DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.06.005

黄精的质量控制现状及质量标志物预测分析

张倩[1],刘富垒[1],张仲涛[1],房田田[2],薛敬伟[1]
[1.泰安市中心医院(青岛大学附属泰安市中心医院、泰山医养中心),山东 泰安 271000;
2.山东农业大学,山东 泰安 271000]

摘要:黄精含有多糖、皂苷类、黄酮类、生物碱等多种活性成分,具有降糖降脂、抗氧化、调节免疫力、抗炎抗菌的药理作用,临床应用前景良好。概括了黄精的质量控制现状,从化学成分可测性、成分有效性、炮制方法、网络药理学、新的药效用途等不同方面对黄精质量标志物进行预测分析,可考虑将黄精多糖、果糖、新甘草苷、黄芩素、薯蓣皂苷、异鼠李素、β谷甾醇、山柰酚、芦丁、槲皮素、甘草素等成分作为黄精质量标志物的参考,以期为黄精的质量控制提供科学依据。

关键词:黄精;质量标志物;预测分析
中图分类号:R282.71 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-7717(2026)06-0026-06

Current Status of Quality Control and Prediction Analysis of Quality Markers for Huangjing(Rhizoma Polygonati)

ZHANG Qian[1],LIU Fulei[1],ZHANG Zhongtao[1],FANG Tiantian[2],XUE Jingwei[1]
[1.Taian Central Hospital(Taian Central Hospital Affiliated to Qingdao University,Taishan Medical and Elderly Care Center),Taian 271000,Shandong,China;
2.Shandong Agricultural University,Taian 271000,Shandong,China]

Abstract: Huangjing(Rhizoma Polygonati) contains polysaccharides,saponins,flavonoids,alkaloids and other active ingredients,which have the pharmacological effects of hypoglycemic and lipid-lowering,antioxidant,immunomodulating,anti-inflammatory and antibacterial functions,and have a good clinical application prospect. This paper summarized the current status of quality control of Huangjing(Rhizoma Polygonati),and predicted the quality markers of Huangjing(Rhizoma Polygonati) from different aspects such as chemical component detectability,component efficacy,processing methods,network pharmacology and new pharmacological uses. In order to provide a scientific basis for the quality control of Huangjing(Rhizoma Polygonati),polygonatum polysaccharides,fructose,DFV,baicalein,dioscin,isorhamnetin,β-sitosterol,kaempferol,rutin,quercetin,liquiritigenin and other components can be considered as the reference for the quality markers of Huangjing(Rhizoma Polygonati).

Keywords: Huangjing(Rhizoma Polygonati);quality marker;predictive analysis

药材黄精是指百合科黄精属植物滇黄精(*Polygonatum kingianum* Collett & Hemsl.)、多花黄精(*P. cyrtonema* Hua)和黄精(*P. sibiricum* Redouté)的干燥根茎,民间常根据性状差异,将其称为"大黄精""姜形黄精""鸡头黄精"[1]。黄精始载于《名医别录》,性平味甘,具有健脾、润肺、补气养阴等功效。在现代中医临床治疗中,黄精常与其他中药配伍,用于治疗肺阴亏虚引起的干咳少痰,肾阴不足所致的腰膝酸软,以及脾胃气阴两虚所致的纳差食少、口燥咽干等症状[2]。此外,现代药理学研究表明,黄精含有的多糖、皂苷、生物碱、黄酮等活性成分具有降血糖、抗肿瘤、抗炎、抗氧化等多种药理作用[3-9]。中药的有效成分是药物发挥疗效的关键基础。在研究中药的作用功效时,必须综合考虑多种影响因素,包括采收地点、采收时间、温度、湿度等外界条件,以及药物自身的稳定性和不同批次的差异。黄精作为一种化学成分复杂的中药,难以仅通过单一成分进行质量控制和评价。因此,采用多指标、多成分的研究方法已成为中药质量控制的首选策略。本文概述了黄精的质量控制现状,根据质量标志物(Q-Marker)的概念,预测分析了黄精潜在的质量标志物,为确立黄精药材的质量标准提供了参考依据。

1 质量控制现状

2020版《中华人民共和国药典》收载了黄精的性状、鉴别、检查、浸出物测定和含量测定等方面。其中,黄精多糖作为质量控制成分,采用紫外分光光度法进行含量测定,规定干燥品

基金项目:国家重点研发计划项目(2023YFE0109800);泰安市科技创新发展项目(2023NS376)
作者简介:张倩(1996-),女,山东菏泽人,硕士在读,研究方向:中药分析学。
通讯作者:薛敬伟(1984-),女,山东泰安人,副主任药师,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药药效物质与质量控制。E-mail:xuejingwei11111@163.com。

