

本文引用:迟宇昊,李暘,申远. 麦冬化学成分及药理作用研究进展[J]. 新乡医学院学报,2021,38(2):189-192. DOI:10.7683/xxxyxb.2021.02.020.

【综述】

麦冬化学成分及药理作用研究进展

迟宇昊¹, 李 暘², 申 远¹

(1. 新乡医学院药学院中药学教研室, 河南 新乡 453003; 2. 新乡医学院药学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 麦冬在我国分布广泛,资源丰富,具有滋阴润肺、生津止渴的功效,是我国传统的药食两用植物。现代研究表明,麦冬中含有的甾体皂苷、高异黄酮、糖类、挥发油和微量元素等有效化学成分,具有保护心血管、降糖降血脂、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗衰老和免疫调节等药理学作用。为了对麦冬的综合开发利用提供有效参考,本文对麦冬的化学成分及药理学作用的研究进展进行综述。

关键词: 麦冬;化学成分;药理作用

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 1004-7239(2021)02-0189-04

麦冬为百合科植物麦冬 [*Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl.] 的干燥块根。麦冬在我国分布广泛,主要产于浙江、四川、福建、安徽等地。根据产地不同,又将麦冬分为了川麦冬、杭麦冬、湖北麦冬^[1]。麦冬作为一种传统的中药材,性味甘、微苦、寒,归心经、肺经和胃经,常用于治疗肺燥干咳、阴虚劳嗽等症状。目前,从麦冬不同部位分离出多种化学成分,如甾体皂苷、高异黄酮、多糖、挥发油等,其中甾体皂苷和高异黄酮具有多种药理活性,2020 版《中华人民共和国药典》中将甾体皂苷中的鲁斯可皂苷元含量作为衡量麦冬品质优劣的标志性成分^[2]。近几年,随着研究的不断深入,麦冬中多糖、挥发油以及其他成分的药理作用也逐渐被发掘,关于麦冬有效成分的药理作用的报道也日益增多,为了对麦冬的综合开发利用提供有效参考,本文对近年来关于麦冬化学成分和药理作用的研究进展进行综述。

1 麦冬的化学成分

1.1 甾体皂苷类 甾体皂苷是麦冬的主要活性成分,其具有改善心脑血管疾病、抗衰老、抗肿瘤等多种作用^[3]。研究人员利用回流提取法、酶提取法、超声提取法、动态逆流提取法等多种方法,从麦冬中分离鉴定出了 70 余种甾体皂苷^[4,5]。这些甾体皂苷多为螺甾烷醇型甾体皂苷,少数为呋甾烷醇型甾体

皂苷。糖和苷元是甾体皂苷的两大主要结构,螺甾烷醇型甾体皂苷的苷元类型主要有鲁斯可皂苷元和薯蓣皂苷元,其中以鲁斯可皂苷元为苷元的皂苷居多^[6]。而从苷元所结合的糖基方面来看主要有:单糖苷、二糖苷、三糖苷和四糖苷,其中以二糖苷和三糖苷为主。比较常见的甾体皂苷类化合物有麦冬皂苷 A、麦冬皂苷 B、麦冬皂苷 C 和麦冬皂苷 D 等^[7]。

1.2 高异黄酮类

高异黄酮类化合物是一类特殊的黄酮类化合物,其母体结构比异黄酮多了1个碳原子。目前已从麦冬中分离出了30余种高异黄酮类化合物,高异黄酮类化合物主要分为Ⅰ型(如麦冬高异黄酮A、B、C)、Ⅱ型(如麦冬甲基黄烷酮A、B)和Ⅲ型(如2-羟基二氢高异黄酮)3种类型^[8]。麦冬中的高异黄酮类化合物具有抗非小细胞肺癌^[9]、清除氧自由基^[10]、抗氧化^[11]和心肌保护^[6]等药理作用。

1.3 多糖类

多糖也是麦冬的主要活性成分之一,其主要分布在麦冬的块根。麦冬多糖由单糖和低聚糖类化合物组成,其中单糖主要有果糖和葡萄糖 2 种。多糖类化合物有降血糖、抗肿瘤、抗过敏和保护外分泌腺等药理作用^[12]。黄妮等^[13]用乙醇对绵麦冬进行除脂后,采用超声波辅助法进行提取,经过三氯乙酸除去蛋白、乙醇沉淀后得到粗多糖,经离子交换柱首次分离出 1 种中性糖和 3 种酸性糖。现已从麦冬的有效部位中提取分离出 12 种多糖,包括麦冬多糖 MDG-1、OJP-1、POJ-1、Md-1、Md-2 等^[14]。

