省级项目平台

DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.03.036

黄精属药用植物资源、物质基础及质量评价研究进展

陶爱恩[1,2],尹成龙[1,3],张玥[1],赵飞亚[1],蒋桂华[2]
(1.丽江文化旅游学院医学院,云南 丽江 674199;2.成都中医药大学药学院,四川 成都 611137;
3.大理大学药学院,云南 大理 671000)

摘要:我国黄精属31个物种有17个在24个少数民族中应用,其物质基础研究主要集中于黄精、滇黄精、多花黄精等,具有抗骨质疏松症、抗糖尿病、降血脂、抗衰老、免疫调节、抗肿瘤等药效,主要活性物质基础为多糖、皂苷、黄酮等成分。然而,尽管黄精属民族药物资源具有如此丰富的药用价值和物质基础,但部分黄精植物的研究与应用尚显薄弱,其药用机制和临床应用价值还有待深入挖掘和验证。此外,由于黄精属品种较多,其化学成分和结构类型各异,质量品质也各不相同,使得生物活性也有所差异,因而对其质量标准研究还需进一步完善。因此,对黄精属民族药物资源的系统研究和开发利用尤为重要。研究综述了该属植物的药物资源、药理活性及质量研究现状,围绕功用和临床针对不同功用探讨不同的活性物质基础,为其质量控制评价及相关标准的制定提供科学依据。

关键词:黄精属;资源种类;物质基础;质量控制
中图分类号:R282;R285.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)03-0194-12

Research Progress on Exploration of Medicinal Resources, Active Substance Basis and Quality Control of *Polygonatum*

TAO Aien[1,2], YIN Chenglong[1,3], ZHANG Yue[1], ZHAO Feiya[1], JIANG Guihua[2]
(1. Lijiang University of Culture and Tourism, Lijiang 674199, Yunnan, China;
2. School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, Sichuan, China;
3. School of Pharmacy, Dali University, Dali 671000, Yunnan, China)

Abstract: According to textual research, 17 of the 31 species of *Polygonatum* in China are used in 24 ethnic minorities, and the research on their material basis mainly focuses on Huangjing (*Polygonatum sibiricum*), Dianhuangjing (*Polygonatum kingianum*), Duohua Huangjing (*Polygonatum cyrtonema*), etc., which have the anti-osteoporosis, anti-diabetes mellitus, lipid-lowering, anti-aging, immune regulation and anti-tumour effects, and their main active material bases are polysaccharides, saponins, flavonoids and other constituents. However, despite the rich medicinal value and material basis of the ethnomedicinal resources of the genus *Polygonatum*, the research and application of some *Polygonatum* plants are still weak, and their medicinal mechanism and clinical application value are still to be deeply excavated and verified. In addition, because there are many varieties of *Polygonatum*, with different chemical compositions and structural types, the quality and quality of these varieties are also different, which makes the biological activities also different, and thus the research on their quality standards needs to be further improved. Therefore, the systematic research and exploitation of ethnomedicinal resources of *Polygonatum* is particularly important. In this study, it reviewed the current status of drug resources, pharmacological activity and quality research of this genus, and explored the active substance bases of different functions in order to provide a scientific basis for the quality control evaluation and the formulation of relevant standards.

Keywords: *Polygonatum*; types of resources; material base; quality control

黄精属为百合科黄精属植物,其大部分植物在民间都有广泛使用,《中国药用植物志》[1]收载了中国31种黄精属药用植物的传统功效。2020年版的《中华人民共和国药典》收载多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* Hua、滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red 为黄精药材的基原植物,主要含有多糖、甾体皂苷和黄酮等成分[2],具有抗氧化、调节免疫、抗肿瘤、抗骨质疏松症、降血糖、降血脂和抗动脉粥样硬化等作用[3-4],为190余种中成药、371种,进口保健

基金项目:云南省科技厅基础研究计划面上项目(202101AT070001);丽江市科技计划项目(2022LJSHFZ010);丽江市中青年学术和技术带头人后备人才支持项目(2025XK01)
作者简介:陶爱恩(1991-),男,云南宣威人,教授,博士在读,研究方向:民族药物资源与开发。
通讯作者:蒋桂华(1970-),女,四川成都人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药及民族药学。E-mail:11469413@qq.com。

食品有 4 种重要原料。随着对黄精属植物的药理作用、化学成分以及临床研究的不断深入,其活性部位及有效成分不仅决定了该属植物的药效,还直接影响其质量和安全性,如通过对黄精属植物的化学成分进行定性和定量分析,可以判断黄精药材的真伪优劣,确保药品质量。同时,对其活性成分及其作用机制的研究,可以筛选出具有明确药理作用的活性成分,为黄精属药材新药研发提供候选药物,并推动黄精属药材的产业创新发展。然而,受多种因素影响,如产地[5]、加工方式[6]、提取工艺[7]和炮制方法[8]等,黄精中所含化学成分的含量、种类及有效成分的传递性均表现出较大的差异,这无疑对黄精的质量控制提出了挑战。当前,中国药典质控主要对其多糖进行检测,但鉴于黄精结构的复杂性和化学成分的多样性,不同活性物质可能产生各异的药效,因此,这种评价方式具有一定的局限性和片面性,不能准确可靠地控制药材黄精的质量。此外,针对不同基原黄精多糖结构特异性研究报道很少,不同多糖与活性相关性的构 - 效关系不清,且目前缺少特异性、专属性的定量测定方法[9-10]。另一方面,由于地域特色和民族文化的差异,少数民族地区的黄精在种植、采收、加工等方面具有独特的传统和经验[11]。然而,这些传统和经验往往缺乏科学验证和标准化操作,导致黄精的质量参差不齐。此外,由于少数民族地区交通不便、信息闭塞,黄精的质量标准和控制难以得到有效推广和实施。因此,探寻合理的检测指标和限量水平,完善黄精品质的评价,是目前黄精品质评价的重要任务之一。近年来,已有学者对黄精的成分与药效[12-13]、药用资源[14]、质量评价[15-17]等方面进行研究,但是尚未见有关学者对黄精属药用资源发掘、活性物质基础及质量控制研究并进行梳理。基于此,本研究主要通过系统梳理黄精属药用资源的物质基础和质量评价方法的研究现状的相关文献,并结合现代化学药效进行综合分析,并针对不同功用应寻找不同的活性物质基础,为黄精属质量标准的建立提供理论指导,同时也为属民族药的研究与开发提供科学的依据。

1 黄精属药用资源

中国黄精属 31 个物种有 17 个在 24 个少数民族中应用,其主要涉及卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium*(Wall.) Royle、互卷黄精 *Polygonatum altenicirrhosum* Hand - Mazz、棒丝黄精 *Polygonatum catheartii* Baker、重叶黄精 *Polygonatum curvistylum* Hua、多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* Hua、长梗黄精 *Polygonatum filiper* Merr、距族黄精 *Polygonatum franehetii* Hua、禾叶黄精 *Polygonatum graminifolium* Hook、独花黄精 *Polygonatum hookeri* Baker、二苞黄精 *Polygonatum involucratum*(Franch. et Sav.) Maxim、滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl、点花黄精 *Polygonatum punctatum Royle ex Kunth*、黄精 *Polygonatum sibiricum Red*、轮叶黄精 *Polygonatum verticillatum*(*L.*)、湖北黄精 *Polygonatum zanlanscianense* Pamp、玉竹 *Polygonatum odoratum*(Mill.) Druce、康定玉竹 *Polygonatum prattii* Baker。此外,黄精属在少数民族药用植物资源中,白族、鄂伦春族、基诺族、拉祜族、蒙古族、怒族、佤族、维吾尔族、彝族、仡佬族使用物种数为 1 种,哈尼族、毛南族、畲族、瑶族使用物种数为 2 种;侗族、傈僳族、苗族、羌族、壮族使用物种数为 3 种;朝鲜族、蒙古族使用物种数为 4 种;纳西族使用物种数为 5 种;土家族使用物种数为 8 种;藏族使用物种数为 14 种。

2 药理活性分析

黄精属于“药食同源”类中药材。长期以来,黄精药理功能活性的发掘、评价与开发利用一直是医药领域研究的热点。现代研究显示,黄精具有抗骨质疏松症、改善造血抑制、抗糖尿病、降血脂、抗衰老、免疫调节、改善男性功能、抗阿尔兹海默病、抗脑血管性疾病、抗精神病、保肝、抗炎、保护肾脏、抗菌、抗肿瘤等作用,主要活性物质基础为多糖、甾体皂苷和黄酮类等化学物质,在医药、食品和保健品等领域具有潜在的开发应用前景。

2.1 *抗骨质疏松症活性物质基础* 糖尿病骨质疏松(DOP)是一种全身性、代谢性骨病,其骨组织中单位体积内的骨量逐渐减少、导致骨微结构改变,从而引起骨强度逐渐降低、并使得骨脆性增加,容易引起糖尿病骨骼系统的并发症,最终导致骨折的发生。研究发现黄精多糖可以阻止去卵巢大鼠的骨密度下降,骨量丢失和骨微结构破坏,促进骨髓间充质干细胞(BMSCs)成骨分化和矿化并促进成骨分化相关基因(ALP、Runx2、OCN)表达[18]。亦有研究发现黄精多糖对胫骨骨折模型大鼠作用显著,能改善骨微环境,通过促进血管内皮生长因子(VEGF)、骨钙素表达抑制 Col1a1、抗酒石酸酸性磷酸酶(ACP)5、组织蛋白酶(CTS)K 蛋白表达,促进骨折愈合[19]。另一研究发现黄精多糖可提高 miR - 212 的表达水平,上调 miR - 212 表达可显著逆转肿瘤坏死因子 - α(TNF - α)对成骨细胞增殖的抑制作用[20]。同时,黄精多糖还通过磷酸化 BMSC 细胞内糖原合成酶激酶 - 3β(GSK - 3β)蛋白浓度,导致GSK - 3β 蛋白失去活性,细胞核内 β - catenin 蛋白浓度增多及提高 Tcf/Lef 介导的转录活性,促进 BMSCs 成骨细胞分化[21]。此外黄精多糖通过上调 BMSCs β - catenin 的表达和促进 β - catenin 核定位,增强 β - catenin/TCF 的转录活性,进而激活 Wnt/β - catenin 信号传导通路促进体外诱导的骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化[22]。综上该属民族药抗骨质疏松症的药用资源主要为黄精,活性物质基础主要为多糖类成分。

