

黄精多糖及皂苷化学成分与药理活性研究进展



卿 崧^{1, 2, 3}, 范民霞^{1, 3, 4}, 陈桂林^{1, 2, 3, 4}, 胡光万^{1, 2, 3, 4}

1. 中国科学院武汉植物园/中国科学院植物种质创新与特色农业重点实验室 (武汉 430074)
2. 中国科学院大学 (北京 100049)
3. 中国科学院中-非联合研究中心 (武汉 430074)
4. 湖北江夏实验室 (武汉 430200)

【摘要】黄精是一种药食两用的草本植物,其主要活性成分包括黄精多糖和黄精皂苷等。其中,黄精多糖是一种杂糖,主要由葡萄糖、甘露糖、果糖、半乳糖醛酸、半乳糖、葡萄糖醛酸以及阿拉伯糖等单糖构成,具有抗氧化、增强免疫力、抗肿瘤、抗炎及抗病毒等功效。黄精皂苷主要包括甾体皂苷和三萜皂苷,具有抗炎、抗肿瘤、降血脂、降血糖和抗衰老等显著功效。近年来,随着人们对天然药用资源关注度的不断提升,黄精因其丰富的活性成分和多样的生物学效应,逐渐成为研究的热点。尽管相关研究不断增多,但目前尚缺乏对这两类成分系统、深入的总结与归纳。基于此,本文拟在现有研究成果的基础上,对黄精多糖和皂苷的研究进展进行整理与分析,以期为其进一步的基础研究及产业化应用提供理论支撑和参考依据。

【关键词】黄精;黄精多糖;黄精皂苷;化学成分;药理活性

【中图分类号】 R284; R285

【文献标识码】 A

Research progress on chemical composition and pharmacological activity of polysaccharides and saponins of *Polygonatum rhizoma*

QING Yu^{1,2,3}, FAN Minxia^{1,3,4}, CHEN Guilin^{1,2,3,4}, HU Guangwan^{1,2,3,4}

1. CAS Key Laboratory of Plant Germplasm Enhancement and Specialty Agriculture, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Sino-Africa Joint Research Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China
4. Hubei Jiangxia Laboratory, Wuhan 430200, China

Corresponding authors: CHEN Guilin, Email: glchen@wbpcas.cn; HU Guangwan, Email: guangwanhu@wbpcas.cn

【Abstract】 *Polygonatum rhizoma* is a herbaceous plant that can be used as both medicine and food. Its main active ingredients include *polygonatum rhizoma* polysaccharide and *polygonatum rhizoma* saponin. Among them, *polygonatum rhizoma* polysaccharide is a kind of miscellaneous sugar, mainly composed of monosaccharides such as glucose, mannose, fructose, galacturonic acid, galactose, glucuronic acid and arabinose, and has antioxidant, immune-enhancing, anti-tumor, anti-inflammatory and antiviral effects. *Polygonatum rhizoma* saponin mainly includes steroidal saponin and triterpenoid

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202501058

基金项目: 湖北省自然科学基金 (2022CFB450); 江夏实验室重点项目 (JXBS010)

通信作者: 陈桂林, 博士, 副研究员, 硕士研究生导师, Email: glchen@wbpcas.cn

胡光万, 博士, 研究员, 博士研究生导师, Email: guangwanhu@wbpcas.cn

saponin, which has significant effects such as anti-inflammatory, anti-tumor, hypolipidemic, hypoglycemic and anti-aging effects. In recent years, with the increasing attention paid to natural medicinal resources, *Polygonatum rhizoma* has gradually become a hot topic of research due to its rich active ingredients and diverse biological effects. Although relevant research is increasing, there is still a lack of systematic and in-depth summary and induction of these two types of components. Based on this, this paper intends to organize and analyze the research progress of *polygonatum rhizoma* polysaccharide and saponin on the basis of existing research results, in order to provide theoretical support and reference basis for their further basic research and industrial application.

【Keywords】 *Polygonatum rhizoma*; Polysaccharide of *Polygonatum rhizoma*; Saponin of *Polygonatum rhizoma*; Chemical composition; Pharmacological activity

黄精 (*Polygonatum rhizoma*)，是天门冬科 (Asparagaceae) 黄精属 (*Polygonatum* Mill) 药食两用的草本植物。黄精种类繁多，药效显著，药用历史悠久，在中医药体系中占据重要地位。《中国药典 (2020 年版)》中记载，黄精包括滇黄精 (*Polygonatum kingianum* Coll.et Hemsl)、黄精 (*Polygonatum sibiricum* Red) 和多花黄精 (*Polygonatum cyrtoneura* Hua)，其性平、味甘，具有补气养阴、健脾、润肺、益肾的功效^[1]。黄精始载于《神农本草经》，“以其得坤土之精粹”而得名^[2]，后于《名医别录》正名，并记载其无毒，主补中益气，安五脏，除风湿，延年不饥，久服轻身^[3]。

传统中医药学认为，黄精是一味具有补气养阴、健脾益肺和益肾填精等功效的珍稀中药材，能够有效应对燥嗽肺虚、脾胃虚弱、力乏体疲、精血虚亏、腰膝酸软以及食欲不振等症状^[1]。现代药理研究表明，黄精富含多种化学成分，如多糖、皂苷、黄酮和生物碱等，能够营养神经、调节免疫力、降脂降糖、保护骨骼、增强记忆力、杀菌消炎、延缓衰老以及防癌等^[4]。目前，多糖和皂苷仍是黄精领域的研究热点，但相关化学成分、药理活性及临床应用的文献比较分散，本文拟在现有研究成果的基础上，对其研究进展进行综述，以期为其进一步的基础研究及产业化应用提供理论支撑和参考依据。

1 黄精的主要化学成分

1.1 黄精多糖

研究表明，多糖是黄精中含量最高的生物活性成分，占比 13.02%~18.44%^[5]，也是黄精化学成分的研究焦点和品质评估的核心指标。调查发现，黄精多糖中单糖分子包括阿拉伯糖 (arabinose,

Ara)、半乳糖 (galactose, Gal)、半乳糖醛酸 (galacturonic acid, GalA)、鼠李糖 (rhamnose, Rha)、甘露糖 (mannose, Man)、果糖 (fructose, Fruo)、葡萄糖 (glucose, Glu)、葡萄糖醛酸 (glucuronic acid, GluA) 和木糖 (xylose, Xyl) 等^[6]。然而，因黄精品种多样，导致其单糖组成和多糖含量存在明显差异，其中黄精的多糖含量最高。近年来，已有 14 种黄精多糖成功分离并鉴定 (表 1)，并确定其结构包括果聚糖、葡甘露聚糖、半乳聚糖、阿拉伯半乳聚糖和甘露半乳聚糖等 (图 1)^[13]。鉴于黄精多糖的多样性和复杂性，其化学结构可通过单糖成分、糖苷键、糖链结构、分子质量和糖构象等方面表征，但由于多糖分离提取方法的不同，其糖链结构也有所不同，且黄精多糖高阶结构的研究仍处于初步探索阶段。未来，黄精多糖化学结构分析的研究趋势是借助计算机整合黄精多糖的 X 单晶衍射、二维核磁共振谱和刚果红测定数据，模拟黄精多糖的空间构象分布。

1.2 黄精皂苷

黄精的第二大活性成分为黄精皂苷，其含量介于 1.82%~6.49%^[5]，主要由甾体皂苷和三萜皂苷两大类构成^[14]。甾体皂苷的基本骨架是由 27 个碳原子组成，是由皂苷元与糖类进行缩合而成的螺甾烷类化合物，其中，皂苷元为螺甾烷类衍生物，甾体皂苷主要分为螺甾烷醇类 (spirostanols)、异螺甾烷醇类 (isospirostanols) 和呋甾烷醇类 (furostanols) 等。当前，从黄精中已分离鉴定出甾体皂苷：螺甾烷醇类和异螺甾烷醇类 67 种 (1~67)，呋甾烷醇类 26 种 (67~93)，孕甾烷类和植物甾醇类 7 种 (94~100)，其中新发现的甾体皂苷成分 40 余种^[15]。三萜皂苷是一类由三萜皂苷元和糖类通过化学键链接而成的化

表1 黄精多糖类成分
Table 1. Polysaccharide components from Polygonatum rhizoma

序号	多糖化合物	单糖组成	品种	材料来源	参考文献
1	PSP	Fruo : Glc	滇黄精	云南大理	[7]
2	PSP1	Man : Glc : Gal	黄精	天江药业公司	[8]
3	PSP2	Rha : Glc : Gal : Xyl	黄精	天江药业公司	[8]
4	PSP3	Gal : Rha : Man : Glc : Xyl	黄精	天江药业公司	[8]
5	PSP4	Gal : Rha : Man : Xyl	黄精	天江药业公司	[8]
6	PSP-1a	Gal : Ara : Rha : Xyl : Glc	黄精	湖南怀化	[9]
7	PSPC	Rha : Ara : Man : Glc : Gal : GalA	滇黄精	陕西制药公司	[10]
8	PSPW	Rha : Ara : Man : Gal : GalA	滇黄精	陕西制药公司	[10]
9	PCP1	Ara : Gal : Glc : Man : GluA : GalA	多花黄精	安徽九华山	[11]
10	PCP2	Ara : Gal : Glc : Man : Xyl : GluA : GalA	多花黄精	安徽九华山	[11]
11	PCP3	Ara : Gal : Glc : Man : Xyl : GluA : GalA	多花黄精	安徽九华山	[11]
12	PCP4	Ara : Gal : Glc : Man : Xyl : GluA : GalA	多花黄精	安徽九华山	[11]
13	PKPs-1	Glc : Man : GalA : Gal : GluA : Ara	多花黄精	安徽九华山	[11]
14	P-2、3、4	Glc : Gal : Ara : Xyl : Rha : GluA : Fruo : Glc	黄精	安徽亳州	[12]

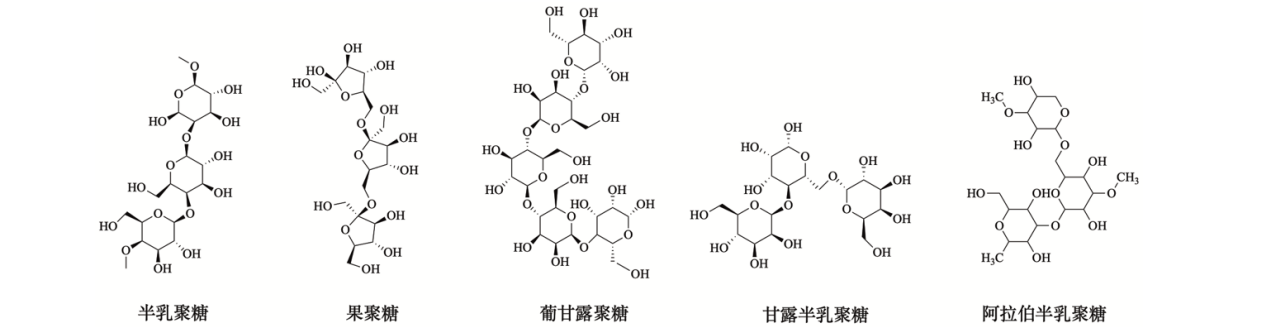


图1 黄精多糖化学结构的组成片段

Figure 1. Compositional fragmentations of the chemical structures of polysaccharide from Polygonatum rhizoma