1.4 挥发油 麦冬中存在着少量的挥发油,其分子质量很小,脂溶性强,易穿透生物膜,有着较高的生物利用度,有研究发现,挥发油有着良好的抗菌、抗病毒作用^[15]。张存兰^[16]采用水蒸气蒸馏法提取到了麦冬的挥发油,采用气相色谱-质谱连用法定性定

DOI:10.7683/xxvxyxb.2021.02.020

收稿日期:2020-07-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:31500982);新乡医学院博士启动基金资助项目(编号:2016505197)。

作者简介:迟宇昊(1997-),男,吉林长春人,硕士研究生在读,研究方向:药用植物分子生物学。

通信作者:申 远(1985-),女,河南新乡人,博士,副教授,研究方向:药用植物分子生物学;E-mail:s.y0001@163.com。

量分析了麦冬的挥发油,从中发现了 37 种主要的组分,这些组分占挥发油总含量的 93.65%。随着科学技术的进步,吴洪伟等^[17]采用超临界 CO₂ 萃取法提取了麦冬的挥发油,通过质谱库检索鉴定出了 69 种化合物,占挥发油总含量的 97.12%,主要包括龙蒿脑、L-芳樟醇、亚麻酸甲酯、棕榈酸、T-萜澄茄醇等,其中含量相对最高的是龙蒿脑,约占总含量的 12.57%。

1.5 其他成分 除了上述这些主要活性成分外,麦冬中还有许多其他有效成分,诸如酚类、有机酸、糖苷等,这些成分也发挥着较为重要的药理作用。田泽群等^[18]利用多种柱色谱技术对麦冬须根乙醇提取物的正丁醇萃取物进行分离纯化,从中分离得到了 10 种化合物,有黄酮类如甲基麦冬黄烷酮和甲基麦冬黄烷酮 B,酚类化合物如 E-对羟基桂皮酸和 2-对羟基桂皮酸,木质素类化合物如肥牛木素,甾体皂苷类化合物如 25R-spirost-5-ene-1 β ,3 β -diol-1-O-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-arabinopyranoside] 等。旷湘楠等^[19]用体积分数 70% 乙醇回流提取麦冬中的化学成分,经过分离得到了 5 种化合物,其中 1,4-二甲氧基苯和苔黑酚-O- β -D-吡喃葡萄糖苷为首次从沿阶草属中分离得到的化合物,脱氧胸腺嘧啶核苷为首次从麦冬中分离得到的化合物。吴炎等^[20]从短葶山麦冬根须部位分离并鉴定出金色酰胺醇酯、大黄素、豆甾醇、对羟基桂皮酰酰胺、 β -胡萝卜苷等化学成分。

2 麦冬的药理作用

2.1 对心血管的保护作用 麦冬多糖和皂苷能够抗心肌细胞损伤,对抗心肌缺血而起到心肌保护作用。李霞^[21]研究表明,麦冬多糖 MDG-1 能够增强心肌对缺血的适应能力,提高心肌对缺氧缺血的耐受能力,增加冠状动脉血流量,促进缺血再灌注大鼠内皮祖细胞增殖分化,降低缺血修饰白蛋白水平,保护缺血的心肌细胞。孟晨等^[22]研究表明,麦冬皂苷 D 对阿霉素诱导的内质网应激相关蛋白和细胞活性氧(reactive oxygen species,ROS)含量上升有较好的逆转效果,麦冬皂苷 D 通过减少 ROS 累积,缓解阿霉素诱导的大鼠心肌细胞损伤。油文婷^[23]研究表明,麦冬皂苷 D 对细胞色素 P450 酶 CYP2J3 有诱导作用且能增加其代谢产物环氧二十碳三烯酸(epoxyeicosatrienoic acids,EETs)水平,该研究还发现,麦冬皂苷 D 可以调节大鼠心肌细胞中 Ca²⁺ 的稳态,该作用与上调 CYP2J3/EETs 有一定的关系,为麦冬皂苷 D 的心肌保护作用机制研究提供了新的方向。麦冬总皂苷还可以提高受损心肌细胞的活力