2.2 *改善造血抑制功能活物质基础* 机体的正常造血依赖造血细胞和支持造血细胞生长发育的造血诱导微环境(HIM)的相互作用[23]。制黄精水煎剂还可能进一步促进了环磷酰胺致造血功能抑制小鼠 BMSCs 向成骨细胞方向分化,成骨细胞是 HIM 的重要组成成分,能分泌多种造血调节因子及黏附分子调节造血[24]。骨髓基质细胞(BMSCs)是 HIM 中的核心部分,包括成纤维细胞、网状细胞、巨噬细胞等多种细胞成分,为造血细胞提供场所和支架,通过直接接触及间接分泌造血调节因子调节造血[25]。制黄精水煎剂可通过提高骨髓细胞的增殖能力、促使造血干细胞向不同系别的造血祖细胞分化,促进祖细胞增殖,改善环磷酰胺致造血功能抑制小鼠的外周血象。BMSCs 还可以分泌一些黏附分子及细胞外基质,在血细胞的储存、释放和回髓的过程中起关键作用[26]。制黄精水煎剂可提高造血功能抑制小鼠 BMSCs 分泌黏附分子,进而促进受损的造血诱导微环境恢复及基质细胞与造血细胞的黏附,改善造血诱导微环境的功能,促进造血恢复[27]。综上,该属植物改善造血抑制功能的药用资源主要涉及黄精,活性物质基础为多糖。

2.3 *抗糖尿病活性物质基础* 从历代本草著作和民族药记载中可看出,多种黄精属植物作为传统中药或民族药用于糖尿病

的治疗,历史悠久。黄精多糖能促进外周组织糖原形成,促进葡萄糖消耗,缓解肝脏胰岛素抵抗,修复胰岛 β 细胞[28],并调节肠道菌群[29],降低肝脏中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH - Px)活性和(丙二醛)MDA 水平缓解机体氧化应激造成的糖代谢紊乱,激活肝脏中 IRS1 - PI3K - PDK1 - AKT、PI3K - AKT - GSK - 3β - GYS、PI3K - AKT - PIP5K - GLUT2 信号通路,改善机体血糖水平[30]。进一步研究发现黄精次生代谢产物异鼠李素可以显著提高 HepG2 细胞 IR 模型葡萄糖消耗量,使 PI3K、AKT1 蛋白表达水平升高,VEGF、mTOR 蛋白表达水平降低[31]。此外,多花黄精多糖能促 L - 细胞分泌 GLP - 1 发挥降糖作用[32],调节 1 型糖尿病小鼠的血糖,保护 1 型糖尿病肝脏,调节糖脂代谢(总胆固醇:TC、甘油三酯:TG、低密度脂蛋白胆固醇:LDL - C、丙酮酸激酶:PK、己糖激酶:HK)、肝脏功能(谷氨酸氨基转移酶:ALT、门冬氨酸氨基转移酶:AST)来发挥降糖的作用[33];轮叶黄精甾体皂苷化合物 Protodioscin 具有缓解糖尿病患者高血糖和高脂血症[34];玉竹单体(±) - 5,7 - dihydroxy - 6,8 - dimethyl - 3 - (2′- hydroxy - 4′- methoxybenzyl) chroman - 4 - one、(E) - 5,7 - dihydroxy - 6,8 - dimethyl - 3 - (4′- hydroxybenzylidene) chroman - 4 - one、4′- Demethylleucomin 7 - O - β - d - glucopyranoside、异黄酮类鸢尾苷和 5,4′- dihydroxy - 7 - methoxy - 6 - methylflavane 对 3T3 - L1 脂肪细胞胰岛素具有明显的增敏作用[35],4,5,7 - trihydroxy - 6,8 - dimethylhomoisoflavanone、4,5,7 - 三羟基 - 6 - 甲基 - 8 - 甲氧基高异黄烷酮可能激动剂 PPARγ 受体,发挥降糖作用[36]。综上,该属植物抗糖尿病的药用资源主要包括黄精、滇黄精、多花黄精、轮叶黄精和玉竹,活性物质基础为多糖、皂苷和黄酮。见插页Ⅱ图 1。

2.4 降血脂活性物质基础 高脂血症是脂代谢紊乱的标志,也是动脉粥样硬化、心脏病、脂肪肝的主要诱因之一。研究和开发一种有效抑制高脂血症的药物和保健食品是目前医学领域所面临的一项重要课题。研究发现,黄精属植物多糖具有良好的降血脂,调节血脂代谢[37]及抗动脉粥样硬化[38]的作用。黄精多糖能够降低血清糖尿病小鼠中 TC、TG、LDL - C 的含量,升高血清中 HDL - C 的含量,上调肝脏中 PPAR - α,PPAR - βmRNA 和蛋白表达量,下调肝脏中过氧化物酶体增生物激活受体 γ(PPAR - γ),固醇调节元件结合蛋白 1c(SREBP - 1c)、IL - 6、TNF - αmRNA 和蛋白表达量,减轻肝细胞脂肪变性,进而起到防治高脂血症的功效[39];滇黄精多糖能够激活 PPARγ 促进脂肪细胞分化,减小细胞体积,缓解肝细胞脂肪变性,提高脂肪因子,改善肠道菌群组成,促进肠上皮细胞修复,降低肠道通透性,抑制 TLR4/NFκB 信号通路,改善机体脂代谢紊乱[40];多花黄精多糖能够显著降低肥胖小鼠体质量和血脂水平,缓解肝脏脂肪变性,减小脂肪细胞体积,并通过抑制肥胖小鼠血清中瘦素水平,改善胰岛素抵抗,其主要通过调节花生四烯酸代谢、甘油磷脂代谢、亚麻酸代谢等代谢途径发挥抗肥胖作用[41]。综上,该属植物中具备降血脂活性的药用资源主要包括滇黄精、黄精及多花黄精,主要的活性物质基础为多糖。见插页Ⅱ图 2。

2.5 抗氧化、抗衰老活性物质基础 衰老是人体组织、器官出现功能上退行性变化的过程,受人体精气调节。有研究表明黄精属植物具有抗氧化、延缓衰老、滋阴补肾的功效。卷叶黄精多酚提取物具有较强的抗氧化活性[42];湖北黄精叶片挥发油均具有一定的抗氧化活性[43];轮叶黄精薯蓣皂苷元和天花粉素[44],酚类[45]具有抗氧化作用。黄精多糖有效提高小鼠脑组织中 $Na^+ - K^+$ - ATP 酶、Ca^{2+} - ATP 酶活性,降低脂质过氧化物(LPO)、脂褐素(LF)和 B 型单胺类氧化酶(毛 - B)的水平,从而增强身体的抗衰老能力[46-47]。此外,黄精总黄酮大鼠显著升高肝组织中 GSH - Px 和骨骼肌 SOD 活性,降低肝组织和骨骼肌 MDA 含量,进而对于机体由于过度运动造成的脂质过氧化具有保护作用,减轻自由基脂质过氧损伤[48]。多花黄精多糖通过增加骨钙蛋白的表达,促进糖及脂质的摄取和代谢,从而增加肝糖原、肌糖原和腺苷三磷酸(ATP)的储存,降低乳酸及尿素氮的堆积,减少脂质过氧化产物 MDA 对机体的损坏,起到抗疲劳的作用[49];多花黄精总皂苷对 DPPH 和 ABTS 自由基均有一定清除作用,IC_{50} 值分别为 91.90 μg · mL^{-1} 和 60.42 μg · mL^{-1},可见多花黄精总皂苷有一定的抗氧化活性[50]。玉竹中化合物(3R) - 5,7 - dihydroxy - 8 - methyl - 3 - (2,4, - dihydroxybenzyl) - chroman - 4 - one、(3R) - 5,7 - dihydroxy - 8 - methyl - 3 - (4, - hydroxybenzyl) - chroman - 4 - one、(3R) - 5,7 - dihyd - roxy - 3 - (2, hydroxy - 4, - methoxybenzyl) - chroman - 4 - one、(3R) - 5,7 - dihydroxy - 3 - (4 - O - hydrxyben - zyl) - chroman - 4 - one、(3R) - 5,7 - dihydroxy8 - methoxy - 3 - (2 - hydroxy - 4 - methox - benzyl) - chroman - 4 - one[51] 具有自由清除率活性,发挥抗氧化作用。综上,该属植物抗氧化、抗衰老的药用资源主要涉及卷叶黄精、黄精、滇黄精和多花黄精,主要活性物质基础为多酚、多糖、黄酮和皂苷。

2.6 免疫调节活性物质基础 免疫体系是机体最重要的疾病防御屏障,研究表明黄精属植物具有免疫调节的作用。黄精多糖可促进 Con A 所致免疫低下小鼠的腹腔巨噬细胞吞噬能力,并增强脾脏 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞增殖能力,调节血清中一氧化氮(NO)、白细胞介素 - 1β(IL - 1β)、TNF - α、白介素 - 2(IL - 2)、白介素 - 6(IL - 6)、白介素 - 8(IL - 8)和白介素 - 10(IL - 10)等因子的水平,进而平衡 Th1 和 Th2[52-54],其机制是促进了 IκB - α 降解,增强了 P38 丝裂原活化蛋白激酶(p38 MAPK)、NF - κB p65、诱导型一氧化氮合酶(iNOS)和环氧合酶 - 2 基因(COX - 2)的表达,进而介导 MAPK/NF - κB 信号通路发挥免疫作用[52]。同时,多项研究表明黄精多糖可升高大鼠外周血 $CD3^+$、$CD4^+$、$CD8^+$、$CD4^+/CD8^+$、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 M(IgM)含量,提升机体体液免疫和细胞免疫功能,恢复脾脏免疫功能接近正常水平[55-56]。此外,黄精多糖还可抑制 LLC 荷瘤小鼠体内瘤体生长,提高免疫器官指数、$CD4^+/CD8^+$ T 淋巴细胞比例以及血清中 NO 和细胞因子水平,进而发挥免疫调节作用[57]。在该属民族药用植物中,发挥免疫调节的药用资源主要以黄精为主,其主要活性物质基础为多糖。见插页Ⅲ图 3。

