DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.06.008

麦冬化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物(Q-Marker)的预测分析

薛伟航,徐婷莉,王华雨,苗明三
(河南中医药大学豫药全产业链研发河南省协同创新中心,河南 郑州 450046)

摘要:麦冬是我国传统中药,始载于《神农本草经》,其化学成分多样,包含有甾体皂苷类、高异黄酮类、多糖类、氨基酸、挥发油等多种化学成分。现代研究表明,麦冬具有保护心血管、神经系统、消化系统,改善肝、肺损伤,抗炎、抗肿瘤、抗氧化、降血糖、抗衰老等药理作用。通过对麦冬的化学成分、药理作用进行总结,并根据中药质量标志物(quality marker,Q-Marker)的概念,从植物亲缘学、传统药性和药效、化学成分溯源性、不同产地和采收时期、复方配伍以及化学成分可测性等方面对麦冬的质量标志物进行预测分析,以期为建立全面科学的麦冬的质量控制体系提供依据。

关键词:麦冬;质量标志物;化学成分;药理作用
中图分类号:R285 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)06-0045-07

Research Progress of Chemical Composition, Pharmacological Action and Predictive Analysis of Quality Markers of Maidong (Ophiopogonis Radix)

XUE Weihang, XU Tingli, WANG Huayu, MIAO Mingsan
(Collaborative Innovation Center of Research and Development on the Whole Industry Chain of Yu-Yao, Zhengzhou 450046, Henan, China)

Abstract: Maidong (Ophiopogonis Radix) is a traditional Chinese medicine in China, which was first published in *Shennong Bencao Jing*. Its chemical composition is diverse, containing steroidal saponins, high isoflavones, polysaccharides, amino acids, volatile oils and other chemical components. Modern studies have shown that Maidong (Ophiopogonis Radix) has pharmacological effects such as protecting cardiovascular system, nervous system, digestive system, relieve liver and lung injury, anti-inflammation, anti-tumor, antioxidant, hypoglycemic, anti-aging and so on. In this paper, it summarized the chemical composition and pharmacological effects of Maidong (Ophiopogonis Radix), and predicted and analyzed the quality markers of Maidong (Ophiopogonis Radix) based on the concept of quality marker (Q-Marker) of traditional Chinese medicine, from the aspects of plant affinity, traditional medicinal properties and efficacy, traceability of chemical components, different origins and harvesting periods, compounding and compounding, and the measurability of chemical compositions, with the aim of establishing a comprehensive and scientific quality control system of Maidong (Ophiopogonis Radix). This study is intended to provide a basis for the establishment of a comprehensive and scientific quality control system for Maidong (Ophiopogonis Radix).

Keywords: Maidong (Ophiopogonis Radix); Q-Marker; chemical composition; pharmacological effect

麦冬为百合科(*Liliaceae*)沿阶草属(*Ophiopogon*)植物麦冬*Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker Gawl. 的带根干燥块根,根据产地不同,又将麦冬分为了川麦冬、浙麦冬、湖北麦冬,始载于《神农本草经》,又名麦门冬、沿阶草等;甘、微苦,微寒。归心、肺、胃经,具有养阴生津、润肺清心的功效,可用于治疗肺燥干咳,阴虚痨嗽,喉痹咽痛,津伤口渴,内热消渴,心烦失眠,肠燥便秘;夏季采收,洗净反复暴晒至七八成干,除去须根;生长于山坡阴湿处、林下或溪旁,主产于浙江、四川和湖北等地[1]。

现代研究表明,麦冬具有保护心血管、神经系统、消化系统,改善肝、肺损伤,抗炎、抗肿瘤、抗氧化、降血糖、抗衰老等药理作用[2]。张鹏等[3]还发现,麦冬具有麦冬皂苷可减轻肝部分切除大鼠炎性反应,增加肝细胞增殖相关蛋白表达,促进肝再生的作用。今年9月,麦冬已被国家药监局批准为新的药食同源中药,将得到更加广泛的应用,但是,在《中华人民共和国药典》2020年版中对麦冬成分的含量测定仅限于麦冬总皂苷中的鲁斯可皂苷元,不能全面、系统有效地反映和评价麦冬的

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82274119);国家中医药管理局岐黄学者项目(国中医药人教函2022-6);河南省重大专项(221100310400);河南省重点科技计划项目(232301420019);河南省杰出外国专家工作室项目(38103029-2024);河南省中医药科学研究专项(2024ZYZD15)
作者简介:薛伟航(2001-),男,河南新乡人,硕士在读,研究方向:中药药理学。
通讯作者:苗明三(1965-),男,河南郑州人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药药理。E-mail: miaomingsan@163.com。

质量。因此为了保证麦冬临床用药的安全性和有效性，亟需建立一个安全、系统有效的质量控制标准。本文通过查阅近年来麦冬的相关文献，对其化学成分、药理作用进行全面综述，并基于刘昌孝院士提出的中药质量标志物（qualitymarker，Q－Marker）概念[4]，从植物亲缘学、传统药性和药效、化学成分溯源性、配伍以及化学成分可测性几方面对麦冬Q－Marker进行预测分析，以期为麦冬的质量控制及临床应用提供参考依据。

1 化学成分

麦冬的化学成分极多，主要包括甾体皂苷类、高异黄酮类、多糖类、氨基酸、挥发油等[5]，现对其进行阐述。

1.1 甾体皂苷类化合物

见表1。

表1 麦冬中的甾体皂苷类化合物

序号	化合物	分子式	文献
1	麦冬皂苷B	$C_{39}H_{62}O_{12}$	[6]
2	川麦冬苷A	$C_{26}H_{44}O_{10}$	[7]
3	麦冬皂苷D	$C_{44}H_{70}O_{16}$	[8]
4	短葶山麦冬皂苷B	$C_{44}H_{70}O_{16}$	[9]
5	短葶山麦冬皂苷C	$C_{44}H_{70}O_{16}$	[10]
6	14－羟基麦冬皂苷C	$C_{44}H_{70}O_{17}$	[11]
7	麦冬素B′	$C_{46}H_{72}O_{17}$	[12]
8	山麦冬皂苷B	$C_{39}H_{62}O_{12}$	[13]
9	麦冬皂苷C	$C_{44}H_{70}O_{18}$	[14]
10	麦冬皂苷A	$C_{41}H_{64}O_{13}$	[12]
11	麦冬皂苷O－4	$C_{39}H_{62}O_{15}S$	[15]
12	阔叶山麦冬皂苷C	$C_{11}H_{16}N_5O_2$	[15]
13	麦冬苷元－3－O－A－L－吡喃鼠李糖基(1→2)－B－D－吡喃葡萄糖苷	$C_{39}H_{62}O_{14}$	[14]
14	阔叶山麦冬皂苷A	$C_{33}H_{52}O_8$	[12]
15	麦冬呋甾皂苷A	$C_{50}H_{82}O_{22}$	[13]
16	麦冬醇7－O－β－D－吡喃葡萄糖基－4′－O－β－D－吡喃葡萄糖苷	$C_{28}H_{32}O_{17}$	[12]
17	17－羟基麦冬皂苷C	$C_{44}H_{70}O_{17}$	[12]
18	麦冬醇4′－O－β－D－吡喃葡萄糖苷	$C_{22}H_{22}O_{12}$	[13]
19	2″－O－乙酰麦冬皂苷C	$C_{46}H_{72}O_{17}$	[15]