合物,其基本结构由6个异戊二烯单位组成,其中,皂苷元为三萜类化合物^[16]。黄精三萜皂苷(16种)主要包括四环三萜(102~103)和五环三萜类皂苷(104~116)(图2~图5和表2)。

2 黄精多糖及皂苷的药理活性

黄精自古以来食药同源,其药用价值和保健作用得到了越来越多的证实。近年来,已有研究表明黄精化学成分丰富,药理活性显著^[36]。

2.1 黄精多糖的药理活性

2.1.1 免疫调节

黄精多糖已被普遍证实能够调节机体免疫力的功效。有研究证实,黄精多糖中的半乳糖与鼠李糖成分,能显著提升RAW264.7巨噬细胞的吞噬活性,使T细胞与B细胞的增殖反应及腹膜巨噬细胞的吞噬能力增强^[37]。黄精茶饮品体外细胞实验表明,黄精多糖具有促进RAW264.7巨噬细胞增殖的作用,激发其吞噬中性红的能力^[38]。小鼠体内实验表明,黄精多糖能强化小鼠巨噬细胞

与脾淋巴细胞的免疫功能,促进巨噬细胞分泌肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)与白细胞介素(interleukin, IL)-6,脾淋巴细胞分泌IL-2与干扰素- γ (IFN- γ),进而全面提升机体的免疫防御能力^[39]。此外,张雪等^[40]通过评估中性粒细胞数量来探究多花黄精多糖对斑马鱼免疫抑制模型的免疫调节作用,结果显示,均一多糖PCP-1组的中性粒细胞增长到93.9%,具有显著的免疫调节效果。因此,黄精多糖可作为免疫调节保健品及免疫增强佐剂进行深入开发利用,并应用于临床医学中。

2.1.2 抗氧化和抗衰老

黄精多糖具有极好的抗氧化性能,能有效清除自由基,缓解氧化应激引起的损伤,保护细胞免遭氧化损害,进而有助于延缓老化进程及预防相关慢性疾病。黄精粗多糖(crude polysaccharide of polygahatous, CPP)的自由基清除效能评估发现,不同浓度CPP都能够有效清除1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-

picrylhydrazyl radical, DPPH) 自由基和抑制 $\cdot\text{OH}$ 的产生, CPP 在体外环境下, 具备一定的抗氧化能力^[41]。体外细胞模型研究发现, 多花黄精多糖对 Kelch 样 ECH 关联蛋白 1/核因子 E2 相关因子 2 (Kelch-like ECH-associated protein 1/nuclear factor erythroid 2-related factor 2, Keap1/Nrf2) 信号通路产生作用, 可强化巨噬细胞在氧化低密度脂蛋白 (oxidized low-density lipoprotein, Ox-LDL) 刺激下的总抗氧化能力 (total antioxidant

capacity, T-AOC), 降低丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 的含量, 提升超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 和谷胱甘肽过氧化物酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px) 的酶活力, 黄精多糖的抗氧化功效得以证实^[42]。陈杨杨等^[43]通过对疲劳雌小鼠胃灌黄精制品和生品发现, 模型小鼠脾脏与肾脏中 SOD 活性得到明显提升, 而 MDA 含量则显著下降, 进一步证明了黄精在提升抗氧化能力及延缓衰老方面的积极作用。

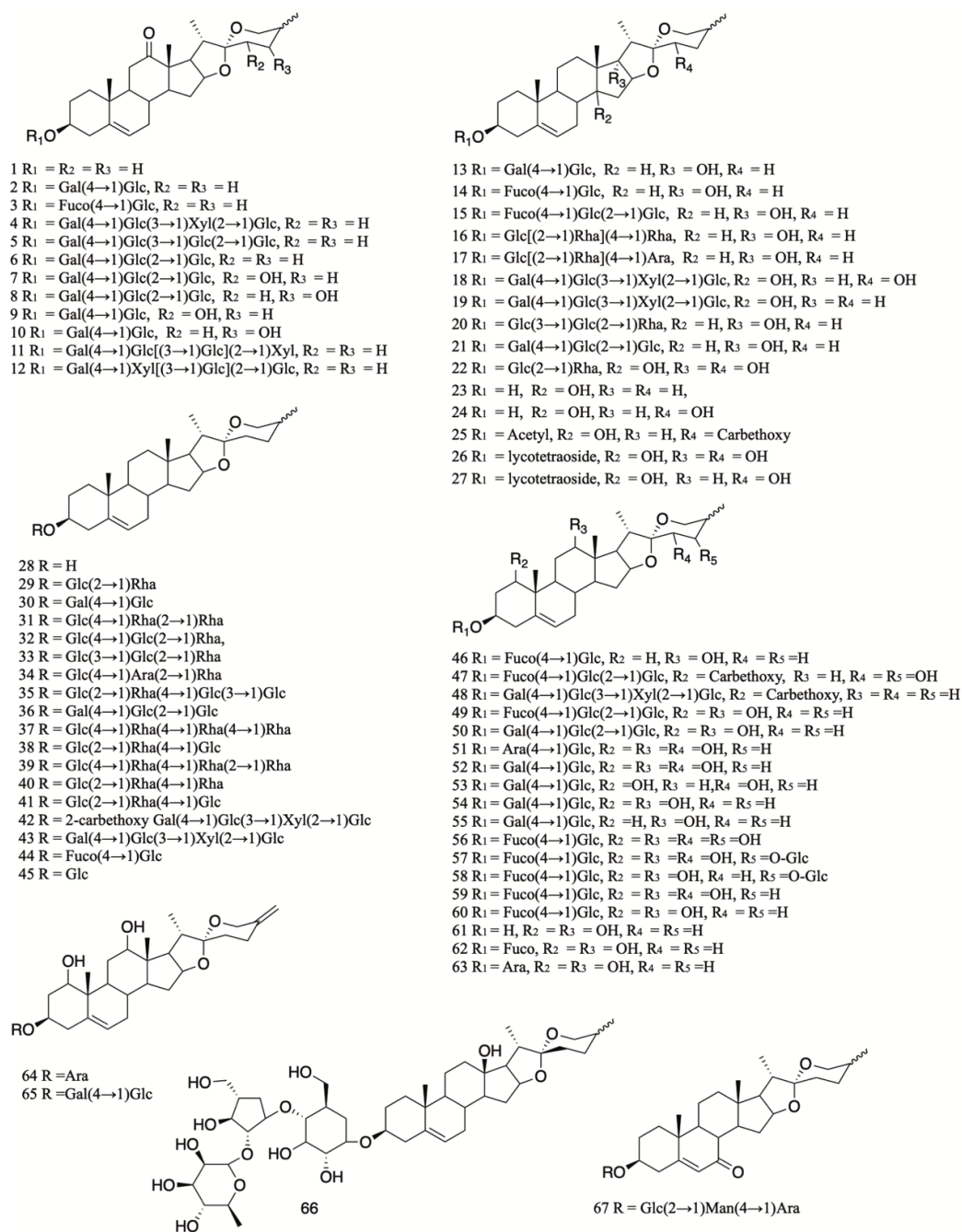


图2 黄精螺甾烷类和异螺甾烷类甾体皂苷结构图

Figure 2. Structures of the spirostanols and isospirostanols steroidal saponins of *Polygonatum rhizoma*

注: Acetyl: 乙酰基; Carbethoxy: 羧基; lycotetraoside: 石蒜四糖甙。

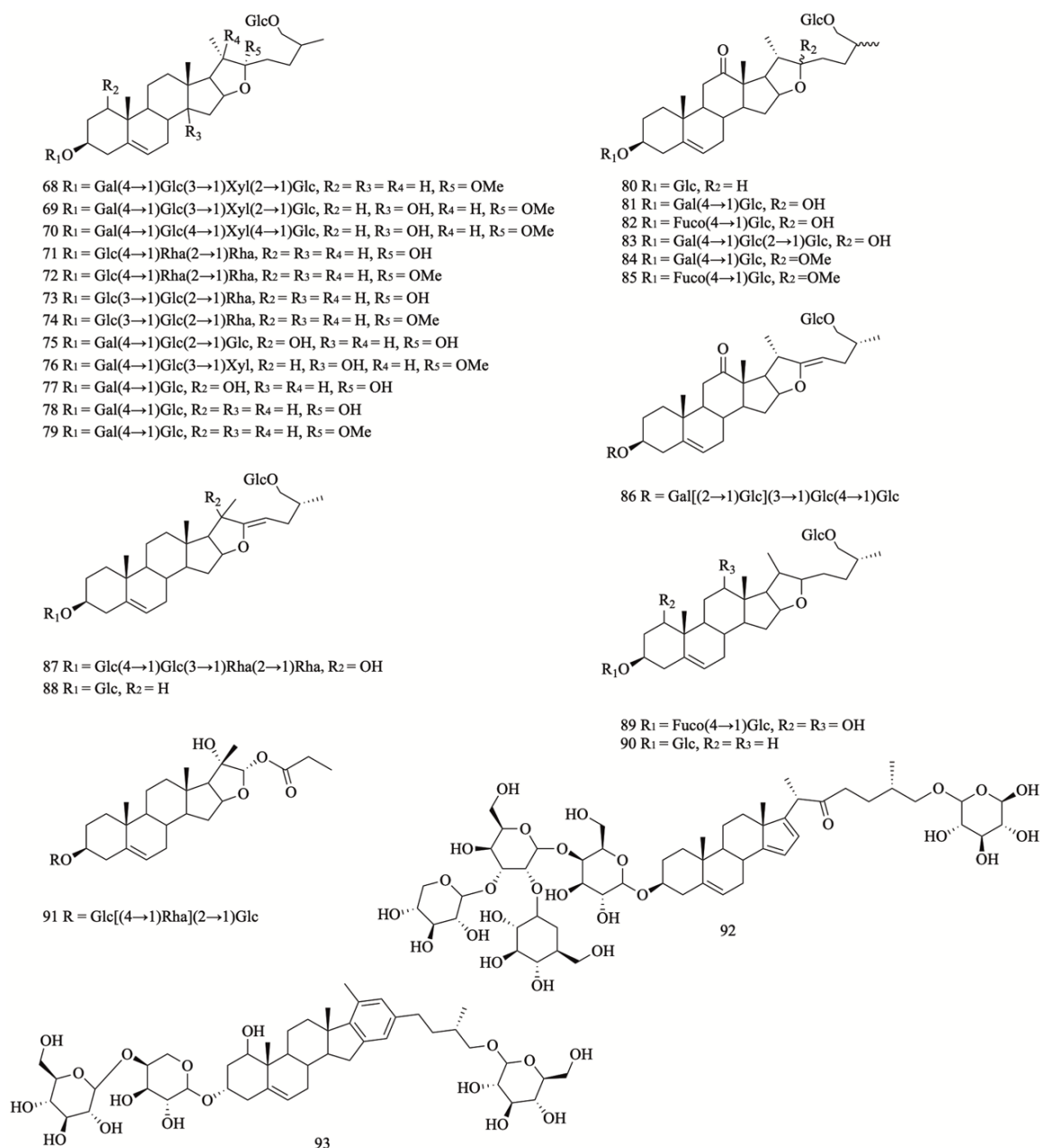


图3 黄精呋甾烷类甾体皂苷结构图

Figure 3. Structures of the furostanols steroidal saponins of *Polygonatum rhizoma*