2.7 抗阿尔茨海默病、抗精神病活性物质基础 阿尔茨海默病(AD),是一种原因不明的、中枢神经系统渐进性神经退化性病变,主要临床表现为进行性记忆力减退、认知功能下降、语言功能缺失等。研究表明黄精属植物在 AD 相关疾病方面具有

一定的药理作用[37]。黄精水煎剂对血管性痴呆(VD)大鼠的空间学习记忆能力和神经行为学损伤有一定程度的保护作用,其机制可能与其降低海马组织中 Glu 含量,减少海马神经细胞 Ca^{2+} 超载,从而减轻 Glu 过度激活诱导的兴奋性神经毒性有关[58]。亦有学者报道黄精水提物能改善高脂高糖饮食所致大鼠认知功能损伤,其作用机制可能是通过靶向肠道菌群,重塑肠壁黏膜屏障,降低内毒素表达,抑制脑内 TLR4/NF-κB 炎症信号通路[59]。进一步研究发现黄精总皂苷对东莨菪碱所致小鼠记忆获得障碍有明显改善作用[60]。另外,有学者报道多花黄精对大鼠产后抑郁症有明显改善作用,其机制可能通过改善海马 1 区神经元细胞紊乱,增加脑组织5-羟色胺和多巴胺浓度,降低血清中促肾上腺皮质激素、皮质酮和促肾上腺皮质素释放激素[61]。同时,黄精多糖亦可通过上调急性绝望抑郁模型动物脑内的单胺类神经递质、抑制神经炎性反应、调节色氨酸代谢通路及氧化应激-钙蛋白酶-1-NLRP3 信号轴发挥抗抑郁作用[62-63]。此外,小玉竹的水提物能增强了小鼠大脑中 5-羟色胺(5-HT)的水平,并对 5-HT6 受体表达水平和 5-HT6 受体依赖性下游信号通路 ERK1/2 具有抑制活性,进而发挥抗抑郁样作用[64]。黄精皂苷能改善慢性轻度不可预见性应激(CUMS)抑郁大鼠行为学,升高 CUMS 抑郁大鼠血清中 Zn、Mn、Mg 水平,降低 Cu 水平,并且提高 Zn/Cu 比值,提高 CUMS 抑郁大鼠血清中 5-HT 水平[65]。综上,该属植物主要涉及的药用资源为黄精、多花黄精、小玉竹,物质基础为多糖和皂苷类。

2.8 保肝活性物质基础 黄精属植物,作为一类具有悠久药用历史的植物,其现代药理研究表明具有滋阴养肝的功效。研究发现黄精水提物 PSAE 对急性肝损伤小鼠肝脏具有保护作用,可能是通过抑制 JAK2/STAT3/NF-κB 通路的磷酸化阻止肝脏中巨噬细胞 M1 型极化并最终减轻炎症反应而起到肝脏保护作用[66]。亦有研究发现黄精对于改善大鼠肝纤维化病变充分有效,其作用机制与 TGF-β1/Smad 信号通路密切关联,促进转化生长因子-β1(TGF-β1)及 Smad7 蛋白和基因表达,干预后有所减低[67]。此外,黄精多糖可缓解非酒精性脂肪性肝病(NAFLD)大鼠的体质量、肝脏肿大,肝细胞脂肪堆积、改善血清 TG、TC、HDL-C、LDL-C、游离脂肪酸(FFA)、瘦素(Leptin)含量及肝脏 TG、TC、FFA 含量降低等相关生化指标,逆转肝脏脂肪沉积,其机制可能与调控 AMPK/SREBP-1c/SCD1 途径抑制 NAFLD 大鼠肝脏从头脂质合成[68],激活抗氧化通路 Keap1-Nrf2-ARE,上调抗氧化基因 NQO1、抗凋亡基因 Bcl-2 和 Bcl-xl 的表达,下调炎性基因 IL-6、TNF-α 的表达,提升了肝脏抗氧化和抗凋亡水平,抑制了炎症反应的发生[69-70]。同时,滇黄精对高脂饮食诱导的非酒精性脂肪肝大鼠具有保护作用,其机制可能与清除线粒体氧化应激产物 MDA,增加线粒体内抗氧化酶 SOD 与 GSH-PX 活性及改善能量代谢障碍有关[71]。综上,黄精属植物主要涉及保肝的药用资源为黄精和滇黄精,其活性物质基础为多糖。见插页Ⅲ图 4。

2.9 抗炎活性物质基础 黄精属中的活性成分能够通过抑制炎症介质的释放、调节免疫细胞的活性等方式,有效缓解炎症反应,从而起到抗炎作用。研究表明黄精多糖可通过影响神经肽类物质和炎症因子基因的表达来调节肠道及肺组织的运动及炎症反应[72],对异丙肾上腺素诱导的大鼠心肌肥厚有一定的保护作用,其机制可能与其抗氧化、抗炎、抑制 JAK2/STAT3 信号通路有关[73]。亦有研究表明黄精皂苷不同质量浓度的黄精皂苷对 LPS 诱导 RAW264.7 细胞导致的 NO、TNF-α、IL-6、ROS 的释放均有很好抑制作用,对 iNOS、COX-2、p-IKKα/β、p-p65、p-IκBα、p-p38、p-ERK、p-JNK 蛋白表达也有抑制作用,通过抑制 NF-κB/MAPKs 信号通路来发挥体外抗炎作用[74]。滇黄精可以有效缓解脂多糖(LPS)诱导急性肺损伤(ALI)性大鼠的肺部损伤症状,改善炎症反应水平,减轻 ALI 大鼠肺组织的氧自由基损伤,而且这种效应有剂量依赖性[75]。轮叶黄精根茎乙醇提取物具有抗炎活性[45]。综上,该属民族药用资源具有抗炎药效,主要涉及的药用资源为黄精、滇黄精和轮叶黄精,物质基础为多糖和皂苷。

2.10 抗肿瘤活性物质基础 黄精属植物作为药食同源类中药材,其多种类化学成分(包括黄精多糖、皂苷和黄酮成分等)的抗肿瘤活性已有报道。黄精多糖具有抗胃癌作用,TLR4/NF-κB 信号通路激活受阻可能是发挥抑瘤作用及免疫调节作用的潜在机制[76];黄精黄酮类化合物通过抑制增殖、诱导凋亡发挥抗非小细胞肺癌作用[77]。黄精薯蓣皂苷通过调节检测点激酶 2(CHK2)、p53、p21、周期蛋白依赖性激酶(CDK1)和 Cyclin B1 等细胞周期相关基因和蛋白的变化,将细胞周期阻滞在 G_2/M 期,通过调节 Bak、B 细胞超大淋巴瘤(Bcl-xl)、凋亡相关因子配体(FasL)、TNF-R1 以及 Caspase-3,8,9 等基因和蛋白的变化诱导 HepG2 细胞经线粒体途径和死亡受体途径发生凋亡,此外,PI3K/AKT/mTOR 信号通路相关基因、Smac 和 JNK 参与了薯蓣皂苷诱导的细胞凋亡[78]。亦有研究表明多花黄精薯蓣皂苷能够抑制人乳腺癌 MCF-7 细胞的增殖及迁移,将 MCF-7 细胞周期阻遏在 G_2/M 期并促进细胞凋亡,同时升高 P53、Caspase-3,9、Bax 等蛋白,下调 B 淋巴细胞瘤-2 基因(Bcl-2)蛋白表达水平,以此来促进人乳腺癌细胞MCF-7 凋亡[79]。进一步研究表明黄精甲基原薯蓣皂苷对 Hela 细胞周期阻滞在 G_2/M 期,通过线粒体途径和死亡受体途径诱导 Hela 细胞凋亡,细胞内活性氧水平的升高以及 Smac、IAPs、NF-κB 和 JNK 等基因 mRNA 水平的改变也可能与甲基原薯蓣皂苷诱导的 Hela 细胞凋亡有关[78]。综上,该属民族药用资源具有抗肿瘤药效,主要涉及的药用资源为黄精、轮叶黄精和多花黄精,物质基础为多糖和皂苷。见插页Ⅳ图 5。

2.11 保护肾脏活性物质基础 黄精属植物被认为具有保护肾脏的功效,可以帮助改善肾脏功能,预防肾脏疾病的发生。黄精生品及不同炮制品对肾阴虚大鼠症状均有一定程度的改善,酒制后黄精的滋阴益肾作用得到增强,四蒸黄精对肾阴虚模型大鼠环核苷酸系统、下丘脑-垂体-肾上腺轴激素水平及肾上腺组织形态的改善效果最优[80]。黄精皂苷会抑制由 TGF-β1 引起的肾小管上皮间质转化(EMT),并抑制 PI3K/AKT/NF-κB 通路,降低补体相关蛋白 C3aR 和 C5aR 的表达[81],同时还可以通过阻断 Wnt/β-catenin 信号通路的激活,抑制肾小管间质纤维化进程,最终发挥肾脏保护作用[82]。黄精多糖还能改善肾小球的滤过功能,提升肾组织抗氧化酶活性,抑制自由基的生成,通过调节 iNOS、eNOS 活性,减少 NO 代

谢产物对肾组织的不良反应,提升三磷酸腺苷酶(ATPase)活性,维持细胞膜内外 Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+} 正常分布[83]。滇黄精及其炮制品对肾阴虚小鼠进行干预后,可以抑制小鼠体内 Wnt4 基因 mRNA 及蛋白表达量,上调 Gsk-3β 基因的 mRNA 及蛋白的表达量,从而抑制 β-catenin 基因及蛋白的表达量,起到保护肾脏组织的作用[84]。该属植物保护肾脏的药用资源主要涉及黄精和滇黄精,其活性物质基础为多糖和皂苷。