1.2 高异黄酮类化合物

见表2。

1.3 多糖类化合物

见表3。

1.4 萜类化合物

见表4。

1.5 其他

除了上述成分外，麦冬中还含有氨基酸、挥发油等其他成分。沈宏林等[36]用顶空固相微萃取－气相色谱/质谱方法提取并研究了不同产地麦冬中的有机挥发物，发现挥发油主要包括愈创醇、γ－芹子烯、β－愈创烯等成分。石磊等[37]用原子吸收分光光度计测定发现麦冬含有丰富的K、Na、Ca、Mg、Cu、Zn、Fe、Mn、Pb、Cr、Ni、Se、Cd，其含量相对于其他中药含量较高。

2 药理作用

2.1 改善心脑血管系统

研究表明[38]麦冬中的甾体皂苷类、多糖类以及萜类化合物具有良好地保护心脑血管系统的作用，是麦冬中重要的保护心脑血管系统的活性成分。

表2 麦冬中的高异黄酮类化合物

序号	化合物	分子式	文献
20	麦冬酮B	$C_{18}H_{16}O_5$	[15]
21	8－醛基麦冬高异黄酮B	$C_{19}H_{16}O_6$	[16]
22	麦冬黄烷酮F	$C_{20}H_{22}O_7$	[17]
23	6－醛基异麦冬黄烷酮A	$C_{19}H_{14}O_7$	[18]
24	6－醛基异麦冬二氢高异黄酮A	$C_{19}H_{16}O_7$	[18]
25	甲基麦冬黄烷酮A	$C_{19}H_{18}O_6$	[19]
26	甲基麦冬黄烷酮B	$C_{19}H_{20}O_5$	[20]
27	甲基麦冬高黄酮A	$C_{19}H_{16}O_6$	[21]
28	8－醛基麦冬黄烷酮B	$C_{19}H_{18}O_6$	[20]
29	6－甲酰基异麦冬酮B	$C_{19}H_{18}O_6$	[20]
30	异麦冬酮A;2’－羟基	$C_{18}H_{14}O_7$	[22]
31	麦冬黄烷酮D	$C_{20}H_{18}O_7$	[22]
32	麦冬二氢高异黄酮B	$C_{18}H_{18}O_5$	[23]
33	麦冬高黄酮C	$C_{19}H_{14}O_7$	[15]
34	麦冬二氢高异黄酮A	$C_{18}H_{16}O_6$	[17]
35	麦冬二氢高异黄酮C	$C_{46}H_{72}O_{17}$	[15]
36	麦冬二氢高异黄酮H	$C_{19}H_{18}O_7$	[17]
37	6－醛基异麦冬黄酮B	$C_{19}H_{16}O_6$	[15]
38	甲基麦冬黄酮B	$C_{19}H_{18}O_5$	[24]

表3 麦冬中的多糖类化合物

序号	化合物	相对分子量/(kDa)	文献
39	麦冬多糖MDG－1	4.800	[25]
40	麦冬多糖POJ	4.800	[26]
41	麦冬多糖Md－1	27.064	[27]
42	麦冬多糖Md－2	48.651	[27]
43	麦冬多糖AP－1	6.753	[28]
44	麦冬多糖AP－2	12.984	[28]
45	麦冬多糖AP－3	9.419	[28]
46	麦冬多糖POJ－1	12.858	[29]
47	麦冬多糖OJP－1	35.200	[30]

表4 麦冬中的萜类化合物

序号	化合物	分子式	文献
48	麦冬龙脑苷	$C_{21}H_{36}O_{10}$	[31]
49	bornyl 7－O－α－L－arabinofuranosyl(1→6)－β－D－glucopyranoside	$C_{21}H_{36}O_{10}$	[32]
50	ophiopogonoside A	$C_{23}H_{28}O_8$	[33]
51	cyperusol C	$C_{15}H_{26}O_2$	[34]
52	Capillosanane Z	$C_{15}H_{25}O_2$	[5]
53	Cryptomeridiol	$C_{15}H_{28}O_2$	[34]
54	4(15)－桉叶烯－1β,6α－二醇	$C_{15}H_{26}O_2$	[34]
55	齐墩果酸	$C_{30}H_{48}O_3$	[35]

2.1.1 *保护心肌* 郑琴等[39]采用Langendorff豚鼠离体心脏缺血再灌注模型，与模型组阳性组比较发现，口服麦冬多糖（ophiopogonis polysaccharide，MDG－1）可以增加离体对异丙肾上腺素所致大鼠心肌缺血损伤具有一定的保护作用，研究表明MDG－1具有一定的抗心肌缺血作用。孟晨等[40]通过体外培养细胞，探针法测定细胞内线粒体中活性氧含量，聚合酶链式反应（polymerase chain reaction，PCR）和Western blotting分别检测mRNA及蛋白表达，发现麦冬多糖D能够降低活性氧（reactive oxygen species，ROS）累积，进而缓解内质网应激而对心肌产生保护作用。辛颖等[41]通过盲肠结扎穿孔法构建脓毒症大

鼠模型,对比模型组阳性组指标,发现麦冬多糖D可能通过激活假定蛋白激酶1和E3泛素连接酶(PTEN-induced kinase-1,PINK1/parkin)通路促进线粒体自噬缓解脓毒症引起的大鼠心肌损伤。

