

黄精化学成分以及药用价值的研究进展

宋添力¹, 张钰^{1,2}, 肖强^{3,4}, 王海芳⁵, 李海霞^{5,6}, 郭业民⁷

(1. 湖北民族大学医学部, 湖北 恩施 445000; 2. 会理市中医医院, 四川 会理 615100;

3. 湖北民族大学林学院园艺学院, 湖北 恩施 445000; 4. 生物资源保护与利用湖北省重点实验室, 湖北 恩施 445000;

5. 北京中医药大学, 北京 100700; 6. 中国中医科学院广安门医院, 北京 100053;

7. 山东理工大学农业工程与食品科学学院, 山东 淄博 255049)

摘要:黄精(*Polygonatum sibiricum*)是一种药食两用的自然植物,具有健脾益气、滋阴润肺、益肾填精的功效,在传统中药学和民间草药中被广泛用于治疗各种疾病。黄精含有糖类、黄酮、萜类、生物碱、强心苷、木脂素、皂苷、凝集素、微量元素等化学成分,因此受到近年来越来越多的关注。现代研究表明,黄精具有抗氧化活性、调节免疫力、营养神经、增强记忆、降糖降脂、保护骨骼、消炎杀菌、抗疲劳和抗癌的作用,黄精对于心脑血管疾病、感染性疾病、糖尿病、高血脂、骨质疏松、阿尔茨海默病、肝病、肾病等其他疾病具有一定的治疗作用,具有很高的药用价值。以黄精为研究对象,就近年来对其化学成分、营养价值、药理作用及其机制进行了阐述,进一步深入了解其药理学和临床应用,具有较大的开发潜力、广阔的市场前景和无限的发展空间,以期未来在药品、食品的开发和利用中提供充足的理论依据,更好地促进黄精产业的健康、稳定、可持续发展。

关键词:黄精; 营养价值; 化学成分; 药理作用

中图分类号:R282.71

文献标志码:A

文章编号:1673-7717(2024)11-0119-08

Research Progress on Chemical Composition and Medicinal Value of Huangjing(*Polygonatum sibiricum*)

SONG Tianli¹, ZHANG Yu^{1,2}, XIAO Qiang^{3,4}, WANG Haifang⁵, LI Haixia^{5,6}, GUO Yeming⁷

(1. Department of Medicine, Hubei Minzu University, Enshi 445000, Hubei, China;

2. Huili Traditional Chinese Medicine Hospital, Huili 615100, Sichuan, China;

3. College of Forestry and Horticulture, Hubei Minzu University, Enshi 445000, Hubei, China;

4. Hubei Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization of Biological Resources, Enshi 445000, Hubei, China;

5. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China;

6. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

7. School of Agriculture Engineering and Food Science, Shandong University of Technology, Zibo 255049, Shandong, China)

Abstract: Huangjing(*Polygonatum sibiricum*) is a natural plant used for both medicinal and food purposes, with the effects of strengthening spleen and vital energy, nourishing Yin and moistening lung, and benefiting kidney and filling up the essence, and has been widely used for the treatment of a wide range of diseases in traditional Chinese herbal medicine and folk herbal medicine. Huangjing(*Polygonatum sibiricum*) contains sugars, flavonoids, terpenoids, alkaloids, cardiac glycosides, lignans, saponins, lectins, trace elements and other chemical compositions, and thus has received increasing attention in recent years. Modern studies have shown that Huangjing(*Polygonatum sibiricum*) has antioxidant activity, immunity regulation, nerve nutrition, memory enhancement, hypoglycemic and hypolipidemic effect, bone protection, anti-inflammatory and bactericidal, anti-fatigue and anti-cancer effects. Huangjing(*Polygonatum sibiricum*) has certain therapeutic effects on cardio-cerebral and cerebral vascular diseases, infectious diseases, diabetes mellitus, hyperlipidemia, osteoporosis, Alzheimer's disease, liver disease, renal disease and other diseases, and it has a high medicinal value. This paper took Huangjing(*Polygonatum sibiricum*) as the research object, elaborated on its chemical composition, nutritional value, pharmacological effect and its mechanism in recent years, and further deepened the understanding of its pharmacology and clinical application, which had a large development potential, broad market prospect and unlimited development space, with a view to providing sufficient theoretical basis in the development and utilization of drugs and food in the future, and better promoting the healthy, stable and sustainable development of Huangjing(*Polygonatum*