中黄精多糖含量不得少于7.0%[10]。然而,各省、市、自治区的地方标准多数比较简单,仅包括基原、性状及使用方法等,涉及的标准项较少,未对黄精主要成分的含量检测进行详细收录,见表1。现行标准主要集中在黄精多糖的含量测定,这一做法虽然提供了一定的质量控制依据,但无法全面反映黄精药材的整体价值。因此,为了更有效地进行质量控制,需要更多指标成分的检测。此外,黄精在炮制过程中化学成分的种类和含量会发生变化,检测炮制饮片中成分的含量变化和特有成分可以更好地控制饮片的质量。例如,甘青霞等[11]通过对不同批次蜜制黄精的性状、显微和薄层色谱法(Thin Layer Chromatography,TLC)鉴别、水分、总灰分及黄精多糖和薯蓣皂苷元的含量进行了研究,初步建立了蜜制黄精的质量标准。宋艺君等[12]采用高效液相色谱法测定黄精中5-羟甲基糠醛的含量,发现不同产地的黄精,鲜切和干切炮制后均未检测到5-羟甲基糠醛,而清蒸和酒蒸炮制后检测到5-羟甲基糠醛,且酒蒸黄精中的5-羟甲基糠醛的含量明显高于清蒸黄精,说明5-羟甲基糠醛是黄精经炮制产生的成分,因此建议在黄精清蒸和酒蒸后的炮制品中增加5-羟甲基糠醛的含量测定。杜泽飞等[13]对黄精、滇黄精和多花黄精的多糖建立了柱前衍生化-高效液相色谱指纹图谱(Pre-column Derivatization-High Performance Liquid Chromatographic Fingerprint,PMP-HPLC),结果表明黄精和多花黄精较为接近,多糖酶解结果发现三者均存在β-1,4-葡萄糖苷键,β-1,3-葡萄糖苷键存在于黄精和多花黄精多糖中。HU等[14]研究了黄精中多糖、皂苷和蛋白质的微观结构和组织化学定位,分析了营养和药用成分,以评价鸡头黄精、姜形黄精等5种不同类型黄精的质量,结果发现鸡头黄精无论其营养价值还是药用价值都比较好,综合品质较好。LIU等[15]采用广泛靶向技术对不同种植和不同年限的黄精根茎进行代谢组学和品质性状分析。冯治国等[16]通过熵权法和灰色关联法分析了安徽产地的黄精质量,此方法简单易行,可以作为黄精品质判断的依据。以上方法多以一种或一类成分对黄精进行质量控制的研究,但中药成分复杂,且经过加工、炮制、制剂等操作其成分会发生一定变化。因此,本研究结合黄精的最新质量研究现状,从以下几个方面对黄精的质量标志物进行预测,为黄精的质量控制提供参考依据。

2 黄精质量标志物的预测分析

2.1 基于化学成分可测性的Q-Marker预测分析 质量标志物预测分析的成分不仅要求是有效成分,而且其部分要求具有可测性和生物活性[17-18]。除了《中华人民共和国药典》收载的黄精含量测定的方法之外,众多学者利用不同技术对黄精进行定性鉴别和定量测定。王天梅等[19]利用比色法对不同炮制处理的多花黄精新鲜药材和饮片中多糖、总黄酮、总皂苷、总酚等有效成分含量的影响。徐胜等[20]利用高效液相色谱技术同时测定了黄精中芦丁、杨梅素、甘草素、槲皮素、芹菜素、山柰酚、异鼠李素等7种黄酮的含量。甘青霞[11]运用紫外分光光度法,以蜜制黄精中总多糖、总皂苷和薯蓣皂苷元的含量为指标,对蜜制黄精的炮制进行了工艺考察和质量评价。JIAN等[21]利用液相色谱-四极杆-飞行时间质谱(High Performance Liquid Chromatography-Quadrupole-Time of Flight Mass Spectrometry,HPLC-QTOF-MS)对黄精蒸制过程中糖类进行同步的鉴定和分析,发现高含量的果糖是蒸制后甜度增加的主要决定因素,因此建议果糖作为黄精根茎蒸制过程的标志物。詹慧慧[22]运用HPLC-ELSD技术测定了黄精及其炆制品的总多糖、游离糖含量,借助HPLC-PDA技术建立指纹图谱与单糖组成测定方法,揭示出炆制后黄精的多糖含量及单糖组成均出现变化,且通过电子舌技术发现其味觉与糖类成分存在呈正相交。戴万生等[23]通过优化2020版《中华人民共和国药典》中的薄层色谱法,对滇黄精不同炮制品中的皂苷类成分进行了分析。结果显示,不同炮制品的分离效果良好,可以作为黄精皂苷成分快速、便捷的定性鉴定方法。由此,将黄精多糖、果糖、总皂苷、薯蓣皂苷元、总黄酮、芦丁、杨梅素、甘草素、槲皮素、芹菜素、山柰酚、异鼠李素作为黄精Q-Marker的参考选择。