2.1.2 抗心肌梗死 曹斌等[42]发现麦冬皂苷D通过调节蛋白激酶B和糖原合成酶激酶-3(protein kinase B/glycogen synthase kinase-3 beta,AKT/Gsk-3β)通路抑制Caspase 3蛋白酶,减轻糖尿病大鼠心肌损伤。WANG J等[43]发现麦冬皂苷D能够通过减轻氧化应激,改善内质网应激,对抗线粒体凋亡,减轻炎症反应,稳定Ca^{2+}稳态从而发挥抗心肌缺血作用。赵玲琳等[44]通过体外培养心肌细胞H9c2,对比不同组别间心肌细胞中各指标含量、凋亡率、胞内磷脂酰肌醇激酶(PI3K)的表达量、心肌细胞存活率以及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)活力,发现麦冬皂苷D可能通过抑制PI3K基因的表达而对心肌细胞缺氧复氧损伤具有保护作用。

2.1.3 抑制血小板聚集 黄厚才等[45]通过SD大鼠实验分别对比丹参液、阿司匹林与麦冬水、乙醇、石油醚提取液对血小板聚集抑制率。发现麦冬能显著降低大鼠血小板聚集率,说明其有明显的活血化瘀作用。刘悦[46]提取了6种麦冬甾体皂苷类成分发现其有降低血小板聚集率的作用。

2.1.4 对缺血性脑损伤的保护作用 巍晓晖[47]通过研究麦冬提取物对大鼠脑缺血再灌注损伤后脑组织氧化应激的作用,对照模型组的神经行为评分、脑组织含水量、脑组织梗死体积降低,丙二醛(malondialdehyde,MDA)含量升高,发现对大鼠脑缺血再灌注损伤后脑组织氧化应激有抑制作用,对大鼠脑缺血再灌注损伤有保护作用。李渊渊等[48]通过建立星形胶质细胞(oxygen glucose deprivation/re-oxygenation,OGD/R)模型,发现麦冬皂苷D能够明显上调OGD/R后新生鼠离体星形胶质细胞血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor,VEGF)、缺氧诱导因子(hypoxia inducible factor,HIF-1α)的蛋白含量,促进星形胶质细胞生殖,其可能是通过星形胶质细胞HIF-1α-VEGF通路实现对OGD/R后神经损伤的保护及修复。

2.2 降糖降血脂

宁萌等[49]通过脂肪细胞给予麦冬多糖(OPSR)和麦冬皂苷(OPG)干预后,检测葡萄糖消耗率,筛选有降糖作用的提取物为OPSR。并建立脂肪细胞模型给予OPSR干预,OPSR明显促进瘦素、脂联素蛋白表达,抑制抵抗素蛋白表达,体质量明显增加,发现OPSR能够促进脂肪细胞对葡萄糖的转运和利用,具有降低空腹血糖和改善胰岛素抵抗作用。LI P B等[50]将麦冬多糖以高低剂量口服给药高脂饲料喂养和链脲霉素(streptozocin,STZ)诱导的2型糖尿病大鼠,结果显示麦冬多糖治疗组体质量、肝脏、骨骼肌中糖原含量和葡萄糖耐受量增加,肝肾重量、空腹血糖、尿蛋白排泄和胰高血糖素水平降低,说明麦冬多糖在治疗2型糖尿病中发挥良好的抗糖尿病作用。WANG X等[51]构建高血脂大鼠模型并分析其血脂水平,基因微阵列,肝细胞内的基因表达水平,确认目的基因的表达差异。得到MDG-1可以预防小鼠肥胖并改善高脂血症。

2.3 抗氧化

奉思思等[52]发现麦冬多糖有确定的抗氧化活性,对2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐[2,2′-Azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate),ABTS]自由基清除率和铁离子还原能力很显著,且在一定质量浓度范围内量效关系明显。LIN M B等[53]通过使用大脑中动脉闭塞和再灌注大鼠模型,研究了麦冬酮A(MO-A)对脑I/R损伤的影响。结果MO-A治疗减少了中风组的梗死体积和脑水肿,改善了神经功能缺损评分,逆转了动物体质量的下降,并增加动物的存活天数。抑制了MMP-9,但恢复了claudin-3和claudin-5的表达,MO-A在体外显著减轻了细胞损伤有很好的抗氧化作用。文丹等[54]以自由基清除率为指标,再通过H_2O_2诱导小鼠纤维细胞损伤的模型,麦冬多糖的预处理可以很好地降低细胞的死亡率,降低单线态氧的产生,以及炎症因子的表达量。当麦冬多糖的浓度大于100 μg/mL时,对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼[1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2,2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl)hydrazyl,DPPH]自由基的清除效果与抗坏血酸相当,证明麦冬多糖在体外具有良好的抗氧化效果。

2.4 抗炎

朱江等[55]向小鼠角膜注射烟曲霉菌悬浮液建立模型,麦冬多糖(OJP)可能通过抑制TLR4/MyD88/NF-κB(toll-like receptor 4/myeloid differentiation factor 88/nuclear factor-κB)信号通路减轻小鼠角膜炎症损伤,角膜炎症评分降低,角膜病变减轻。朱曙光等[56]研究了麦冬皂苷D对炎症性肠病(inflammatory bowel disease,IBD)大鼠炎性损伤的影响,发现与模型组相比,麦冬皂苷D可降低IBD大鼠炎症反应和结肠组织损伤。ZHAO J W等[57]通过细胞活力、一氧化氮、酶联免疫吸附测定在麦冬中得到化合物4′-O-Demethylophiopogonanone E对促炎细胞因子作用明显,大幅减少一氧化氮和促炎细胞因子的产生。

2.5 抗肿瘤

麦冬中发挥抗肿瘤作用的活性成分主要是高异黄酮和甾体皂苷类,可通过诱导肿瘤细胞自噬、凋亡及影响NF-κB信号通路等途径发挥抗肿瘤作用。GU D等[58]从麦冬中分离提取出了一种命名为ROH05的半乳糖,可以通过上调基因的表达以及激活Caspase-3酶的活性来诱导胰腺癌细胞的细胞核碎片化和细胞凋亡,抑制胰腺癌细胞生长,而对人体正常肝细胞无损伤。SHENG H X等[59]发现山麦冬多糖B以剂量依赖性方式降低细胞活力和增殖能力,细胞凋亡相关蛋白表达发生变化,并减少了非小细胞肺癌细胞的增殖,并诱导了细胞凋亡和细胞周期停滞。YUAN F等[60]建立了肝细胞癌(hepatocellular carcinoma,HCC)异种移植小鼠模型,发现麦冬氨酸-B靶向下调PTP1B基因表达,从而使PI3K/AKT通路失活并激活单磷酸腺苷激活的蛋白激酶[Adenosine 5′-monophosphate(AMP)-activated protein kinase,AMPK]通路可以抑制肝细胞癌的恶化。