注: OMe: 氧甲基。

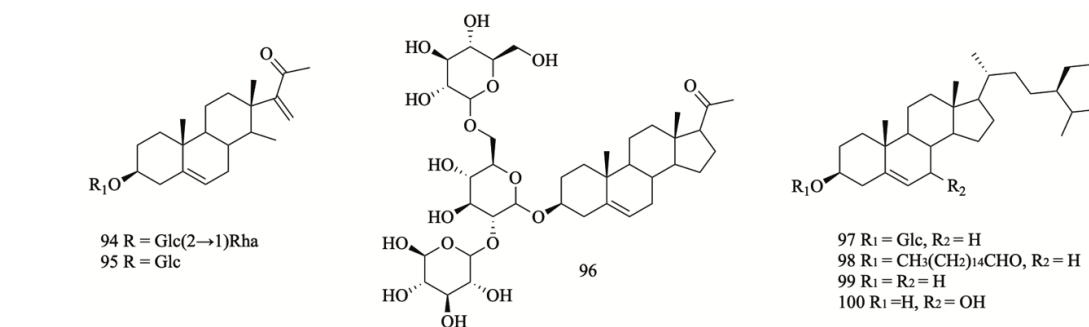


图4 黄精孕甾烷类和植物甾醇类甾体皂苷结构图

Figure 4. Structures of the pregnane and phytosterol steroidal saponins of *Polygonatum rhizoma*

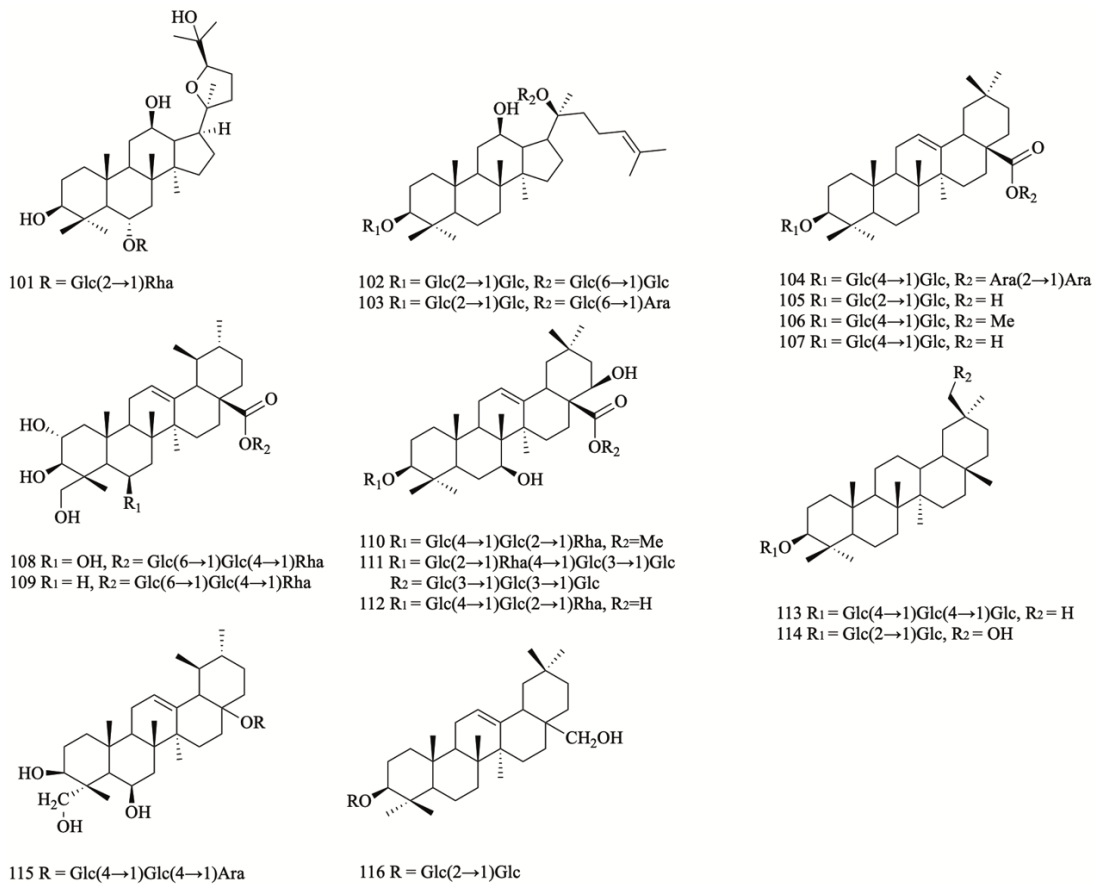


图5 黄精三萜皂苷类化合物结构图

Figure 5. Structures of triterpenoid saponins of Polygonatum rhizoma

注：Me：甲基。

表2 黄精皂苷类成分

Table 2. Saponins components from Polygonatum rhizoma

序号	化合物名称	品种	参考文献
1	(25 <i>R</i> / <i>S</i>)-3-β-hydroxy-spirost-5-en-12-one	多花黄精	[17]
2	(25 <i>R</i> / <i>S</i>)spirostan-5-en-12-one-3- <i>O</i> - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)- <i>O</i> -[β- <i>D</i> -xylopranosyl-(1→3)]- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	多花黄精	[17]
3	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-[β- <i>D</i> -xylopranosyl-(1→3)]- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	多花黄精	[17]
4	(3β, 25 <i>R</i>)-spirost-5-en-12-one-3-[<i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)- <i>O</i> -[β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→3)]- <i>O</i> -β- <i>D</i> -xylopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranosyl]-oxy]	多花黄精	[17]
5	(25 <i>R</i> / <i>S</i>)-5-en-spirostan-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranose-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[18]
6	saponin Tb	滇黄精	[18]
7	纤细薯蓣皂苷 (Gracillin)	滇黄精	[18]
8	saponin Pa	滇黄精	[18]
9	saponin Pb	滇黄精	[18]
10	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β-ol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→3)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[18-19]
11	(25 <i>R</i>)-5-en-spirostan-3β, 23α-diol-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranose-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[19]
12	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyransyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranoside	滇黄精	[19]
13	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -arabinofuranosyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranoside	滇黄精	[19]

续表2

序号	化合物名称	品种	参考文献
14	(25 <i>R</i>)-5-en-spirostan-3β, 23 <i>S</i> -diol-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[19]
15	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→3)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranoside	滇黄精	[19]
16	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[19]
17	(3β, 25 <i>R</i>)-7-oxospirost-5-en-3-yl-α- <i>L</i> -arabinofuranosyl-(1→4)-[6-deoxy-α- <i>L</i> -mannopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -fucopyranosyl	滇黄精	[19]
18	薯蓣皂苷 (dioscin)	黄精、滇黄精	[18–20]
19	薯蓣皂苷元 (diosgenin)	黄精	[20]
20	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β-ol-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)-[β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)]-β- <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[20]
21	滇黄精苷B (Kingianoside B)	滇黄精	[21]
22	(25 <i>R/S</i>)-5-en-spirostan-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranose-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[21]
23	(25 <i>R/S</i>)-spirostan-5-en-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)- <i>O</i> -[β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→3)]- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	多花黄精	[22]
24	(25 <i>R/S</i>)-3-β-hydroxyspirost-5-en-12-one (huangjingenin)	花黄精、黄精	[22–23]
25	(25 <i>S</i>)-spirost-5-en-3β-ol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -pyranofucosides	黄精	[23]
26	延龄草苷 (Trillin)	黄精	[23]
27	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[23]
28	(25 <i>R/S</i>)-spirost-5-en-3β, 12β-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	黄精	[23]
29	huangjinoside G	黄精	[23]
30	huangjinoside H	黄精	[23]
31	huangjinoside I	黄精	[23]
32	huangjinoside K	黄精	[23]
33	huangjinoside L	黄精	[23]
34	huangjinoside F	黄精	[23]
35	huangjinoside M	黄精	[23]
36	huangjinoside N	黄精	[23]
37	huangjinoside O	黄精	[23]
38	huangjinoside J	黄精	[23]
39	huangjinoside E	黄精	[23]
40	huangjingenin D	黄精	[23]
41	huangjingenin C	黄精	[23]
42	huangjingenin A	黄精	[23]
43	huangjingenin B	黄精	[23]
44	(24 <i>S</i> , 25 <i>R</i>)-3β,24-dihydroxy-spirostan-5-en-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[24]
45	(25 <i>R/S</i>)-spirost-5-en-3β-ol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	黄精	[24]
46	新西伯利亚蓼苷A (neosibiricoside A)	黄精	[24]
47	新西伯利亚蓼苷B (neosibiricoside B)	黄精	[24]
48	新西伯利亚蓼苷C (neosibiricoside C)	黄精	[24]
49	(24 <i>S</i> , 25 <i>R</i>)-3β, 24-dihydroxy-spirostan-5-en-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[25]
50	麦冬皂苷C' (ophiopogoninC')	滇黄精	[25]
51	polygonatoside C1	滇黄精	[25]
52	(25 <i>R/S</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -fucopyranosyl	黄精	[26]
53	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3β, 17α-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -fucopyranosyl	黄精	[26]
54	(25 <i>R/S</i>)-spirost-5-en-3β, 12β-diol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -fucopyranosyl	黄精	[26]

