

[15] Xu T T, Yang M, Li Y F, *et al.* An integrated exact mass spectrometric strategy for comprehensive and rapid characterization of phenolic compounds in licorice [J]. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 2013, 27(21): 2297-2309.

[16] Yang C, Xia T, Wang C Q, *et al.* Using the UPLC-ESI-Q-TO-MS^E method and intestinal bacteria for metabolite identification in the nonpolysaccharide fraction from *Bletilla striata*[J]. *Biomed Chromatogr*, 2019, 33(11): e4637.

[17] Hattori M, Shu Y, Kobashi K, *et al.* Metabolism of albiflorin by human intestinal bacteria [J]. *Wakan Iyaku Gakkaishi*, 1985, 2(2): 398-404.

[18] 柯仲成, 杨楠, 侯雪峰, 等. 大鼠肠道菌群对芍药苷体外代谢转化的研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(20): 3839-3845.

[19] 刘鑫鑫. 芍药苷和芍药内酯苷的代谢研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2009.

[20] 于航, 郑瑞芳, 苏文灵, 等. 基于肠道菌的黄酮类成分代谢特征及药理学思考[J]. 药学报, 2021, 56(7): 1757-1768; 1748.

[21] Zhang M, Peng Y, Wang M Y, *et al.* The influence of compatibility of Si-Ni decoction with metabolism in intestinal bacteria on transports of toxic diterpenoid alkaloids from processed aconite root across Caco-2 monolayers [J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 228: 164-178.

[22] Huang W W, Wang M Y, Shi H M, *et al.* Comparative study of bioactive constituents in crude and processed *Glycyrrhizae radix* and their respective metabolic profiles in gastrointestinal tract *in vitro* by HPLC-DAD and HPLC-ESI/MS analyses [J]. *Arch Pharm Res*, 2012, 35(11): 1945-1952.

[23] Kim M, Lee J, Han J. Deglycosylation of isoflavone *C*-glycosides by newly isolated human intestinal bacteria[J]. *J Sci Food Agric*, 2015, 95(9): 1925-1931.

[24] Liu F, Wang M Y, Li X B. Simultaneous qualitative characterization of four herbs in Weikangling capsules by a validated high-performance thin-layer chromatography method [J]. *J Planar Chromat*, 2020, 33(5): 449-455.

[25] Lu Y Y, Chen J F, Song J Y, *et al.* Pharmacokinetics study of 16 representative components from Baoyuan Decoction in rat plasma by LC-MS/MS with a large-volume direct injection method[J]. *Phytomedicine*, 2019, 57: 148-157.

[26] 胡延喜. 赤芍总苷在大鼠体内药代动力学和芍药苷与人血清白蛋白相互作用研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2018.

桑葚中性多糖结构及其对 D-半乳糖致衰老小鼠的抗氧化作用

刘富饶¹, 郭子萌², 任婷¹, 李波², 吴巍¹, 李慧¹, 焦丽丽^{1*}
(1. 长春中医药大学, 吉林省人参科学研究院, 吉林 长春 130117; 2. 长春中医药大学药学院, 吉林 长春 130117)

摘要: **目的** 探究桑葚中性多糖的结构特征及其对 D-半乳糖致衰老小鼠的保护作用。**方法** 采用水提醇沉法提取桑葚多糖, DEAE-纤维素柱和 Sepharose CL-6B 色谱柱纯化, 获得中性多糖。采用高效液相色谱 (HPLC) 和红外光谱 (FT-IR) 法对中性多糖的分子质量、单糖组成及特征官能团进行分析。通过腹腔注射 D-半乳糖建立过氧化损伤小鼠模型, 灌胃给予中性多糖 (50、100、200 mg/kg), 检测小鼠血清和肝组织 SOD、T-AOC、CAT、GSH-Px 活性及 MDA 水平。**结果** 桑葚中性多糖纯度为 76.18%, 分子量为 1.068×10⁴ Da, 主要由葡萄糖 (76.9%)、半乳糖 (6.0%)、阿拉伯糖 (17.1%) 组成, 可提高小鼠血清和肝组织 SOD、GSH-Px、CAT、T-AOC 酶活性, 减少 MDA 水平。**结论** 桑葚中性多糖能有效改善 D-半乳糖诱导的氧化损伤, 从而起到抗衰老作用。