2.12 抗菌活性物质基础 黄精属植物的干燥根茎被广泛用于抗病毒、杀菌等,其药用历史悠久。研究发现黄精多糖对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和藤黄球菌均具有明显的抑制作用,尤其对革兰氏阳性菌的抑菌效果明显[85]。此外,黄精甾体皂苷对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌有显著的抗真菌活性[86]。进一步研究发现轮叶黄精黄酮 5,7-dihydroxy-3-(2-hydroxy-4-methoxybenzyl)-8-methylchroman-4-on 具有抗菌活性[87];卷叶黄精(25R)-spirost-5-ene-3β-ol-3-O-α-l-rham-nopyranosy(1→2)[α-L-rhamn opyranosyl(1→4)]-β-d-glucopyranoside、(5R)-spirost-5-ene-3β-ol-3-O-α-l-rhamnopyranosyl(1→4)-β-d-glucopyranoside、胡萝卜苷对玉米大斑病原菌和杨树溃疡病原菌的抑菌效果比较明显,同时 β-谷甾醇、19 碳烯脂肪酸、18 碳烯脂肪酸对棉黄萎病原菌有一定的抑制作用[88];黄精多酚提取液对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌具有一定的抑制和杀灭作用[89]。综上,该属民族药用资源具有抗菌药效,主要涉及轮叶黄精、卷叶黄精和黄精,其活性物质基础为多糖、皂苷、黄酮和多酚。

2.13 其他 该属植物民族药用资源的活性物质基础除了上述生物活性外,还有轮叶黄精具有解热和抗惊厥[90],治疗哮喘[91]等药理作用;黄精多糖可能通过抗氧化抗炎,降低心肌组织中细胞间黏附分子(ICAM-1)、血管细胞间黏附分子(VCAM-1)的蛋白表达保护异丙肾上腺素导致的小鼠心脏重塑[92];黄精提取物尤其是酒制滇黄精提取物含有多糖、皂苷等活性成分,具有抗氧化与酪氨酸酶抑制活性[93];黄精对原发性痛经大鼠具有良好的治疗作用,其可能与大鼠体内前列腺素 E_2(PGE2)、前列腺素 $F_2\alpha$(PGF2α)等因子有关[94]。黄精薯蓣皂苷元能够降低 p38 MAPK 及其上游 ERK1/2 磷酸化蛋白的表达,且呈现剂量依赖性,表明薯蓣皂苷元能通过作用于 ERK1/2、p38 MAPK 信号通路来防治痛风[95]。可见,该属药用植物主要涉及的药用资源为轮叶黄精、黄精,其物质基础包括多糖、皂苷和小分子提取物。

3 黄精质量评价的困境

黄精,作为历史悠久的中药大宗品种,具备诸多药理活性。然而,近年来因过度采挖,野生滇黄精资源已近枯竭,严重制约了其药用价值的发挥。鉴于此,人工栽培成为缓解资源短缺的重要途径,虽然大面积栽培能在一定程度上提升产量,但药材品质参差不齐的问题依旧难以得到有效解决。同时,当前黄精药材质量监管机制尚显薄弱,市场上黄精药材品质良莠不齐,给消费者选择带来极大困扰[96]。此外,研究表明黄精属植物的形态特征、化学成分及药用功效存在较高的相似性,这导致在民间,多种同属植物常被误用或混用为玉竹或黄精的正品,使得药材来源复杂多样,质量评价难度加大[97]。因此,加强黄精药材的质量监管与标准化种植,对保障其药用价值及促进产业健康发展具有重要意义。

此外,黄精多糖作为黄精中重要的功效成分,具有抗氧化、降血糖、抗肿瘤、免疫调节等多种生物活性[98],也是衡量黄精品质等级的重要标准之一。相比之下,黄精皂苷类物质是黄精的另一类主要活性成分,主要包括甾体皂苷类和三萜皂苷类等,作用集中表现在抗炎、抗肿瘤、提高免疫力、改善记忆等方面[99],与多糖一样能够作为黄精质量评价的重要指标,但由于气候条件、地理位置、环境等多种因子的影响,不同产地不同种间黄精中黄精多糖含量、薯蓣皂苷元含量、总酚与总黄酮含量存在显著差异。同时,同一种内不同产地之间的黄精,其化学成分含量存在显著差异[100]。具体而言,广东韶关市所产的多花黄精中,黄精多糖含量最高,达到了 14.094%,而江西信丰县所产的多花黄精中,其含量则最低,仅为 2.234%。在薯蓣皂苷元含量方面,湖北咸宁市的多花黄精含量最高,为 8.920 mg/g,相比之下,浙江仙居县所产的多花黄精含量则最低,仅为 0.030 mg/g。河南卢氏县所产的黄精中,总酚含量最高,达到了 0.045 mg/g,而广西崇左市所产的滇黄精中,总酚含量则最低,为 0.007 mg/g。此外,贵州贵阳市所产的多花黄精中,总黄酮含量最高,为 0.040 mg/g,而浙江桐乡市所产的多花黄精中,总黄酮含量则最低,仅为 0.004 mg/g[101]。进一步的研究还发现,环境的差异对黄精中多糖含量的影响显著。例如,泰山所产的生黄精中,多糖含量为 12.56%,安徽所产的生黄精中,多糖含量为 9.92%,泰山所产的熟黄精中,多糖含量为 7.36%,而浙江所产的生黄精中,多糖含量为 8.54%[102]。这些差异为我们深入了解黄精的产地与品质之间的关系提供了重要依据。

现代药理研究表明,黄精在治疗心脑血管疾病,抗衰老、抗炎、抗病原微生物、抗动脉粥样硬化、改善记忆、免疫调节、降血脂和降血糖等都具有良好的效果,且发挥上述药效的物质基础主要是多糖、皂苷和黄酮类成分[103]。同时,黄精中 5-羟甲基糠醛(5-HMF)、单糖和低聚糖类成分亦表现出很强的生物活性[104-105]。此外,中药指纹图谱是通过提取药材中的多种化学成分,形成一幅特征性图谱,抑或者通过提取药材的共有特征图谱,形成一种具有代表性的指纹图谱,进而能够更全面地反映药材的整体特性。目前,中药指纹图谱技术已成为中药质量控制与分析鉴定领域的一种权威且备受推崇的技术手段[106-107]。赵欣等[108]利用高效液相色谱技术对比研究陕西杨凌等 8 个产地的黄精成分差异,建立不同产地黄精的指纹图谱;以薯蓣皂苷元为标准品,测定产地间皂苷含量差异。甘小凤等[109]利用 PMP 柱前衍生法和 HPLC 高效液相色谱法,对九蒸九晒的多花黄精及其蒸制液的多糖进行分析,建立黄精炮制方法和炮制蒸制液的多糖特征图谱。因此,仅以单一黄精多糖作为指标性成分,尚不能全面反映黄精的质量标准。有学者认为应该结合黄精中多种成分(单糖、低聚糖、5-HMF 等)而不是单一成分进一步深入黄精质量控制研究,并结合先进的分析技术(如指纹图谱、HPLC-RID)建立多指标质量控制模式,以实现对黄精整体质量的控制。再加之黄精属植物的品质成分较为复杂,次生代谢研究还不够深入,从现有的成分指标难以全面评价,且尚未发现黄精属植物特有成分[110]。现有药效研

究表明,甾体皂苷作为黄精的主要活性成分之一,在口服摄入后大多会被水解成次级苷或苷元,进而被吸收入血并发挥生物效应。这一过程中,次级苷或苷元在体内的代谢与转化对于药效的发挥具有重要影响。此外,多糖作为一类重要的生物活性物质,具有免疫调节、抗氧化等多种生物功能。然而,当前对于黄精中这些关键成分的品质评价研究尚显匮乏,这在一定程度上限制了黄精药材的深入开发与利用。因此,鉴于甾体皂苷、多糖和皂苷类成分在黄精药效中的重要作用,我们可以考虑将大类成分如多糖、总皂苷以及不同类型的苷元或特征性甾体皂苷成分作为质量标志物进行选择。这些质量标志物能够反映黄精药材的内在品质和药效特点,有助于建立科学、合理的质量评价体系[9],其黄精主要活性成分及质量评价研究路径分别见插页Ⅳ图 6、插页Ⅳ图 7。另一方面,由于黄精属品种较多,不同产地,不同采收时间和不同品种的黄精质量控制都有所差异。种植产地自然环境与种植方式的不同对黄精药材的品质也有重要影响。目前,关于黄精属的质量标准尚不明晰,本研究通过总结了目前有关黄精属质量的研究,为今后学者对黄精质量标准的建立提供有价值的参考。

4 小结与展望

黄精属作为常见的民族药用资源,具有重要的研究与开发价值。经考证我国黄精属 31 个物种有 17 个在 24 个少数民族中得到广泛应用。黄精属植物具有多样化的药效,包括抗骨质疏松、改善造血抑制功能、抗糖尿病、降血脂、抗衰老、免疫调节、治疗不孕不育、抗脑血管性疾病、抗精神病、保肝活性、抗炎作用、保护肾脏的作用、抗菌活性、抗肿瘤等。这些药效的主要活性物质基础为多糖、皂苷、黄酮和酚类。值得注意的是该属民族药物资源中除了黄精、滇黄精和多花黄精、轮叶黄精研究较为深入外,其余物种卷叶黄精、互卷黄精、棒丝黄精、重叶黄精、长梗黄精、距族黄精、禾叶黄精、独花黄精、二苞黄精、点花黄精、湖北黄精、康定玉竹等的研究仍相对薄弱。这意味着一些新资源药效物质基础的发掘和利用还有很大的空间。同时,通过分析黄精属民族药物资源的应用,发现各物种在某些功能上存在共性,如“消渴”,即糖尿病,研究仅涉及黄精、滇黄精、多花黄精和玉竹,但该属大部分物种均有此功效。其次,许多民族药中的功能应用有待挖掘和利用,如高血压病、滑精,阳痿、肺结核等。然而,目前关于黄精属植物的活性物质基础与机制的研究仍较为浅显。许多民族药物记载相同的功能应用,但仅有个别物种得到了研究。为此,有必要进一步深入研究黄精属植物的物质基础与作用机制,以期为临床应用提供更为坚实的依据。此外,黄精属植物的质量和产业发展是一项系统工程,目前为止尚未明确黄精属的质量标准,因此,针对黄精质量标准制定应考虑其特殊质量形成与传递规律,有必要围绕功用和临床,挖掘不同活性标志物,构建“异效异标”的质量评价模式,全面提升黄精属质量和产业发展水平,为合理开发和利用提供一定的数据基础和科学依据。