2.2 基于成分有效性的Q-Marker预测分析 现代药理学研究发现,中药治疗疾病主要依赖于其所含有的药效成分,质量

表1 黄精现行质量标准

标准来源	名称	性状	显微鉴别	薄层鉴别	检查	浸出物	含量测定
2020年版《中华人民共和国药典》	黄精药材、黄精、制黄精	有	有	有	有	有	黄精多糖
安徽省中药饮片炮制规范	蒸黄精	有	无	无	有	有	无
北京市中药饮片炮制规范	酒黄精	有	无	有	无	无	无
重庆市中药饮片炮制规范及标准	黄精、制黄精、酒黄精	有	有	无	有	无	无
广西壮族自治区壮药质量标准	黄精、蒸黄精、酒黄精	有	有	无	有	有	黄精多糖
贵州省中药饮片炮制规范	蒸黄精、酒黄精	有	有	无	无	无	无
甘肃省中药材标准	黄精	有	有	无	无	无	无
河南省中药饮片炮制规范	黄精、酒黄精、蒸黄精	有	无	无	无	无	无
湖南省中药饮片炮制规范	黄精、酒黄精、蒸黄精	有	有	有	有	有	黄精多糖
湖北省中药饮片炮制规范	蒸黄精	有	有	有	有	有	黄精多糖
江苏省中药饮片炮制规范	蒸黄精	有	无	无	有	有	无
江西省中药饮片炮制规范	黄精、蒸黄精、酒黄精、炆黄精	有	有	无	有	无	无
上海市中药饮片炮制规范	黄精	有	无	有	有	有	黄精多糖
山东省中药饮片炮制规范	黄精、蒸黄精	有	有	有	有	有	黄精多糖
陕西省中药饮片标准	黄精	有	无	无	有	有	黄精多糖
天津市中药饮片炮制规范	制黄精	有	无	有	有	无	无
浙江省中药炮制规范	制黄精	有	有	有	有	有	黄精多糖

控制的目的之一在于对中药有效性的控制。2020年版《中华人民共和国药典》中记载,黄精性平、味甘;归脾、肺、肾经;补气养阴,健脾,润肺,益肾;用于脾胃气虚,体倦乏力,胃阴不足,内热消渴等症。近些年学者们的研究证实,黄精发挥药效的主要化学成分是多糖、皂苷类和黄酮类成分[24]。其中黄精多糖具有降血糖、抗氧化、抗炎、调节免疫力等多种药理作用[25-29]。任群利等[30]发现黄精多糖可以降低糖尿病小鼠血糖,恢复糖尿病小鼠的代谢能力,改善其小肠绒毛排序结构,调节肥胖小鼠的肠道菌群。孔暇等[31]研究表明,黄精多糖可以显著降低小鼠体内总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白的含量,调节肝脏中脂类代谢相关因子的表达,并抑制肝脏脂质氧化,从而起到预防高脂血症。黄酮类成分参与的药理作用有抗疲劳、抗氧化等作用。杨显辉等[32]发现黄精总黄酮可以显著延长大鼠游泳力竭时间,抑制脂质过氧化,升高肝组织中谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione Peroxidase,GSH-Px)的活性,降低肝组织和骨骼肌中丙二醛(Malondialdehyde,MDA)的含量,说明黄精总黄酮对过度运动造成的脂质过氧化具有保护作用。张佳鑫等[33]的研究结果显示,黄精总黄酮清除ABTS能力与维生素C效果相当,说明其具有较好的抗氧化活性。皂苷类成分是黄精的另一主要活性物质,可以通过多途径发挥抗衰老作用[7]、改善骨髓抑制肺癌小鼠的造血功能[34]和保护糖尿病小鼠的胰腺损伤[35]。综上所述,为保证黄精在临床应用的有效性,推荐黄精多糖、总黄酮和皂苷作为黄精质量标志物的参考选择。

2.3 基于不同生长年限和产区的Q-Marker预测分析 在中药材的生长过程中,生长的年限、环境、种植模式、地理因素等发挥着至关重要的作用。苏为耿等[36]通过对不同种植模式下滇黄精的多糖含量进行分析,认为林下种植模式的滇黄精品质高于大田模式。卢志华等[37]对不同生长年限的黄精根茎中黄酮含量进行测定,结果显示5年生黄精根茎的黄酮含量是3年生黄精根茎的6倍,差异显著。罗霜等[38]对8个不同产区的黄精中主要活性成分含量的比较,贵州黄精总多糖含量最高,福建和安徽的黄酮含量远高于其他产地,福建黄精的总酚含量最高,贵州总皂苷含量最高。吴国华等[39]为探究不同生境和套种模式对多花黄精根茎中主要营养成分的影响,分别测定了浙江省龙泉市5个不同生境和套种模式样地的1年生多花黄精根茎中的多糖、蛋白质、黄酮、粗脂肪和9种矿物质元素含量,结果显示生境和种植模式对多花黄精根茎的主要成分产生了较大影响。以上研究表明在不同种植模式、生长年限、产区的黄精根茎中总多糖、总黄酮、总酚、总皂苷、蛋白质的含量均存在差异,可以作为黄精质量标志物预测分析的指标。