关键词: 桑葚中性多糖; 结构; D-半乳糖; 衰老; 抗氧化

中图分类号: R284.1; R285.5 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2024)01-0246-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.042

收稿日期: 2022-04-15
基金项目: 中央引导地方科技发展基金项目 (202002051JC)
作者简介: 刘富饶 (1998—), 女, 硕士生, 从事糖生物化学研究。Tel: 15948021665, E-mail: 1004015869@qq.com
* 通信作者: 焦丽丽 (1982—), 女, 研究员, 博士生导师, 从事糖生物化学研究。Tel: (0431) 87673991, E-mail: jiangnanji@hotmail.com
网络出版日期: 2022-10-19
网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20221018.1451.002.html>

氧化应激是机体受到不良刺激时，产生的过量自由基超出细胞抗氧化防御能力，造成机体氧化与抗氧化作用失衡的现象。持续的氧化应激可导致脂质过氧化、蛋白质和 DNA 损伤，引发衰老和肝损伤^[1]。*D*-半乳糖诱导可加速活性氧（ROS）的产生并使细胞产生氧化损伤，从而导致机体衰老^[2]，为研究衰老的经典模型。

张培丽等^[3]发现，桑葚多糖对 H₂O₂ 诱导的 PC-12 细胞氧化损伤具有保护作用。桑葚多糖可以改善细胞脂质积累、内源性抗氧化性防御能力从而起到抗氧化减缓衰老的作用^[4]。已有研究证明了桑葚多糖的抗氧化活性，但其抗衰老的构效关系并未阐明。桑葚中性多糖的分离及其对 *D*-半乳糖诱导小鼠衰老模型的抗氧化作用的研究也未见报道。基于此，本研究进一步分离出桑葚中性多糖，初步检测其一级结构，通过建立 *D*-半乳糖致小鼠衰老模型，探讨桑葚多糖对小鼠肝组织及血清抗氧化指标的影响，以期为进一步开发具有抗氧化能力的桑葚多糖产品和桑葚多糖构效关系提供依据。

1 材料

1.1 仪器 DZKW 型电热恒温水浴锅（天津天泰仪器有限公司）；Infinite M200 PRO 型酶标仪（瑞士 Tecan 公司）；Ultimate 3000 型液相色谱系统、Nicolet5700 型傅里叶变换红外光谱仪（美国 Thermo Fisher 公司）；Inertsil ODS-3 型色谱柱（北京迪科马科技有限公司）；Centrifuge 5810R 型离心机（德国 Eppendorf 公司）；SCIENTZ-10N 型冷冻干燥机（宁波新芝生物科技股份有限公司）。

1.2 动物 SPF 级昆明小鼠，体质量（20±2）g，购自辽宁长生生物技术股份有限公司，实验动物生产许可证号 SCXK（辽）2020-0001，饲养于长春中医药大学实验室，温度（21±2）℃，相对湿度（50±5）%。

1.3 试剂与药物 桑葚购自吉林省中药材商店，经长春中医药大学药学院王淑敏教授鉴定为正品。*D*（+）-无水葡萄糖（批号 Y19F11J108781）、*L*-阿拉伯糖（批号 Z27011H128825）、*D*-半乳糖（批号 Z22J9H64187）对照品均购自上海源叶生物科技有限公司。谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px，批号 20210518）、超氧化物歧化酶（SOD，批号 20210518）、丙二醛（MDA，批号 20210517）、过氧化氢酶可见光试剂盒（CAT，批号 20210517）均购自南京建成生物工程研究所；BCA 蛋白定量试剂盒（批号 20210713）购自北京索莱宝科技有限公司。无水乙醇为分析纯。