基金项目:国家自然科学基金项目(81973682, 8187142391); 国家社会科学基金项目(21VJXG037); 湖北省科技厅技术创新重大专项(2019ACA120)

作者简介:宋添力(1998-), 男, 山西孝义人, 医师, 硕士, 研究方向: 天然植物的开发与利用、食品营养与健康。

通讯作者:李海霞(1973-), 女, 山东潍坊人, 教授、主任医师, 博士研究生导师, 博士, 研究方向: 中西医结合心血管疾病治疗与康复。

E-mail: 2272236055@qq.com.

sibiricum) industry, hoping to provide sufficient theoretical basis for the development and utilization of medicines and foods in the future, so as to better promote the healthy, stable and sustainable development of Huangjing (*Polygonatum sibiricum*) industry.

Keywords: Huangjing (*Polygonatum sibiricum*); nutritional value; chemical composition; pharmacological effects

黄精 (*Polygonatum sibiricum*), 为百合目百合科黄精属植物, 又称为“老虎姜”“鸡头黄精”“姜形黄精”, 据《中华人民共和国药典》^[1] (2020 版) 收录可知, 分为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 或多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* Hua 3 种黄精的干燥根茎入药, 通常在秋季采收, 鲜用或干燥后使用。具有健脾益气、滋阴润肺、益肾填精的功效。世界上现存最早的食疗专著《食疗本草》中对此有专门的论述, 是我国典型的传统药食同源性中药材。目前全球范围内共有超过 70 种黄精, 广泛分布于温带北半球, 如中国、俄罗斯、北美等地。

黄精最早载于《名医别录》^[2], “黄精, 味甘, 平, 无毒。主补中益气, 除风湿, 安五脏。久服轻身、延年、不饥。”《证类本草》将黄精列为草部之首。晋代张华的《博物志》云: “太阳之草, 名曰黄精, 饵而食之, 可以长生”《五符经》记载: “黄精获天地之淳精, 故名为戊己芝”。《日华子本草》^[3]: “补五劳七伤, 助筋骨, 止饥, 耐寒暑, 益脾胃, 润心肺。”明代李时珍撰写的十六世纪以前中国本草学大成的著作《本草纲目》记载: “以其得坤土之精粹, 故谓之黄精”“黄精补诸虚, 填精髓, 平补气血而润”。《本草图经》所载黄精见图 1。



图 1 《本草图经》所载黄精

《中华人民共和国药典》(2020 年版) 对黄精的记载为“性甘、味平; 归脾、肺、肾经; 具有补气养阴、健脾、润肺、益肾的功效。”传统医学认为, 临床上黄精多用于治疗脾胃虚弱、腹痛腹泻、神疲乏力、肺虚咳嗽、内热消渴、潮热盗汗等症。现代研究表明^[4-11], 黄精如多糖、皂苷、木质素、黄酮类和生物碱等含有多种化学成分, 具有抗氧化、抗疲劳、抗肿瘤、提高免疫力、保护神经、降血脂、降血压、降血糖、抗病毒、消炎杀菌等生理功能。

此外, 黄精既是药品又是食品, 其根茎富含游离糖、氨基酸、核酸等营养物质, 是生物细胞维持生命活动不可或缺的营养成分。

1 黄精主要化学物质和功能成分

黄精是一种用于传统中药的天然植物, 包括糖类、黄酮、萜类、生物碱、强心苷、木脂素、皂苷、凝集素、微量元素等活性物质^[12], 其所含的化学成分是供给机体营养的重要来源之一, 根据其所含主要的化学物质, 用软件画出图 2 - 图 5 化学结构图。