和搏动频率^[24],从而改善细胞能量代谢,使受损心肌细胞中乳酸脱氢酶的含量明显降低,从而更好地对抗心律失常;小剂量的硫酸镁和麦冬协同作用可以预防心肌梗死后的心律失常^[25]。

2.2 降血糖、降血脂作用 朱菁^[26]通过建立链脲佐霉素诱导的 2 型糖尿病小鼠模型,比较了 3 种麦冬多糖组分在相同剂量下抗 2 型糖尿病的效果,结果发现,3 种麦冬多糖均有一定的降血糖效果,并提出麦冬多糖多脂质体有加速葡萄糖氧化代谢和抑制糖异生的作用。宁萌等^[27]采用麦冬多糖治疗 2 型糖尿病大鼠 4 周后发现,麦冬多糖能够促进脂肪细胞对葡萄糖的转运和利用。XU 等^[28]研究表明,MDG-1 可预防高脂血症小鼠肥胖并改善血脂异常,还能降低空腹血糖,改善糖耐量,减轻胰岛素抵抗。ZHANG 等^[29]研究表明,麦冬多糖 OJP1 能维持糖尿病大鼠的抗氧化酶水平,并改善其心血管功能。

2.3 抗炎作用 ZHAO 等^[30]通过柱色谱分离方法得到麦冬中的多种化合物,发现 4-O-去甲基麦冬苷元 E 可通过抑制丝裂原活化蛋白激酶信号传导途径中细胞外调节蛋白激酶和应激活化蛋白激酶的磷酸化,降低一氧化氮(nitric oxide,NO)和促炎细胞因子的生成来发挥抗炎作用。BI 等^[31]研究表明,麦冬总皂苷能抑制内皮细胞凋亡,上调内皮细胞黏附因子的表达从而起到抗炎的作用。麦冬中提取的麦冬呋甾皂苷 A、麦冬呋甾皂苷 B 对白细胞介素(interleukin,IL)-4 与肿瘤坏死因子 α 联合诱导的嗜酸性粒细胞活化趋化因子的表达有一定的抑制作用^[32]。ERCAN 等^[33]用从麦冬中提取出来的一重要甾体皂苷元—鲁斯可皂苷元治疗慢性胃溃疡大鼠,结果发现,鲁斯可皂苷元对于胃溃疡有着较好的治疗效果,从而推断出麦冬皂苷还可作为一种疗效显著的抗炎药物用来对抗胃溃疡。杨潜前等^[34]研究发现,麦冬皂苷 D 对脂多糖刺激下的骨关节炎软骨细胞具有抗炎保护作用。麦冬皂苷 D 可以上调软骨细胞胰岛素样生长因子(insulin-like growth factors-1,IGF-1)的表达,下调前列腺素 E₂(prostaglandin E₂,PGE₂)和哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mammalian target of rapamycin,mTOR)水平,可能通过 IGF-1/mTOR/PGE₂ 信号通路保护骨关节炎软骨细胞。

2.4 抗肿瘤作用 麦冬中的皂苷类物质可通过增强机体的免疫反应来提高机体抗肿瘤的能力^[35];麦冬中的皂苷类、黄酮类化合物可抑制磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B/mTOR 信号通路进一步激活 A549 细胞自噬^[36]。胡惠清等^[37]研究发现,麦冬皂苷 B 可抑制 A375 细胞的增殖,诱导 A375 细胞发生

凋亡,阻滞 A375 细胞周期于 G_0/G_1 期。SUN 等^[38]研究发现,麦冬皂苷单体 13 在缺氧条件下可抑制人乳腺癌细胞的转移。SONG 等^[39]研究发现,鲁斯可皂苷元可通过诱导铁蛋白表达而在胰腺癌细胞中发挥良好的抗癌作用。

2.5 抗氧化、抗衰老作用 陆洪军等^[40]研究证实,麦冬多糖能显著增加衰老小鼠皮肤组织中超氧化物歧化酶活力和降低丙二醛含量,从而起到延缓皮肤衰老的作用,同时可使皮肤组织中羟脯氨酸含量升高,表明其具有抗衰老作用。王璐等^[41]研究表明,经沙参麦冬汤干预过的小鼠皮肤光老化病理状况有所改变,其机制可能是通过光照后皮肤中的透明质酸、超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物的活性升高,提高对自由基的清除能力,减少脂质过氧化物的堆积,抑制长期紫外线光照引起的皮肤中透明质酸的减少,从而维持其在保持皮肤含水量及营养皮肤方面的功能,以此来达到抗衰老的作用。