2 方法

2.1 提取与纯化 参考文献 [5] 报道，取干燥后的桑葚 500 g，加入 5 L 蒸馏水，沸水提取 3 次，提取时间分别为 3、2、2 h，合并提取液，120 目筛过滤，80 ℃ 水浴浓缩，加入无水乙醇使乙醇终体积分数为 80%，室温静置 24 h，收集沉淀，蒸馏水复溶后冷冻干燥，得到粗多糖。采用 Sevag 法进行脱蛋白，并采用截留分子量 3 500 Da 的透析袋进行透析，浓缩透析内液，冻干得到桑葚多糖。

参考文献 [6] 报道，将桑葚多糖溶解于蒸馏水中，

5 000 r/min 离心 5 min，取上清液经 DEAE 纤维素进一步分离，用蒸馏水洗脱，苯酚硫酸跟踪检测，Sephacrose CL-6B 色谱柱（2.6 cm×100 cm）进一步纯化，用生理盐水洗脱，体积流量 0.5 mL/min，每管 20 min，苯酚硫酸跟踪检测，收集多糖级分，糖液透析浓缩后冷冻干燥，得到桑葚中性多糖。

2.2 理化性质测定 以 *D*-葡萄糖绘制标准曲线，采用苯酚-硫酸法测定纯度，采用考马斯亮蓝法测定桑葚中性多糖中蛋白质含量。

2.3 分子量测定 采用高效液相色谱法测定桑葚中性多糖的分子量分布^[7]。UltiMate 3000 系统，配备示差折光检测器和 TSK-G3000 PWXL 色谱柱（7.8 mm×30.0 cm）；流动相超纯水；体积流量 0.5 mL/min；柱温 40 ℃；进样量 20 μL。以分子量 5 250、9 750、13 050、36 800、64 650、135 350、300 600 Da 葡聚糖对照品的保留时间和相对分子质量对数绘制标准曲线，求得分子量。

2.4 单糖组成测定 将多糖样品（5 mg/mL，100 μL）用三氟乙酸（2 mol/L，400 μL）在水解瓶中 120 ℃ 水解 4 h，反复加入甲醇去除过量的三氟乙酸，真空干燥，经苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮（PMP）衍生化后过 0.22 μm 微孔水系滤膜。参考文献 [8] 报道，色谱条件为 Inertsil ODS-3 色谱柱（4.6 mm×150 mm，5 μm）；流动相 PBS（pH 7.0）-乙腈（82：18）；体积流量 1.0 mL/min；检测波长 245 nm；进样量 20 μL。

2.5 傅里叶变换红外光谱测定 将干燥后的桑葚中性多糖与溴化钾粉末按照 1：200 比例均匀研磨，取适量压成透明均匀薄片，收集 4 000~500 cm⁻¹ 范围内红外光谱。

2.6 分组与给药 参考文献 [9] 报道，60 只小鼠适应性喂养 1 周后，随机分为空白组、模型组、阳性组、桑葚中性多糖给药组（10、100、200 mg/kg），空白组小鼠灌胃给予生理盐水（0.1 mL/10 g），阳性组小鼠腹腔注射维生素 C，除空白组外其余各组小鼠腹腔注射 *D*-半乳糖（1.35 g/kg）进行造模，同时给药，连续 7 周。

2.7 血清与组织样品制备 末次给药后，小鼠禁食 12 h，摘眼球取血后脱颈椎处死，取肝脏、脾脏、脑组织。

2.7.1 血清 小鼠眼球取血后静置 30 min，3 500 r/min 离心 15 min，吸取上清，-80 ℃ 保存，即得。

2.7.2 10% 肝组织匀浆 小鼠肝组织-生理盐水（1：9）在冰浴条件下混合匀浆，匀浆液 3 500 r/min 离心 15 min，吸取上清，-80 ℃ 保存，即得。