2.6 免疫调节

FAN Y P等[61]发现麦冬多糖脂质体(ophiopogon polysaccharide liposome,OPL)可在体外显著促进巨噬细胞的吞噬作用,诱导白细胞介素-2(interleukin-2,IL-2)和白细胞介素(interleukin,IL)-6的分泌,高、中剂量OPL可显著提高吞噬指数,促进淋巴细胞增殖,增加T淋巴细胞亚群(CD4和CD8)比例,增强抗体滴度,提高体内保护率。吴利琼等[62]通过建立

卵巢癌大鼠模型,发现麦冬皂苷可有效抑制卵巢癌大鼠胰岛素样生长因子2(insulin-like growth factor-2,IGF2)通路,并抑制卵巢癌移植瘤增长,改善其免疫功能。

3 麦冬Q-Marker预测分析

质量标志物是刘昌孝院士在2016年提出的中药质控新概念,中药Q-Marker是存在于中药材和中药产品(如中药饮片、中药提取物等)中固有或加工制备过程中产生的、与中药功效密切相关的化学物质,作为反映中药安全性和有效性的标志性物质进行质量控制[4]。麦冬的化学成分种类多样,种源、生长环境、炮制方法均会使其化学成分的种类和含量变化,进而影响麦冬质量。本文在Q-Marker概念的基础上对麦冬的Q-Marker进行分析,以期能够为建立麦冬科学完善的质量控制体系提供参考。

3.1 基于植物亲缘学及化学成分特有性的Q-Marker预测分析

麦冬为百合科(*Liliaceae*)沿阶草属(*Ophiopogon*)植物麦冬*Ophiopogon japonicus*(L. f.)Ker Gawl.的带根干燥块根。沿阶草属全世界约有66种,分布于亚洲东部和南部的亚热带和热带地区,我国有沿阶草属植物38种,主要分布于华南、西南各省区,只有麦冬分布于秦岭南部、河南、安徽、江苏等省[63]。沿阶草属主要含有甾体皂苷类、高异黄酮类、有机酸类、萜类等多种化学成分,具有抗心肌缺血、抗肿瘤、抗氧化、免疫调节等药理作用,与中药材麦冬化学成分和药理作用相似[64]。现代药理学研究发现,麦冬中重要的活性物质包括甾体皂苷类化合物,高异黄酮类化合物和萜类化合物[5]。研究发现,麦冬中含量最多的标志性成分为麦冬皂苷D,是麦冬的指标性化合物,具有较强的药理活性,且该研究建立了良好的测定该物质含量的方法学,能够更好地控制麦冬的质量[65]。综上所述,可将麦冬皂苷D作为麦冬Q-Marker的重要参考。

3.2 基于中药药性的Q-Marker预测分析

中药药性理论是研究中药性质、性能及其运用规律的理论,也是指导中医临床用药的理论体系[66],高度概括了中药的性质和功能,包含四气以及归经等[67]。麦冬甘、微苦,微寒。归心、肺、胃经,具有养阴生津、润肺清心的功效。中医四气五味理论认为,甘能补益和中、缓急止痛,苦能清泄发散火热、燥湿坚阴[68]。现代药理研究表明,苦味药中多含有生物碱、苷类、黄酮等成分[69]。研究表明[70]甘味药具备利湿、益气生血、补阴育阳、缓急舒筋、缓和药力、调和诸药等功效。寒凉性药物能抑制物质代谢,减少机体能量需求,有调节免疫的作用[71]。麦冬中的化学成分以甾体皂苷类、萜类、高异黄酮类居多。综上所述,甾体皂苷类、萜类、高异黄酮类化合物可作为麦冬Q-Marker的重要参考。

3.3 基于新药效的Q-Marker预测分析

中药药效物质基础是现代中医药研究的重要内容,中药的药效在一定程度上决定了中药的质量。研究表明,麦冬具有广泛的抗心肌缺血、抗氧化、降糖降脂、抗肿瘤等功效。朱曙光等[56]通过研究发现,麦冬中的麦冬皂苷D激活cAMP/PKA/CREB信号通路可降低炎症性肠病大鼠炎症反应和结肠组织损伤。ZHANG J F等[72]通过研究发现麦冬多糖OJP1维持了糖尿病大鼠的抗氧化酶水平并改善了心血管功能。胡慧清等[73]研究发现麦冬皂苷B能抑制人类色素瘤A375细胞的增殖,诱导肿瘤细胞发生凋亡。此外,研究表明[74]麦冬高异黄酮在肿瘤细胞治疗中(HL-60和A549细胞)表现出良好的诱导细胞凋亡活性。综上所述,麦冬皂苷D、麦冬多糖、麦冬皂苷B、高异黄酮等成分可以考虑作为麦冬的Q-Maker。

3.4 基于化学成分溯源性的Q-Marker预测分析

代谢产物和入血成分是中药最终发挥作用的"效应成分",能很好地阐明中药药效物质基础的作用机制,是评价质量标志物的重要依据[75]。张杰等[76]采用超高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱(UPLC-Q/TOF-MS)建立血清代谢组学研究方法分析麦冬对2型糖尿病小鼠血清代谢组学的影响,发现麦冬在体内可能通过提高甘油酸、丙二酸半醛、4-羟基苯基丙酮酸3种潜在代谢物含量调节:泛醌和其他萜类醌生物合成,β-丙氨酸代谢,甘油脂代谢,甘氨酸、丝氨酸和苏氨酸代谢,丙酸代谢,酪氨酸代谢,乙醛酸和二羧酸代谢7条通路。其中,对泛醌和其他萜类醌生物合成通路的影响最显著。沈岚等[77]采用高效液相色谱法和蒸发光散射检测器(high performance liquid chromatography-evaporativelight-scatteringdetector,HPLC-ELSD)定量检测离体实验的代谢产物及原形药含量,明确了薯蓣皂苷元为麦冬皂苷D′经肠内菌代谢后的吸收入血成分之一。综上所述,甘油酸、丙二酸半醛、4-羟基苯基丙酮酸、麦冬皂苷D′具有溯源性,可作为麦冬潜在的Q-Marker依据。