参考文献

[1] 艾铁民. 中国药用植物志(第 11 卷)[M]. 北京:北京大学医学出版社,2014.
[2] 李恒谦,黄晓旭,成忠均,等. 黄精化学成分及药理作用研究进展[J]. 农业工程,2023,13(11):63 - 67.
[3] 张娇,王元忠,杨维泽,等. 黄精属植物化学成分及药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志,2019,44(10):1989 - 2008.
[4] 张韵寒,伍一炜,徐玉岩,等. 黄精的药理作用及专利开发进展[J]. 中国现代中药,2024,26(1):1 - 8.
[5] 罗霜,王剑波,陈柯宇,等. 不同产地药食同源黄精的成分及体外抗氧化研究[J]. 中国调味品,2023,48(6):59 - 65.
[6] 吴伟菁,陈家凤,赵海军,等. 加工方式对黄精多糖的结构和活性影响的研究进展[J]. 食品工业科技,2022,43(17):482 - 493.
[7] HUI Y M, XIN Z, YAN Y, et al. Effects of different extraction methods on the structural characterization and bioactivities of polysaccharides extracted from Polygonatum sibiricum[J]. Journal of Food Measurement and Characterization,2023,18(2):940 - 954.
[8] 常晖,靳鹏博,马存德,等. 不同方法炮制黄精后其化学成分及药理作用研究进展[J]. 世界中医药,2023,18(21):3125 - 3135.
[9] 姜程曦,张铁军,陈常青,等. 黄精的研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中草药,2017,48(1):1 - 16.
[10] 钟灿,劳嘉,周馨,等. 基于科技文献计量学(2016—2020 年)的黄精研究动态与展望[J]. 安徽农业科学,2023,51(11):205 - 209.
[11] 田华咏. 中国民族药炮制集成[M]. 北京:中医古籍出版社,2000.
[12] 文晓萍,杨常碧. 黄精化学成分与药理研究概况[J]. 山东化工,2023,52(23):126 - 128.
[13] 陶爱恩,赵飞亚,王莹,等. 黄精属植物抗糖尿病本草学、物质基础及其作用机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(15):15 - 24.
[14] 王小兵,蒋亚奇,董蓬,等. 基于黄精产品和资源开发的研究进展[J]. 药学研究,2023,42(1):33 - 38.
[15] 陶爱恩. 滇黄精多糖的理化性质、活性筛选与质量评价研究[D]. 大理:大理大学,2019.
[16] 王元媛. 黄精的质量控制与评价方法研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2019.
[17] 楼柯浪. 多花黄精质量评价标准的研究[D]. 杭州:浙江中医药大学,2017.
[18] 张磊. 黄精多糖体内抗骨质疏松作用及体外促进骨髓间充质干细胞成骨分化的实验研究[D]. 南宁:广西医科大学,2018.
[19] 王一飞,薛锋. 黄精多糖对胫骨骨折大鼠骨折愈合的作用机制[J]. 中国老年学杂志,2021,41(17):3803 - 3807.
[20] 刘超,徐飞,吴涛,等. 黄精多糖对 TNF - α 作用的大鼠成骨细胞增殖、凋亡影响及其机制研究[J]. 中国骨质疏松杂志,2020,26(8):1147 - 1153.
[21] 彭小明. 黄精多糖通过 GSK - 3β/β - catenin 信号通路促进成骨细胞分化的机制研究[D]. 南宁:广西医科大学,2017.
[22] 农梦妮. 基于 Wnt/β - catenin 信号通路研究黄精多糖促进骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化及其作用机制[D]. 南宁:广西医科大学,2016.
[23] 齐聪聪,黄晓芹. 黄精对造血系统药理作用的研究进展[J]. 中国民族民间医药,2015,24(24):21 - 23.
[24] 刘晓倩. 制黄精水煎剂对造血功能抑制小鼠骨髓基质细胞影响的实验研究[D]. 成都:成都中医药大学,2018.
[25] 李和,李继承. 组织学与胚胎学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2015.
[26] 齐聪聪. 制黄精水煎剂对造血功能抑制小鼠造血系统的影响及机制探讨[D]. 成都:成都中医药大学,2017.
[27] 刘晓倩,黄晓芹. 制黄精水煎剂对环磷酰胺致造血功能抑制小

鼠骨髓基质细胞的影响研究[J]. 亚太传统医药,2018,14(2):30-32.

[28] JIALUO C, XIAOPING L, YILIN Z, et al. Polygonatum sibiricum polysaccharides(PSP) improve the palmitic acid (PA) - induced inhibition of survival, inflammation, and glucose uptake in skeletal muscle cells[J]. Bioengineered,2021,12(2):10147-10159.

[29] 杨明琛,袁梦欣,陆维,等. 黄精多糖体外消化特性及对Ⅱ型糖尿病小鼠肠道菌群的调节作用[J]. 现代食品科技,2021,37(8):14-21.

[30] 曾立,向荣,张运良,等. 黄精多糖对糖尿病小鼠的降血糖作用及机制[J]. 中成药,2022,44(9):2989-2994.

[31] 陈林,王敏,胡媛,等. 药用与食用黄精次生代谢产物差异分析及改善胰岛素抵抗的活性成分与作用机制研究[J]. 天然产物研究与开发,2022,34(9):1582-1596.

[32] 徐君,王秋丽,俞年军,等. 多花黄精生品及九蒸品粗多糖降糖功效对比研究[J]. 中华中医药杂志,2022,37(1):391-394.

[33] 王秋丽. 多花黄精生品及九蒸品粗多糖的抗炎及降糖作用研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2020.

[34] GUO C, LI C, YU Y, et al. Antihyperglycemic and antihyperlipidemic activities of protodioscin in a high-fat diet and streptozotocin-induced diabetic rats[J]. Rsc Advances,2016,6(91):88640-88646.

[35] ZHANG H, YANG F, QI J, et al. Homoisoflavonoids from the fibrous roots of Polygonatum odoratum with glucose uptake-stimulatory activity in 3T3-L1 adipocytes.[J]. Journal of Natural Products,2010,73(4):548-552.

[36] LIN H R. Two homoisoflavonoids act as peroxisome proliferator-activated receptor agonists[J]. Medicinal Chemistry Research,2015,24(7):2898-2905.

[37] 陶爱恩,赵飞亚,钱金栊,等. 黄精属植物治疗肾精亏虚相关疾病的本草学和药理作用与药效物质研究进展[J]. 中草药,2021,52(5):1536-1548.

[38] GUO A, LI X, PAN L, et al. The interventional effect of Polygonatum cyrtonema Hua polysaccharide on atherosclerosis in mice of different sexes[J]. Food Science and Human Wellness,2024,13(1):370-380.

[39] 孔瑕,刘娇娇,李慧,等. 黄精多糖对高脂血症小鼠脂代谢相关基因mRNA及蛋白表达的影响[J]. 中国中药杂志,2018,43(18):3740-3747.

[40] 王艳芳. 滇黄精多糖改善大鼠脂代谢紊乱的作用研究[D]. 昆明:云南中医学院,2017.

[41] 徐如静. 多花黄精多糖干预营养性肥胖小鼠的代谢组学研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2021.

[42] 张国强,郭晓东,薛文华,等. 西藏野生卷叶黄精多酚的提取及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学,2017,38(6):236-241.

[43] 宋歌,夏娇,肖强. 湖北黄精叶片挥发油GC-MS分析及抗氧化活性测定[J]. 湖北民族大学学报(自然科学版),2022,40(4):374-379.

[44] HAROON, KHAN, MUHAMMAD, et al. Antioxidant profile of constituents isolated from Polygonatum verticillatum rhizomes[M]. Toxicology and industrial health,2016.

[45] PATRA A, SINGH S K. Evaluation of phenolic composition, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of Polygonatum verticillatum (L.)[J]. Journal of integrative medicine,2018,16(4):273.

[46] 宋添力,张钰,肖强,等. 黄精化学成分以及药用价值的研究进展[J]. 中华中医药学刊,2024,42(11):119-126.

[47] 李佳纯,刘继业. 黄精多糖抗衰老的研究进展[J]. 实用老年医学,2024,38(4):334-337.

[48] 杨显辉,代培春,曾磊,等. 滇黄精总黄酮抗运动疲劳作用研究[J]. 现代食品,2019(8):134-137.

[49] 李晓炜. 多花黄精多糖抗疲劳作用及其机制的研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2020.

[50] 权利娜,王露,王嘉雯,等. 多花黄精总皂苷的提取工艺及体外抗氧化研究[J]. 现代中医药,2022,42(5):47-51.

[51] ZHOM X. Antioxidant homoisoflavonoids from Polygonatμm odoratμm[J]. Food Chem,2015,186:63-68.

[52] 刘娜. 黄精多糖的分离、鉴定及免疫调节功效研究[D]. 济南:山东大学,2017.

[53] 杜青,陈林,贺炜,等. 黄精多糖对RAW 264.7细胞活性及炎症因子TNF-α、IL-6、iNOS表达的影响[J]. 中成药,2022,44(8):2676-2679.

[54] 于思文,张妍,田海玲,等. 黄精粗多糖对体外培养小鼠脾淋巴细胞及巨噬细胞免疫活性的影响[J]. 延边大学医学学报,2019,42(2):107-110.

[55] 华岩,李鸿敏,王春亮,等. 黄精多糖对强迫运动大鼠脾脏免疫功能的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2019,40(1):57-61.

[56] 华岩,周碎平,梁金孟. 黄精多糖对大强度运动大鼠外周血肌酸激酶、尿素氮及部分免疫指标的影响[J]. 现代预防医学,2019,46(5):875-878.

[57] 龙婷婷. 基于TLR4-MAPK/NF-κB信号通路探讨黄精多糖免疫调节抗肿瘤作用机制研究[D]. 重庆:重庆医科大学,2018.

[58] 未小明. 黄精对血管痴呆模型大鼠认知功能的保护作用及机制的研究[J]. 中医临床研究,2020,12(19):1-4.

[59] 王洋,韩玉生,赵福红,等. 基于肠道菌群探讨黄精水提物改善高脂高糖饮食所致大鼠认知功能损伤的作用机制[J]. 中医药信息,2022,39(3):33-42.

[60] 金姗,景永帅,张丹参. 黄精属植物在老年性痴呆相关疾病的药理作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志,2019,33(6):467.