续表2

序号	化合物名称	品种	参考文献
55	sibirigenin-3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	黄精	[26]
56	(25 <i>S</i>)-aspidistrin	黄精	[27]
57	西伯利亚蓼苷B (sibiricoside B)	黄精	[27]
58	neoprazerigenin A 3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	黄精	[27]
59	neoprazerigenin A	黄精	[27]
60	(23 <i>S</i> , 25 <i>R</i>)-spirost-5-ene-3β, 14α, 23-ttiol	黄精	[27]
61	neoprazerigenin A-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -lycotetraosid	滇黄精	[27]
62	3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin	黄精	[28]
63	(25 <i>R/S</i>)-spirost-5-en-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	黄精	[28]
64	(3β, 23 <i>S</i> , 25 <i>R</i>)-3, 23-diacetate, spirost-5-ene-3, 14, 23-triol	黄精	[28]
65	3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin	黄精	[29]
66	3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)]-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin	黄精	[29]
67	22-hydroxy-25-(<i>R</i>)-furosta-5-en-12-one-3β, 22, 26-triol-26- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside	滇黄精	[18]
75	(25 <i>R/S</i>)-滇黄精苷F [(25 <i>R/S</i>)-kingianoside F]	滇黄精	[19-20, 30]
68	(25 <i>R</i>)-26-β- <i>D</i> -glucopyranosyloxy-3β, 22-methoxyfurost-5-en-3-yl-4- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl	滇黄精	[21]
69	(3β, 25 <i>R</i>)-furost-5-en-12-one, 3-[(4- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-β- <i>D</i> -galactopyranosy) oxy]-26-(β- <i>D</i> -glucopyranosyloxy)-22-methoxy	滇黄精	[21]
70	(3β, 25 <i>R</i>)-furost-5-en-12-one,3-[(6-deoxy-4- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-β- <i>D</i> -galactopyranosyl) oxy]-26-(β- <i>D</i> -glucopyranosyloxy)-22-methoxy	滇黄精	[21]
71	(25 <i>R/S</i>)-滇黄精苷C [(25 <i>R/S</i>)-kingianoside C]	滇黄精	[21, 31]
72	(25 <i>R/S</i>)-滇黄精苷D [(25 <i>R/S</i>)-kingianoside D]	滇黄精	[21, 31]
73	滇黄精苷Z (kingianoside Z)	滇黄精	[21, 32]
74	(25 <i>R</i>)-26- <i>O</i> -β-glucopyranosyl-3β, 22-diol-25-(<i>R</i>)-furosta-5-en-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranose-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	滇黄精	[22]
76	原薯蓣皂苷 (protodioscin)	黄精	[23]
77	甲基原薯蓣皂苷 (methyl Protodioscin)	黄精	[23]
78	原纤细薯蓣皂苷 (protogracillin)	黄精	[23]
79	甲基原纤细薯蓣皂苷 (methyl protodioscin)	黄精	[23]
80	polygonoide A	黄精	[23]
81	polygonoide B	黄精	[23]
82	huangjinoside P	黄精	[23]
83	huangjinoside Q	黄精	[23]
84	huangjinoside R	黄精	[23]
85	26- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranose-3β, 26-diol-(25 <i>R</i>)-Δ5, 20(22)-diene-furanost-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[23]
86	26- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranose-3β, 26-diol-(25 <i>R</i>)-Δ5, 22(23)-diene-furost-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[23]
87	26- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranose-22-methoxy-25-(<i>S</i>)-furosta-5-en-3β, 14α, 26-triol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-[β- <i>D</i> -xylopyranosyl-(1→3)]-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	黄精	[26]
88	(25 <i>R/S</i>)-26-(β-glucopyranosyl)-22-methylfurost-5-en-3β, 14α, 26-triol-3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	黄精	[27]
89	西伯利亚蓼苷A (sibiricoside A)	黄精	[27]
90	sibiricogenin-3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	黄精	[27]
91	(25 <i>R/S</i>)-hydroxylwattinoside C	滇黄精	[32]
92	(25 <i>R/S</i>)-滇黄精苷E [(25 <i>R/S</i>)-kingianoside E]	滇黄精	[30, 32]
93	3β-[(<i>O</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl)oxy]-pregna-5,16-dien-20-one	黄精	[23]
94	3β-[(<i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl) oxy]-pregna-5,16-dien-20-one	黄精	[23]
95	pregn-5-en-3β-ol-20-one-3- <i>O</i> -bis-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2,1→6)-β- <i>D</i> -glucopyranoside	黄精	[23]
96	daucosterol	黄精、滇黄精、 花黄精	[23]
97	palmitic acid-3β-sitosterol ester	滇黄精	[23]
98	β-sitosterol	黄精、花黄精	[23]
99	stigmast-5-en-3β, 7α(β)-diol	黄精	[23]
100	人参皂苷Rb ₁ (ginsenosideRb ₁)	滇黄精	[18]

续表2

序号	化合物名称	品种	参考文献
101	伪人参皂苷F ₁₁ (pseudoginsenoside F ₁₁)	滇黄精	[23]
102	人参皂苷Re (ginsenosideRe)	滇黄精	[25]
103	polygonoide D	黄精	[18]
104	polygonoide E	黄精	[18]
105	polygonoide C	黄精	[18]
106	3β-hydroxy-(3→1)-glucose-(4→1)glucose-(28→1)-arabinose-(2→1)arabinose-oleanolic acid	黄精	[23]
107	3β-hydroxy-(3→1)-glucose-(2→1)glucose-oleanolic acid	黄精	[23]
108	3β-hydroxy-(3→1)-glucose-(4→1)-glucose-oleanane	黄精	[23]
109	3β, 30β-dihydroxy-(3→1)-glucose-(2→1)-glucose-oleanane	黄精	[23]
110	羟基积雪草苷 (madecassoside)	黄精	[23]
111	积雪草苷 (asiaticoside)	黄精	[23]
112	3-O-α-L-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-D-glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranosyl-3β, 7β, 22β-trihydroxy-oleanolic acid methyl ester	黄精	[33-34]
113	3-O-α-L-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-D-glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranosyl-3β, 7β, 22β-trihydroxy-oleanolic acid	黄精	[33-34]
114	3β, 6β-(OH) ₂ -(28→1)glucose-(6→1)-glucose-(4→1)-arabinose-ursanal	黄精	[35]
115	3β-hydroxy-28-hydroxymethy-(3→1)-glucose-(2→1)-oleanane	黄精	[35]

2.1.3 抗糖尿病和降血脂

研究发现, I 型糖尿病小鼠经多花黄精粗多糖治疗后, 小鼠的血糖水平出现显著下降, 且血清中的天门冬氨酸氨基转移酶 (aspartate aminotransferase, AST)、丙氨酸氨基转移酶 (alanine aminotransferase, ALT) 含量、肝脏指数以及高分子激肽原 (high molecular weight kininogen, HK)、激肽释放酶原 (prekallikarein, PK) 活性均有所下降, 表明黄精多糖能够改善脂肪变性并增强肝糖原的储存能力 [44]。公惠玲等 [45] 研究揭示黄精多糖通过降低天冬氨酸特异性的半胱氨酸蛋白水解酶 3 (Caspase-3) 表达水平, 有效防止胰岛细胞的凋亡和促进胰岛素的表达水平, 能显著控制 I 型糖尿病大鼠的血糖水平。张晓灿等 [46] 发现滇黄精中的总多糖和均一多糖均能显著抑制 II 型糖尿病小鼠的空腹血糖水平, 减少甘油三酯 (triglyceride, TG)、总胆固醇 (total cholesterol, TC) 及低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 的含量, 从而对肾脏和胰腺的损伤起到缓解作用。此外, 黄精多糖还被证实, 对过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (peroxisome proliferator-activated receptor gamma, PPARγ) 具有激活作用, 能够缩小细胞体积, 提高脂肪因子水平, 促进脂肪细胞分化, 缓解肝细胞脂肪变性, 提升高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 水平, 改善机体脂代谢失衡

状态 [47], 降低 MDA 含量, 显著增强 SOD 活性。综上, 黄精多糖在糖尿病的治疗和脂代谢调节方面具有广阔的应用前景。

2.1.4 抗癌

研究表明, 黄精对多种肿瘤细胞类型, 如肺癌、胃癌、前列腺癌及食管鳞状细胞癌, 均有显著的抑制作用。余静等 [48] 通过研究揭示黄精通过调控 DNA 拓扑异构酶 II-α 来实现其抗胃癌功效, 在 382 个差异表达基因中, 其中有 6 个 Hub 基因对于黄精发挥抗胃癌效应至关重要。

2.1.5 抗抑郁

韦震等 [49] 研究发现, 黄精多糖能够提升抑郁小鼠的神经递质水平、减轻炎症反应, 调节色氨酸 (tryptophan, TRP) 代谢作用, 提高小鼠脑部神经递质浓度, 防止神经毒性物质生成以达到预防抑郁的目的。Shen 等 [50] 的研究则指出, 黄精多糖能够有效对抗慢性不可预知温和应激法 (chronic unpredictable mild stress, CUMS) 引发的 Nrf2 和 NLR 家族 Pyrin 域蛋白 3 (NLR family, pyrin domain containing protein 3, NLRP3) 信号通路的变化和钙蛋白酶系统失衡, 进而减轻抑郁行为。

2.1.6 抑制骨质疏松

有研究初步证实了黄精多糖在改善机体骨质疏松症状的应用潜力, 其通过抑制骨髓巨噬细胞向破骨细胞分化, 促进骨髓间充质干细胞

向成骨细胞分化,并缓解由脂多糖引发的颅骨骨溶解现象达到预防骨质疏松的目的^[51-52]。陆诗等^[53]则表明黄精多糖可通过调控 Wnt/ β -连环蛋白(β -catenin)信号通路中 β -catenin的表达水平,增强脂肪干细胞(adipose derived stem cells in osteoporosis mice, OP-ASCs)向成骨分化的能力。彭小明^[54]发现,黄精多糖能够诱导骨髓间充质干细胞(bone marrow mesenchymal stem cells, BMSCs)细胞内糖原合成酶激酶-3 β (glycogen synthase kinase-3 beta, GSK-3 β)蛋白发生磷酸化而失活,增强 T 细胞因子/淋巴增强因子家族(T-cell factor/lymphoid enhancer factor family, Tcf/Lef)介导的转录活性,增加细胞核内 β -catenin 蛋白浓度,促进 BMSCs 向成骨细胞分化,并在低密度脂蛋白受体相关蛋白 5(low density lipoprotein receptor-related protein 5, LRP5)基因缺陷小鼠中诱导骨髓间充质干细胞分化为成骨细胞。

2.1.7 抗炎、抗菌和抗病毒

黄精多糖具备调控炎症通路及抑制炎症因子表达的能力,能够有效控制体内的炎症反应,对 I 型糖尿病大鼠心肌具有保护作用^[55]。李玲^[56]从黄精中分离提取了 4 种多糖成分,在体外实验条件下,均能抑制脾淋巴细胞分泌 TNF- α ,显示了一定的抗炎活性。此外,黄精还具备抗菌与抗病毒的特性。研究发现,黄精提取物能够破坏菌体细胞壁与细胞膜的完整性,导致核酸、碱性磷酸酶等大分子物质外泄而失活,由此有效抑制细菌的生长、繁殖^[57]。因此,对金黄色葡萄球菌、藤黄球菌和大肠杆菌有着显著的抑制效果^[58]。从黄精中分离纯化的植物蛋白—黄精凝集素 II(Polygonatum cyrtoneura Hua. Lectin II, PCL II),对人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)展现出明显的抑制作用^[59]。研究结果表明,在不影响非洲绿猴肾细胞存活的浓度范围内,黄精多糖对单纯疱疹病毒 1 型(Stoker 株)和 2 型(包括 333 株和 Sav 株)展现出显著的抑制活性^[60]。

2.1.8 其他

凝血酶时间(thrombin time, TT)、凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)是凝血途径的关键参数。研究发现,多花

黄精多糖能够延长 APTT 和 TT,且延长效果与抗凝血活性成正相关,对 PT 则无影响,表明黄精多糖是通过内源性凝血途径和共同凝血途径发挥其抗凝血作用^[56]。张峰等^[61]与刘露露等^[62]发现黄精多糖能够显著提升 SOD 和 GSH-Px 的酶活性,有效控制小鼠脑组织中的 MDA 生成,刘露露的研究还进一步证实,黄精多糖通过减轻海马 CA1 区神经元的损伤,从而强化了小鼠的学习记忆能力。黄精多糖的药理活性见表 3。

2.2 黄精皂苷的药理活性

2.2.1 降血糖

除了黄精多糖,黄精皂苷也可作为一种天然且稳定的降血糖营养成分,其可通过加快外周组织对葡萄糖的利用以及糖的生成,具有显著的降血糖效果可用来辅助治疗小鼠 II 型糖尿病^[63]。黄精皂苷的降血糖作用,主要通过降低 α -淀粉酶及葡萄糖苷转移酶的活性来实现,其降糖效果与对照药物二甲双胍相当^[64]。在滇黄精总皂苷浓度 4 mg/mL 的条件下,对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制具有显著效果^[65]。Qi 等^[66]的研究指出,黄精中降血糖活性最强的成分为三萜类皂苷化合物。