1.1 糖类 黄精中的糖类有黄精多糖、黄精低聚糖和淀粉等, 其中黄精多糖是最主要的组成部分, 约有 37 种。XU S 等^[13]通过高效液相色谱 - 荧光检测 (HPLC - FLD) 法测定, 分析出了黄精中所含的甘露糖、果糖、葡萄糖、核糖、半乳糖、岩藻糖、葡萄糖酸、蔗糖、酮糖、鼠李糖和阿拉伯糖的单糖。利用多维分析技术对黄精代谢产物进行了系统调查表明, 不同种类的黄精样品中多糖分布并不均匀, 不同类型的黄精根茎中总多糖和果糖、葡萄糖和蔗糖的含量存在显著差异, 蔗糖和总多糖含量在“白鸡型”黄精根 (BJPR) 中最高, 果糖含量在非典型“鸡头型”黄精根 (AJTPR) 中最高, 葡萄糖含量在“鸡头型”黄精根 (JT-PR) 中最高^[14-15]。

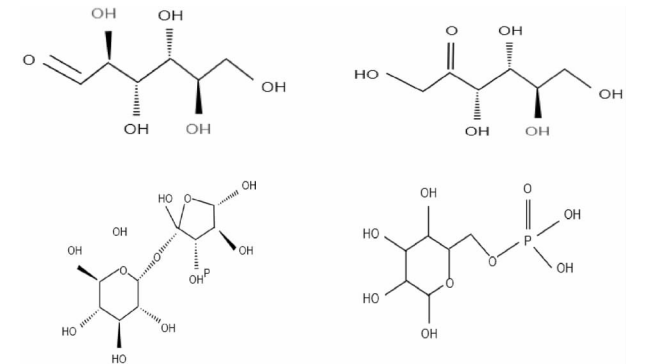


图 2 黄精中主要的糖类成分结构

1.2 氨基酸 氨基酸是生命的起源物质, 是组成蛋白质的基本单位, 其重要性在食品营养学中得到普遍关注, 是有机体的重要组成部分。通过超高效液相色谱 - 串联质谱法定性和高效液相色谱法定量分析黄精中所含的成分^[16], 结果得出谷氨酸和天冬氨酸占比最多, 约 46.2%, 苏氨酸、甘氨酸、丝氨酸、蛋氨酸和丙氨酸占 6.4%, 亮氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸占 3.7%^[17]。孙紫薇等^[18]采用微波水解法, 并利用全自动氨基酸分析仪测定野生黄精以及林下黄精的氨基酸含量, 结果显示, 前者高于后者, 分别为 5.60% 和 4.15%。

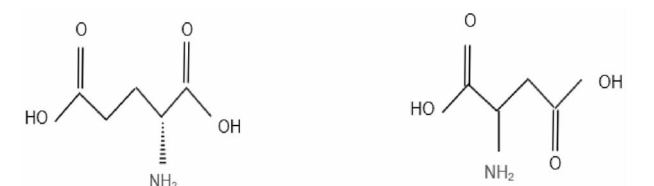


图 3 黄精中主要的氨基酸类化合物的化学结构

1.3 皂苷类 皂苷是由一个糖基与一个三萜类(30个碳原子)或一个甾体类(27个碳原子)的聚糖相连组成。黄精中的皂苷主要由甾体皂苷和三萜类皂苷构成。甾体皂苷是一类由螺甾烷类化合物衍生的寡糖苷,三萜类皂苷由一个五环状的C30 萜类骨架作为骨架和一个或多个糖类组成^[19]。目前从黄精的乙醇提取物中分离出一种新的呋甾烷型皂苷^[20]以及其他4种甾体皂苷^[21]。