2.8 SOD、T-AOC、CAT、GSH-Px 活性及 MDA 水平检测 严格按照相关试剂盒说明书操作，分别检测各组小鼠血清和肝组织 SOD、T-AOC、CAT、GSH-Px 活性及 MDA 水平，考察不同剂量桑葚中性多糖在血清和肝组织中对抗氧化作用相关指标的影响。

2.9 统计学分析 通过 SPSS 21.0 软件进行处理，数据以（ $\bar{x}\pm s$ ）表示，各组间样品均数比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用 *t* 检验。*P*<0.05 表示差异具有统计学

意义。

3 结果

3.1 理化性质分析 经水提、醇沉获得桑葚粗多糖，收率为 7.23%，经超滤及色谱法进一步分离后获得中性多糖，其收率为 19.15%，苯酚硫酸法检测其纯度为 76.18%，考马斯亮蓝法检测其含量的蛋白（含量<1%）。

3.2 分子量测定 以葡聚糖对照品保留时间为横坐标（*X*），分子量对数为纵坐标（*Y*）绘制标准曲线，得回归方程为 $Y = -0.355X + 9.811$ （ $r = 0.9950$ ）。依据相对保留时间，计算得到中性多糖分子量为 1.068×10^4 Da。

3.3 单糖组成测定 经完全酸水解及 PMP 衍生检测中性多糖的单糖组成，见图 1，可知主要由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖组成，摩尔比为 12.83 : 1 : 2.85。另外，中性多糖是以葡萄糖为主的中性杂多糖，其中葡萄糖含量高达 76.9%。

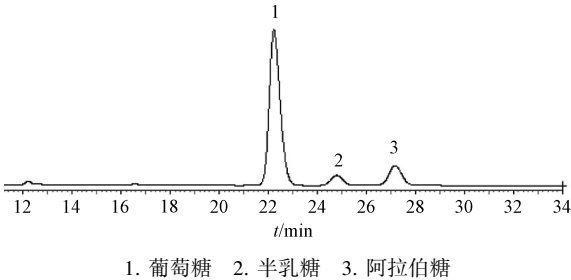


图 1 桑葚中性多糖的单糖组成 PMP-HPLC 色谱图

3.4 红外光谱分析 (FT-IR) 由图 2 可知，3 404.69 cm^{-1} 处较宽吸收峰为中性多糖中-OH 伸缩振动吸收峰；2 922.70 cm^{-1} 处为甲基或次甲基的 C-H 伸缩振动吸收峰；1 632.35 cm^{-1} 处为羟基弯曲振动吸收峰；在 1 740 cm^{-1} 附近

没有特征吸收峰，说明中性多糖不含糖醛酸^[10]；1 200 ~ 1 000 cm^{-1} 内存在的吸收峰为多糖指纹图谱，证明其为吡喃糖；804.03、851.23 cm^{-1} 处吸收峰则表明中性多糖中同时含有 α -糖苷键和 β -糖苷键^[11]。