3.5 基于不同产地和采收时期的Q-Marker预测分析

中药材的产地和采收时期的不同,将会影响其所含的化学成分,是中药质量控制的重要环节[78]。张欣雅等[79]选取浙江、四川、贵州、湖南、湖北5省9个产地新鲜野生麦冬样品,采用紫外-可见分光光度法(ultraviolet-visible spectroscopy,UV-Vis)法测定鲁斯可皂苷元及多糖含量,采用HPLC法测定3种黄酮类成分含量,发现不同产地间的测量结果存在统计学差异。其中鲁斯可皂苷元的含量湖北最高、浙江最低;多糖的含量浙江最高、湖北最低;甲基黄烷酮A、B的含量浙江最高、湖北最低;甲基麦冬高黄酮A的含量湖北最高、浙江最低。周海琴等[80]采用高效液相色谱和电喷雾检测器(high performance liquid chromatography-charged aerosol detector,HPLC-CAD)方法对不同产地麦冬进行了研究,结果发现不同产地的麦冬皂苷D可以区分浙江和四川麦冬;麦冬龙脑苷可以区分湖北和短葶山麦冬。TAN M X等[81]测定麦冬的产地为四川、湖北、湖南和浙江,麦冬皂苷D、麦冬甲基黄烷醇A、短葶山麦冬皂苷C等化学成分的含量在各产地存在着极显著的差异。吴翠等[82]比较麦冬中5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural,5-HMF)的含量及其与产地的相关性5-HMF的含量与产地采收加工的相关性,其中湖南、湖北麦冬中5-HMF的含量均较高,四川麦冬中5-HMF的含量均较高。李振丰等[83]用浓硫酸-蒽酮显色法对不同采收期浙麦冬中总多糖含量进行测定,以芦丁为对照进行总黄酮含量测定。总黄酮在3月下旬至6月底前含量不变,在6月底以后含量逐渐升高;总多糖含量从3月下旬开始逐渐增加,至4月下旬有一个相对高点,其后含量稍有下降,至5月中旬以后又逐渐上升,至6月中旬含量达最高。马留辉等[84]考察不同采收期川麦冬内在多元药效成分的动态变化规律,探讨川麦冬最佳采收期,3月下旬采收的样品综合评价指数最高。综上所述,可将鲁斯可皂苷元、

多糖、甲基黄烷酮 A、甲基黄烷酮 B、甲基麦冬高黄酮 A、麦冬皂苷 D、麦冬甲基黄烷醇 A、短葶山麦冬皂苷 C、5 - HMF 等作为麦冬的Q - Marker 筛选的重要对象。

3.6 基于复方配伍的 Q - Marker 预测分析

中药复方是中医临床治疗的主要形式,由于中药复方组成和化学成分繁多,中药复方潜在的多成分、多靶点、多途径作用特点显现其互补的治疗优势[85]。在 Q - Marker 预测分析中,中药配伍是质量研究与中医药理论结合的必要条件[86]。研究发现参麦注射液活性成分研究表明含有麦冬多糖 MGD - 1,辅助治疗冠心病的效果显著,明显减轻病症,改善心功能,调整血流功能状态,安全可靠,临床应用广泛[87]。沙参麦冬汤具有抗癌作用,其可能作用于 STAT3(signal transducer and activator of transcription)、MAPK14(mitogen - activated protein kinase 14)和 TP53(cellular tumor antigen p53)等靶点实现癌症治疗的目的。治疗癌症作用的物质基础与槲皮素、豆甾醇、麦冬皂苷 D、山柰酚、β - 谷甾醇、柚皮素这六种活性成分密切相关,而麦冬皂苷 D、山柰酚和 β - 谷甾醇为麦冬中的活性成分[88]。药理研究表明[89]沙参麦冬汤可调控相关信号通路以治疗肺癌;此外,还能减轻氧化应激、炎症反应,调节免疫平衡及抑制肿瘤糖酵解。余霖等[90]研究发现沙参麦冬汤对 Lewis 肺癌模型肾损伤小鼠具有明显改善肾功能、保护正常组织结构的功能,可能与其能抑制氧化应激、炎症、凋亡等相关。通过化学成分分析和药代动力学研究[91],沙参麦冬汤甘寒法治疗温燥证的活性成分为甘草苷、花椒毒素和甲基二氢高异黄酮 A 等,其中甲基二氢异黄酮 A 为麦冬中的特征成分。综上所述,可将麦冬多糖 MGD - 1、麦冬皂苷 D、山柰酚、β - 谷甾醇、甲基二氢高异黄酮 A 等化合物作为麦冬潜在的 Q - Marker。

3.7 基于化学成分可测性的 Q - Marker 预测分析

化学成分可测性是建立中药质量评价体系的前提和重要环节[92]。田泽群等[93]从麦冬须根中分离出了甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B、大黄素、肥牛木素、E - 对羟基桂皮酸等 9 个化学成分。冯婷煜等[94]测定了 14 批种源麦冬的 HPLC 指纹图谱,结合多元统计分析对不同种源麦冬进行质量评价并筛选出影响不同种源麦冬药材质量的差异性成分,采用 HPLC 法对二氢高异黄酮 E、甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 含量进行测定,且不同批次含有的最多化学成分都不相同。吴发明等[95]用 HPLC 法测定了不同产地的麦冬中的麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D′、麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B 的 HPLC 方法,麦冬皂苷 D 的含量可作为麦冬潜在的 Q - Marker。综上所述,可将麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D′、麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B 等成分作为麦冬 Q - Marker 的参考依据。

4 讨论

麦冬为我国传统中药,分布广泛,资源丰富,药理作用广泛,是一种利用价值很高的药用植物,药用前景广阔。在《中华人民共和国药典》2020 年版中对麦冬成分的含量测定仅限于麦冬总皂苷中的鲁斯可皂苷元,不能全面、系统有效地反映和评价麦冬的质量。因此为了保证麦冬临床用药的安全性和有效性,亟需建立一个安全、系统有效的质量控制标准。

现代药理研究表明,麦冬具有广泛的药理活性,目前麦冬被证实具有多种保护心脑血管系统作用,但主要是体外研究,较少延伸到药物临床研究,需进一步研究完善其保护心脑血管系统的机制。同时,麦冬还有抗肿瘤、降糖、降血脂、调节免疫等药理作用,现在研究多仅对其有效性进行评价,而具体作用机制研究相对匮乏,可结合液质联用等相关现代色谱技术、分子对接技术和网络药理学等对其作用机制进行深入研究。此外,麦冬中的萜类及有机酸类化合物的药理作用亟待研究。