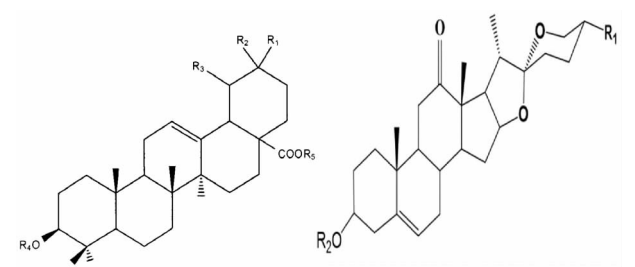


图4 黄精中主要的皂苷类化合物的化学结构

1.4 黄酮类 黄精中的黄酮类主要分为查耳酮类、二氢黄酮类和高异黄酮类3种^[22],其中高异黄酮类含量最高,与异黄酮类化合物相比,其骨架在B环和C环之间多了一个碳原子。高异黄酮类化合物在天然植物中的分布很窄,主要集中在天门冬科植物中^[23]。

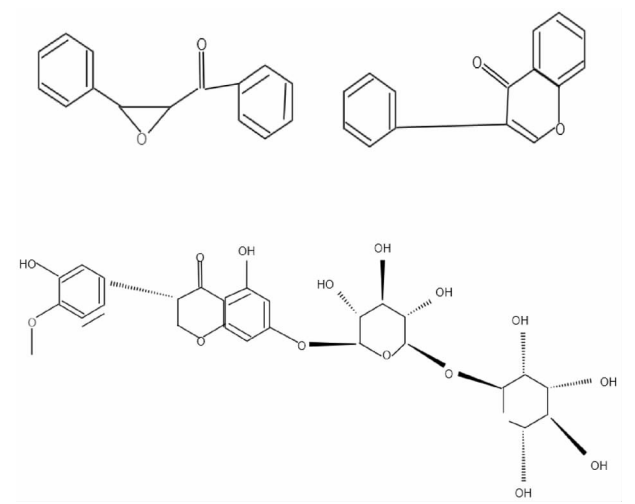


图5 黄精中主要的黄酮类化合物的化学结构

1.5 凝集素 黄精凝集素(POL)是一种甘露糖结合凝集素,是一种非免疫来源的蛋白质,可以可逆地与碳水化合物结合。研究表明^[19,24],POL通过线粒体途径和通过EGFR介导的Ras-Raf-MEK-ERK途径诱导MCF-7乳腺癌细胞的凋亡和自噬,据报道对多种癌细胞显示出显著的抗增殖和凋亡诱导活性,为利用POL作为未来癌症治疗的潜在抗肿瘤药物提供新的理论基础。

2 黄精药理作用和生物活性

据国内外研究表明,黄精具有一系列的药理作用和生物活性,如抗氧化活性、调节免疫力、营养神经、增强记忆、降糖降脂、保护骨骼、消炎杀菌、抗疲劳和抗癌的作用^[25],是影响疾病发生发展的主要依据。

2.1 抗氧化活性

自由基,又称为“游离基”,是含有一个不成对电子的原子团。过量的自由基诱发机体氧化反应,导致代谢平衡破坏,促

炎细胞因子增多,损害机体的组织。通过动物实验^[26],研究黄精多糖对更年期大鼠血清超氧化物歧化酶(SOD)以及丙二醛酶(MDA)的影响,发现黄精可以降低自由基活性,增强自然绝经期大鼠的抗氧化能力。研究表明^[27],黄精多糖不仅能够通过Ca²⁺超负荷增加小鼠脑细胞中的钠离子(Na⁺)、钾离子(K⁺)以及腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)活性,还可以通过降低脂质过氧化物(LPO)、脂褐素(LF)和B型单胺氧化酶(MAO-B)的水平,达到增强机体的抗氧化活性的作用。核磁共振和酶学研究表明^[28],PSPJWA是一种新型的阿拉伯半乳糖型结构,不同分子量的黄精糖具有不同的抗氧化活性,是潜在的天然抗氧化剂。动物实验表明^[29],富硒青钱柳黄精复方可以提高小鼠谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)的水平,具有显著的抗氧化活性。LU J C等^[30]综述了黄精可以通过炎症通路、清除自由基、端粒与端粒酶等靶标发挥抗氧化进而延缓衰老。见表1。

