

枸杞子及其有效成分的药理作用研究进展

张敏¹, 岳坤¹, 姜交华¹, 陈海佳^{1, 2*}

1. 广东省赛莱拉干细胞研究院, 广东 广州 510000

2. 广州赛莱拉干细胞科技股份有限公司, 广东 广州 510000

摘要: 枸杞子 *Lycium barbarum* 是食药同源中药材, 具有滋阴兴阳、止消渴、补劳伤的功效, 富含枸杞多糖、枸杞总黄酮、类胡萝卜素和氨基酸等多种有效成分。现代药理学的研究显示, 枸杞子及其活性成分具有抗肿瘤、调节血糖血脂、保护视力、抗抑郁与焦虑、防治神经系统疾病、抗炎抑菌、抗氧化、保护肝肺肾等作用。对枸杞子及其有效成分的药理作用进行总结和归纳, 以期为其进一步应用开发及新药研究提供依据。

关键词: 枸杞子; 枸杞多糖; 枸杞总黄酮; 抗肿瘤; 调节血糖; 抗氧化

中图分类号: R285.5 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376 (2023) 07-1611-09

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2023.07.027

Research progress on pharmacological effects of *Lycii Fructus* and its active ingredients

ZHANG Min¹, YUE Kun¹, JIANG Jiaohua¹, CHEN Haijia^{1, 2}

1. Saliar Stem Cell Institute of Guangdong, Guangzhou 510000, China

2. Guangzhou Saliar Stem Cell Science and Technology Co., Ltd., Guangzhou 510000, China

Abstract: *Lycii Fructus* is a traditional Chinese medicine that can be used for both food and medicine. It has the effects of nourishing yin and promoting yang, stopping thirst, and especially tonifying labor injuries. It is rich in *Lycium barbarum* polysaccharides, total flavonoids of *Lycium barbarum*, carotenoids, amino acids and other active ingredients. Studies have shown that *Lycii Fructus* and its active ingredients have the functions of anti-tumor, regulating blood glucose and blood lipids, protecting visual function, anti-depression and anxiety, preventing and treating nervous system diseases, anti-inflammatory and bacteriostasis, anti-oxidation, protecting liver, lung and kidney. This article summarizes the pharmacological effects of the effective components of *Lycii Fructus*, providing a basis for further application development and new drug research.

Key words: *Lycium barbarum* L.; *Lycium barbarum* polysaccharides; total flavonoids of *Lycium barbarum*; anti-tumor; regulating blood sugar; anti-oxidation

枸杞子来源于枸杞属植物枸杞 *Lycium barbarum* L. 的成熟果实, 枸杞主要分布在南北美、南非、欧亚大陆和澳大利亚的亚热带地区^[1]。世界上共有80种枸杞属植物, 中国有7个种和3个变种, 多数分布在西北和华北地区^[2]。枸杞子具有悠久的药用历史, 最早文字记载于《神农本草经》^[3]。中医理论认为枸杞子味甘、性平, 入肝肾两经, 滋阴而不致阴衰, 兴阳常使阳举, 更止消渴, 尤补劳伤^[4-5]。枸杞子的临床应用较为广泛, 可与菊花、麦冬、元参、

生地等配伍, 用于治疗眼干眼涩、视物不清等症; 与杜仲、肉桂、附子等配伍, 用于治疗腰酸、遗精阳痿等症^[6]。

枸杞子富含多种活性成分, 包括枸杞多糖、枸杞总黄酮、甜菜碱、类胡萝卜素、多种维生素和氨基酸、微量元素(K、Na、Ca、Mg、Cu)、矿物质等^[7]。枸杞多糖为水溶性多糖, 具有抗氧化、抗肿瘤、抗辐射、调节免疫、减轻炎症反应等作用^[8]; 枸杞总黄酮有清除自由基、调血脂、降血糖、抗衰老、治疗心脑血管

收稿日期: 2022-12-26

基金项目: 广州市科技人才专项基金项目(201909020006); 广州开发区领军人才项目(2020-L035)

第一作者: 张敏(1990—), 女, 博士研究生, 研究方向为药物化学。E-mail: 1281865040@qq.com

*通信作者: 陈海佳, 男, 研究员, 研究方向为干细胞与生物医药。E-mail: project@saliar.com

血管疾病等功效^[9-12];类胡萝卜素是营养性抗氧化剂,可延缓衰老^[13-14]。近年来的综述文章多总结了枸杞子的部分药理研究进展,缺少全面详尽地总结枸杞子及其有效成分药理作用的文章。本文通过总结近年来发表的相关文献,针对枸杞子及其有效成分的药理作用研究进展进行综述,旨在为其深入研究及新药研发提供参考。

1 抗肿瘤

1.1 肝癌

动物实验研究显示,多个剂量的枸杞多糖均对接种H₂₂腹水瘤肝癌细胞模型小鼠的肿瘤生长有明显的抑制作用,ig低剂量(0.625 g·kg⁻¹)枸杞多糖14 d后,与模型组比较瘤质量有所减轻,肿瘤生长抑制率为23.79%;ig高剂量(1.25 g·kg⁻¹)枸杞多糖、枸杞总黄酮14 d后肿瘤抑制率可达41.12%^[15]。用四甲基偶氮唑盐微量酶反应比色(MTT)法检测不同浓度(0、100、200、400 μg·mL⁻¹)枸杞多糖处理48 h对肝癌SMMC-7721细胞增殖的影响,100 μg·mL⁻¹枸杞多糖的抑制率为4.49%,400 μg·mL⁻¹枸杞多糖的抑制率达到54.79%;用细胞迁移侵袭试验技术(Tanswell)检测,结果显示100 μg·mL⁻¹枸杞多糖能显著降低肿瘤迁移力和侵袭力^[16]。

给肝癌模型大鼠ig枸杞多糖40 mg·kg⁻¹,干预4周后癌细胞增殖率降为8.53%,凋亡率为47.58%[均高于模型组、阳性对照组、枸杞多糖低浓度组(20 mg·kg⁻¹)];其中与细胞凋亡密切相关的蛋白Bcl-2、Bax、胱天蛋白酶-3(caspase-3)均受到调控,表明枸杞多糖具有一定的抗癌作用^[17]。