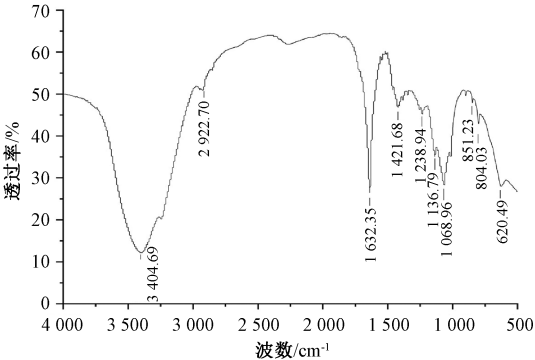
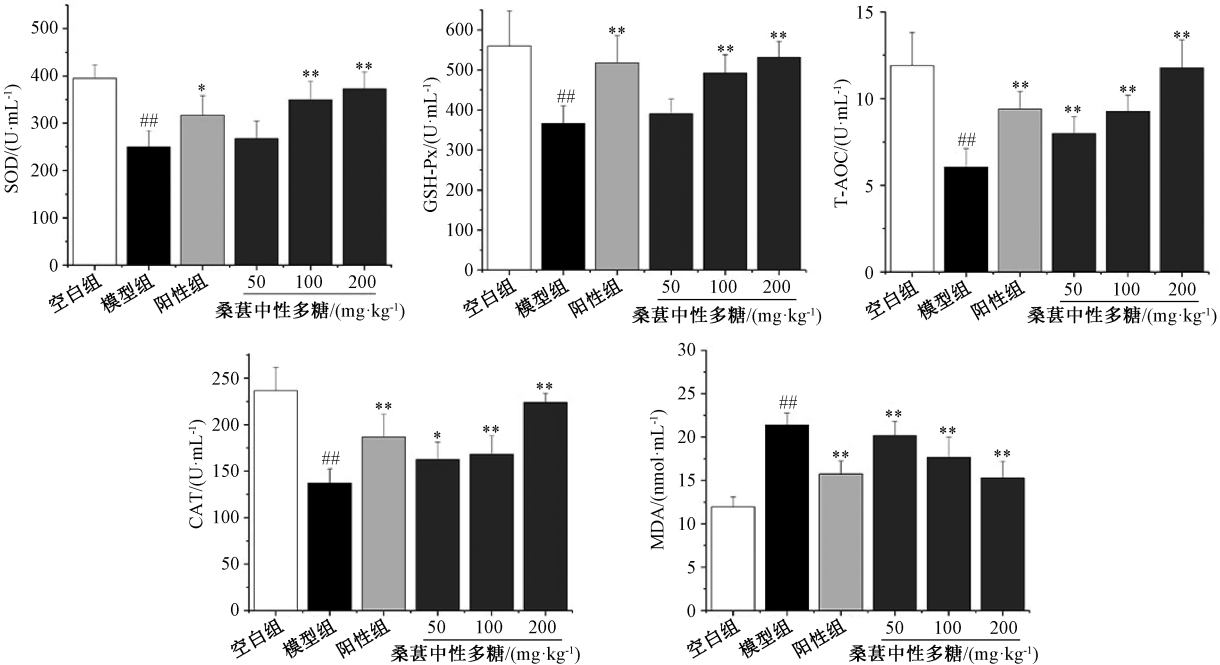