2.2.2 抗抑郁

近期研究表明,黄精皂苷能有效增加脑内单胺类神经递质的含量,如 5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)、多巴胺(dopamine, DA)和去甲肾上腺素(norepinephrine, NE)等,改善抑郁症小鼠行为障碍,在抗抑郁领域展现出了独特疗效^[67]。Huang 等^[68]则表示黄精皂苷对抑郁症病情的调控是通过调节抑郁模型大鼠机体内微量元素(铜、锰、镁、锌)的平衡状态来实现的。黄精总皂苷同样能够通过减少脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)的表达量,抑制酪氨酸激酶 B(tyrosine kinase B, Trk B)的活性,达到减轻应激诱导的细胞损伤的效果^[64]。抑郁发病的关键机制涉及 5-羟色胺 1A 受体(5-hydroxytryptamine 1A receptor, 5-HT1AR)及 β -抑制蛋白 2/蛋白激酶 B(β -arrestin2/Akt)信号传导通路的异常,而黄精总皂苷(400、200、100 mg/kg)能显著逆转异常,发挥抗抑郁作用^[69]。

2.2.3 改善记忆力

东莨菪碱属于莨菪烷类的一种生物碱,其作

用机制在于通过阻断膈 – 海马神经通路对前脑胆碱能系统产生抑制作用，影响短期记忆；同时也对大脑皮层胆碱能系统造成影响，对长期记忆产生负面影响^[70]。黄精皂苷能削弱东莨菪碱对毒蕈碱型受体（M 受体）所产生的竞争性拮抗效果，

促进胆碱能神经系统的功能强化，最终对记忆能力的提升产生积极影响^[71]。皂苷类活性成分之所以能够增强记忆力，在于其能够优化海马区的突触结构，精细调控突触结构相关蛋白的表达水平，并对轴突与树突的生长进行调节^[72]。

表3 黄精多糖的药理活性
Table 3. Pharmacologic activities of polysaccharide from Polygonatum rhizoma

药理活性	作用原理	参考文献
免疫调节	RAW264.7巨噬细胞活性 ↑，T细胞、B细胞增殖 ↑，腹膜巨噬细胞的吞噬功能 ↑	[37–38]
	淋巴细胞和巨噬细胞免疫活性 ↑，吞噬中性红的能力 ↑，IFN-γ ↑，IL-2 ↑	[39]
	中性粒细胞数目 ↑	[40]
抗氧化	清除DPPH自由基，抑制 ·OH 的产生	[41]
	Ox-LDL ↑，T-AOC水平 ↑，GSH-Px和SOD酶活性 ↑，MDA含量 ↓	[42]
抗衰老	SOD活力 ↑，MDA含量 ↓	[43]
抗糖尿病	肝脏指数 ↓，AST、ALT水平 ↓，HK、PK酶活力 ↓	[44]
	Caspase-3表达 ↓，胰岛细胞凋亡 ↓，胰岛素表达 ↑	[45]
	TC、TG、LDL水平 ↓，肾脏和胰腺的破坏 ↓	[46]
降血脂	HDL-C ↑，SOD活性 ↑，MDA含量 ↓	[47]
抗癌	调控TOP2A抗胃癌的分子机制	[48]
抗抑郁	神经递质水平 ↑，炎症 ↓，调节TRP代谢作用，神经毒性物质产生 ↓	[49]
	对抗CUMS引发的Nrf2和NLRP3信号通路的变化和钙蛋白酶系统失衡	[50]
抑制骨质疏松	巨噬细胞向破骨细胞分化成熟 ↓，脂多糖诱导的颅骨骨溶解 ↓	[51]
	骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化 ↑	[52]
	OP-ASCs成骨分化能力 ↑	[53]
	GSK-3β蛋白活性 ↓，Tcf/Lef介导的转录活性 ↑，细胞核内β-catenin蛋白浓度 ↑，BMSCs成骨细胞分化 ↑	[54]
抗炎	脾淋巴细胞体外分泌TNF-α ↓	[56]
抗菌	破坏菌细胞壁和细胞膜完整性	[57]
	抑制金黄色葡萄球菌、藤黄球菌和大肠杆菌	[58]
抗病毒	PCL II蛋白抑制HIV	[59]
	抑制单纯疱疹病毒。	[60]
抗凝血	APTT ↑，TT ↑，内源性凝血途径和共同凝血途径	[56]
改善记忆力	脑组织SOD的酶活力 ↑，GSH-Px ↑，MDA生成 ↓	[61]
	海马CA1区神经元损伤程度 ↓	[62]

注：↑ 升高；↓ 降低。

2.2.4 调节免疫力

黄精皂苷对免疫系统相关疾病也具有一定的治疗效果^[73]。其调节免疫应答的机制在于通过辅助性T细胞（Th 细胞）的介导作用，具体可分为由 Th1 细胞和巨噬细胞所驱动的特异性免疫应答（细胞免疫）和由 Th2 细胞驱动的抗体介导的免疫应答（体液免疫）。皂苷类成分能增强 Th 细胞对抗原刺激的灵敏度，促进体液与细胞免疫的双重增强^[74]。据研究表明，黄精皂苷能加速树突状细胞的成熟过程，由成熟的树突状细胞释放的 IL-12，能够诱导未成熟 T 细胞分化成 Th1 型，触发免疫刺激效应^[75]。黄精皂苷对于抑郁模型大

鼠的胸腺与脾脏指数具有提升效果，能够提升血清中免疫球蛋白含量和 IL-2 的水平，从而增强其免疫功能，但具体的作用机制仍需深入探究^[76]。

2.2.5 调节心脑血管

研究表明，心脑血管系统的健康状况、高血压、血脂异常和急性冠状动脉综合征等多种疾病的发生都与体内组织因子水平的异常升高密切相关^[77]。因此，有效治疗心血管疾病的策略是抑制组织因子的活化，以实现治疗目的。黄精皂苷元对组织因子响应能力有着显著的抑制作用，预示着其具有作为组织因子抑制剂的潜力^[78]。黄精皂苷对心脑血管调节功能的理论基础涵盖两方面：

一是甾体皂苷抑制钙依赖性磷酸二酯酶的活性；二是总甾体皂苷具备强大的自由基清除能力。皂苷类化合物通过调节血管平滑肌细胞中的钾、钠离子通道，促进血管舒张与活性，进而实现对心脑血管系统的调节^[79]。随着对黄精皂苷展开深入探索，将为利用天然产物作为膳食补充剂以及开发心血管疾病潜在治疗药物提供有力支持。

2.2.6 抗炎、抑菌和抗病毒

在生物学与医学领域内，抗炎、抗菌及抗病毒作用占据着举足轻重的地位。当炎症反应启动时，局部会大量产生一氧化氮（nitric oxide，NO），进而对机体构成损害，不同种类的黄精甾体皂苷化合物在抑制 NO 生成存在显著差异性^[80]。黄精甾体皂苷在体外实验中，通过抑制核因子-κB（nuclear factor-κB，NF-κB）及丝裂原

活化蛋白激酶（mitogen-activated protein kinases，MAPKs）信号通路，表现出显著的抗炎效果^[81]。有研究表明，黄精甾体皂苷能够与菌膜上的胆固醇结合形成复合物，使得螺旋甾烷醇皂苷类表现出较强的抗菌能力^[82]。王冬梅等^[83]分离出的总甾体皂苷及特定的2种甾体皂苷化合物（C₄₅H₇₂O₁₆和C₃₉H₆₂O₁₂）对植物病原菌的抑制作用更强。相比之下，薯蓣苷元在抑制细菌方面的表现更为突出。Pang 等^[84]从黄精中分离提取出的一种特定皂苷（C₅₇H₉₄O₃₀）对甲型流感病毒表现出明显的抑制作用。郑虎占等^[85]的研究发现特定的皂苷化合物，如3-糖基化薯蓣皂苷等化合物，具有抑制RNA病毒的能力，特别是当薯蓣皂苷含有（1-4）、（1-3）或（1-2）连接的β糖链结构时，其抗病毒活性更强。黄精皂苷的药理活性见表4。

表4 黄精皂苷的药理活性
Table 4. Pharmacologic activities of saponins from Polygonatum rhizoma

药理活性	作用原理	参考文献
降血糖	葡萄糖基转移酶活性↓，α-淀粉酶活性↓ α-葡萄糖苷酶活性↓	[64] [65]
抗抑郁	单胺类神经递质（5-HT↑，DA↑，NE↑） 调节机体内微量元素（Cu、Mn、Mg、Zn）的水平 Trk B活性↓，BDNF含量↓	[66] [67] [64]
改善记忆力	保持5-HT1AR及β-arrestin2-akt信号通路正常 受体M竞争性拮抗↓，胆碱能神经系统的功能↑	[69] [71]
调节免疫力	优化海马区的突触结构，调控突触相关蛋白的表达，调节轴突与树突的生长 Th细胞抗原反应活性↑，体液和细胞介导的免疫↑ 树突状细胞的成熟↑，IL-12↑	[72] [74] [75]
调节心脑血管	胸腺和脾脏指数↑，血清免疫球蛋白↑，IL-2↑ 抑制组织因子 调节血管平滑肌细胞上的钾、钠离子通道，使血管活性↑	[76] [77-78] [79]
抗炎	抑制NO的生成 抑制NF-κB、MAPKs信号通路	[80] [81]
抑菌	抑制甲型流感	[84]
抗病毒	抗RNA病毒	[85]

注：↑升高；↓降低。

3 黄精的临床应用

黄精多糖和皂苷是黄精的主要有效成分，对代谢性疾病、神经系统疾病及肿瘤疾病等多种疾病都有治疗作用，在临床医学实践中有良好的应用前景。但是，黄精多糖和皂苷在临床运用中主要聚焦于含有黄精成分的中药复方，通过挑选适宜的药物，合理配伍，结合中医辨证论治原则，旨在实现更佳的治疗成效^[86-88]。例如，黄精在临床实践中能够治疗动脉粥样硬化、原发性高血压、改善记忆力、慢性胃炎、小儿脾疳、皮肤病等症状，

也可以利用黄精开发具有调节血糖血脂^[89-91]、抗衰老损伤^[92-94]、改善肝肾功能^[95-97]等功效的保健食品。但是，关于黄精多糖和皂苷的临床制剂较少。文献报道证实黄精多糖制剂-灭毒灵滴眼液，临床用于治疗单纯疱疹性角膜炎，疗效显著且不良反应少^[98]。目前，黄精的药理活性已得到深入探讨，其多种药理活性在中药复方的疗效研究中获得了相应的验证。然而，对于黄精相关作用机制的研究尚不清晰，一定程度上限制了黄精在药物制剂领域的广泛应。

4 结语

本文综述了近年来黄精多糖和黄精皂苷的化学成分、提取技术、药理活性和临床应用等方面的研究进展。随着研究的不断深入,黄精的化学成分以及药用潜能的探索日益丰富。其中,黄精多糖与皂苷的提取方法及药理效应的研究已积累丰富成果,然而,对其药理作用机制的探讨尚显浅显,且缺乏权威性的结论。此外,黄精富含多种营养成分,药理作用常呈现交互性,但关于黄精多糖、皂苷与其他活性成分间相互作用的研究仍显不足。尽管黄精皂苷的研究已日趋完善,其在临床医疗与食品商业化生产中的应用仍较为有限^[99]。在当今社会,随着人们对饮食健康的关注度日益提升,绿色健康产品的研发已成为备受全球瞩目的议题。而药食两用的生物资源是绿色健康产品开发的重要宝库。黄精自古以来便以其药用与食用价值广受认可,展现出良好的研发潜力。因此,未来黄精多糖与黄精皂苷领域的研究前景广阔,具有巨大的发展潜力^[100]。