1.2 肺癌

肖琳等^[18]在人肺癌A519细胞培养基中加入不同质量浓度(100、200、500、1 000、2 000 mg·L⁻¹)枸杞多糖孵育48 h,结果显示枸杞多糖对癌细胞的增殖有明显抑制作用,并呈剂量相关,半数抑制浓度(IC₅₀)为1 373.37 mg·L⁻¹;微量荧光检测结果显示,500、2 000 mg·L⁻¹枸杞多糖处理细胞后的Ca²⁺浓度明显升高,并随作用时间、浓度增加而增强。细胞内Ca²⁺浓度的升高激活蛋白酶、磷脂酶和内源性核酸酶,进而诱发肿瘤细胞凋亡。聚合酶链反应(PCR)和蛋白质印迹(Western blotting)检测结果进一步揭示,枸杞多糖促进细胞凋亡可能与下调细胞生存蛋白(Survivin)的表达有关^[19]。

1.3 食管癌

单铁英等^[20]用MTT法测定枸杞多糖对人食管癌细胞Eca-109增殖的影响,不同质量浓度(1 000、

800、400、200 μg·mL⁻¹)枸杞多糖均能抑制Eca-109细胞的生长并能诱导其凋亡,呈明显的量效关系,其中1 000 μg·mL⁻¹枸杞多糖处理组的癌细胞抑制率达96.02%。

对不同质量浓度(200、400、800 μg·mL⁻¹)枸杞多糖处理人食管癌Eca-109细胞24、48 h的结果显示,枸杞多糖能使肿瘤细胞阻滞于G₂/M期,进而发生凋亡。枸杞多糖诱导Eca-109细胞凋亡可能是通过下调Survivin基因表达,使caspase-3和胱天蛋白酶-7(caspase-7)分离,从而抑制胱天蛋白酶活力^[21]。

1.4 其他肿瘤

枸杞多糖25 ng·kg⁻¹连续用药7 d能显著抑制荷瘤(U14宫颈癌和S180纤维肉瘤)小鼠肿瘤的生长,抑瘤率分别为78.48%和63.24%,同时能延长小鼠存活期^[22]。枸杞多糖能抑制膀胱癌细胞株T-24的增殖以及促进细胞凋亡,低、中、高剂量组的细胞增殖和凋亡情况不同,呈浓度相关;高剂量组(400 μg·mL⁻¹)癌细胞凋亡率为30.31%^[23]。另外,枸杞多糖(200 μg·mL⁻¹)联合干扰素a2b(4 000 IU·mL⁻¹)作用肾癌Renca细胞48 h能显著下调蛋白c-Myc、Bcl-2和周期素D1(cyclin D1)表达,促进Bax表达,进而诱导细胞凋亡,抑制其增殖^[24]。临床研究证实,枸杞多糖联合过继免疫疗法优于单用过继免疫疗法,对恶性肿瘤黑色素瘤、肾癌、直肠癌、鼻咽癌等有疗效,有效率达到40.9%^[25]。

2 调节血糖和血脂

2.1 调节血糖

蔡慧珍等^[26]用酶联免疫吸附测定(ELISA)法检测枸杞多糖对小鼠β-TC6细胞胰岛素分泌的影响,用质量浓度为0、12.5、25、50、100、200、300 μg·mL⁻¹枸杞多糖处理β-TC6细胞,在葡萄糖浓度20 mmol·L⁻¹的高糖环境下,枸杞多糖质量浓度≥25 μg·mL⁻¹时胰岛素分泌明显增多。有研究者用实时荧光PCR法检测了β-TC6细胞糖代谢相关基因的表达,发现枸杞多糖的主要组分甘露糖(150 μg·mL⁻¹)能改善葡萄糖转运蛋白-4(GLUT4)的表达水平,提高外周细胞对葡萄糖的摄取,从而改善葡萄糖代谢^[27]。

用高脂、高糖饲料连续喂养8周加小剂量链脲佐菌素(STZ)ip复制2型糖尿病大鼠模型,中、高剂量(160、80 mg·kg⁻¹·d⁻¹)枸杞多糖ig治疗6周后,模型大鼠血糖明显降低;相较于糖尿病组,枸杞多糖低剂量组(40 mg·kg⁻¹·d⁻¹)及中、高剂量组大鼠组织胰岛素敏感指数(ISI)均明显增加,并呈剂量相关,证明枸杞多糖可以改善糖尿病大鼠糖代谢紊乱及

胰岛素抵抗^[28]。

高脂饮食或果糖诱导的肥胖大鼠连续3周给予100、400 mg·kg⁻¹枸杞子醋酸乙酯提取物(ETLF),结果显示ETLF能显著抑制肥胖大鼠体质量增加、降低血清中升高的葡萄糖水平^[29]。

2.2 调血脂

赵晶丽等^[30]用不同质量浓度(20、40、40 mg·kg⁻¹)枸杞多糖连续ig给予高脂模型大鼠4周,结果显示枸杞多糖各剂量组血清总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)均显著下降,血清高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)显著升高,且呈明显的量效关系。研究表明枸杞多糖能显著抑制高脂血症大鼠的丙二醛(MDA)水平,提高超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,说明枸杞多糖具有清除自由基、减少脂质过氧化物生成的作用。另外,给高脂血症模型兔连续ig枸杞原汁(0.25 g·kg⁻¹·d⁻¹)和枸杞多糖(LBP 10 mg·kg⁻¹·d⁻¹、LBP-X 10 mg·kg⁻¹·d⁻¹) 10 d,能显著降低TC、TG含量^[31]。