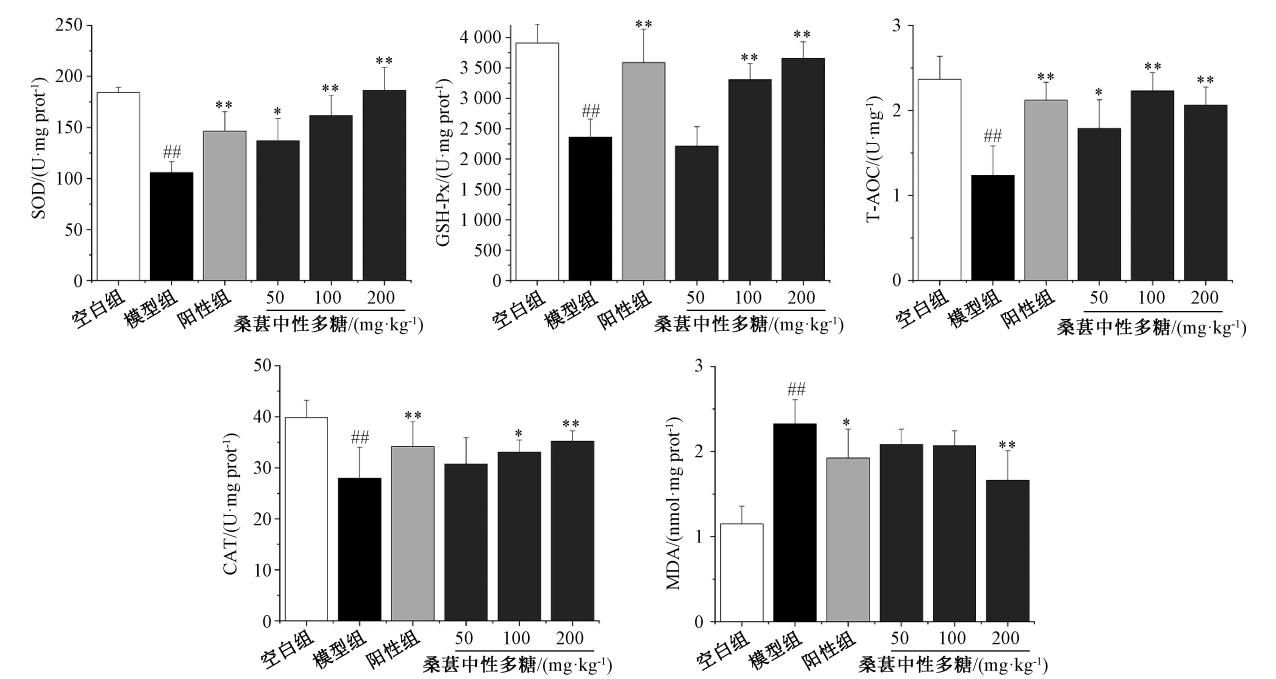
图 2 桑葚中性多糖红外光谱图

3.5 桑葚中性多糖对 *D*-半乳糖诱导衰老小鼠氧化应激的影响 与空白组比较，模型组小鼠血清和肝组织 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 活性降低（ $P < 0.01$ ），MDA 水平升高（ $P < 0.01$ ）；与模型组比较，阳性组与 100、200 mg/kg 桑葚中性多糖组小鼠血清及肝组织 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 活性升高（ $P < 0.05$ ， $P < 0.01$ ），MDA 水平降低（ $P < 0.01$ ），并呈剂量依赖性，见图 3~4。与模型组比较，200 mg/kg 桑葚中性多糖组小鼠血清中 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 酶活性分别升高 49.2%、45.1%、94.5%、63.2%；肝组织中 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 酶活性分别升高 76.1%、54.9%、66.7%、25.8%，MDA 水平降低 28.6%，而 50 mg/kg 桑葚中性多糖组作用不明显。由此可知，桑葚中性多糖能修复 *D*-半乳糖诱导的抗氧化酶活性降低，并抑



注：与空白组比较，## $P < 0.01$ ；与模型组比较，* $P < 0.05$ ，** $P < 0.01$ 。

图 3 桑葚中性多糖对衰老小鼠血清 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 活性及 MDA 水平的影响（ $\bar{x} \pm s$ ， $n = 10$ ）



注：与空白组比较，#*P*<0.01；与模型组比较，**P*<0.05，***P*<0.01。

图 4 桑葚中性多糖对衰老小鼠肝组织 SOD、GSH-Px、T-AOC、CAT 活性及 MDA 水平的影响 ($\bar{x}\pm s$, *n*=10)

制 MDA 的产生，进而修复氧化损伤。

4 讨论

氧化损伤是指产生的过量自由基和活性氧堆积，超出细胞抗氧化防御能力，造成机体氧化与抗氧化作用失衡的现象，氧化损伤可导致细胞死亡，诱发 DNA 损伤、炎症、糖尿病、动脉粥样硬化和神经退行性疾等。抗氧化剂可以清除活性氧并抑制氧化损伤诱导的细胞死亡^[12]。人工合成的酚类抗氧化剂如丁基羟基茴香醚（BHA）、二丁基羟基甲苯（BHT）、叔丁基对苯二酚（TBHQ）在油脂储存中被广泛应用，但其对人体存在一定的副作用^[13]。与之相比，天然的抗氧化剂具有无毒、副作用的优势，越来越受到重视。抗氧化作用是多糖重要活性之一，多种植物多糖被证实具有抗氧化作用。