2.4 基于不同加工方法的Q-Marker预测分析 黄精需要炮制后才可以入药,其主要目的是减毒增效,消除“刺人咽喉”的刺激,增强补脾润肺益肾功能。从最早记载的南北朝时期到现代,黄精的炮制方法记载众多,包括酒蒸、九蒸九晒等[40-41]。近些年许多学者发现酒制和九蒸九制后的3种黄精(滇黄精、黄精和多花黄精)的多糖含量均显著降低;酒制后滇黄精和多花黄精的总皂苷含量增加,黄精中的总皂苷含量减少,而九蒸九制后的3种黄精总皂苷含量均增加;酒制后黄精中总黄酮含量有所下降,而多花黄精在九蒸九制不同炮制阶段总黄酮的含量变化显著,随着炮制时间的增加,总黄酮含量显著升高。不同的炮制方法会影响中药中化学成分的结构进而影响其生物活性。炮制工艺的不同也会对中药化学成分的含量产生影响。杨敏敏等[42]的研究发现新鲜滇黄精经水蒸、酒蒸和九蒸九制后,其水提物中总酚、多糖含量存在明显差异,九蒸九制滇黄精总酚含量显著增加,生黄精经炮制后多糖含量显著降低。甘青霞等[11]利用单因素对蜜制黄精的炼蜜程度、润制时间、炖制时间等进行考察,以多糖、总皂苷、薯蓣皂苷元的含量为评价指标,初步筛选出了蜜制黄精最佳炮制工艺。盛柳青等[43]的研究显示酶解黄精与常压蒸制黄精相比,脂肪含量降低,蛋白质、多糖、还原糖含量增高。郭信东等[44]对酒制前后黄精中皂苷、黄酮、多糖、蒽醌、总酚等含量进行比较,探究炮制黄精发挥药理活性的化学成分。张海潮[45]对黄精炮制前后及各阶段半成品的粗提物进行定量分析,发现黄精多糖和薯蓣皂苷的含量随炮制时间的增加而降低,总黄酮、总酚的含量随时间的增加而升高。ZHANG等[46]测定了不同炮制阶段黄精中多糖和皂苷等成分的含量,结果显示随着炮制次数的增加,多糖和葡萄糖含量下降,半乳糖、葡萄糖醛酸和总皂苷的含量逐渐升高。综上所述,不同加工方法对黄精化学成分的结构和含量均有影响,黄精多糖、薯蓣皂苷、总皂苷、总黄酮、总酚、蒽醌、总氨基酸可以作为黄精质量标志物的选择。

表2 黄精预测质量标志物

名称	英文名称	分子式	文献
果糖	Fructose	$C_6H_{12}O_6$	[21]
芦丁	Rutin	$C_{27}H_{30}O_{16}$	[20]
杨梅素	Myricetin	$C_{15}H_{10}O_8$	[20]
甘草素	Liquiritigenin	$C_{15}H_{12}O_4$	[20]
槲皮素	Quercetin	$C_{15}H_{10}O_7$	[20]
芹菜素	Apigenin	$C_{15}H_{10}O_5$	[20]
山柰酚	Kaempferol	$C_{15}H_{10}O_6$	[20]
异鼠李素	Isorhamnetin	$C_{16}H_{12}O_7$	[20]
新甘草苷	Neoliquiritin	$C_{15}H_{12}O_4$	[56]
4′,5-二羟基黄酮	4′,5-dihydroxyflavone	$C_{15}H_{10}O_4$	[56]
薯蓣皂苷	Dioscin	$C_{45}H_{72}O_{16}$	[45]
薯蓣皂苷元	Diosgenin	$C_{27}H_{42}O_3$	[11]
黄芩素	Baicalein	$C_{15}H_{10}O_5$	[56]
3′-甲氧基大豆素	3′-Methoxydaidzein	$C_{16}H_{12}O_5$	[57]
β-谷甾醇	β-Sitosterol	$C_{29}H_{50}O$	[56]

2.5 基于新的药效用途的Q-Marker预测分析 现代药理研究表明,黄精及其提取物除具有传统功效外,还具备抗菌、抗骨质疏松症、抗肿瘤、抗抑郁等多种生物活性。LI等[47]研究发现黄精多糖不仅可以诱导人肝癌细胞(Hepatocellular Carcinoma Cell,HepG2)凋亡并将细胞周期阻滞在G1期,还能降低线粒体膜电位,损伤HepG2细胞的细胞核,并增加内源性凋亡途径中半胱天冬酶-9和半胱天冬酶-3的活性,诱导细胞凋亡。XIE等[48]研究发现,黄精多糖对三阴性乳腺癌具有显著抗肿瘤作用,可以降低小鼠体内肿瘤浸润免疫细胞内髓系细胞的比例,抑制脾脏造血细胞的扩张。同时显著增加了骨髓中造血干细胞(Hematopoietic and progenitor cells,HSPCs)和淋巴祖细胞,显示黄精多糖提取物能够保护三阴性乳腺癌抑制的造血,产生持久的抗肿瘤作用。PENG等[49]的研究揭示了黄精提取物对