2.6 免疫调节作用 苟兴能等^[42]对由磁场辐射引起免疫力低下小鼠给予不同剂量的川麦冬多糖灌胃治疗,结果发现,川麦冬多糖能明显增加小鼠的红细胞、白细胞、血小板和血红蛋白水平,提高小鼠在磁场环境影响下的免疫功能。此外,麦冬多糖通过诱导 NO、诱导型一氧化氮合酶、IL-6 和 IL-12 的分泌,提高淋巴细胞中共刺激分子 CD80 和 CD86 的表达,促进巨噬细胞的吞噬和分泌,提高淋巴细胞的增殖和抗体浓度,从而对免疫系统起到调节作用^[43]。

2.7 其他作用 麦冬在发挥降血糖、降血脂、抗炎、抗肿瘤等作用的同时也可以改善肠道菌群多样性,促进肠道益生菌的增殖^[44]。WANG 等^[45]研究发现,在颗粒物刺激前或刺激后给予鲁斯可皂苷元治疗可显著减轻颗粒物诱导引起的病理性损伤和肺水肿等现象。曹科峰等^[46]采用 3 种不同剂量的麦冬多糖对四氯化碳诱导的肝损伤大鼠进行干预,结果发现,麦冬多糖可以保护四氯化碳引起的急性肝损伤。

3 结语与展望

通过多年对麦冬的不断深入研究,已经从麦冬中成功提取、分离出多种活性成分,包括 70 余种甾体皂苷类化合物,30 余种黄酮类化合物,10 余种多糖类化合物和多种挥发油、有机酸类物质。目前,麦冬已成为临床上常用的中药材,关于其有效成分的药理作用的报道日益增多。皂苷类化合物在降血糖、抵抗心肌缺血与局灶性脑缺血损伤、耐缺氧、抗肿瘤和抗凝血等方面具有显著的作用;皂苷、黄酮类化合物可以降低肿瘤细胞的活力,且在保护心肌和清除氧自由基 2 个方面的效果尤为突出;麦冬中提

取的多糖类化合物在降血糖和免疫调节过程中发挥巨大的作用;其他提取物如挥发油、有机酸等物质的药理作用也在不断地探索中。

到目前为止,对麦冬化学成分以及药理作用的研究已经为治疗糖尿病合并高血脂症、慢性胃炎等临床应用带来了巨大的影响。但这些研究大多集中在皂苷类化合物和黄酮类化合物,存在一定的局限性。未来还应从以下几个方面继续深入的研究:(1)在化学成分方面进一步分离纯化更多的有效成分,从多方面、多途径解释麦冬的药理活性;对于药理作用的研究,应不仅仅局限于麦冬皂苷和黄酮类化合物,要深入地研究近期内分离纯化出的其他有效成分。(2)麦冬作为药食同源的中药材,应用群体越来越广泛。但麦冬作为一种中药材也存在一定的毒副作用,并非人人都适合食用,比如脾胃虚寒的人群在食用时需要注意,因此,不仅要研究其临床价值,还要研究其毒理作用。(3)高通量测序技术不断发展,推动药用植物的研究,加速传统研究方法向微观分子的转变,但植物麦冬基因组遗传密码还没被破译,其有效成分合成和代谢的分子调控机制有待进一步研究。总之,随着对麦冬化学成分和药理作用的不断深入研究,将为后续综合开发利用麦冬类药材,拓展麦冬临床用途,推动麦冬保健品开发等方面提供重要的参考依据。

参考文献:

[1] 简美玲,李荷,毛润乾,等. 麦冬种质资源的研究进展[J]. 广东药科大学学报,2011,27(5):549-551.

[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2020.

[3] 于晓文,杜鸿志,孙立,等. 麦冬皂苷药理作用研究进展[J]. 药学进展,2014(4):279-284.

[4] 王海燕,黄琳,胡若飞,等. 麦冬皂苷提取分离及分析方法研究进展[J]. 湖北文理学院学报,2016,37(2):28-31.