[61] ZHU X H, ZHANG J L, DE H L, et al. Processed Polygonatum cyrtonema Hua attenuates postpartum depression in rat model by regulating monoamines and hormones [J]. Heliyon, 2024, 10(5):e26895.

[62] 韦震,宋洪波,安凤平,等. 黄精多糖对急性抑郁小鼠模型的改善作用及机制[J]. 食品工业科技,2022,43(6):351-357.

[63] FENGMING S, PAN X, CONGTING L, et al. Polysaccharides from polygonatum cyrtonema hua reduce depression-like behavior in mice by inhibiting oxidative stress-calpain-1-NLRP3 signaling axis [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2022, 2022:2566917.

[64] OH D R, KIM Y, OH K N, et al. Antidepressant-like effects of polygonatum humile fisch via serotonergic system in mouse model: involvement of the serotonin subunit 6 receptor[J]. Annual Research & Review in Biology,2021(1):29-38.

[65] 黄莺. 黄精皂苷对CUMS抑郁模型大鼠行为学、血清中微量元素、5-羟色胺的影响[D]. 合肥:安徽医科大学,2012.

[66] 李九九. 黄精水提物抑制巨噬细胞M1极化对四氯化碳所致急

性肝损伤的保护作用[D]. 合肥:安徽医科大学,2022.
[67] 符蓉,曹斌. 黄精通过 TGF-β1/Smad 信号通路对肝纤维化模型大鼠肝脏结构病理改善作用[J]. 解剖学研究,2022,44(1):7-11.
[68] 牛梦璠. 有氧运动联合黄精多糖对非酒精性脂肪肝大鼠 AMPK/SREBP-1c/SCD1 途径影响的实验研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨体育学院,2022.
[69] 杨明川. 黄精多糖的提取及其对 CCl_4 致大鼠肝损伤的保护作用研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2018.
[70] 丁杰英,李嘉斌,郑妮. 滇黄精多糖对四氯化碳所致肝损伤大鼠氧化因子、凋亡因子的影响[J]. 广西医科大学学报,2020,37(10):1766-1771.
[71] 杨兴鑫,王曦,董金材,等. 滇黄精对非酒精性脂肪肝大鼠的保护作用及机制研究[J]. 中国药学杂志,2018,53(12):975-981.
[72] 冯鑫. 黄精多糖的制备及其对老龄鼠肠道和肺的作用研究[D]. 成都:四川农业大学,2020.
[73] 方欢乐,李瑶瑶,陈晶晶,等. 黄精多糖通过调节 JAK2/STAT3 通路改善异丙肾上腺素诱导的大鼠心肌肥厚[J]. 实用药物与临床,2019,22(4):354-358.
[74] 李思媛,崔玉顺,李新星,等. 黄精皂苷对脂多糖诱导 RAW264.7 细胞炎症模型的抗炎作用及其机制[J]. 中成药,2021,43(10):2659-2665.
[75] 黄凤玉. 滇黄精对急性肺损伤模型大鼠的炎症因子及体内氧自由基的影响[J]. 天津中医药,2019,36(2):181-184.
[76] 吕品田,段昕波. 黄精多糖对 MFC 胃癌荷瘤小鼠抑瘤及免疫调节作用[J]. 中成药,2020,42(8):2169-2172.
[77] 杨嘉妮,朱星枚,袁盼盼,等. 基于网络药理学和分子对接探讨黄精治疗非小细胞肺癌的物质基础与分子机制[J]. 中国医药导报,2022,19(8):16-20.
[78] 张英朔. 黄精皂苷的制备、抗癌活性及其机理[D]. 合肥:合肥工业大学,2019.
[79] YI LUO. 黄精总皂苷与薯蓣皂苷的提取分离及抗肿瘤活性研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨商业大学,2023.
[80] 余欢迎,高海燕,金传山,等. 黄精生品及不同炮制品对糖皮质激素致肾阴虚模型大鼠的作用比较[J]. 安徽中医药大学学报,2021,40(6):58-62.
[81] 熊世红,杨成,潘德璋,等. 黄精皂苷对 TGF-β1 诱导的 HK-2 细胞 EMT、补体系统和 PI3K/AKT/NF-κB 信号通路的影响[J]. 免疫学杂志,2022,38(2):157-163.
[82] 彭静. 黄精皂苷对糖尿病肾病大鼠肾损伤的保护作用及 Wnt/β-catenin 信号通路的影响[J]. 中成药,2019,41(10):2518-2521.
[83] 华岩. 黄精多糖对大强度运动大鼠肾脏损伤的调理作用[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2020,41(1):50-54.
[84] 林雨. 滇黄精炮制前后对肺、肾阴虚小鼠的改善作用及机制研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2021.
[85] 李志涛,孙金旭,朱会霞,等. 黄精多糖的提取及其抑菌性研究[J]. 食品研究与开发,2017,38(15):36-38.
[86] 翟玉凤. 黄精皂苷的提取分离以及其生物学活性研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2023.
[87] SHARMA S, PATIAL V, SINGH D, et al. Antimicrobial Homoisoflavonoids from the Rhizomes of Polygonatum verticillatum[J]. Chemistry & Biodiversity,2018(1):15.
[88] 王冬梅,朱玮,李娟丽. 卷叶黄精根茎的化学成分及抗菌活性研究[J]. 四川大学学报(自然科学版),2007(4):918-921.
[89] 陈克克,强毅. 响应面法优化超声波辅助黄精多酚的提取及其抗菌活性[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2018,46(1):91-96.
[90] KHAN H, SAEED M, GILANI A H, et al. Antipyretic and anticonvulsant activity of Polygonatum verticillatum: comparison of rhizomes and aerial parts[J]. Phytotherapy research: PTR, 2013, 27(3): 468-471.
[91] KHAN H, SAEED M, GILANI A H, et al. Bronchodilator activity of aerial parts of Polygonatum verticillatum augmented by anti-inflammatory activity: attenuation of Ca^{2+} channels and lipoxygenase[J]. Phytotherapy research: PTR, 2013, 27(9): 1288-1292.
[92] 马怀芬,方欢乐,师西兰,等. 黄精多糖对心脏重塑小鼠心脏组织中 ICAM-1、VCAM-1 蛋白表达的影响[J]. 环球中医药,2018,11(1):25-29.
[93] 施扬,王力川,马占林,等. 滇黄精提取物成分与活性测定及细胞毒性评价[J]. 日用化学工业,2020,50(11):788-792.
[94] 聊晓玉,方静,方媛,等. 黄精对原发性痛经大鼠药效作用初步研究[J]. 中南药学,2022,20(5):1023-1027.
[95] 周艺璇,陈如一,李芬芬,等. 基于网络药理学探讨黄精防治痛风的机制[J]. 中国现代应用药学,2023,40(2):154-162.
[96] 易思荣,全健,李品明,等. 初步分析中药材黄精生产发展面临的问题及对策[J]. 中华中医药杂志,2017,32(11):5007-5010.
[97] 谢果珍,刘浩,王智,等. 黄精属药食两用中药玉竹与黄精的比较[J]. 中国现代中药,2020,22(9):1447-1452.
[98] 余晚霞,陈勇杏,鲁斌,等. 黄精多糖提取方法及其药理作用研究进展[J]. 甘肃医药,2023,42(7):588-591.
[99] 许方舟,张士凯,马航宇,等. 黄精皂苷的研究进展[J]. 饮料工业,2022,25(2):71-80.
[100] 冯治国,赵祺,朱强,等. 基于熵权法和灰色关联分析法评价安徽省不同产地黄精药材质量[J]. 中草药,2021,52(12):3689-3695.
[101] 焦劼,陈黎明,孙瑞泽,等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材,2016,39(3):519-522.
[102] 徐兵兵,倪穗. 野生黄精的多糖含量测定及提取工艺研究[J]. 中国野生植物资源,2016,35(4):19-22.
[103] 汪成,叶菊,何旭光,等. 黄精化学成分、药理作用研究进展及质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 天然产物研究与开发,2024(1):1-30.
[104] 沈亚芬,吴鑫,曹岗,等. 5-HMF 对过氧化氢诱导的人脐静脉血管内皮细胞损伤的保护作用[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences,2015,24(3):164-168.
[105] 姜丽颖,吴澎. 黄精功能成分及深加工开发研究进展[J]. 中国果菜,2022,42(2):14-20.
[106] YANG T, CHEN M, LIU X, et al. Enhancing quality evaluation in traditional Chinese medicine: Utilizing dual wavelength fusion fingerprint, electrochemical fingerprint, and DSC fingerprint[J]. Journal of chromatography,2024,1722:464907.
[107] 范鑫玉,吉田,笔雪艳,等. 中药指纹图谱分类及评价概述[J]. 黑龙江医药,2023,36(6):1254-1258.
[108] 赵欣. 黄精 HPLC 指纹图谱的研究及其不同产地的质量评价[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2011.
[109] 甘小凤,韦国良,李婷婷,等. 基于 RSM 及 PMP-HPLC 特征图谱分析黄精炮制过程中多糖组分含量变化[J]. 中草药,2019,50(20):4932-4941.
[110] 潘克琴. 不同产地黄精属植物鉴定与评价[D]. 贵阳:贵州大学,2022.