本文在刘昌孝院士提出的中药 Q - Marker 理论指导下,通过对麦冬化学成分和药理作用进行总结,并将可以视为麦冬质量标志物的成分从传统药性和新的药效、不同产地和采收时期、化学成分溯源、植物亲缘学及化学成分特有性、复方配伍和化学成分可测等方面进行了系统的文献整理和分析,最终推测麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 B、鲁斯可皂苷元、短葶山麦冬皂苷 C、薯蓣皂苷元、麦冬皂苷 D′等甾体皂苷类化合物,高异黄酮 A、甲基黄烷酮 A、甲基黄烷酮 B、甲基麦冬高黄酮 A、麦冬甲基黄烷酮 A 等高异黄酮类化合物,以及有机酸类、多糖类等成分作为麦冬的候选 Q - Marker,为建立系统科学的麦冬的质量控制体系提供参考依据。总结还发现不同产地和采收时期以及化学成分溯源性的预测应用价值最高。不同产地和采收时期的标志物的预测,能为麦冬更高产量和质量的种植采收提供保证,提高麦冬的有效物质含量;化学成分溯源性的质量标志物可以为麦冬的临床用药提供可靠的指导依据,提高麦冬的中药临床药效。为保障麦冬的临床疗效,提升合理用药水平,建议后期对上述成分进行深入研究,确定麦冬的有效成分及药理作用机制。

参考文献

[1] 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.
[2] 万梅绪,原景,张燕欣,等. 麦冬提取物及其有效成分的药理作用研究进展[J]. 药物评价研究,2023,46(8):1819 - 1826.
[3] 张鹏,陈昆,宋登辉,等. 麦冬皂苷介导 Wnt/β - catenin 通路对大鼠肝部分切除后肝再生的影响[J]. 中华实用诊断与治疗杂志,2024,38(6):552 - 556.
[4] 刘昌孝,陈士林,肖小河,等. 中药质量标志物(Q - Marker):中药产品质量控制的新概念[J]. 中草药,2016,47(9):1443 - 1457.
[5] 李小辉,袁名睿,陆雪萍,等. 麦冬的化学成分研究[J]. 中草药,2021,52(13):3804 - 3809.
[6] 徐明星,李子银,姜红梅. 麦冬皂苷 B 调节 Rho A/ROCK1 信号通路对胃荷瘤大鼠肿瘤生长的抑制作用[J]. 陆军军医大学学报,2024,46(19):2180 - 2187.
[7] 王建忠,陈小兵,王锋鹏. 川麦冬皂苷类化学成分的研究[J]. 有机化学,2008,28(9):1620 - 1623.
[8] 刘斌,王涛,张明,等. 桔贝合剂 HPLC 特征图谱的建立和 HPLC - ELSD 同时测定 6 种成分含量[J]. 中国现代应用药学,2023,40(13):1827 - 1832.
[9] 过禾佳. 山麦冬皂苷 B 抗口腔鳞状细胞癌作用及分子机制研究[D]. 南宁:广西医科大学,2022.
[10] 袁玉虹. 短葶山麦冬皂苷 C 提取工艺优化及因子效应分析[J]. 林业科技通讯,2020(7):37 - 41.
[11] 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.
[12] CHEN M H,CHEN X J,WANG M,et al. Ophiopogon japonicus—a phytochemical,ethnomedicinal and pharmacological review[J]. J Ethnopharmacol,2016,181:193 - 213.

