2019, 40 (5) : 323-328.
- [2]Islam T, Yao F, Kang W, et al.A systematic study on mycochemical profiles, antioxidant, and anti-inflammatory activities of 30 varieties of Jew's ear (*Auricularia auricula-judae*) [J].食品科学与人类健康, 2022 (004) : 011.
- [3]Rokaya M B, Zuzana M ü n zbergov á , Timsina B .Ethnobotanical study of medicinal plants from the Humla district of western Nepal[J].Journal of Ethnopharmacology, 2010, 130 (3) : 485-504.DOI: 10.1016/j.jep.2010.05.036.
- [4]卢可可, 谭玉荣, 郑少杰, 等.基于 HepG2 细胞模型的褐赭色羊肚菌多酚抗氧化及抗增殖活性研究[J].现代食品科技, 2015 (12) : 8.DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.12.002.
- [5]Duncan C J, Pugh N, Pasco D S, et al.Isolation of a galactomannan that enhances macrophage activation from the edible fungus *Morchella esculenta*. [J].Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002 (20) : 50.
- [6]Hu M, Chen Y, Wang C, et al.Induction of apoptosis in HepG2 cells by polysaccharide MEP-II from the fermentation broth of *Morchella esculenta*[J].Biotechnology Letters, 2013, 35 (1) : 1-10.DOI: 10.1007/s10529-012-0917-4.
- [7]陈彦, 潘见, 周丽伟, et al.羊肚菌胞外多糖抗肿瘤作用的研究[J].食品科学, 2008, 29 (9) : 553-556.DOI: 10.3321/j.issn: 1002-6630.2008.09.132.
- [8]黄瑶, 蒋琳, 刘影, 等.羊肚菌多糖提取、分离纯化及免疫调节活性[J].生物加工过程, 2018, 16 (6) : 7.DOI: 10.3969/j.issn.1672-3678.2018.06.007.
- [9]Fu L H, Wang Y P, Wang J J, et al.Evaluation of the antioxidant activity of extracellular polysaccharides from *Morchella esculenta*[J].Food&Function, 2013, 4 (6) : 871-879.DOI: 10.1039/c3fo60033e.
- [10]范三红, 任嘉兴, 张锦华, 等.响应面优化羊肚菌多糖提取工艺及抗氧化性[J].食品工业科技, 2019, 40 (6) : 8.DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.06.030.
- [11]Zhang Q, Wu C E, Sun Y J, et al.Cytoprotective Effect of *Morchella esculenta* Protein Hydrolysate and Its Derivative Against H2O2-Induced Oxidative Stress[J].Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2019 (3) : 69.
- [12]李井雷, 刘玉婷, 宗帅, 等.羊肚菌胞外多糖体外降血糖降血脂活性研究[J].食品研究与开发, 2020, 41 (16) : 7.DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2020.16.006.
- [13]殷伟伟, 张松, 吴金凤.尖顶羊肚菌活性提取物降血脂作用的研究[J].菌物学报, 2009 (6) : 5.DOI: CNKI: SUN: JWXT.0.2009-06-023.
- [14]Wan, Li, Zheng-Nan, et al.Anti-inflammatory effects of *Morchella esculenta* polysaccharide and its derivatives in fine particulate matter-treated NR8383 cells.[J].International Journal of Biological Macromolecules, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.088.
- [15]CHEN Zhi-Yi, 陈智毅, LIU Xue-Ming, 等.羊肚菌及其制品挥发性风味成分研究[C]//第四届中国食用菌产业发展大会.香港中医学会、教育研究基金会, 2017.

作者简介: 赵莎, (出生年月-1992年-5月), 女, 汉, 陕西西安, 西安培华学院, 讲师, 研究生, 生物化学与分子生物学方向。

基金课题: 西安培华学院 2023 年度校级项目: 富硒羊肚菌生物活性肽制备工艺的优化及其抗氧化活性的研究 课题批准号: PHKT2324;

陕西省教育厅 2022 年度专项科研计划自然科学项目《柑橘果皮中生物活性 PMFS 提取工艺的优化及其降脂减肥作用研究》; 项目编号: 22JK0492。