多糖是一类结构复杂的生物大分子，其结构特征如单糖组成、分子量分布、以及糖基排列顺序等均能影响其生物活性。Huang 等^[14]研究发现，多糖的抗氧化活性与其单糖的组成和比例关系密切。以往的研究发现酸性多糖具有良好抗氧化活性，其中糖醛酸或蛋白质含量较高的多糖容易贡献氢原子，从而发挥较好的抗氧化活性^[15]。张佳琦^[16]使用热水提取桑葚多糖，并分利用不同浓度乙醇醇沉获得酸性多糖 MFPs-30-80，具有良好的抗氧化活性。但是，Ahmadi 等^[17]和 Li 等^[18]研究也表明，多糖中的阿拉伯糖和半乳糖是抗氧化活性最重要的单位，含有阿拉伯半乳糖聚糖结构域的多糖的抗氧化活力较为显著^[19]。而本研究利用沸水提取，80% 乙醇醇沉和离子交换柱层析法从桑葚中获得中性杂多糖，其主要由葡萄糖构成，但同时含有约 23% 阿拉伯糖和半乳糖。利用 *D*-半乳糖诱导的氧化损伤模型研究发现，桑葚中性多糖能够明显修复由 *D*-半乳糖诱导的氧

化损伤。

参考文献：

[1] Zhang D Y, Wan Y, Xu J Y, *et al.* Ultrasound extraction of polysaccharides from mulberry leaves and their effect on enhancing antioxidant activity [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 137: 473-479.

[2] 朱蕴兰, 李亚楠, 陈学红, 等. 富锗金针菇菌丝体对 *D*-半乳糖致衰老模型小鼠抗衰老作用研究 [J]. 徐州工程学院学报 (自然科学版), 2021, 36 (4) : 53-58.

[3] 张培丽, 张 帅, 陈雪香, 等. 桑葚多糖对 H₂O₂ 诱导 PC-12 细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 现代食品科技, 2015, 31 (11) : 20-24; 85.

[4] Liu Y, Liu Y, Mu D, *et al.* Preparation, structural characterization and bioactivities of polysaccharides from mulberry (*Mori Fructus*) [J]. *Food Biosci*, 2022, 2022: 101604.

[5] 牛天羽, 刘洪章, 刘树英. 4 个桑树品种桑葚多糖提取条件的优化及其含量比较 [J]. 湖南农业科学, 2014, 344 (17) : 53-56.

[6] 田仁君. 桑葚多糖的分离纯化及组成分析 [J]. 华西药学杂志, 2014, 29 (4) : 401-404.

[7] Wang W, Li X W, Bao X W, *et al.* Extraction of polysaccharides from black mulberry fruit and their effect on enhancing antioxidant activity [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 120 (Pt 8) : 1420-1429.

[8] 余亦婷, 皮文霞, 谢 辉, 等. PMP 柱前衍生化-HPLC 法分析不同生长年限黄芪中 6 种单糖的含量 [J]. 中国药房, 2021, 32 (12) : 1448-1452.

[9] 赵明月, 钟兴伟, 何瑞琪, 等. 透明质酸与银耳多糖对 *D*-

半乳糖致衰老小鼠作用的研究[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(12): 1-8.

[10] Xiang A N, Li W T, Zhao Y N, *et al.* Purification, characterization and antioxidant activity of selenium-containing polysaccharides from pennycress (*Thlaspi arvense* L.) [J]. *Carbohydr Res*, 2022, 512: 108498.

[11] 王 喆, 马璐瑶, 林海峰, 等. 干燥方式对秋葵多糖结构特征和抗氧化性的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22 (2): 310-318.

[12] Shinto S, Matsuoka Y, Yamato M, *et al.* Antioxidant nitroxides protect hepatic cells from oxidative stress-induced cell death[J]. *J Clin Biochem Nutr*, 2018, 62(2): 132-138.

[13] 赵丽萍, 杨帅杰, 高 鑫, 等. GPC-GC-MS/MS 法测定食用植物油中抗氧化剂 BHA、BHT 和 TBHQ[J]. 食品工业, 2022, 43(1): 290-292.

[14] Huang G L, Huang S Y. The structure-activity relationships of natural glucans [J]. *Phytother Res*, 2021, 35 (6): 2890-2901.