蜡状芽孢杆菌的抗菌活性与作用机制，通过多种指标和方法分析，结果表明黄精提取物能有效抑制蜡状芽孢杆菌生长、破坏其生理结构和功能，还能降低巴氏杀菌奶中活菌数并改善感官质量，可以作为天然防腐剂。SHEN 等[50]研究表明，黄精多糖可以防止慢性不可预知温和应激法慢性不可预见性应激模型（Chronic Unpredictable Mild Stress Model，CUMS）诱导的钙蛋白酶系统和转录因子 Nrf2、NLRP3 炎症小体信号通路的变化，并减少抑郁样行为。LIU 等[51]的研究显示黄精多糖可以逆转高脂饲养的肥胖小鼠体内炎症因子肿瘤坏死因子 -α（TNF -α）、白细胞介素 -6（IL -6）、IL -1β、诱导型一氧化氮合酶（iNOS）的异常表达，证明了黄精多糖可以通过激活 AMPK 信号通路发挥抗炎作用。CHEN 等[52]通过 D - 半乳糖诱导小鼠成纤维细胞衰老体外实验和衰老小鼠体内实验，评估多项关键指标并进行生物信息学分析，结果表明黄精多糖能减轻氧化应激和线粒体功能障碍、调节钙稳态、预防年龄相关肌肉损伤，作为肌肉减少症治疗干预措施前景良好。在李思媛[53]的研究中，以脂多糖诱导的小鼠腹腔巨噬细胞炎症模型，黄精皂苷对小鼠巨噬细胞导致的 NO、TNF -α、IL -6、活性氧（ROS）的释放均有很好抑制作用，对 iNOS、环氧合酶 -2（COX -2）、磷酸化核转录因子 p65（p - p65）、p - IκBα 等蛋白表达也有抑制作用，说明黄精皂苷可以通过抑制 NF -κB/MAPKs 信号通路来发挥体外抗炎作用。YAO 等[54]比较了九蒸九晒过程中黄精