3 调节神经系统

3.1 保护中枢神经系统

枸杞子水提物能保护神经元细胞免受β-淀粉样蛋白(Aβ)神经毒性的影响,减弱同型半胱氨酸诱导的神经元细胞死亡,发挥抗衰老、保护神经和抗阿尔茨海默病的作用。通过观察细胞水平的大鼠海马神经元氧糖剥夺再灌注氧化损伤模型与枸杞多糖作用的影响,发现不同剂量(10、20、40 mg·L⁻¹)的枸杞多糖干预均可显著提高海马神经元细胞存活率(49.68%、56.77%、66.92%),对神经元损伤起到很好的保护作用,为临床治疗缺血性脑病提供参考^[32]。给APP/PS1转基因阿尔茨海默病模型小鼠ig枸杞提取物10 mg·kg⁻¹ 2周可改善小鼠在莫里斯迷宫学习和记忆恢复阶段的表现,明显降低了海马组织中Aβ的水平,该结果显示该疗法对阿尔茨海默病的晚期有益^[33]。

枸杞子中的酸性杂多糖LFP-1具有神经营养和神经保护作用,对1-甲基-4-苯基吡啶离子(MPP⁺)诱导的帕金森病(PD)模型PC12细胞神经毒性具有明显的保护作用,在PC12细胞体外模型中加入LFP-1孵育3 d,1、5、10 μg·mL⁻¹ LFP-1均能促进神经元的分化和突起生长,可用于防治PD的神经退行性病变^[34]。

3.2 保护视神经

枸杞子中的多种活性成分枸杞多糖、枸杞总黄

酮、类胡萝卜素等具有协同保护视力的作用。枸杞多糖通过调节晚期糖基化终末产物受体(RAGE)表达和Aβ的产生,并介导视网膜神经胶质细胞活性,有助于维持血-视网膜屏障,提高神经元存活率。研究证明在急性高眼压(AOH)模型小鼠损伤前7 d开始给小鼠ig枸杞多糖溶液1 mg·kg⁻¹,然后制造AOH损伤模型,结果与对照组比较,给药组星形胶质细胞和小胶质细胞的数量增加,以及视网膜神经节细胞中胶质细胞生物标志物(胶质纤维酸性蛋白、谷氨酰胺合成酶、S-100蛋白、淀粉样前体蛋白等)的表达减少^[35]。

Chan等^[36]研究发现,与高眼压(OH)模型组大鼠比较,喂饲0.01~1 000 mg·kg⁻¹枸杞提取物均能显著降低压力诱导的视网膜神经节细胞(RGCs)损失,喂饲10 mg·kg⁻¹提取物的大鼠几乎检测不到RGCs的损失。枸杞提取物可能是通过减弱末端激酶(JNK)的激活作用,表现出神经保护作用,可能是开发抗青光眼RGCs丢失的神经保护剂潜在候选药物^[37-38]。

3.3 抗抑郁、抗焦虑

Zhang等^[39]给皮质酮(CORT)导致的抑郁症模型大鼠ig枸杞多糖1 mg·kg⁻¹,显著增加了大鼠强迫游泳试验中的活动时间;在40 mg·kg⁻¹ CORT应激条件下,枸杞多糖恢复了海马神经元细胞增殖和神经元分化。高尔基染色和Western blotting检测显示,枸杞多糖治疗后突触蛋白(PSD-95)增加和锥体细胞中脊柱密度恢复,表明海马中的树突可塑性增强可能与枸杞多糖抗抑郁作用有关。

郭俊秀^[40]的研究发现,给应激模型小鼠ig 10 mg·kg⁻¹枸杞糖肽(LbGp)连续7 d后,与模型组比较,小鼠在旷场实验中心区域和高架十字开放臂中探索的时间显著提高,并发现LbGp可能是通过激活糖皮质激素受体(GR)相关通路,有效缓解慢性压力应激引起的神经炎症,并使小鼠焦虑样行为得到改善。

4 保护内脏

4.1 保护肝脏

郭怡琼等^[41]研究枸杞多糖对小鼠肝损伤的保护作用,将小鼠随机分为5组:对照组、高脂饲料喂养的模型组(NAFLD)、枸杞多糖低剂量与高剂量组(50、100 mg·kg⁻¹)组、有氧运动组(20 min⁻¹、60 min⁻¹),均连续ig给药6周。结果表明枸杞多糖高、低剂量组均能够有效改善肝脏脂代谢紊乱,明显降低肝损伤程度,显著降低模型小鼠血清中丙氨

酸氨基转移酶(ALT)、天冬酸氨基转移酶(AST)、TC、TG水平。枸杞多糖经水溶解,膜过滤,冷冻干燥得到不同相对分子质量的枸杞多糖(LBPs),相对分子质量为 $5 \times 10^3 \sim 10 \times 10^3$ 的LBPs可显著提高细胞活力,降低ALT、AST、乳酸脱氢酶(LDH)的释放和抑制细胞内活性氧(ROS)的产生,发挥对乙醇诱导干细胞损伤的保护作用^[42]。

4.2 保护肾脏

枸杞多糖对乙醇诱导的小鼠酒精性肾脏损伤有保护作用。魏芬芬等^[43]将小鼠随机分为5组(正常对照组,模型组和枸杞多糖低、中、高剂量组),前后经过受试物和50%酒精连续ig后进行检测,与模型组小鼠相比,枸杞多糖高剂量($300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)组肾脏指数均降低,血清葡萄糖浓度、尿素氮浓度和肌酐浓度降低,SOD活力升高,谷胱甘肽浓度升高,MDA浓度下降。

枸杞多糖也能减轻糖尿病模型兔早期肾组织损伤,给模型兔ig枸杞多糖 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 共4周,可明显改善糖尿病肾病(DN)兔足细胞肿胀程度和足突的融合,显著下调nephin蛋白mRNA的表达,表明枸杞多糖能有效防止DN进一步发展^[44]。

4.3 保护肺脏

刘舵等^[45]用博来霉素制作小鼠肺纤维化模型,2 d后给药4周,枸杞多糖高剂量($0.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)组小鼠肺系数、肺泡炎等级评分、羟脯氨酸(HYP)含量、肺纤维化(PF)等级评分较模型组均明显降低,枸杞多糖低、中剂量(0.2 、 $0.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)组效果略逊于高剂量组。枸杞多糖可能通过抑制I型胶原 $\alpha 1$ (COL1A1)和肌动蛋白 α (α -SMA)等基因的表达,降低组织HYP的含量来抑制小鼠肺纤维化的发展。