参考文献

- 1 中国药典 2020 年版.一部[S]. 2020: 319–320.
- 2 佚名.尚志钧,校注.神农本草经[M].北京:学苑出版社, 2008: 29–38.
- 3 梁·陶弘景,著.尚志钧,校注.名医别录[M].北京:人民卫生出版社,1986: 23.
- 4 李彦力,苏艺,袁晚晴,等.黄精主要活性成分、功能及其作用机制研究进展[J].现代食品科技,2023,39(12): 354–363. [Li YL, Su Y, Yuan WQ, et al. Advances in characterizing the main active components, functions, and mechanisms of *Polygonatum* species[J]. Modern Food Science & Technology, 2023, 39(12): 354–363.] DOI: 10.13982/j.mfst.1673–9078.2023.12.1564.
- 5 陈婷,黄斌,杨超,等.黄精炮制前后化学成分变化研究[J].山东化工,2021,50(1): 103–104. [Chen T, Huang B, Yang C, et al. Study on chemical composition changes of *Polygonatum sibiricum* before and after processing[J]. Shandong Chemical Industry, 2021, 50(1): 103–104.] DOI: 10.3969/j.issn.1008–021X.2021.01.042.
- 6 马佳丽,蒋殷盈,蒋福升,等.九蒸九制多花黄精炮制过程变化研究[J].浙江中医药大学学报,2020,44(5): 480–485. [Ma JL, Jiang YY, Jiang FS, et al. Study on the changes of "Nine–steam–nine–bask" of *Polygonatum cyrtoneura*[J]. Journal of Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 44(5): 480–485.] DOI: 10.16466/j.issn1005–5509.2020.05.018.
- 7 Li R, Tao A, Yang R, et al. Structural characterization, hypoglycemic effects and antidiabetic mechanism of a novel polysaccharides from *Polygonatum kingianum* Coll. et Hems[J]. Biomed Pharmacother, 2020, 131: 110687. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110687.
- 8 Wang Y, Liu N, Xue X, et al. Purification, structural characterization and *in vivo* immunoregulatory activity of a novel polysaccharide from *Polygonatum sibiricum*[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 160: 688–694. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.245.
- 9 王艳,董鹏,金晨钟,等.黄精多糖组成及其抗氧化活性分析[J].基因组学与应用生物学,2019,38(5): 2191–2199. [Wang Y, Dong P, Jin CZ, et al. Analysis on composition of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide and its anti-oxidant activity[J]. Genomics and Applied Biology, 2019, 38(5): 2191–2199.] DOI: 10.13417/j.gab.038.002191.
- 10 Sun T, Zhang H, Li Y, et al. Physicochemical properties and immunological activities of polysaccharides from both crude and wine-processed *Polygonatum sibiricum*[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 143: 255–264. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.11.166.
- 11 Wang K, Yue Y, Tang F, et al. Sequential extraction and structural analysis of polysaccharides from *Polygonatum cyrtoneura* Hua[J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26: 364–369. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-TRCW201403016.htm.
- 12 Zhang H, Cai XT, Tian QH, et al. Microwave assisted degradation of polysaccharide from *Polygonatum sibiricum* and antioxidant activity[J]. J Food Sci, 2019, 84(4): 754–761. DOI: 10.1111/1750–3841.14449.
- 13 章笑寒,施凯允,金文闻,等.黄精多糖检测研究进展[J].植物生理学报,2024,60(9): 1390–1400. [Zhang XH, Shi KY, Jin WW, et al. Advances in *Polygonatum* polysaccharides determination[J]. Plant Physiology Communications, 2024, 60(9): 1390–1400.] DOI: 10.13592/j.cnki.ppj.300289.
- 14 翟玉凤,丁兰,余叶敏,等.黄精皂苷的化学成分、生物合成及药理作用研究进展[J].中国农学通报,2024,40(29): 21–30. [Zhai YF, Ding L, Yu YM, et al. The chemical constituents, biological synthesis and pharmacological effects of the genus *Polygonatum* saponins: a review[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2024, 40(29): 21–30.] DOI: 10.11924/j.issn.1000–6850.casb2024–0141.
- 15 Zhao L, Xu C, Zhou W, et al. *Polygonatum* rhizoma with the homology of medicine and food: a review of ethnopharmacology, botany, phytochemistry, pharmacology and applications[J]. J Ethnopharmacol, 2023, 309: 116296. DOI: 10.1016/j.jep.2023.116296.
- 16 刘晨星,曹艳,夏其乐.多花黄精根须皂苷的提取工艺及其抗氧化活性研究[J].浙江农业学报,2024,36(5): 1144–1152. [Liu CX, Cao Y, Xia QL. Study on the extraction processing and antioxidant activities of saponins from *Polygonatum cyrtoneura* hua roots[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2024, 36(5): 1144–1152.] DOI: 10.3969/j.issn.1004–1524.20230718.
- 17 宁火华,袁铭铭,邬秋萍,等.多花黄精化学成分分离鉴定[J].中国实验方剂学杂志,2018,24(22): 77–82. [Ning HH, Yuan MM, Wu QP, et al. Identification of chemical constituents from *Polygonatum cyrtoneura*[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2018, 24(22): 77–82.] DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20181912.
- 18 Yu HS, Ma BP, Song XB, et al. Two new steroidal saponins from the processed *Polygonatum kingianum*[J]. Helvetica Chimica Acta,

- 2010, 93(6): 1086–1092. DOI: [10.1002/hlca.200900308](https://doi.org/10.1002/hlca.200900308).
- 19 Yu HS, Zhang J, Kang LP, et al. Three new saponins from the fresh rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2009, 57(1): 1–4. DOI: [10.1248/cpb.57.1](https://doi.org/10.1248/cpb.57.1).
- 20 唐翩翩, 徐德平. 黄精中甾体皂苷的分离与结构鉴定 [J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(4): 34–37. [Tang PP, Xu DP. Isolation and structure determination of steroidal saponin from *Polygonati rhizoma*[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2008, 27(4): 34–37.] DOI: [10.3321/j.issn:1673-1689.2008.04.008](https://doi.org/10.3321/j.issn:1673-1689.2008.04.008).
- 21 Li XC, Yang CR, Ichikawa M, et al. Steroid saponins from *Polygonatum kingianum*[J]. Phytochemistry, 1992, 31(10): 3559–3563. DOI: [10.1016/0031-9422\(92\)83727-g](https://doi.org/10.1016/0031-9422(92)83727-g).
- 22 Ma K, Huang X, Kong L. Steroidal saponins from *Polygonatum cyrtoneura*[J]. Chem of Nat Compd, 2013, 49: 888–891. DOI: [10.1007/s10600-013-0770-2](https://doi.org/10.1007/s10600-013-0770-2).
- 23 任洪民, 邓亚玲, 张金莲, 等. 药用黄精炮制的历史沿革、化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(17): 4163–4182. [Ren HM, Deng YL, Zhang JL, et al. Research progress on processing history evolution, chemical components and pharmacological effects of *Polygonati rhizoma*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(17): 4163–4182.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20200522.601](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20200522.601).
- 24 Ahn MJ, Kim CY, Yoon KD, et al. Steroidal saponins from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum*[J]. J Nat Prod, 2006, 69(3): 360–364. DOI: [10.1021/np050394d](https://doi.org/10.1021/np050394d).
- 25 Yu HS, Ma BP, Kang LP, et al. Saponins from the processed rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2009, 57(9): 1011–1014. DOI: [10.1248/cpb.57.1011](https://doi.org/10.1248/cpb.57.1011).
- 26 Tang C, Yu YM, Qi QL, et al. Steroidal saponins from the rhizome of *Polygonatum sibiricum*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2019, 21(3): 197–206. DOI: [10.1080/10286020.2018.1478815](https://doi.org/10.1080/10286020.2018.1478815).
- 27 Son KH, Do JC, Kang SS. Steroid saponins from the rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. J Nat Prod, 1990, 53(2): 333–339. DOI: [10.1021/np50068a010](https://doi.org/10.1021/np50068a010).
- 28 陈辉, 冯珊珊, 孙彦君, 等. 3 种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2015, 46(15): 2329–2338. [Chen H, Feng SS, Sun YJ, et al. Advances in studies on chemical constituents of three medicinal plants from *Polygonatum* Mill. and their pharmacological activities[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2015, 46(15): 2329–2338.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2015.15.025](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2015.15.025).
- 29 Xu DP, Hu CY, Zhang Y. Two new steroidal saponins from the rhizome of *Polygonatum sibiricum*[J]. Nat Prod Res, 2009, 11(1): 1–6. DOI: [10.1080/10286020802513681](https://doi.org/10.1080/10286020802513681).
- 30 Zhang J, Ma BP, Kang LP, et al. Furostanol saponins from the fresh rhizomes of *Polygonatum kingianum*[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2006, 54(7): 931–935. DOI: [10.1248/cpb.54.931](https://doi.org/10.1248/cpb.54.931).
- 31 张洁. 滇黄精化学成分的研究 [D]. 郑州: 河南中医学院, 2006. DOI: [10.7666/d.y896879](https://doi.org/10.7666/d.y896879).
- 32 Zhang HY, Hu WC, Ma GX, et al. A new steroidal saponin from *Polygonatum sibiricum*[J]. J Asian Nat Prod Res. 2018, 20(6): 586–592. DOI: [10.1080/10286020.2017.1351436](https://doi.org/10.1080/10286020.2017.1351436).
- 33 李洁, 王喻淇, 梅晓丹, 等. 固相萃取结合 UHPLC–LTQ–Orbitrap MS 分析黄精发酵前后的化学成分 [J]. 中草药, 2019, 50(13): 3029–3036, 3043. [Li J, Wang YQ, Mei XD, et al. Characterization of chemical constituents in aqueous extracts and fermentation broth from *Polygonati rhizoma* by UHPLC–LTQ–Orbitrap MS combined with solid phase extraction[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(13): 3029–3036, 3043.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2019.13.006](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2019.13.006).
- 34 Hu CY, Xu DP, Wu YM, et al. Triterpenoid saponins from the rhizome of *Polygonatum sibiricum*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2010, 12(9): 801–808. DOI: [10.1080/10286020.2010.505562](https://doi.org/10.1080/10286020.2010.505562).
- 35 齐斌. 黄精降血糖活性成分的提取、分离及结构鉴定 [D]. 江苏无锡: 江南大学, 2005. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10295-2005104908.htm>.
- 36 杜浩, 朱响, 王树明, 等. 滇黄精研究进展 [J]. 热带农业科技, 2024, 47(2): 50–56. [Du H, Zhu X, Wang SM, et al. The progress in research of *Polygonatum kingianum*[J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2024, 47(2): 50–56.] DOI: [10.16005/j.cnki.tast.2024.02.010](https://doi.org/10.16005/j.cnki.tast.2024.02.010).
- 37 Liu N, Dong ZH, Zhu XS, et al. Characterization and protective effect of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide against cyclophosphamide-induced immunosuppression in Balb/c mice[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 107: 796–802. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2017.09.051](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.051).
- 38 杨迎, 侯婷婷, 王成, 等. 黄精茶饮的制备工艺及其免疫调节作用研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(21): 7083–7090. [Yang Y, Hou TT, Wang C, et al. Study on preparation technology and immunomodulatory effect of *Polygonatum cyrtoneura* Hua–Keemum black tea drink[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(21): 7083–7090.] DOI: [10.19812/j.cnki.jfsq.11-5956/ts.2022.21.029](https://doi.org/10.19812/j.cnki.jfsq.11-5956/ts.2022.21.029).
- 39 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. [Yu SW, Zhang Y, Tian HL, et al. Effects of crude polysaccharide from *Polygonatum sibiricum* on the immune activity of mouse spleen lymphocytes and macrophages cultured in vitro[J]. Journal of Medical Science Yanbian University, 2019, 42(2): 107–110.] DOI: [10.16068/j.1000-1824.2019.02.008](https://doi.org/10.16068/j.1000-1824.2019.02.008).
- 40 张雪, 赵苑伶, 陈林珍, 等. 基于斑马鱼模型探究多花黄精多糖的免疫调节作用 [J]. 世界中医药, 2023, 18(6): 761–765, 772. [Zhang X, Zhao YL, Chen LZ, et al. Immune function regulation of *Polygonatum cyrtoneura* Hua polysaccharides based on zebrafish model[J]. World Chinese Medicine, 2023, 18(6): 761–765, 772.] DOI: [10.3969/j.issn.1673-7202.2023.06.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-7202.2023.06.004).
- 41 王海燕, 钦润泽, 郭磊磊, 等. 基于质量源于设计 (QbD) 理念优化黄精粗多糖制备工艺及抗氧化活性检测 [J]. 饲料工业, 2024, 45(22): 105–113. [Wang HY, Qin RZ, Guo LL, et al. Optimization preparation process of crude polysaccharides of *Polygonati rhizoma* based on QbD concept and antioxidant activity detection[J]. Feed Industry, 2024, 45(22): 105–113.] DOI: [10.13302/j.cnki.f.2024.22.015](https://doi.org/10.13302/j.cnki.f.2024.22.015).
- 42 郭安君, 李雪影, 李晓炜, 等. 多花黄精多糖提取工艺优化