[13] DUAN C L, MA X F, JIANG Y, et al. Two new furostanol glycosides from the fibrous root of Ophiopogon japonicus (Thunb.) Ker - Gawl [J]. J Asian Nat Prod Res, 2010, 12(9): 745 - 751.
[14] QI J, HU Z F, ZHOU Y F, et al. Steroidal sapogenins and glycosides from the fibrous roots of Ophiopogon japonicus and Liriope spicata var. prolifera with anti - inflammatory activity[J]. Chem Pharm Bull, 2015, 63(3): 187 - 194.
[15] WANG Y Y, XU J Z, QU H B. Determination of three steroidal saponins from Ophiopogon japonicus (Liliaceae) *via* high - performance liquid chromatography with mass spectrometry[J]. Nat Prod Res, 2013, 27(1): 72 - 75.
[16] WANG L L, ZHOU Y F, QIN Y C, et al. Methylophiopogonanone B of Radix Ophiopogonis protects cells from H_2O_2 - induced apoptosis through the NADPH oxidase pathway in HUVECs[J]. Mol Med Rep, 2019, 20(4): 3691 - 3700.
[17] WU D W, WANG C C, ZHANG X L, et al. A high - resolution mass spectrometry - based methodology for characterization and identification of methylophiopogonanone B metabolites from cryopreserved hepatocytes and liver microsomes[J]. Biomed Chromatogr, 2023, 37(4): e5574.
[18] 贾诚, 叶正良, 姜秀晶, 等. HPLC 同时测定麦冬药材中 3 种黄酮类成分的含量[J]. 中国药学杂志, 2011, 46(15): 1209 - 1211.
[19] 郭学蕊. 甲基麦冬黄烷酮 A 对金黄色葡萄球菌 MgrA 的抑制作用与机制研究[D]. 长春: 吉林大学, 2024.
[20] 刘斌, 张力伟, 王煦辰, 等. UPLC - MS/MS 同时测定麦冬配方颗粒中 4 个成分的含量及山麦冬成分的检查[J]. 中国现代中药, 2024, 26(1): 144 - 151.
[21] 旷湘楠, 朱娜, 刘时乔. 麦冬化学成分研究[J]. 中国药业, 2018, 27(2): 19 - 22.
[22] ITO Y, KANAMARU A, TADA A. Effects of methylophiopogonanone B on melanosome transfer and dendrite retraction[J]. J Dermatol Sci, 2006, 42(1): 68 - 70.
[23] DUAN C L, LI Y J, LI P, et al. Spirostanol saponins from the fibrous roots of ophiopogon japonicus (thunb.) Ker - gawl[J]. Helv Chim Acta, 2010, 93(2): 227 - 232.
[24] 童菊华, 庞小存, 王威, 等. 杭麦冬与川麦冬中高异黄酮类成分和抗氧化活性的比较[J]. 中草药, 2015, 46(20): 3091 - 3095.
[25] 韩凤梅, 程伶俐, 李路军, 等. 山麦冬多糖的分离纯化及单糖组成研究[J]. 中草药, 2007, 38(1): 30 - 31.
[26] 张娅芳. 麦冬多糖的结构分析及其体外抗氧化活性研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2007.
[27] 徐兢博, 朱作林, 金凤燮, 等. 麦冬多糖的分离纯化及其组分的初步分析[J]. 大连工业大学学报, 2010, 29(6): 418 - 420.
[28] 林晓, 徐德生, 冯怡, 等. 麦冬多糖的单糖组成研究[J]. 中草药, 2005, 36(10): 1488 - 1490.
[29] 胡坪, 乔晚芳, 沈骏文, 等. 麦冬多糖单糖组成的分析方法研究[J]. 药物分析杂志, 2013, 33(1): 50 - 56.
[30] 程志红, 吴弢, 余伯阳, 等. 短葶山麦冬化学成分的研究[J]. 中草药, 2005, 36(6): 823 - 826.
[31] NAKANISHI H, KANEDA N. Studies on the components of ophiopogon tuber (China). Ⅱ[J]. Yakugaku Zasshi, 1987, 107(10): 780 - 784.
[32] ADINOLFI M, PARRILLI M, ZHU Y X. Terpenoid glycosides from Ophiopogon japonicus roots[J]. Phytochemistry, 1990, 29(5): 1696 - 1699.
[33] JIANG C, LIU Z H, LI L, et al. A new eudesmane sesquiterpene glycosides from Liriope muscari[J]. J Asian Nat Prod Res, 2012, 14(5): 491 - 495.
[34] 李小辉, 袁名睿, 陆礼和, 等. 浙麦冬的化学成分研究[J]. 中草药, 2022, 53(2): 347 - 353.
[35] 程志红, 吴弢, 李林洲, 等. 中药麦冬脂溶性化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2005, 40(5): 337 - 341.
[36] 沈宏林, 向能军, 许永, 等. 顶空固相微萃取 - 气相色谱 - 质谱联用分析麦冬中有机挥发物[J]. 分析试验室, 2009, 28(4): 88 - 92.
[37] 石磊, 杨红兵. 不同产地麦冬微量元素分析比较[J]. 实用中医药杂志, 2004, 20(4): 217.
[38] 陈志国, 杜瑞娟, 卞华. 麦冬皂苷 D 抗心血管疾病作用机制研究进展[J]. 中成药, 2023, 45(9): 2978 - 2986.
[39] 郑琴, 冯怡, 徐德生, 等. 麦冬多糖 MDG - 1 对鼠实验性心肌缺血的保护作用[J]. 中国中西医结合杂志, 2007, 27(12): 1116 - 1120.
[40] 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, 49(8): 1117 - 1123.
[41] 辛颖, 员丽培, 王峰, 等. 麦冬皂苷 D 调控磷酸酶及张力蛋白同源物诱导激酶 1/帕金蛋白通路对脓毒症心肌损伤的保护作用[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(7): 971 - 975.
[42] 曹斌, 于梅. 麦冬皂苷 D 对大鼠心肌细胞凋亡及 caspase 通路的影响[J]. 中国药师, 2019, 22(3): 451 - 456.
[43] WANG J, YOU W T, WANG N N, et al. Ophiopogonin D increases SERCA2a interaction with phospholamban by promoting CYP2J3 upregulation[J]. Oxid Med Cell Longev, 2020, 2020: 8857906.
[44] 赵玲琳, 张勇, 薛慧, 等. 麦冬皂苷 D 对大鼠心肌细胞缺氧复氧损伤的保护作用及机制研究[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(2): 178 - 184.
[45] 黄厚才, 倪正, 蔡雪珠. 麦冬对大鼠血小板聚集率的影响[J]. 上海实验动物科学, 2001, 21(3): 167 - 168.
[46] 刘悦. 麦冬抗血小板聚集物质基础研究[D]. 长春: 吉林省中医药科学院, 2014.
[47] 蔚晓晖. 麦冬提取物对大鼠脑缺血再灌注损伤后脑组织氧化应激的影响[J]. 中医临床研究, 2018, 10(33): 46 - 48.
[48] 李渊渊, 刘峻崎, 万凤, 等. 麦冬皂苷 D 对氧糖剥夺/复氧后新生鼠大脑皮层离体星形胶质细胞 HIF - 1 α - VEGF 通路的作用[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(4): 1501 - 1506.
[49] 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.
[50] LI P B, LIN W L, WANG Y G, et al. Antidiabetic activities of oligosaccharides of Ophiopogonis japonicus in experimental type 2 diabetic rats[J]. Int J Biol Macromol, 2012, 51(5): 749 - 755.
[51] WANG X, SHI L L, JOYCE S, et al. MDG - 1, a potential regulator of PPARα and PPARγ, ameliorates dyslipidemia in mice[J]. Int J Mol Sci, 2017, 18(9): 1930.
[52] 奉思思, 姜娜娜, 包鸿慧, 等. 襄麦冬多糖的超声辅助提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂, 2024, 37(10): 100 - 104, 141.
[53] LIN M B, SUN W, GONG W, et al. Methylophiopogonanone a protects against cerebral ischemia/reperfusion injury and attenuates blood - brain barrier disruption *in vitro*[J]. PLoS One, 2015, 10(4): e0124558.