枸杞多糖还能明显改善脂多糖(LPS)致小鼠急性呼吸窘迫综合征肺组织损伤,LPS注射前2 h给动物ig枸杞多糖 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 能有效降低肺湿干质量比值,肺泡灌洗液中蛋白含量和炎症因子水平,肺组织中MDA水平及活化的半胱氨酸蛋白酶-3(cleaved caspase-3)表达,增加肺组织SOD活性,蛋白激酶B(Akt)及内皮型一氧化氮合酶(eNOS)磷酸化水平,其作用机制可能与Akt/eNOS信号通路激活有关^[46]。

5 抗炎

枸杞子水提取物主要通过阻断丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)和核因子- κ B(NF- κ B)通路抑制LPS诱导的一氧化氮(NO)、前列腺素 E_2 (PGE $_2$)、肿瘤坏死因子(TNF- α)和白细胞介素-6(IL-6)等炎症因子的产

生;体外研究证明枸杞子水提取物 500 、 $1\,000 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 能够有效抑制LPS诱导的RAW 264.7巨噬细胞中炎症因子TNF- α 表达, 10 、 100 、 500 、 $1\,000 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 枸杞子水提取能显著降低IL-6表达,且呈剂量相关^[47]。

ELISA检测发现,加入 $600 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 枸杞多糖是对LPS刺激后的BV2小胶质细胞活性提升最有效的剂量,同时减少炎症因子TNF- α 和热休克蛋白-60(HSP60)的释放^[48]。

6 抑菌

枸杞提取物中抗菌有效成分为多聚糖类、甜菜碱和多酚类物质^[49-51]。史蓉等^[52]用圆滤纸片法测定枸杞子80%乙醇提取物对3种菌落数在 $100 \sim 1 \times 10^5 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的革兰阴性菌(鼠伤寒沙门氏菌、大肠埃希氏菌和铜绿假单胞菌)抑制作用较强,枸杞提取液含量为10%时,抑菌率 $>90\%$ 。另外, $0.0625 \sim 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 枸杞子提取物对 $1 \times 10^6 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ 金黄色葡萄球菌、大肠埃希菌和链球菌具有明显的抑制作用,并随提取物浓度的增加,抑菌作用增强^[53]。7种不同质量浓度(50.0 、 25.0 、 12.5 、 6.25 、 3.13 、 1.57 、 0.79 、 0.4 、 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)的枸杞浸出液对浓度均为 $1 \times 10^7 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ 金黄色葡萄球菌、大肠埃希菌和粪肠球菌的抑菌作用较强,最小抑菌浓度(MIC)均为 $7.9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,最小杀菌浓度(MBC)分别为 12.5 、 6.25 、 $12.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[54]。

7 抗氧化

枸杞子中的活性成分可以清除多种活性氧自由基,提高人体内多种抗氧化酶[SOD、谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)、过氧化氢酶]的活性,降低体内多种生物分子的氧化,延缓衰老^[55-56]。给D-半乳糖致衰老模型小鼠ig高、中、低剂量(400 、 200 、 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)枸杞粗多糖生理盐水溶液30 d,结果显示枸杞粗多糖能较显著提高血清、肝脏及脑组织中的SOD活性,降低MDA含量^[57-58]。王彩霞^[59]的研究数据揭示给模型小鼠分别ig枸杞多糖 5 、 10 、 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,小鼠皮肤总抗氧化能力(T-AOC)均显著升高,脂褐质(LF)降低。

在小鼠皮肤光损伤实验中,预先喂饲雌性Skh: hr-1无毛白化病小鼠5%枸杞汁7 d,然后用 $400 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 紫外线照射24 h,发现枸杞汁对小鼠皮肤的脂质过氧化具有明显的保护作用^[60]。将5%枸杞多糖凝胶(50 mg)涂抹至经波长 $280 \sim 314 \text{ nm}$ 紫外线(UVR)辐射的皮肤光老化模型小鼠的皮肤上,经过4周治疗后发现表皮厚度减少和胶原纤维增加,明显降低了UVR诱导的皮肤光老化^[61]。

8 其他药理作用

枸杞子及其活性成分能通过调节下丘脑-垂体-性腺轴和微量元素代谢,保护生殖系统。与自然恢复组比较,300、150、75 mg·kg⁻¹枸杞多糖给予生精障碍模型小鼠连续ig 70 d后,生殖器官质量、附睾精子质量、睾丸组织精子生成量等明显提高,且呈剂量效应关系^[62]。

侯娜等^[63]通过动物实验研究发现枸杞提取物可有效调节骨质疏松大鼠身体中细胞因子,缓解大鼠骨分解情况,达到治疗骨质疏松目的。给予骨质疏松模型大鼠ig不同剂量(5、10、20 mg·kg⁻¹)的枸杞提取物70 d后,可有效提升骨质疏松大鼠骨密度、转化生长因子-β₁、骨钙素,枸杞浓度与各项指标提升呈正相关;降低了血清中的钙离子、镁离子、免疫调节因子IL-6、TNF-α,枸杞浓度与各项指标提升呈负相关。

动物实验研究证实枸杞子具有抗辐射损伤的作用,分别给小鼠ig枸杞汁和5%枸杞粉饲料2 g·mL⁻¹,另ip 环磷酰胺 50 mg·kg⁻¹,连续饲养12 d后照射(8.5 Gy、8.5 min),肝、脾组织的过氧化脂质(LPO)下降,嗜多染红细胞微核降低>60%,精子畸变率降低>39%^[64]。此外,于雷等^[65]也通过实验证实枸杞可升高外周血白细胞数,降低微核率,提高骨髓细胞增殖活性,具有抗辐射作用。