黄精属药用植物资源、物质基础及质量评价研究进展

（正文见 194－201 页）

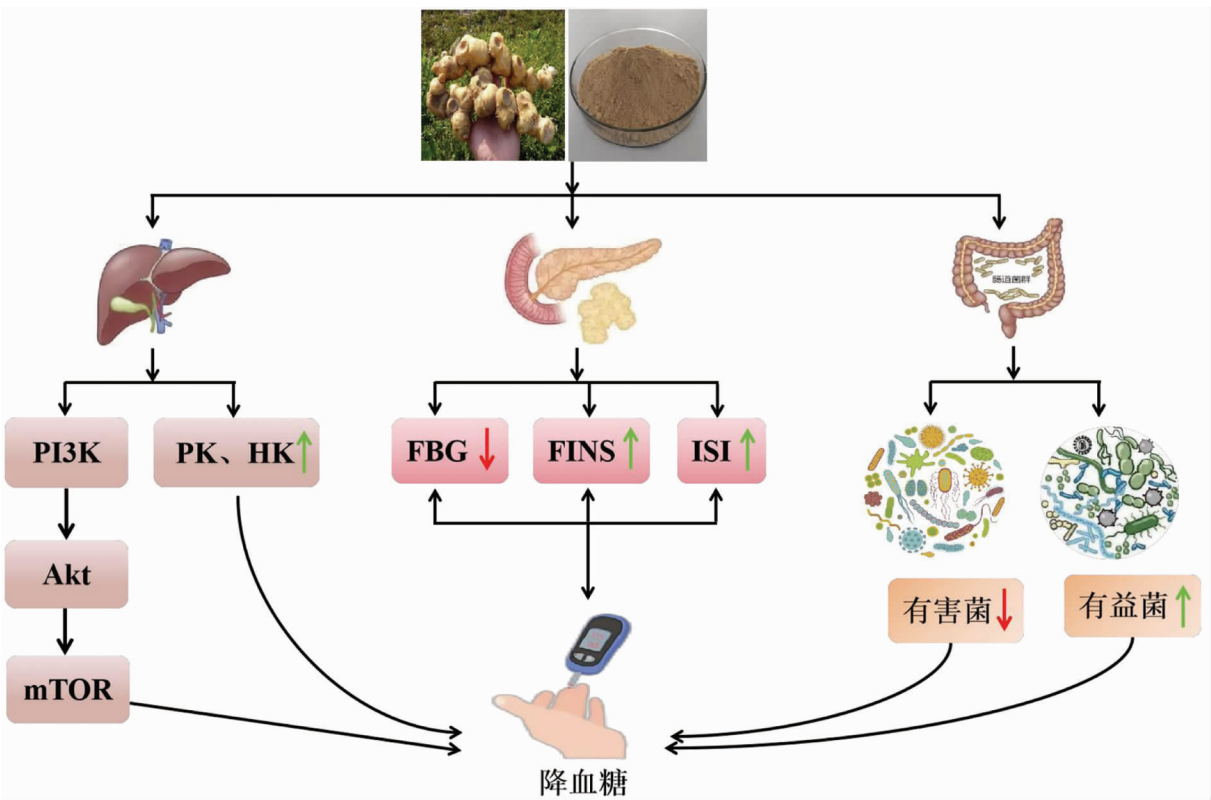


图 1　黄精降血糖作用机制

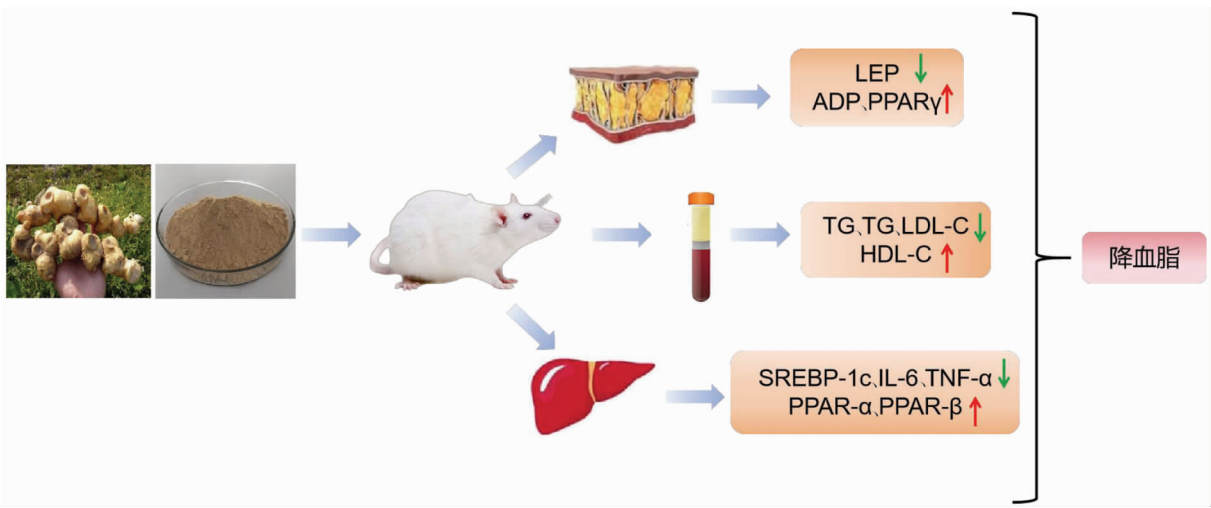


图 2　黄精降血脂作用机制

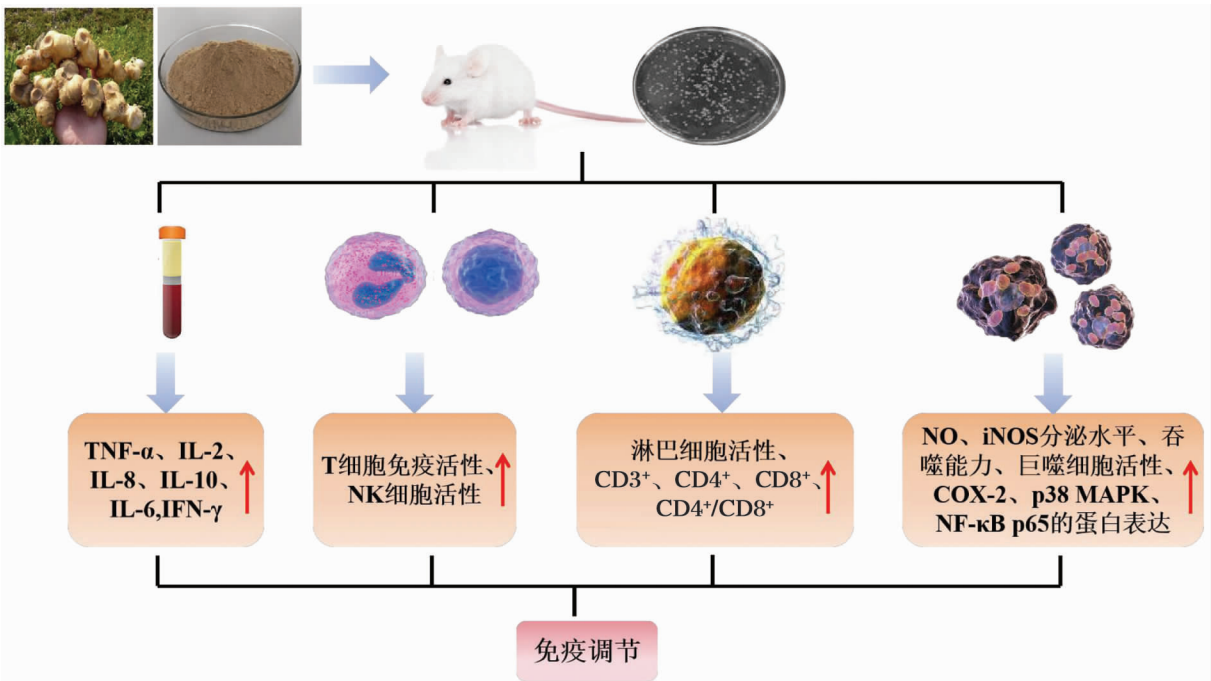


图 3　黄精免疫调节活性机制