- 及抗氧化机制研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2024, 47(5): 678–684. [Guo AJ, Li XY, Li XW, et al. Optimization of extraction process and antioxidant mechanism of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua polysaccharides[J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2024, 47(5): 678–684.] DOI: 10.3969/j.issn.1003-5060.2024.05.016.
- 43 陈杨杨, 胡慧玲, 奉关妹, 等. 多花黄精炮制前后对游泳力竭小鼠抗疲劳抗氧化的影响[J]. 中药药理与临床, 2021, 37(2): 92–96. [Chen YY, Hu HL, Feng GM, et al. Anti-Fatigue and anti-oxidant effects of crude and processed *Polygonatum cyrtoneuma* on exhaustive swimming mice[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2021, 37(2): 92–96.] DOI: 10.13412/j.cnki.zyyl.2021.02.011.
- 44 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. [Xu J, Wang QL, Yu NJ, et al. Comparative study on the hypoglycemic effect of crude polysaccharides from raw materials and nine-steam-nine-bask processing *Polygonati rhizoma*[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2022, 37(1): 391–394.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/Ch9QZXJpb2RpY2FsQ0hJTmV3UzIwMjUwMTE2MTYzNjE0Eg96Z3I5eGlyMDIyMDEwOTIaCHA4bG1tZTV6>.
- 45 公惠玲, 李卫平, 尹艳艳, 等. 黄精多糖对链脲菌素糖尿病大鼠降血糖作用及其机制探讨[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1149–1154. [Gong HL, Li WP, Yin YY, et al. Hypoglycemic activity and mechanism of polygona-polysaccharose on diabetic rat model[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(9): 1149–1154.] DOI: 10.3321/j.issn:1001-5302.2009.09.023.
- 46 张晓灿, 段宝忠, 陶爱恩, 等. 云南道地药材滇黄精中多糖抗 2 型糖尿病作用研究[J]. 中国民族民间医药, 2022, 31(12): 19–24. [Zhang XC, Duan BZ, Tao AE, et al. Antidiabetic effect of polysaccharides from *Polygonatum kingianum* in streptozotocin-induced diabetic mice[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2022, 31(12): 19–24.] DOI: 10.3969/j.issn.1007-8517.2022.12.zgmzmjyzz202212007.
- 47 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. DOI: CNKI:CDMD:2.1017.163808.
- 48 余静, 刘启伟, 阚红星, 等. 黄精通过调控拓扑异构酶 II- α 抗胃癌的分子机制研究[J]. 安徽中医药大学学报, 2024, 43(5): 72–78. [Yu J, Liu QW, Kan HX, et al. Molecular mechanism of the Anti-gastric cancer effect of *Polygonatum sibiricum* by regulating topoisomerase II Alpha[J]. Journal of Anhui University of Chinese Medicine, 2024, 43(5): 72–78.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-7246.2024.05.016.
- 49 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. [Wei Z, Song HB, An FP, et al. Protective effects and mechanism of polysaccharide from *Polygonati rhizoma* on behavioral despair mice[J]. Food Industry Science and Technology, 2022, 43(6): 351–357.] DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060137.
- 50 Shen FM, Xie P, Li CT, et al. Polysaccharides from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua reduce depression-like behavior in mice by inhibiting oxidative stress-calpain-1-NLRP3 signaling axis[J]. Oxid Med Cell Longev, 2022, 2022: 2566917. DOI: 10.1155/2022/2566917.
- 51 何基琛, 宗少晖, 曾高峰, 等. 黄精多糖对 RANKL 诱导骨髓巨噬细胞向破骨细胞分化及体内骨吸收功能的影响[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(20): 3117–3122. [He JC, Zong SH, Zeng GH, et al. *Polygonatum sibiricum* polysaccharide attenuates bone marrow-derived macrophages to differentiate into osteoclasts and protects against lipopolysaccharide-induced osteolysis in vivo[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2017, 21(20): 3117–3122.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2017.20.001.
- 52 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. DOI: 10.7666/d.D01000196.
- 53 陆诗, 何清明, 娄方芝, 等. 黄精多糖干预骨质疏松小鼠脂肪干细胞成骨分化的实验研究[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(2): 157–163. [Lu S, He QM, Lou FZ, et al. Effect of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides on osteogenic differentiation of adipose derived stem cells in osteoporosis mice[J]. Journal of Oral Science Research, 2022, 38(2): 157–163.] DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2022.02.013.
- 54 彭小明. 黄精多糖通过 GSK-3 β / 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. DOI: 10.7666/d.Y3245533.
- 55 陈婷婷. 黄精多糖对糖尿病大鼠心肌炎症的影响[D]. 辽宁锦州: 锦州医科大学, 2016. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10160-1016174914.htm>.
- 56 李玲. 连续制备的多花黄精多糖的理化性质及活性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018. DOI: 10.7666/d.Y3474199.
- 57 张建萍, 巫永华, 师聪, 等. 黄精提取物的抗菌活性研究[J]. 食品科技, 2019, 44(7): 273–276. [Zhang JP, Wu YH, Shi C, et al. Antibacterial activity of *Polygonatum sibiricum* extracts[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(7): 273–276.] DOI: 10.13684/j.cnki.spkj.2019.07.044.
- 58 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. [Li ZT, Sun JX, Zhu HX, et al. Extracting of *Polygonatum* polysaccharides and its antimicrobial activity[J]. Food Research and Development, 2017, 38(15): 36–38.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2017.15.008.
- 59 鲍锦库, 吴传芳, 安洁, 等. 黄精凝集素 II 蛋白在制备治疗或预防艾滋病的药中的应用: 中国专利, CN100388948C[P]. 2008–05–21.
- 60 辜红梅, 蒙义文, 蒲蕾. 黄精多糖的抗单纯疱疹病毒作用[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 21–23. [Gu HM, Meng YW, Pu Q. Polysaccharide from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua against herpes simplex virus in vitro[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2003, 9(1): 21–23.] DOI: 10.3321/j.issn:1006-687X.2003.01.005.
- 61 张峰, 张继国, 王丽华, 等. 黄精多糖对东莨菪碱致小鼠记忆获得障碍的改善作用[J]. 现代中西医结合杂志, 2007, 16(36): 5410–5412. [Zhang F, Zhang JG, Wang LH, et al. Effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide on mice