[5] 旷湘楠,刘时乔. 麦冬中甾体皂苷类化学成分研究[J]. 广州化工,2017,45(22):85-87.

[6] 白晶. 麦冬甾体皂苷和高异黄酮类成分的研究进展[J]. 北京联合大学学报,2014,28(2):9-12.

[7] 彭婉,马骁,王建,等. 麦冬化学成分及药理作用研究进展[J]. 中草药,2018,49(2):477-488

[8] 范明明,张嘉裕,张湘龙,等. 麦冬的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中医药信息,2020,37(4):130-134.

[9] 曾品涛. 麦冬高异黄酮的制备及其抗非小细胞肺癌细胞活性研究[D]. 重庆:重庆理工大学,2011.

[10] ZHOU Y F, JIN Q I, ZHU D N, et al. Homoisoflavonoids from *Ophiopogon japonicus* and its oxygen free radicals (OFRs) scavenging effects[J]. *Chin Jnat Med*, 2008, 6(3):201-204.

[11] WANGA Y, LIUB F, LIANGA Z, et al. Homoisoflavonoids and the antioxidant activity of *Ophiopogon japonicus* root[J]. *Iran J Pharm Res*, 2017, 16(1):357-365.

- [12] 曹爽,付绍智,王永多,等. 麦冬多糖药理作用研究进展[J]. 安徽农业科学,2015,43(28):63-66.
- [13] 黄妮,熊双丽,卢飞. 绵麦冬多糖的分离纯化及自由基清除活性[J]. 林产化学与工业,2011,31(1):68-72.
- [14] 张璐欣,周学谦,李德坤,等. 麦冬多糖的化学组成、分析方法和药理作用研究进展[J]. 药物评价研究,2017,40(2):279-284.
- [15] 卫强,纪小影. 红叶李的叶、茎挥发油成分 GC-MS 分析及体外抗菌、抗病毒活性研究[J]. 中药新药与临床药理,2016,27(2):263-268.
- [16] 张存兰. 麦冬挥发油成分的提取与 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技,2010,31(1):149-150,154.
- [17] 吴洪伟,吴岳滨,吴观健,等. 超临界 CO₂ 萃取麦冬挥发油的 GC-MS 分析[J]. 食品研究与开发,2017,38(7):102-105.
- [18] 田泽群,王佩,王昊,等. 麦冬须根正丁醇萃取物化学成分分离与鉴定[J]. 热带作物学报. [2020-04-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1019.s.20200426.1129.006.html>.
- [19] 旷湘楠,徐凯,王莹,等. 麦冬中酚类化学成分研究[J]. 河北中医医学报,2019,34(6):45-47.
- [20] 吴炎,李永伟,戚进,等. 短葶山麦冬须根乙酸乙酯部位化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(1):40-43.
- [21] 李霞. 麦冬多糖-1 对心肌缺血再灌注大鼠内皮祖细胞与缺血修饰白蛋白变化的影响[J]. 中国老年学杂志,2015,35(19):5449-5450.
- [22] 孟晨,袁彩华,张晨晨,等. 麦冬皂苷 D 通过减轻内质网应激对阿霉素所致心肌损伤产生保护作用[J]. 药学学报,2014(8):1117-1123.
- [23] 油文亭. 麦冬皂苷 D 通过 CYP2J3/EETs 系统发挥心肌保护作用的分子机制研究[D]. 合肥:安徽医科大学,2016.
- [24] 何平,代赵明. 麦冬总皂甙对培养心肌细胞缺氧再给氧损伤的保护作用[J]. 微循环学杂志,2005,15(2):45-47.
- [25] 舒乃华,张建国,戴瑞鸿,等. 麦冬及小剂量硫酸镁对急性心肌梗塞后血液动力学、心律失常及心肌梗塞范围影响的实验研究[J]. 中国中西医结合杂志,1984(5):295-296,261.
- [26] 朱菁. 麦冬多糖及其多囊脂质体的抗 II 型糖尿病活性研究[D]. 镇江:江苏大学,2018.
- [27] 宁萌,潘亮,谢文利,等. 麦冬提取物的降糖作用及其抗胰岛素抵抗的机制研究[J]. 解放军医学杂志,2013,38(1):26-29.
- [28] XU W, LINLIN S, SUN J, et al. MDG-1, a potential regulator of PPAR α and PPAR γ , ameliorates dyslipidemia in mice[J]. *Int J Mol Med*, 2017, 18(9):1930.
- [29] ZHANG J, FAN S, MAO Y, et al. Cardiovascular protective effect of polysaccharide from *Ophiopogon japonicus* in diabetic rats[J]. *Int J Biol Macromol*, 2016, 82:505-513.
- [30] ZHAO J W, CHEN D S, DENG C S, et al. Evaluation of anti-inflammatory activity of compounds isolated from the rhizome of *Ophiopogon japonicas*[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2017, 17(1):7.