9 结语

枸杞子在中国的药用历史悠久,常用于治疗肝血不足、肾阴亏虚引起的视物昏花和夜盲症等疾病,现代医药多用于增强免疫功能、改善视网膜病变、温肾助阳、延缓衰老等。本文对枸杞子及其有效成分的药理作用进行了较为系统的综述,发现枸杞子提取物及其有效成分具有抗肿瘤、降低血糖、调血脂、抗炎、抗菌等药理作用。目前对于枸杞子及其有效成分药理作用的研究仍存在不足,需要进一步完善,总结为以下4点:(1)枸杞子及其有效成分的药理研究多基于枸杞提取物、枸杞多糖、枸杞总黄酮等混合成分,缺乏针对单一成分的基础研究,限制了从分子水平上阐明枸杞子的药理作用和作用机制。后续应加强枸杞子中单一活性成分制备工艺的探索优化,明确药效物质,同时也为中药产品制定严格的质量标准提供依据,提高中药产业技术水平。(2)对枸杞子及其有效成分的药理作用研究主要停留在体外细胞水平和动物离体及在体水平,而有关作用机制及作用靶点的研究还需要深入探讨。(3)有针对性的临床数据相对较少,尤其是

成分比较单一的、大样本的临床研究更少见。未来可结合多学科相关知识确定枸杞子的药效物质基础、活性成分量效关系及其对各类疾病的作用机制,为枸杞子的新药研发和扩大临床用药范围等奠定基础。(4)癌症是当前危害生命健康的重大疾病,中国癌症患者的总体发病率高,而治愈率还比较低。枸杞子中的多糖类成分具有良好的抗肿瘤作用,进一步探索枸杞多糖中主要活性成分抗肿瘤的作用机制、作用靶点、剂量范围、药动学指标等,为开发抗癌新药提供理论基础。

枸杞子及其有效成分药理作用广泛、功效明显、不良反应少,发展前景广阔。明确枸杞子活性成分、深入挖掘其药理作用机制,提升疾病治疗的精准性,使枸杞子在防病、治病、保健等方面发挥更大的作用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Amagase H, Farnsworth N R. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (goji) [J]. Food Res Int, 2011, 44(7): 1702-1717.
- [2] 董静洲, 杨俊军, 王瑛. 我国枸杞属物种资源与国内外研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(18): 2020-2027. Dong J Z, Yang J J, Wang Y. Resources of *Lycium* species and related research progress [J]. China Chin Mater Med, 2008, 33(18): 2020-2027.
- [3] 江苏新医学院. 中药大词典(上册) [M]. 上海: 上海人民出版社, 1997. Jiangsu New Medical College. A Dictionary of Traditional Chinese Medicine (Volume 1) [M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 1997.
- [4] Yang J, Wei Y Q, Ding J B, et al. Research and application of *Lycii Fructus* in medicinal field [J]. Chin Herb Med, 2018, 10(4): 339-352.
- [5] 吴励萍, 卢有媛, 李海洋, 等. 不同干燥方法对枸杞子药材多类型功效成分的影响及其分析评价 [J]. 中草药, 2022, 53(7): 2125-2136. Wu L P, Lu Y Y, Li H Y. Analysis and evaluation of different drying methods for *Lycii Fructus* based on multi-type functional components [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2022, 53(7): 2125-2136.
- [6] 王翼天, 赵林华, 邸莎, 等. 枸杞子临床应用及其用量 [J]. 吉林中医药, 2019, 39(11): 1452-1455. Wang Y T, Zhao L H, Di S, et al. Clinical application and dosage of goji berries [J]. Jilin Tradit Chin Med, 2019, 39(11): 1452-1455.