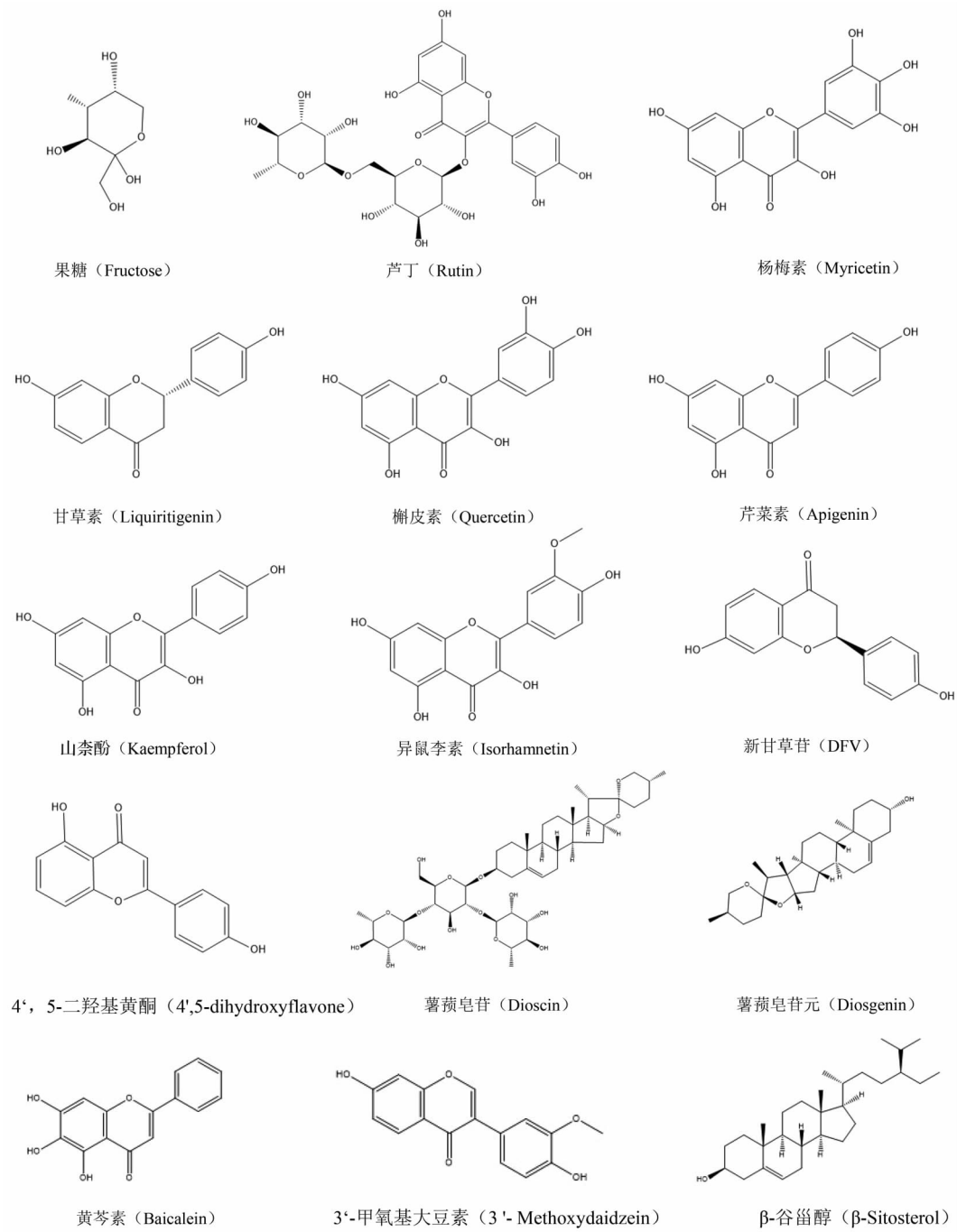


图 1 黄精 Q - marker 结构式

的体外抗氧化活性，结果显示随着蒸制次数的增加，皂苷、黄酮、酚类物质的含量呈上升趋势，黄精的ABTS、DPPH和FRAP自由基清除和还原力逐渐提高，九蒸九晒处理显著提高了黄精的抗氧化活性。任晋乐等[55]比较了11种地理标志黄精的抗氧化活性，对地理标志黄精抗氧化活性和抗氧化物质进行综合评价，认为总酚、总黄酮、还原糖和总皂苷是影响黄精抗氧化活性的重要成分。基于上述，可将黄精多糖、黄酮、皂苷、酚类作为黄精质量标志物的重要参考依据。

2.6 基于网络药理学的Q-Marker预测分析 孙宇等[56]基于中药系统药理学数据库分析平台(Traditional Chinese Medicine Systems Pharmacology Database and Analysis Platform，TCMSP)，筛选出新甘草苷、4′,5-二羟基黄酮、β-谷甾醇、黄芩素、薯蓣皂苷元等8种治疗糖尿病的候选化合物，并构建蛋白-蛋白相互作用网络，发现AKT1、TP53、HIF1A等多个治疗糖尿病的靶点，为进一步开展黄精的相关实验和临床治疗奠定了基础。吴宇培等[57]基于网络药理学筛选出薯蓣皂苷元、3甲氧基大豆素、黄芩素、甘草素等12个防治肺结核的有效成分。WANG等[58]研究表明黄精具有多组分、多靶点、多途径的抗疲劳作用，其中对核心靶点E2F1具有直接作用的活性成分为丁香脂素-4-O-β-D-葡萄糖苷，甲基原薯蓣皂苷，苯丙烷糖苷。综上所述，新甘草苷、4′,5-二羟基黄酮、谷甾醇、黄芩素、薯蓣皂苷元、3′-甲氧基大豆素、β-谷甾醇等成分可以作为黄精的Q-Marker预测分析指标。

3 结语

黄精是我国常用的传统中药材，其化学成分复杂、药理作用广泛，现已被运用到医药、保健食品、化妆品等行业，市场应用前景广阔。但迄今为止，黄精的质量控制仍存在一些问题，质量控制指标专属性差且单一，很难全面评价黄精的品质。其次新鲜采挖的黄精易变质发霉，在储存和运输过程中很容易受到环境和人为因素的影响，导致黄精质量下降。再者黄精的分布范围广泛，不同地区之间的气候和种植方式不同导致其化学成分含量存在差异，需要通过规范的质量控制来保证黄精的质量稳定。因此，建立和完善科学的黄精质量控制体系，能够更好推动黄精的开发利用。本研究在概括黄精质量控制现状的基础上，从化学成分可测性、成分有效性、不同产区、不同加工方式、网络药理学、新的药效用途等方面对黄精的质量标志物进行了预测分析。建议将黄精多糖、果糖、新甘草苷、黄芩素、薯蓣皂苷、异鼠李素、β-谷甾醇、山柰酚、芦丁、槲皮素、甘草素等成分作为黄精质量标志物的参考(详见表2和图1)，为黄精的质量控制和科学研究提供理论依据。