[15] Liao N B, Chen S G, Ye X Q, *et al.* Structural characterization of a novel glucan from *Achatina fulica* and its antioxidant activity[J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(11): 2344-2352.

[16] 张佳琦. 桑葚多糖精细结构鉴定及铁修饰对其结构、活性的影响[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.

[17] Ahmadi E, Rezadoost H, Alilou M, *et al.* Purification, structural characterization and antioxidant activity of a new arabinogalactan from *Dorema ammoniacum* gum[J]. *Int J Biol Macromol*, 2022, 194: 1019-1028.

[18] Li X J, Chen Q, Liu G K, *et al.* Chemical elucidation of an arabinogalactan from rhizome of *Polygonatum sibiricum* with antioxidant activities[J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 190: 730-738.

[19] Kang J, Cui S W, Phillips G O, *et al.* New studies on gum ghatti (*Anogeissus latifolia*) part II. Structure characterization of an arabinogalactan from the gum by 1D, 2D NMR spectroscopy and methylation analysis [J]. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25 (8): 1991-1998.

加味百合地黄汤通过调控 SDF-1/CXCR4 轴对围绝经期抑郁症大鼠下丘脑炎性损伤的改善作用

刘 洋, 李翎熙, 周 密, 吴敏学, 王宇红, 赵洪庆*
(湖南中医药大学科技创新中心/中药粉体与创新药物国家重点实验室培育基地, 湖南 长沙 410208)

摘要: **目的** 探究加味百合地黄汤对围绝经期抑郁症 (PDD) 大鼠下丘脑神经炎性损伤的作用。**方法** 大鼠随机分为正常组、模型组、阳性药组 (氟哌噻吨美利曲辛片, 1.89 mg/kg) 和加味百合地黄汤高、中、低剂量组 (16.2、8.1、4.05 g/kg), 每组 10 只, 除正常组外, 其余各组均通过卵巢摘除 (OVX) 联合慢性不可预见性应激 (CUS) 建立 PDD 模型, 给予相应剂量药物干预 21 d。采用糖水偏好实验和旷场实验评价抑郁样行为, 酶联免疫吸附法检测脑脊液炎症因子水平, HE 染色观察下丘脑组织结构变化, 免疫荧光染色、RT-qPCR、Western blot 检测小胶质细胞 Iba-1 及 SDF-1/CXCR4 轴相关因子的表达。**结果** 与模型组比较, 加味百合地黄汤高剂量组抑郁样行为改善 ($P<0.01$); 下丘脑脑体肿胀、间隙增加、炎性浸润等病理损伤缓解; 脑脊液中促炎因子 IL-1 β 、IL-6 水平降低 ($P<0.05$), 抗炎因子 IL-4、IL-10、IGF-1 水平升高 ($P<0.01$), Iba-1、SDF-1、CXCR4 表达降低 ($P<0.05$), PSD-95、BDNF、NGF 表达升高 ($P<0.05$)。**结论** 加味百合地黄汤抗 PDD 的作用可能与其抑制 SDF-1/CXCR4 轴进而改善下丘脑神经炎性损伤有关。

关键词: 加味百合地黄汤; 围绝经期抑郁症 (PDD); SDF-1/CXCR4 轴; 小胶质细胞; 下丘脑; 脑脊液

中图分类号: R285.5 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2024)01-0250-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.043

收稿日期: 2023-07-04

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82104836); 中药粉体与创新药物国家重点实验室培育基地开放基金项目 (21PTKF1017); 湖南省自然科学基金项目 (2023JJ60482); 湖南省青年人才托举工程项目 (2023TJ-N22); 中医学一流学科开放基金项目 (2022ZYX18)

作者简介: 刘 洋 (1997—), 男, 硕士生, 从事中药神经精神药理研究。Tel: 17863979421, E-mail: 948414284@qq.com

*** 通信作者:** 赵洪庆 (1992—), 男, 博士, 助理研究员, 从事中药神经精神药理研究。Tel: 15074956491, E-mail: 516005398@qq.com