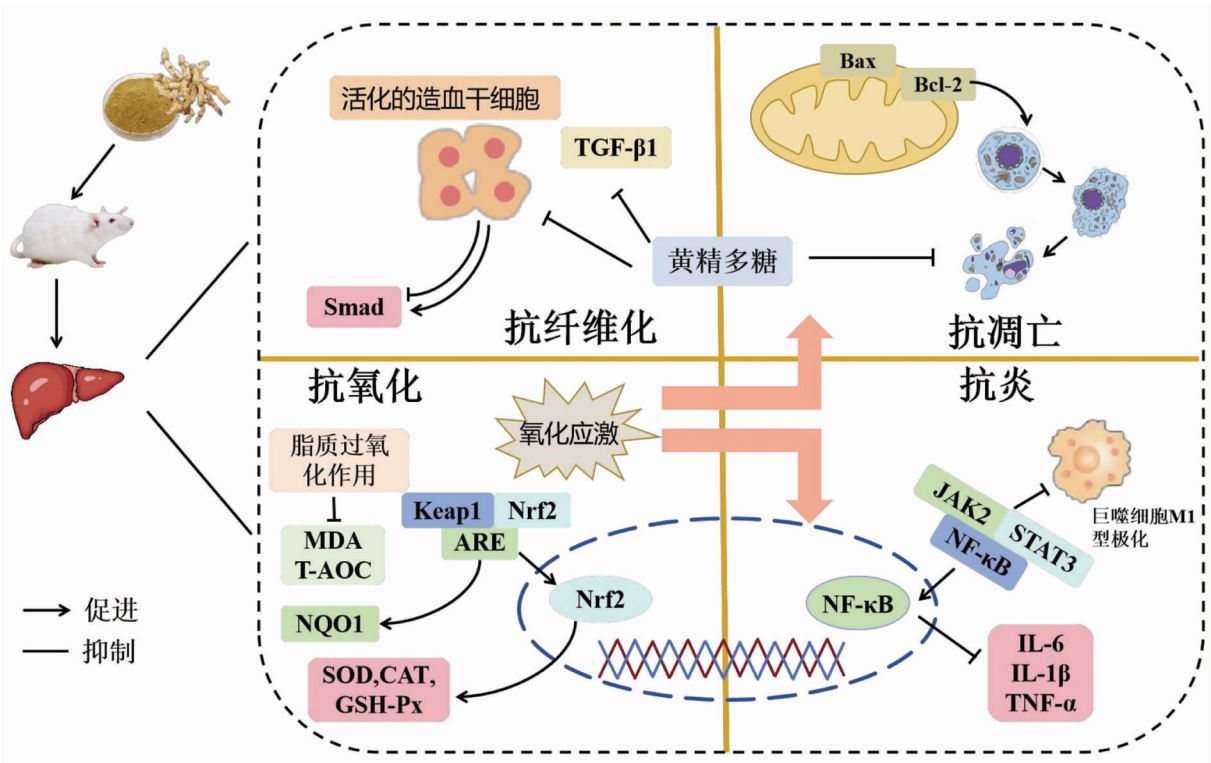


图 4　黄精保肝活性机制

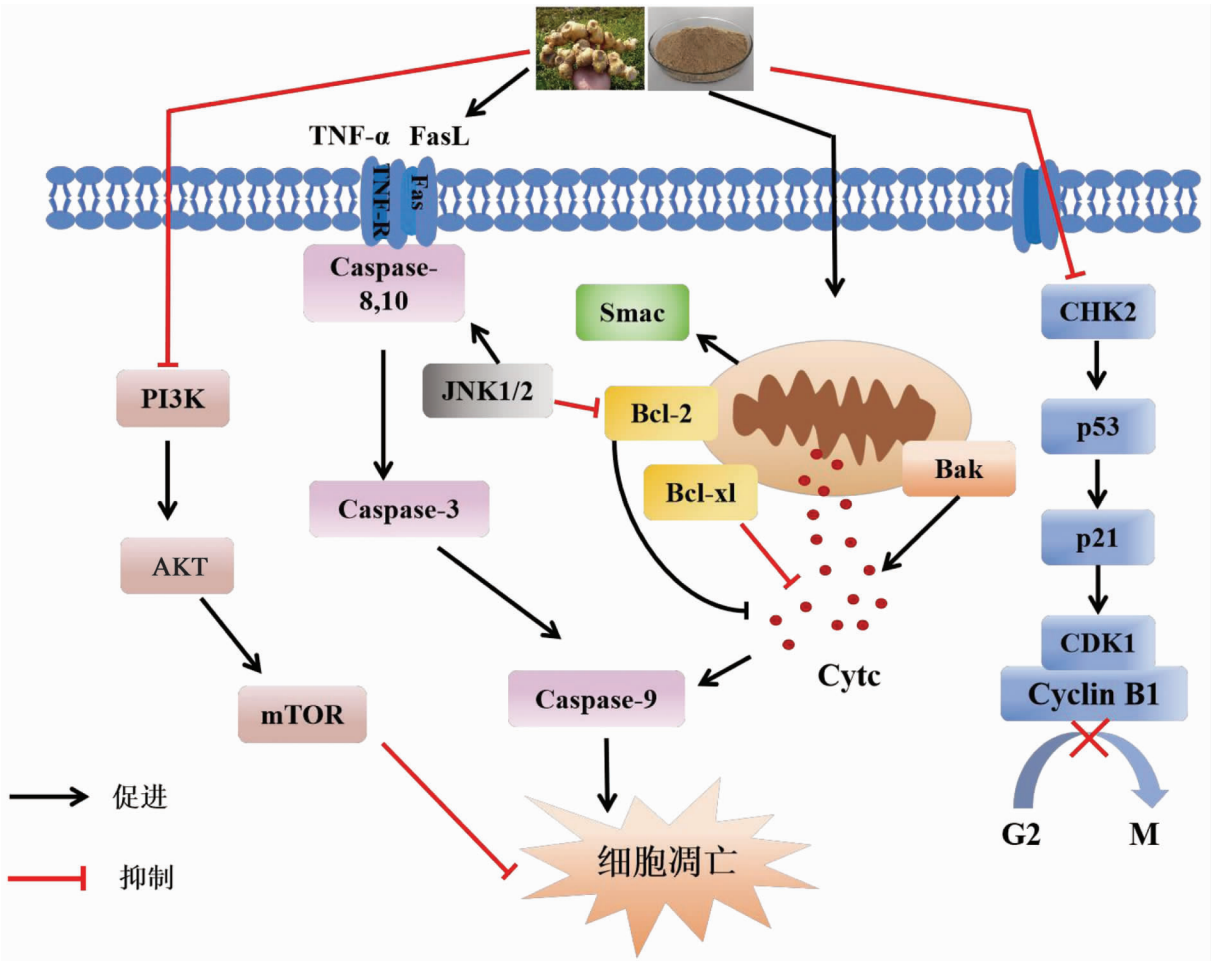


图 5　黄精抗肿瘤作用机制

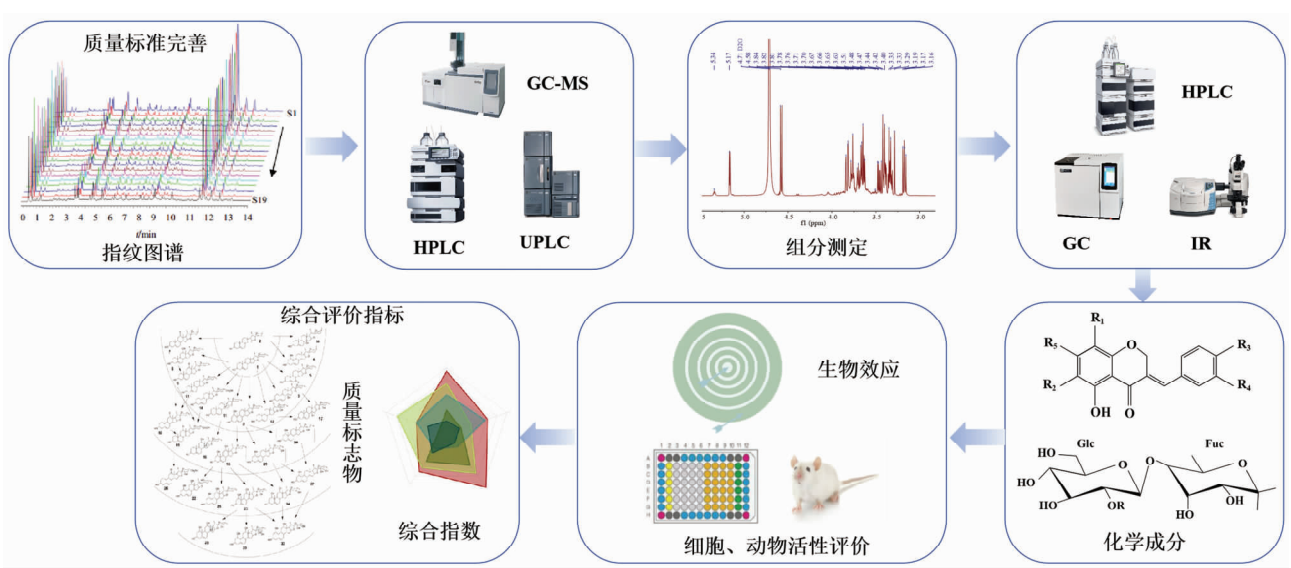


图 7　黄精质量评价研究路径

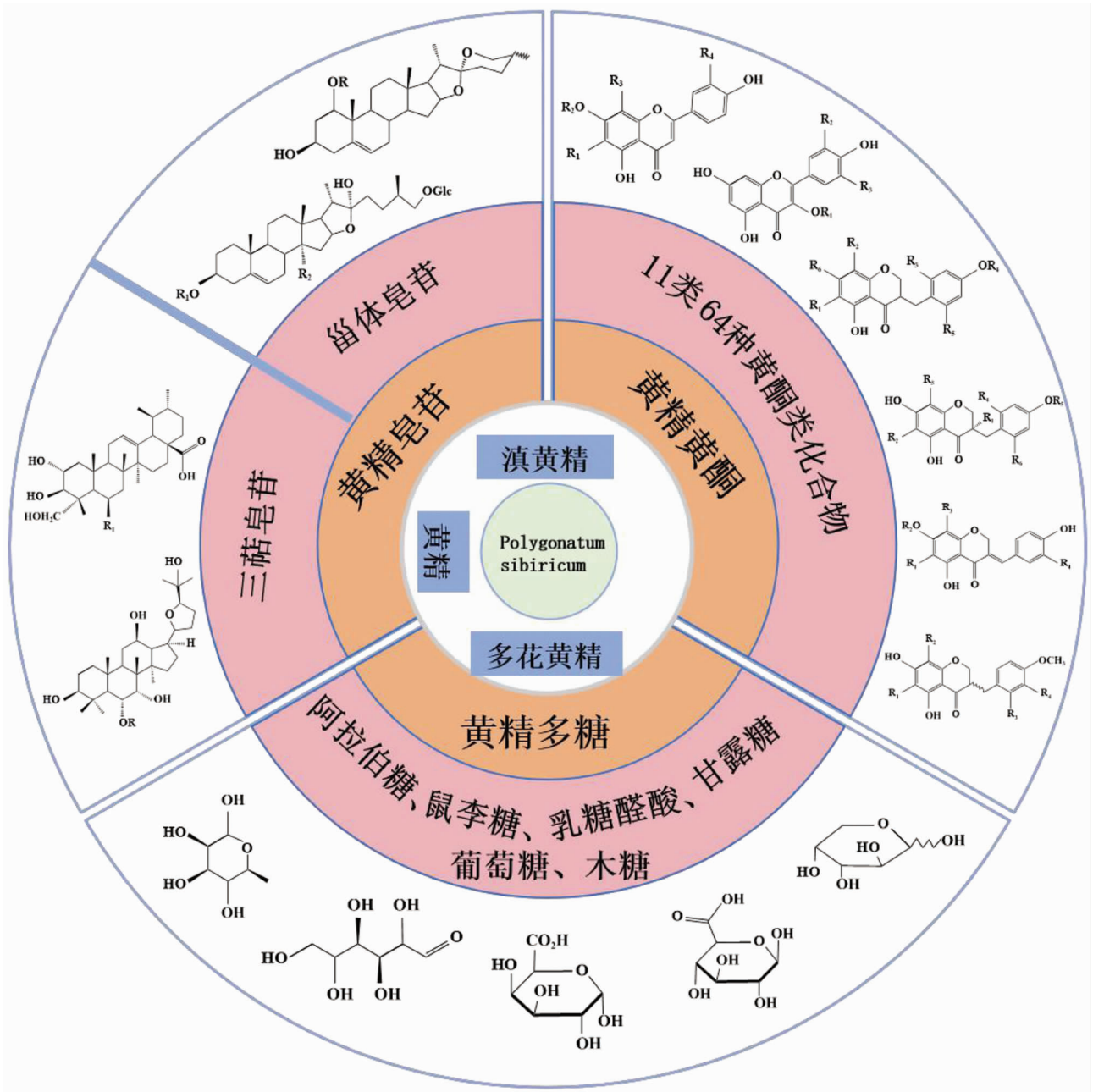


图 6　黄精主要活性成分及其类别