参考文献

[1] 李蒙，陈曦，李宜航，等. 黄精多糖药理作用研究进展[J]. 中医药学报，2024，52(8)：95-101.
[2] 黄文娟，杨马进，彭腾，等. 炮制方法对黄精化学成分与药理作用影响研究进展[J]. 中国民族民间医药，2024，33(16)：67-73.
[3] CHEN N Y，DING Y Z，LI X，et al. Chemical structures and immunomodulatory activities of polysaccharides from polygonatum kingianum[J]. Int J Biol Macromol，2024，279(3)：135406.
[4] TANG X Y，XIE J，QIN Y，et al. Proteomic analysis reveals that polygonatum cyrtonema hua polysaccharide ameliorates mice muscle atrophy in chemotherapy-induced cachexia[J]. J Pharm Biomed Anal，2023，234：115533.
[5] XIA J B，MEI X Y，CHENG H，et al. The functional components of by-product resources from the aerial parts of polygonatum cyrtonema hua[J]. Agriculture，2023，13(9)：1820.
[6] HUANG Y Q，WANG Y T，DENG J，et al. Research on the anti-oxidant and anti-aging effects of polygonatum kingianum saponins in caenorhabditis elegans[J]. Heliyon，2024，10(15)：e35556.
[7] YANG J J，ZHAO S L，ZHANG X，et al. Polygonatum kingianum saponins delay cellular senescence through sasp down-regulation and prolong the healthy lifespan of caenorhabditis elegans by activating sir-2.1/autophagy[J]. Ind Crop Prod，2023，201：116903.
[8] XIAO J D，XIE L M，ZHENG B，et al. Polygonatum cyrtonema saponin supplementation ameliorated DSS-induced intestinal barrier injury via targeting the pi3k/akt/mtor-mediated autophagy/microbiota axis[J]. Food Biosci，2024，61：104727.
[9] LAI W W，NING Q，WANG G H，et al. Antitumor activity of polygonatum sibiricum polysaccharides[J]. Arch Pharm Res，2024，47(8-9)：696-708.
[10] 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，2020：366-367.
[11] 甘青霞. 蜜制黄精的炮制工艺和质量物质基础研究[D]. 成都：成都中医药大学，2021.
[12] 宋艺君，郭涛，周晓程. 不同产地黄精经不同方法炮制后多糖、5-羟甲基糠醛的含量变化[J]. 中国药房，2017，28(16)：2256-2258.
[13] 杜泽飞. 黄精的化学成分、炮制与结构修饰研究及黄精属植物系统发育分析[D]. 大理：大理大学，2020.
[14] HU Y，YIN M Z，BAI Y J，et al. An evaluation of traits，nutritional，and medicinal component quality of polygonatum cyrtonema hua and p. sibiricum red[J]. Front Plant Sci，2022，13：891775.
[15] LIU R，LU J，XING J Y，et al. Transcriptome and metabolome analyses revealing the potential mechanism of seed germination in polygonatum cyrtonema[J]. Sci Rep，2021，11(1)：12161.
[16] 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.
[17] 戴瑜婷，张雪燕，王艺璇，等. 黄芪的现代研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中国中药杂志，2022，47(7)：1754-1764.
[18] 梁炎丽，梁洁，孙正伊，等. 鸡血藤的质量控制现状及质量标志物预测分析[J]. 中华中医药学刊，2024，42(5)：125-130.
[19] 王天梅，王华磊，李丹丹，等. 不同炮制处理对多花黄精有效成分含量的影响[J]. 时珍国医国药，2022，33(4)：866-869.
[20] 徐胜，屈曾义，毕健丽，等. 基于BP-ANN优化提取HPLC特征图谱测定3种黄精辐照前后黄酮含量变化[J]. 食品工业科技，2021，42(5)：257-264.
[21] JIAN J，JIA L，ZHOU R R，et al. Simultaneous identification and dynamic analysis of saccharides during steam processing of rhizomes of polygonatum cyrtonema by hplc-qtof-ms/ms[J]. Molecules，2018，23(11)：2855.
[22] 詹慧慧. 基于糖类成分对黄精、玉竹炆法炮制质量分析研究