- [7] 刘倩, 余意, 梁琰, 等. 枸杞子活性成分及分析方法研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(11): 257-260.
Liu Q, Yu Y, Liang Y, et al. Research progress on active components and analytical methods of wolfberry fruit [J]. Liaoning Univ Tradit Chin Med, 2018, 20(11): 257-260.
- [8] Wang Z W, Sun Q R, Fang J X, et al. The anti-aging activity of *Lycium barbarum* polysaccharide extracted by yeast fermentation: *In vivo* and *in vitro* studies [J]. Int Biol Macromol, 2022, 209(Part B): 2032-2041.
- [9] 黄欣, 赵海龙. 枸杞总黄酮对运动小鼠腓肠肌抗氧化能力的影响 [J]. 现代中西医结合杂志, 2008, 17(15): 2280-2281, 2400.
Huang X, Zhao H L. Effect of total flavonoids of *Lycium barbarum* on antioxidant capacity of gastrocnemius muscle in exercise mice [J]. Mod Integr Tradit Chin West Med, 2008, 17(15): 2280-2281, 2400.
- [10] 黄元庆, 谭安民. 枸杞黄酮类化合物清除氧自由基及对小鼠 L1210 癌细胞能量代谢的抑制作用 [J]. 卫生研究, 1998, 27(2): 109-111, 115.
Huang Y Q, Tan A M. Scavenging oxygen free radicals and inhibiting energy metabolism of mouse L1210 cancer cells by flavonoids from *Lycium barbarum* [J]. J Hyg Res, 1998, 27(2): 109-111, 115.
- [11] 韩秋菊, 马宏飞, 李宁豫. 3 种方法提取枸杞黄酮效果的比较 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 271-273.
Han Q J, Ma H F, Li N Y. Comparison of three methods for extracting flavonoids from *Lycium barbarum* [J]. Jiangsu Agric Sci, 2013, 41(2): 271-273.
- [12] 樊黎生, 龚晨睿, 张声华. 枸杞黄酮抗辐射效应的动物实验 [J]. 营养学报, 2005, 27(6): 525-526.
Fan L S, Gong C R, Zhang S H. Animal experiments on the anti-radiation effect of wolfberry flavonoids [J]. Acta Nutr Sin, 2005, 27(6): 525-526.
- [13] 赵文恩. 类胡萝卜素抗氧化性质的研究 [J]. 郑州大学学报: 工学版, 2003, 24(1): 38-46.
Zhao W E. Study on the antioxidant properties of carotenoids [J]. Zhengzhou Univ: Eng Sci, 2003, 24(1): 38-46.
- [14] 周红. 类胡萝卜素的作用与功效 [J]. 世界今日医学杂志, 2006, 7(2): 141-142.
Zhou H. The role and efficacy of carotenoids [J]. World Med Today, 2006, 7(2): 141-142.
- [15] 何彦丽, 应逸, 苏宁, 等. 枸杞多糖抗实验性肝癌作用及对 VEGF 表达与分泌的影响 [J]. 广东医学, 2006, 27(7): 950-952.
He Y L, Ying Y, Su N, et al. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on experimental liver cancer and expression and secretion of VEGF [J]. Guangdong Med J, 2006, 27(7): 950-952.
- [16] 张多强, 辛国军. 枸杞多糖抑制 SMMC-7721 肝癌细胞的 VEGF 表达、迁移与侵袭 [J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2019, 28(1): 26-31.
Zhang D Q, Xin G J. *Lycium barbarum* polysaccharide inhibits VEGF expression, migration and invasion of SMMC-7721 hepatoma cells [J]. Chin J Histochem Cytochem, 2019, 28(1): 26-31.
- [17] 韩永红, 刘兴祥. 枸杞多糖促进大鼠肝癌组织细胞的凋亡 [J]. 现代食品科技, 2020, 36(2): 7-11.
Han Y H, Liu X X. Promoting apoptosis of *Lycium barbarum* polysaccharides of hepatocarcinoma cell in rats [J]. Mod Food Sci Technol, 2020, 36(2): 7-11.
- [18] 肖琳, 白秀珍, 杨学东. 枸杞多糖对人肺癌 A549 细胞影响的研究 [J]. 数理医药学杂志, 2006, 19(2): 130-132.
Xiao L, Bai X Z, Yang X D. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on human lung cancer A549 cells [J]. J Math Med, 2006, 19(2): 130-132.
- [19] 肖琳, 王平, 崔涛, 等. 枸杞多糖对人肺癌 A549 细胞凋亡及 Survivin 表达的影响 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22(12): 2917-2918.
Xiao L, Wang P, Cui T, et al. Effects of LBP on human lung adenocarcinoma A549 cell apoptosis and expression of Survivin [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(12): 2917-2918.
- [20] 杨书良, 单铁英, 栗志英, 等. 枸杞多糖对人食管癌细胞 Eca-109 的抑制作用及凋亡的研究 [J]. 职业与健康, 2010, 26(21): 2407-2409.
Yang S L, Shan T Y, Li Z Y, et al. Study on the Inhibitory effects and apoptosis of *Lycium barbarum* polysaccharide on human esophageal carcinoma cell line Eca-109 [J]. Occup Health, 2010, 26(21): 2407-2409.
- [21] 单铁英, 孙健, 王芳, 等. 枸杞多糖诱导人食管癌细胞 Eca-109 凋亡的实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(7): 1642-1643.
Shan T Y, Sun J, Wang F, et al. Experimental study on *Lycium barbarum* polysaccharide inducing apoptosis of human esophageal cancer cell line Eca-109 [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2010, 21(7): 1642-1643.
- [22] 董进文, 高天顺. 中药 LBP-G.0 抗癌的实验研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 1997, 3(6): 32-35.
Dong J W, Gao T S. Experimental study on anticancer of LBP-G.0 [J]. Chin J Basic Med Tradit Chin Med, 1997, 3(6): 32-35.
- [23] 黄汀, 卢军, 张显军, 等. 枸杞多糖对膀胱癌细胞的增殖及凋亡作用研究 [J]. 中国临床药理学杂志, 2018, 34(12): 1447-1449.
Huang T, Lu J, Zhang X J, et al. Study on the proliferation and apoptosis effect of goji berry polysaccharides on bladder cancer cells [J]. Chin J of