[54] 文丹,付成,丁菲. 麦冬多糖的抗氧化、降血糖活性研究[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2023,51(3):55-67.
[55] 朱江,陶语漳,白淑玮,等. 麦冬多糖对烟曲霉菌性角膜炎小鼠炎症反应的影响[J]. 山西医科大学学报,2024,55(8):1024-1031.
[56] 朱曙光,李曙晖,陈鹏,等. 麦冬皂苷 D 调节 cAMP/PKA/CREB 信号通路对炎症性肠病大鼠炎性损伤的影响[J]. 河北医学,2024,30(5):781-787.
[57] 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 Complementary Altern Med,2017,17(1):7.
[58] GU D,HUANG L L,CHEN X,et al. Structural characterization of a galactan from Ophiopogon japonicus and anti-pancreatic cancer activity of its acetylated derivative[J]. Int J Biol Macromol,2018,113:907-915.
[59] SHENG H X,LV W,ZHU L H,et al. Liriopesides B induces apoptosis and cell cycle arrest in human non-small cell lung cancer cells[J]. Int J Mol Med,2020,46(3):1039-1050.
[60] YUAN F,GAO Q,TANG H L,et al. Ophiopogonin-B targets PTP1B to inhibit the malignant progression of hepatocellular carcinoma by regulating the PI3K/AKT and AMPK signaling pathways[J]. Mol Med Rep,2022,25(4):12638.
[61] FAN Y P,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.
[62] 吴利琼,李雪梅,王梅. 麦冬皂苷介导的 IGF2 信号对卵巢癌大鼠免疫功能的影响及相关机制研究[J]. 临床和实验医学杂志,2022,21(22):2353-2356.
[63] 张洋,周昕,刘胜龙,等. 浙江沿阶草属二个新记录[J]. 自然博物,2020,5:24-27.
[64] 梅喆,彭振宇,孙振学,等. 沿阶草属植物中甾体皂苷成分及药理活性研究进展[J]. 现代生物医学进展,2008,8(8):1511-1514.
[65] 孔令锋,汪冰,周倩倩,等. 麦冬药材及饮片质量状况分析研究[J]. 药品评价,2020,17(23):16-19,61.
[66] 李佳珊,杜寒倩,徐盼瑜,等. 基于药性组合的雌激素样作用中药"性-效-理-病"关系研究[J]. 中草药,2023,54(20):6753-6762.
[67] 孙洋,徐思思,罗娴婷. 探讨基于中药药理作用的中药药性理论[J]. 临床医药文献电子杂志,2020,7(6):191.
[68] 王莹,杨文华,梁艳,等.《神农本草经》与《中华人民共和国药典》2020 年版对中药四气五味表述异同分析[J]. 中南药学,2024,22(8):2201-2206.
[69] 卢方晋,丁丽琴,曹世杰,等. 调节糖脂代谢的苦味中药的化学及生物学研究[J]. 中国中药杂志,2018,43(19):3834-3840.
[70] 李锡岭,温雅,张思超.《温病条辨》甘味药运用规律探讨[J]. 山东中医药大学学报,2023,47(2):187-193.
[71] 綦秀丽. 基于中药临床药理的药性理论分析[J]. 临床医药文献电子杂志,2017,4(84):16628-16629.
[72] ZHANG J F,FAN S R,MAO Y G,et al. Cardiovascular protective effect of polysaccharide from Ophiopogon japonicus in diabetic rats[J]. Int J Biol Macromol,2016,82:505-513.
[73] 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杂志,2020,19(2):107-112.
[74] CHEN Y,CHAI J X,LI L,et al. Homoisoflavonoids from the tuberous roots of Ophiopogon japonicus with their cytotoxic activities[J]. Phytochem Lett,2021,44:31-34.
[75] 祁昱彤,张淼,刘建勋,等. 中药地黄的现代研究进展及其质量标志物(Q-marker)预测分析[J]. 中华中医药学刊,2023,41(12):176-184.
[76] 张杰,林炳锋,许平翠,等. 麦冬提取物治疗 2 型糖尿病小鼠的血清代谢组学研究[J]. 中国生物工程杂志,2022,42(11):99-108.
[77] 沈岚,徐德生,冯怡,等. 大鼠肠内菌对麦冬皂苷 D 代谢的研究[J]. 中国中药杂志,2005,30(8):618-620.
[78] 刘新月,陈乐乐,孙鹏,等. 白鲜皮化学成分、药理作用和毒性研究进展及质量标志物预测分析[J]. 中国新药杂志,2023,32(8):799-805.
[79] 张欣雅,吴灵雁,唐嘉浩,等. 9 个产地麦冬中鲁斯可皂苷元、多糖与 3 种黄酮类成分的含量测定与相关性分析[J]. 中成药,2024,46(5):1730-1733.
[80] 周海琴,海丰,胡剑虹,等. 基于 UPLC-CAD 的不同产地麦冬及不同基原山麦冬药材鉴别研究[J]. 亚太传统医药,2024,20(2):24-28.
[81] TAN M X,CHEN J L,WANG C C,et al. Quality evaluation of ophiopogonis radix from two different producing areas[J]. Molecules,2019,24(18):3220.
[82] 吴翠,徐靓,马玉翠,等. 不同产地麦冬中 5-羟甲基糠醛含量的比较研究[J]. 天然产物研究与开发,2019,31(9):1567-1572.
[83] 李振丰,徐建中,孙乙铭,等. 不同采收期对浙麦冬总黄酮和总多糖含量的影响[J]. 时珍国医国药,2015,26(3):734-736.
[84] 马留辉,窦明明,石峰,等. 基于多元药效成分综合分析川麦冬适宜采收期研究[J]. 药物分析杂志,2018,38(11):2021-2028.
[85] 郭诗韵,邓志灏,李艳,等. 中药复方配伍科学内涵阐释研究的理论概述[J]. 中国实验方剂学杂志,2024,30(23):338-344.
[86] 朱婷,黄菲,陈琴,等. 基于"五原则"的泽泻汤质量标志物(Q-marker)预测分析[J]. 海峡药学,2024,36(8):39-44.
[87] 常思潮,常惟智. 麦冬的药理作用及复方临床应用研究进展[J]. 光明中医,2023,38(12):2443-2446.
[88] 李桂民,李耀辉,李哲,等. 基于网络药理学和分子对接探讨沙参麦冬汤治疗肺癌的作用机制[J]. 世界中医药,2022,17(12):1685-1691.
[89] 杨秋燕,马玉媛,秦悦,等. 沙参麦冬汤治疗肺癌药理机制研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(8):173-177.
[90] 余霖,周燕萍,周姝含,等. 沙参麦冬汤对 Lewis 肺癌模型肾损伤小鼠氧化应激、炎症、凋亡的影响[J]. 时珍国医国药,2023,34(2):317-320.
[91] 李蕊洁,王立东,田菲. 沙参麦冬汤加减治疗肺癌合并放射性肺炎的临床研究[J]. 中国医药指南,2024,22(20):152-155.
[92] 韩永光,谭雅兰,张超云,等. 牛膝化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 天然产物研究与开发,2024,36(8):1432-1444.
[93] 田泽群,王佩,王涛,等. 麦冬须根正丁醇萃取物化学成分的分离与鉴定[J]. 热带作物学报,2021,42(2):562-568.
[94] 冯婷煜,赵丹,陈杰,等. 不同种源麦冬药材 HPLC 指纹图谱建立和 3 种差异性成分含量测定[J]. 基层中医药,2023,2(6):82-90.
[95] 吴发明,张思荻,曾俊,等. HPLC-ELSD 法测定不同产地麦冬中 4 种代表性成分的含量[J]. 药物分析杂志,2016,36(8):1370-1376.