[D]. 南昌:江西中医药大学,2022.
[23] 戴万生,彭凯,邱斌,等. 滇黄精及其炮制品中皂苷类成分的薄层色谱研究[J]. 中国民族民间医药,2023,32(15):29 - 32.
[24] 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.
[25] CHEN X,TONG Y L,REN Z M,et al. Hypoglycemic mechanisms of polygonatum sibiricum polysaccharide in db/db mice via regulation of glycolysis/gluconeogenesis pathway and alteration of gut microbiota[J]. Heliyon,2023,9(4):e15484.
[26] GUI Y Y,ZHENG B,HUANG H R,et al. Protective effects of polysaccharides from polygonatum cyrtonema on the acute alcohol induced liver damage[J]. Food Biosci,2024,61:104879.
[27] WANG S Q,LI G,ZHANG X F,et al. Structural characterization and antioxidant activity of polygonatum sibiricum polysaccharides[J]. Carbohyd Polym,2022,291:119524.
[28] REN Y,SUN Y,LIAO Y Y,et al. Mechanisms of action and applications of polygonatum sibiricum polysaccharide at the intestinal mucosa barrier: a review[J]. Front Pharmacol,2024,15:1421607.
[29] 李昕燃. 生黄精、九制黄精及其复方抗抑郁药效与作用机制的初步研究[D]. 重庆:重庆医科大学,2022.
[30] 任群利,张信群,王苗,等. 黄精多糖对糖尿病小鼠降糖作用及肠道影响的研究[J]. 药学实践与服务,2022,40(6):510 - 514.
[31] 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.
[32] 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.
[33] 张佳鑫,梁思琪,肖强,等. 黄精总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性分析[J]. 湖北林业科技,2024,53(1):37 - 44.
[34] XU C F,XIA B H,ZHANG Z M,et al. Research progress in steroidal saponins from the genus polygonatum:chemical components,biosynthetic pathways and pharmacological effects[J]. Phytochemistry,2023,213:113731.
[35] GU X,ZHU L Y,XU Z Y,et al. Astragaloside iv and saponins of rhizoma polygonati cure cyclophosphamide - induced myelosuppression in lung adenocarcinoma via down - regulating mir - 142 - 3p[J]. Front Oncol,2021,11:630921.
[36] 苏为耿,赵永丰,吴兴兴,等. 不同种植模式及种植年限对滇黄精产量及品质的影响[J]. 西部林业科学,2022,51(5):113 - 117,126.
[37] 卢志华. 不同生长年限黄精功能成分及抗氧化性研究[J]. 辽宁林业科技,2021(2):37 - 39.
[38] 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.
[39] 吴国华,叶建华,周众灵,等. 不同生境和套种模式对多花黄精根茎主要成分含量的影响[J]. 浙江林业科技,2024,44(1):19 - 24.
[40] 戴万生,杨丽,邱斌,等. DPPH 法评价黄精及炮制品抗氧化活性方法的研究[J]. 辽宁中医杂志,2024,51(5):152 - 154,223.
[41] 胡嘉懿. 产业化蒸制过程中九华黄精的品质评价及降血糖作用差异研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2023.
[42] 杨敏敏. 不同炮制方法对滇黄精微观结构、化学成分及活性的影响[D]. 西安:陕西师范大学,2022.
[43] 盛柳青,陈欣怡,徐珊,等. 黄精不同炮制工艺研究及其产品质量分析[J]. 食品安全导刊,2021,9:133 - 134.
[44] 郭信东,袁小凤,杨昌贵,等. 黄精酒制后活性成分的变化研究[J]. 时珍国医国药,2022,33(6):1366 - 1368.
[45] 张海潮,郑浩英,曾瑛,等. 多花黄精炮制过程中主要成分的变化分析[J]. 广东化工,2021,48(17):5 - 6.
[46] ZHANG Q H,LIN X Y,SU W K. Study on the components changes of polysaccharides and saponins during nine steaming and drying of polygonatum sibiricum. [J]. J Sci Food Agr,2024,104(11):6862 - 6874.
[47] LI M,LIU Y M,ZHANG H N,et al. Anti - cancer potential of polysaccharide extracted from polygonatum sibiricum on hepg2 cells via cell cycle arrest and apoptosis[J]. Front Nutr,2022,9:938290.
[48] XIE Y,JIANG Z W,YANG R,et al. Polysaccharide - rich extract from polygonatum sibiricum protects hematopoiesis in bone marrow suppressed by triple negative breast cancer[J]. Biomed Pharmacother,2021,137:111338.
[49] FEI P,SUN Z Y,LIU X Y,et al. Antibacterial activity and mechanism of polygonatum sibiricum extract against bacillus cereus and its application in pasteurized milk[J]. Foodborne Pathog Dis,2024,21(3):160 - 167.
[50] SHEN F M,XIE P,LI C T,et al. Polysaccharides from polygonatum cyrtonema Hua reduce depression - like behavior in mice by inhibiting oxidative stress - calpain - 1 - nlrp3 signaling axis[J]. Oxid Med Cell Longev,2022:2566917.
[51] LIU B,TANG Y,SONG Z Y,et al. Polygonatum sibiricum f. delaroche polysaccharide ameliorates hfd - induced mouse obesity via regulation of lipid metabolism and inflammatory response[J]. Mol Med Rep,2021,24(1):1 - 10.
[52] CHEN W H,SHEN Z L,DONG W X,et al. Polygonatum sibiricum polysaccharide ameliorates skeletal muscle aging via mitochondria - associated membrane - mediated calcium homeostasis regulation[J]. Phytomedicine,2024,129:155567.
[53] 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.
[54] YAO X J,DENG Z Y,LI H Y,et al. Effect of processing cycles on the composition of polygonatum cyrtonema hua during nine - steam - nine - bask processing [J]. Food Biosci,2022,50(PA):102081.
[55] 任晋乐,栾明宝,邓欣,等. 11 种地理标志黄精活性成分及其抗氧化活性分析[J]. 浙江林业科技,2023,43(6):39 - 44.
[56] 孙宇,宋添力,肖强,等. 基于网络药理学探讨黄精治疗糖尿病的活性成分及作用机制[J]. 中国食物与营养,2023(6):1 - 7.
[57] 吴宇培,要辉,张雨晨,等. 基于网络药理学探讨黄精防治肺结核的作用及其机制[J]. 湖北科技学院学报(医学版),2023,37(5):404 - 411.
[58] WANG Z F,HU Y Q,WU Q G,et al. Virtual screening of potential anti - fatigue mechanism of polygonati rhizoma based on network pharmacology[J]. Comb Chem High T Scr,2019,22(9):612 - 624.