- Clin Pharmacol, 2018, 34(12): 1447-1449.
- [24] 陈仕友. 枸杞多糖联合干扰素 $\alpha 2b$ 抑制小鼠肾癌细胞生长及其机制研究 [D]. 重庆: 重庆医科大学, 2015.
- Chen S Y. Mechanistic studies of the growth-inhibitory effects of *Lycium barbarum* polysaccharide and interferon $\alpha 2b$ on murine renal cancer cells [D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2015.
- [25] 曹广文, 杨文国. 枸杞多糖联合LAK/IL-2疗法对75例晚期肿瘤的疗效观察 [J]. 中华肿瘤杂志, 1994, 16(6): 428-431.
- Cao G W, Yang W G. Curative effect of *Lycium barbarum* polysaccharide combined with LAK/IL-2 therapy on 75 cases of advanced tumor [J]. Chin J Oncol, 1994, 16(6): 428-431.
- [26] 蔡慧珍, 刘福康, 孙桂菊. 枸杞多糖对 β -TC6细胞胰岛素分泌及相关基因的影响 [J]. 江苏医药, 2013, 39(4): 391-393.
- Cai H Z, Liu F K, Sun G J. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharide on insulin secretion and its related gene expression in β -TC6 cells [J]. Jiangsu Med J, 2013, 39(4): 391-393.
- [27] 史湘铃, 夏惠, 许登峰, 等. 枸杞多糖主要组分甘露糖及其潜在靶标代谢物肌醇对小鼠胰岛 β -TC6细胞的影响 [J]. 卫生研究, 2020, 49(3): 458-462.
- Shi X L, Xia H, Xu D F, et al. Effects of the manose, the major component of *Lycium barbarum* polysaccharides, and its potential target metabolite inositol on mouse β -TC6 cells [J]. J Hyg Res, 2020, 49(3): 458-462.
- [28] 侯庆宁, 何兰杰. 枸杞多糖对2型糖尿病大鼠血糖、血脂及TNF- α 水平的影响 [J]. 宁夏医学杂志, 2009, 31(3): 201-203.
- Hou Q N, He L J. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on blood glucose, blood lipid and TNF- α impact of level in type 2 diabetes rats [J]. Ningxia Med J, 2009, 31(3): 201-203.
- [29] Yuan J C, Du R F, Kang Z, et al. Anti-obesity effects of *Lycii Fructus* in high-fat diet/fructose induced obese rats [J]. Pharmacogn Mag, 2020, 16(68): 87-92.
- [30] 赵晶丽, 高红梅, 于海帅. 枸杞多糖对高脂血症大鼠血脂代谢及氧自由基的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(5): 241-243.
- Zhao J L, Gao H M, Yu H S. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharides on blood lipid metabolism and oxygen free radicals in hyperlipidemic rats [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2013, 19(5): 241-243.
- [31] 罗琼, 李瑾玮, 张声华. 枸杞及其多糖对家兔血脂的影响 [J]. 食品科学, 1997, 18(4): 5-7.
- Luo Q, Li J W, Zhang S H. Effect of *Lycium barbarum* and its polysaccharide on blood lipid in rabbits [J]. Food Sci, 1997, 18(4): 5-7.
- [32] 摆茹, 马宁田, 王永胜, 等. 枸杞多糖对氧糖剥夺再灌注损伤后大鼠海马神经元的保护作用 [J]. 中国药理学杂志, 2013, 48(20): 1728-1732.
- Bai R, Ma N T, Wang Y S, et al. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on hippocampal neurons in rats after oxygen glucose deprivation reperfusion injury [J]. J Chin Pharm Sci, 2013, 48(20): 1728-1732.
- [33] Zhang Q, Du X, Xu Y, et al. The effects of Gouqi extracts on morris maze learning in the APP/PS1 double transgenic mouse model of Alzheimer's disease [J]. Exp Ther Med, 2013, 5(5): 1528-1530.
- [34] Zhang F, Zhang X, Guo S, et al. An acidic heteropolysaccharide from *Lycii Fructus*: Purification, characterization, neurotrophic and neuroprotective activities *in vitro* [J]. Carbohydr Polym, 2020, 249(116894): 1-9.
- [35] Mi X S, Feng Q, Lo A C Y, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides related RAGE and A β levels in the retina of mice with acute ocular hypertension and promote maintenance of blood retinal barrier [J]. Neural Regen Res, 2020, 15(12): 2344-2352.
- [36] Chan H C, Chang R C C, Ip A K C, et al. Neuroprotective effects of *Lycium barbarum* Lynn on protecting retinal ganglion cells in an ocular hypertension model of glaucoma [J]. Exp Neurol, 2007, 203(1): 269-273.
- [37] Yu M S, Leung S K, Lai S W, et al. Neuroprotective effects of an anti-aging oriental medicine *Lycium barbarum* against beta-amyloid peptide neuro toxicity [J]. Exp Gerontol, 2005, 40(8/9): 716-727.
- [38] Yu M S, Ho Y S, So K F, et al. Cytoprotective effects of *Lycium barbarum* against reducing stress on endoplasmic reticulum [J]. Int J Mol Med. 2006, 17(6): 1151-1162.
- [39] Zhang E D, Yau S Y, Lau B W M, et al. Synaptic plasticity, but not hippocampal neurogenesis, mediated the counteractive effect of wolfberry on depression in rats [J]. Cell Transplant, 2012, 21(12): 2635-2649.
- [40] 郭俊秀. 枸杞糖肽缓解小鼠压力应激的神经机制研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2019.
- Guo J X. Effects and mechanisms of *Lycium barbarum* polysaccharide-protein complex on relieving chronic stress in mice [D]. Guangzhou: Jinan University, 2019.
- [41] 郭怡琼, 吴琼, 吴雅婷, 等. 枸杞多糖和有氧运动对大鼠非酒精性脂肪肝的干预效果及其机制研究 [J]. 上海交通大学学报: 医学版, 2020, 40(1): 30-36.
- Guo Y Q, Wu Q, Wu Y T, et al. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide and aerobic exercise on rats with non-alcoholic fatty liver disease and its mechanism [J]. J Shanghai Jiaotong Univ Med Sci, 2020, 40(1): 30-36.
- [42] 李永盛, 王茂鹤, 刘建飞, 等. 枸杞多糖对乙醇诱导肝细