- with learning and memory acquisition impairment induced by scopolamine[J]. *Modern Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine*, 2007, 16(36): 5410–5412.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-8849.2007.36.007](#).
- 62 刘露露, 李洪宇, 苑广信. 黄精多糖对 D-半乳糖诱导衰老小鼠学习和记忆水平的影响[J]. *北华大学学报(自然科学版)*, 2021, 22(2): 192–197. [Liu LL, Li HY, Yuan GX. Effect of Polygonatum Sibiricum polysaccharides on learning and memory in D-galactose-induced aging mice[J]. *Journal of Beihua University (Natural Science)*, 2021, 22(2): 192–197.] DOI: [10.11713/j.issn.1009-4822.2021.02.010](#).
 - 63 庞红霞, 崔婧, 范桂强, 等. 黄精皂苷提取条件的 Design-Expert 优化及其降血糖效果初步研究[J]. *中国药师*, 2018, 21(9): 1531–1534, 1546. [Pang HX, Cui J, Fan GQ, et al. Extraction optimization of saponin from Polygonatum sibiricum by design-expert and preliminary study on its hypoglycemic effect[J]. *China Pharmacist*, 2018, 21(9): 1531–1534, 1546.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-049X.2018.09.006](#).
 - 64 祝凌丽. 黄精总皂苷的提取条件的优化及其对慢性应激抑郁模型大鼠行为学的影响及其可能机制[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2010. DOI: [10.7666/d.D128784](#).
 - 65 陆建美, 闫鸿丽, 王艳芳, 等. 滇黄精及其活性成分群对 α -糖苷酶活性抑制作用研究[J]. *中国现代中药*, 2015, 17(3): 200–203. [Lu JM, Yan HL, Wang YF, et al. Inhibitory Effect of Polygonatum kingianum Rhizoma and its Active Ingredient Groups on α -Glucosidase[J]. *Modern Chinese Medicine*, 2015, 17(3): 200–203.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.2015.3.003](#).
 - 66 齐斌, 谷文英, 谢岩黎. 酶联免疫吸附法检测黄精皂苷[J]. *吉林农业大学学报*, 2006, (3): 292–295. [Qi B, Gu WY, Xie YL. Analysis of saponins of Rhizoma polygonati by ELISA method[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2006, (3): 292–295.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-5684.2006.03.015](#).
 - 67 耿甄彦, 徐维平, 魏伟, 等. 黄精皂苷对抑郁模型小鼠行为及脑内单胺类神经递质的影响[J]. *中国新药杂志*, 2009, 18(11): 1023–1026. [Geng ZY, Xu WP, Wei W, et al. Effects of saponins of Rhizoma polygonati on behaviors and monoamine neuro-transmitters in mice depression model[J]. *Chinese Journal of New Drugs*, 2009, 18(11): 1023–1026.] DOI: [10.3321/j.issn:1003-3734.2009.11.015](#).
 - 68 黄莺, 徐维平, 魏伟, 等黄精皂苷对慢性轻度不可预见性应激抑郁模型大鼠行为学及血清中微量元素的影响[J]. *安徽医科大学学报*, 2012, 47(3): 286–289. [Huang Y, Xu WP, Wei W, et al. Effects of saponins of Rhizoma polygonati on the behaviors and trace elements in CUMS depressed model rats[J]. *Acta Universitatis Medicinalis Anhui*, 2012, 47(3): 286–289.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-1492.2012.03.014](#).
 - 69 胡婷婷. 黄精皂苷对慢性应激抑郁大鼠 5-HT_{1A}R 介导的 β -arrestin2-akt 信号通路的影响及其可能机制[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2012. DOI: [10.7666/d.D386118](#).
 - 70 Dunnett SB. Comparative effects of cholinergic drugs and lesions of nucleus basalis or fimbria–fornix on delayed matching in rats[J]. *Psychopharmacology (Berl)*, 1985, 87(3): 357–363. DOI: [10.1007/bf00432721](#).
 - 71 李锐, 郭月英, 王丹, 等. 黄精改善小鼠学习记忆障碍等作用的研究[J]. *沈阳药科大学学报*, 2001, (4): 286–289. [Li X, Guo YY, Wang D, et al. A study on the effects of the rhizome of Polygonatum sibiricum Red. on acquisition of memory impairment induced by scopolamine in mice and the others[J]. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 2001, (4): 286–289.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-2858.2001.04.017](#).
 - 72 Ji XF, Chi TY, Liu P, et al. The total triterpenoid saponins of Xanthoceras sorbifolia improve learning and memory impairments through against oxidative stress and synaptic damage[J]. *Phytomedicine*, 2017, 25: 15–24. DOI: [10.1016/j.phymed.2016.12.009](#).
 - 73 Zhao P, Cheng C, et al. The genus Polygonatum: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology[J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 214: 274–291. DOI: [10.1016/j.jep.2017.12.006](#).
 - 74 Yu JL, Dou DQ, Chen XH, et al. Protopanaxatriol-type ginsenosides differentially modulate type 1 and type 2 cytokines production from murine splenocytes[J]. *Planta Med*, 2005, 71(3): 202–207. DOI: [10.1055/s-2005-837817](#).
 - 75 Takei M, Tachika E, Hasegawa H, et al. Dendritic cells maturation promoted by M1 and M4, end products of steroidal ginseng saponins metabolized in digestive tracts, drive a potent Th1 polarization[J]. *Biochemical Pharmacology*, 2004, 68(3): 441–452. DOI: [10.1016/j.bcp.2004.04.015](#).
 - 76 徐维平, 祝凌丽, 魏伟, 等. 黄精总皂苷对慢性应激抑郁模型大鼠免疫功能的影响[J]. *中国临床保健杂志*, 2011, 14(1): 59–61. [Xu WP, Zhu LL, Wei W, et al. The effect of Saponins of Rhizoma Polygonati on the immunologic function of rats with chronic stress depression[J]. *Chinese Journal of Clinical Healthcare*, 2011, 14(1): 59–61.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-6790.2011.01.021](#).
 - 77 Steffel J, Lüscher TF, Tanner FC, et al. Tissue factor in cardiovascular diseases: molecular mechanisms and clinical implications[J]. *Circulation*, 2006, 113(5): 722–731. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.105.567297](#).
 - 78 Zhang H, Chen L, Kou JP, et al. Steroidal saponins and glycosides from the fibrous roots of Polygonatum odoratum with inhibitory effect on tissue factor (TF) procoagulant activity[J]. *Steroids*, 2014, 89: 1–10. DOI: [10.1016/j.steroids.2014.07.002](#).
 - 79 张晟, 陈祥贵. 降血糖植物皂苷研究进展[J]. *中药材*, 2007, 30(5): 616–620. [Zhang C, Chen XG. Progress of research on hypoglycemic plant saponins[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2007, 30(5): 616–620.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2007.05.041](#).
 - 80 余亚鸣. 黄精的活性成分研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2017. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10062-1017873376.htm>.
 - 81 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. [Li SY, Cui YS, Li XX, et al. Anti-inflammatory effect and mechanism of Polygonatum rhizoma saponins on inflammation model of LPS-induced RAW264.7

- cells[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2021, 43(10): 2659–2665.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2021.10.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2021.10.010).
- 82 周宝珍. 不同产地黄精薯蓣皂苷元含量的研究[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(8): 42–45. [Zhou BZ. Study on the content of diosgenin in yellow essence of different origins of *Polygonati rhizoma*[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2017, 63(8): 42–45.] DOI: [10.3969/j.issn.0488-5368.2017.08.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.0488-5368.2017.08.014).
- 83 王冬梅, 张京芳, 李晓明, 等. 卷叶黄精根中甾体皂苷化学成分及其抗菌活性[J]. 林业科学, 2007, 43(8): 91–95. [Wang DM, Zhang JF, Li XM, et al. Steroid saponins of *Polygonatum cirrhifolium* Root and their antiseptic activity[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(8): 91–95.] DOI: [10.3321/j.issn:1001-7488.2007.08.015](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-7488.2007.08.015).
- 84 Pang X, Zhao JY, Wang YJ, et al. Steroidal glycosides, homoisoflavanones and cinnamic acid derivatives from *Polygonatum odoratum* and their inhibitory effects against influenza A virus[J]. Fitoterapia, 2020, 146: 104689. DOI: [10.1016/j.fitote.2020.104689](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104689).
- 85 郑虎占, 董泽宏, 余靖, 主编. 中药现代研究与应用[M]. 北京: 学苑出版社, 1999: 4513–4540.
- 86 李东洋, 管贺, 袁志鹰. 黄精药理作用及其复方在中医临床中的应用[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(7): 197–200. [Li DY, Guan H, Yuan ZY. The pharmacological effects of *Polygonati rhizoma* and its compound prescription in clinical application of traditional Chinese medicine[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2021, 17(7): 197–200.] DOI: [10.11954/ytctty.202107058](https://doi.org/10.11954/ytctty.202107058).
- 87 涂明锋, 叶文峰. 黄精的药理作用及临床应用研究进展[J]. 宜春学院学报, 2018, 40(9): 27–31. [Tu MF, Ye WF. Research progress of pharmacological effects and clinical application of *Polygonatum sibiricum*[J]. Journal of Yichun University, 2018, 40(9): 27–31.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-380X.2018.09.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-380X.2018.09.007).
- 88 马旭, 于杰, 刘迎迎, 等. 黄精补益肾气在老年高血压病辨治中的临床应用[J]. 辽宁中医药大学学报, 2025, 27(1): 91–97. [Ma X, Yu J, Liu YY, et al. Clinical application of *Polygonati rhizoma* of tonifying kidney Qi in the identification and treatment of elderly hypertension[J]. Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, 2025, 27(1): 91–97.] DOI: [10.13194/j.issn.1673-842X.2025.01.016](https://doi.org/10.13194/j.issn.1673-842X.2025.01.016).
- 89 李丽. 黄精四草汤联合缬沙坦治疗高血压的临床疗效[J]. 上海医药, 2020, 41(1): 12–14. [Li L. Clinical effect of Huangjing Sicao decoction combined with valsartan in the treatment of hypertension[J]. Shanghai Medical & Pharmaceutical Journal, 2020, 41(1): 12–14.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-1533.2020.01.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-1533.2020.01.005).
- 90 刘跃钧, 朱虹, 蒋燕锋, 等. 复方多花黄精混合提取物的降血脂作用[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 285–288. [Liu YJ, Zhu H, Jiang YF, et al. Hypolipidemic effect of *Polygonatum cyrtoneura* prescription extract[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(6): 285–288.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2019.06.048](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.06.048).
- 91 王俊杰, 刘思妤, 李洁, 等. 复方黄精茶对糖尿病大鼠糖脂代谢的影响及血管保护作用[J]. 湖南学院学报: 医学版, 2017, 19(2): 9–12. [Wang JJ, Liu SY, Li J, et al. Protective effect on glycolipid metabolism and blood vessels of diabetic rats from compound *Polygonatum sibiricum* tea[J]. Journal of Xiangnan University (Medical Sciences), 2017, 19(2): 9–12.] DOI: [10.16500/j.cnki.1673-498x.2017.02.002](https://doi.org/10.16500/j.cnki.1673-498x.2017.02.002).
- 92 金英子, 曲香芝, 张红英. 复方黄精对小鼠耐缺氧及抗疲劳能力的影响[J]. 延边大学医学学报, 2006, 29(1): 40–41. [Jin YZ, Qu XZ, Zhang HY. Effects of the compound *Polygonatum* on anti-hypoxia capacity and anti-tiredness in mice[J]. Journal of Medical Science Yanbian University, 2006, 29(1): 40–41.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-1824.2006.01.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-1824.2006.01.012).
- 93 曾立威, 李植飞, 林兴东. 复方红景天口服液的研制[J]. 华夏医学, 1997, 9(4): 27–28. [Zeng LW, Li ZF, Lin XD. Preparation of compound oral solution of *Rhodiola dielsiana* L.[J]. Huaxia Medicine, 1997, 9(4): 27–28.] <http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=4001036686>.
- 94 陈兴荣, 王成军, 赖泳. 复方滇黄精提取物的急性毒性和药效学初步实验研究[J]. 云南中医中药杂志, 2010, 31(1): 59–60. [Chen XY, Wang CJ, Lai Y. Effects of the compound *Polygonatum* on anti-hypoxia capacity and anti-tiredness in mice[J]. Yunnan Journal of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2010, 31(1): 59–60.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-2349.2010.01.045](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-2349.2010.01.045).
- 95 张吉林, 刘燕. 复方党参多糖提取液对成纤维细胞 SOD 活性的影响[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2018, 19(2): 205–208. [Zhang JL, Liu Y. Effect of compound *Codonopsis pilosula* polysaccharide extract on SOD activity in fibroblast[J]. Journal of Beihua University (Natural Science), 2018, 19(2): 205–208.] DOI: [10.11713/j.issn.1009-4822.2018.02.012](https://doi.org/10.11713/j.issn.1009-4822.2018.02.012).
- 96 王文. 复方滋补力膏的质量标准研究[J]. 江西中医学院学报, 2004, 16(6): 53. [Wang W. Study on the quality standard of compound tonic power ointment[J]. Journal of Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2004, 16(6): 53.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-9431.2004.06.024](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9431.2004.06.024).
- 97 周贻谋. 补肾益寿胶囊[J]. 家庭医学, 2004, 20(8): 28. [Zhou YM. Kidney nourishing and longevity capsules[J]. Family Medicine, 2004, 20(8): 28.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-0203.2004.08.031](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-0203.2004.08.031).
- 98 于晓林, 曾庆华, 李翔, 等. 灭毒灵滴眼液治疗单纯疱疹性角膜炎的临床研究[J]. 中国中医眼科杂志, 1999, 9(1): 29–31. [Yu XL, Zeng QH, Li X, A clinical study on the efficacy of miedulin eye drops in the treatment of herpes simplex keratitis[J]. Chinese Journal of Chinese Ophthalmology, 1999, 9(1): 29–31.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-4379.1999.01.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-4379.1999.01.009).
- 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. [Xu FZ, Zhang SK, Ma HY, et al. The research progress on saponins of *Polygonati rhizoma*[J]. The Beverage Industry, 2022, 25(2): 71–80.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-7871.2022.02.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-7871.2022.02.019).
- 100 杨兴鑫, 穆健康, 顾雯, 等. 滇黄精资源的开发应用进展及前景分析[J]. 生物资源, 2019, 41(2): 138–142. [Yang XX, Mu JK, Gu W, et al. Advances and prospect analysis on development and application of *Polygonatum kingianum*[J]. Biological Resources, 2019, 41(2): 138–142.] DOI: [10.14188/j.ajsh.2019.02.007](https://doi.org/10.14188/j.ajsh.2019.02.007).

收稿日期: 2025 年 01 月 23 日 修回日期: 2025 年 03 月 23 日

本文编辑: 钟巧妮 桂裕亮