- [31] BI L Q, ZHU R, KONG H, et al. Ruscogenin attenuates monocrotaline-induced pulmonary hypertension in rats[J]. *Int Immunopharmacol*, 2013, 16(1):7-16.
- [32] HUNG T M, THU C V, DAT N T, et al. Homoisoflavonoid derivatives from the roots of *Ophiopogon japonicus* and their *in vitro* anti-inflammation activity[J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2010, 20(8):2412-2416.
- [33] ERCAN G, ILBAR T R, SOLMAZ A, et al. Potent therapeutic effects of ruscogenin on gastric ulcer established by acetic acid[J]. *Asian J Surg*, 2020, 43(2):405-416.
- [34] 杨潜前,鲁琛. 麦冬皂苷 D 调控 IGF-1/mTOR/PGE₂ 通路对脂多糖所致骨关节炎软骨细胞损伤的保护作用[J]. 现代实用医学,2020,32(4):429-432.
- [35] 岳珊珊,苏颖. 麦冬抗肿瘤作用的研究进展[J]. 海峡药学,2014,26(1):11-13.
- [36] CHEN J, YUAN J, ZHOU L, et al. Regulation of different components from *Ophiopogon japonicus* on autophagy in human lung adenocarcinoma A549 cells through PI3K/Akt/mTOR signaling pathway[J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, 87:118-126.
- [37] 胡惠清,李静,方坤,等. 麦冬皂苷 B 通过抑制 PI3K/Akt/mTOR 通路诱导人黑色素瘤 A375 细胞凋亡[J]. 中国中西医结合皮肤性病学期杂志,2020,19(2):107-112.
- [38] SUN L, LIN S, ZHAO R, et al. The saponin monomer of dwarf lilyturf tuber, DT-13, reduces human breast cancer cell adhesion and migration during hypoxia via regulation of tissue factor[J]. *Biol Pharm Bull*, 2010, 33(7):1192-1198.
- [39] SONG Z, XIANG X, LI J, et al. Ruscogenin induces ferroptosis in pancreatic cancer cells[J]. *Oncol Rep*, 2020, 43(2):516-524.
- [40] 陆洪军,宋丽娜,付天佐,等. 麦冬多糖对亚急性衰老小鼠皮肤组织衰老程度的影响[J]. 中国老年学杂志,2015,35(8):2160-2161.
- [41] 王璐,李中平,曹艳亚,等. 沙参麦冬汤对皮肤光老化模型小鼠的保护作用[J]. 中国老年学杂志,2015,35(6):1628-1631.
- [42] 苟兴能,张克,杨兴江,等. 川麦冬多糖对恒磁场致小鼠免疫损伤的防护作用[J]. 四川中医,2009(5):18-20.
- [43] FAN Y, MA X, ZHANG J, et al. Ophiopogon polysaccharide liposome can enhance the non-specific and specific immune response in chickens[J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 119:219-227.
- [44] 石林林,王源,冯怡. 麦冬多糖 MDG-1 对膳食诱导肥胖模型小鼠肠道益生菌多样性的影响的研究[J]. 中国中药杂志,2015,40(4):716-721.
- [45] WANG Y W, WU Y H, ZHANG J Z, et al. Ruscogenin attenuates particulate matter-induced acute lung injury in mice via protecting pulmonary endothelial barrier and inhibiting TLR4 signaling pathway[J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2020, [Epub ahead of print]. DOI:10.1038/s41401-020-00502-6.
- [46] 曹科峰,黄兵兵,杨帆. 麦冬多糖对 CC14 诱导的急性肝损伤的保护作用及其作用机制研究[J]. 中医药导报,2015,21(14):25-28.

(本文编辑:孟 月)