- 胞损伤的保护作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(4): 549-556.
- Li Y S, Wang M H, Liu J F, et al. Protective effects of *Lycium barbarum* polysaccharides on ethanol-induced hepatocyte injury [J]. Nat Prod Res Dev, 2020, 32(4): 549-556.
- [43] 魏芬芬, 王文娟, 张波. 枸杞多糖对酒精性肝损伤小鼠肾脏的保护作用[J]. 癌变·畸变·突变, 2019, 31(2): 148-152.
- Wei F F, Wang W J, Zhang B. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on kidney of mice with alcoholic liver injury [J]. Carcinog Teratog Mutagen, 2019, 31(2): 148-152.
- [44] 张晓速, 常玲玲, 王颖. 枸杞多糖对糖尿病肾病兔足细胞形态结构和nephrin蛋白的影响研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2018, 17(4): 358-361.
- Zhang X S, Chang L L, Wang Y. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharide on podocyte morphology and nephrin protein in rabbits with diabetes nephropathy [J]. J Clin Exp Med, 2018, 17(4): 358-361.
- [45] 刘舵, 董玲娟, 雷婷, 等. 枸杞多糖对博来霉素致肺纤维化小鼠的干预作用及其机制[J]. 医学研究生学报, 2016, 29(9): 918-922.
- Liu D, Dong L J, Lei T, et al. Intervention of *Lycium barbarum* polysaccharides on bleomycin-induced pulmonary fibrosis in mice and its mechanism [J]. J Med Postgrad, 2016, 29(9): 918-922.
- [46] 李雯, 陈兰, 戚迪, 等. 枸杞多糖通过Akt/eNOS通路减轻LPS致ARDS小鼠肺损伤[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(9): 1258-1263.
- Li W, Chen L, Qi D, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides attenuate LPS-induced lung injury in ARDS mice through Akt/eNOS pathway [J]. Chin Pharmacol Bull, 2018, 34(9): 1258-1263.
- [47] Oh Y C, Cho W K, Im G Y, et al. Anti-inflammatory effect of *Lycium* fruit water extract in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophage cells [J]. Int Immunopharmacol, 2012, 13(2): 181-189.
- [48] 滕鹏. 枸杞多糖对细菌脂多糖诱导的BV2小胶质细胞的抗炎作用[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2013.
- Teng P. Anti-inflammatory effects of *Lycium barbarum* polysaccharides in lipopolysaccharide-induced BV2 microglia cell [D]. Yinchuan: Ningxia Medical University, 2013.
- [49] 李瑜, 周玉, 江冠民, 等. 枸杞多糖与黄芪多糖抑菌活性的研究[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(26): 5061-5063.
- Li Y, Zhou Y, Jiang G M, et al. Study on the antibacterial activity of goji berry polysaccharides and astragalus polysaccharides [J]. Prog Mod Biomed, 2012, 12(26): 5061-5063.
- [50] 张爱君, 张彩芳, 王秀青, 等. 甜菜碱对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌体外抑菌效果的实验研究[J]. 宁夏医学杂志, 2012, 34(12): 1219-1220.
- Zhang A J, Zhang C F, Wang X Q, et al. Experimental study on the in vitro antibacterial effect of betaine on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Ningxia Med J, 2012, 34(12): 1219-1220.
- [51] 王静. 多酚类抗菌活性的研究[J]. 山东食品发酵, 2014(2): 32-35.
- Wang J. Study on the antibacterial activity of polyphenols [J]. Shandong Food Ferment, 2014(2): 32-35.
- [52] 史蓉, 周丽, 段亨, 等. 枸杞提取液的活性成分分析及其抑菌性、抗氧化性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(1): 72-76.
- Shi R, Zhou L, Duan T, et al. Active components of Chinese wolfberry extracts and its bacteriostatic and antioxidant properties [J]. Food Ind Technol, 2019, 40(1): 72-76.
- [53] 文建军. 枸杞子提取物对各种常见细菌抑菌及抗炎作用实验研究[J]. 医药论坛杂志, 2012(7): 23-25.
- Wen J J. Experimental study on antibacterial and anti-inflammatory effects of *Lycium barbarum* extract on common bacteria [J]. J Med Forum, 2012, 33(7): 23-25.
- [54] 师志云, 李刚, 赵志军, 等. 枸杞子浸出液对临床分离耐药菌体外抗菌活性的研究[J]. 检验医学与临床, 2011, 8(16): 1923-1924.
- Shi Z Y, Li G, Zhao Z J, et al. Study on antibacterial activity of wolfberry teaching solution against clinical resistant strains [J]. Lab Med Clin, 2011, 8(16): 1923-1924.
- [55] 邹俊华, 梁红业, 闵凌峰, 等. 枸杞子的抗衰老功效及增强DNA修复能力的作用[J]. 中国临床康复, 2005, 9(11): 132-133.
- Zou J H, Liang H Y, Min L F, et al. The anti-aging effect and enhancing DNA repair ability of goji berries [J]. Chin Clin Rehabil, 2005, 9(11): 132-133.
- [56] 谢梅林, 朱路佳, 陆群, 等. 枸杞子提取物的抗衰老作用[J]. 中国野生植物资源, 1996(2): 9-11.
- Xie M L, Zhu L J, Lu Q, et al. The anti-aging effect of goji berry extract [J]. Chin Wild Plant Resour, 1996(2): 9-11.
- [57] 龚涛. 枸杞多糖分离纯化及其对小鼠抗氧化活性的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2006.
- Gong T. Isolation and purification of *Lycium barbarum* polysaccharide and its antioxidant activity in mice [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2006.
- [58] 龚涛, 王晓辉, 赵靓, 等. 枸杞多糖抗氧化作用的研究[J]. 生物技术, 2010, 20(1): 84-86.
- Gong T, Wang X H, Zhao L, et al. *Lycium barbarum* polysaccharide antioxidant research [J]. Biotechnol, 2010, 20(1): 84-86.
- [59] 王彩霞. 枸杞多糖对衰老小鼠皮肤组织总抗氧化能力及脂褐

- 质的影响[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(6): 7-9.
- Wang C X. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharide on total anti-oxidation capability and lipofuscin on aging mice model skin [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2020, 29(6): 7-9.
- [60] Reeve V E, Allanson M, Arun S J, et al. Mice drinking goji berry juice (*Lycium barbarum*) are protected from UV radiation-induced skin damage via antioxidant pathways [J]. Photochem Photobiol Sci, 2010, 9(4): 601-607.
- [61] Neves L M G, Tim C R, Floriano E M, et al. *Lycium barbarum* polysaccharide fraction associated with photobiomodulation protects from epithelium thickness and collagen fragmentation in a model of cutaneous photodamage [J]. Lasers Med Sci, 2021, 36(4): 863-870.
- [62] 周贤伟, 暴国, 王尚明, 等. 枸杞多糖对生精障碍模型小鼠生精能力作用的研究 [J]. 中华生殖与避孕杂志, 2017, 37(7): 566-573.
- Zhou X W, Bao G, Wang S M, et al. Function of spermatogenic promotion of *Lycium barbarum* polysaccharide on mice with spermatogenesis impairment [J]. Chin J Reprod Contracept, 2017, 37(7): 566-573.
- [63] 侯娜, 孙晓娟. 枸杞提取物对骨质疏松症大鼠的改善作用 [J]. 现代食品科技, 2019, 35(11): 1-9.
- Hou N, Sun X J. Effect of Chinese wolfberry extract on osteoporosis rats and its mechanism [J]. Mod Food Sci Technol, 2019, 35(11): 1-9.
- [64] 李德远, 刘建峰, 陈晔, 等. 枸杞抗辐射效应研究 [J]. 食品科学, 2003, 24(3): 131-135.
- Li D Y, Liu J F, Chen H, et al. Study on anti-radiation effect of Chinese wolfberry [J]. Food Sci, 2003, 24(3): 131-135.
- [65] 于雷, 王剑锋, 刘丽波, 等. 枸杞抗辐射损伤作用 [J]. 中国公共卫生, 2007, 23(10): 1158-1159.
- Yu L, Wang J F, Liu L B, et al. Study on anti-irradiation damage activities of *Lycium barbarum* L. [J]. Chin J Pub Health, 2007, 23(10): 1158-1159.

[责任编辑 李红珠]