表1 黄精抗氧化药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精多糖	更年期及绝经期大鼠	降低自由基活性,增强自然绝经期大鼠的抗氧化能力	[26]
黄精多糖	小鼠脑细胞	增加Na ⁺ 、K ⁺ 以及ATP活性,降低LPO、LF和MAO-B水平	[27]
富硒青钱柳黄精复方	氧化损伤小鼠	提高小鼠GSH-Px、SOD、CAT的水平	[29]
黄精甾体皂苷、植物甾醇、黄酮、三萜		通过线粒体保护、激活端粒酶活性发挥抗氧化作用进而延缓衰老	[30]

2.2 调节免疫力 免疫力是人体自身的防御机制,具有识别和消灭外来侵入的病毒和细菌等,处理自身损伤、衰老、死亡、变性的细胞,以及识别并且处理体内突变细胞或病毒感染细胞的功能。通过采用环磷酰胺(Cy)诱导的体内免疫抑制模型^[31],分析得出黄精多糖中的半乳糖和鼠李糖可显著刺激RAW264.7巨噬细胞的中性红的吞噬作用,增强了T细胞和B细胞的增殖反应以及腹膜巨噬细胞吞噬作用,同时可以恢复Cy处理小鼠血清中白细胞介素-2(IL-2),肿瘤坏死因子(TNF-α)、白细胞介素-8(IL-8)和白细胞介素-10(IL-10)的水平,是潜在的免疫刺激剂。通过研究黄精多糖对RAW264.7细胞的影响以及潜在的信号通路^[32],发现黄精多糖通过NF-κB和p38 MAPK途径增强巨噬细胞的功能,促进免疫器官的发育和淋巴细胞增殖以及调节免疫抑制小鼠的血清细胞因子水平来逆转免疫抑制。有学者^[33]研究黄精多糖可以通过调节肠道微生物群来缓解运动引起的疲劳,发现灌胃组的小鼠肌酸激酶和丙二醛水平增加,乳酸和血尿氮水平降低,阿克曼氏菌、乳酸杆菌和粪杆菌显著增强,而链球菌和拟杆菌的水平降低。见表2。

2.3 降糖降脂 通过研究黄精皂苷对小鼠葡萄糖耐量的影响^[34],将小鼠分为T2DM对照组(TC)、阳性对照组(PC)、高剂量对照组(HDC)、中剂量对照组(MDC)、低剂量对照组(LDC)以及正常组(NC)进行治疗,结果表明,TC组小鼠血糖水平从

第 1 周开始升高,呈上升趋势并在第 4 周达到峰值。HDC 组、MDC 组、LDC 组和 PC 组在刚开始血糖值升高,但经过黄精皂苷和二甲双胍治疗 4 周后血糖值缓慢下降至 14.28、15.22、19.67 和 12.84 mmol/L,与 TC 组差异有统计学意义($P < 0.01$),有效缓解高血糖症状,具有显著的降糖作用。研究黄精对高脂血症小鼠 mRNA 及血脂代谢蛋白表达的影响^[35],结果显示,低、中、高剂量 PSP 组血清总胆固醇(TC)、总甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量较高脂血症模型组显著降低。见表 3。

表 2 黄精调节免疫力药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精多糖(半乳糖和鼠李糖)	体内免疫抑制小鼠	增强了 T 细胞和 B 细胞的增殖反应以及腹膜巨噬细胞吞噬作用	[31]
黄精多糖	RAW 264.7 细胞	通过 NF- κ B 和 p38 MAPK 途径增强巨噬细胞功能	[32]
黄精多糖	运动疲劳小鼠	通过增强阿克曼氏菌、乳酸杆菌和粪杆菌调节肠道微生物群	[33]

表 3 黄精降糖降脂药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精皂苷	2 型糖尿病小鼠	增强葡萄糖耐量	[34]
黄精皂苷	高脂血症小鼠	下调 mRNA 及血脂代谢蛋白表达	[35]

2.4 保护骨骼 在研究黄精多糖对骨质疏松症的影响实验,以卵巢切除(OVX)大鼠作为实验模型^[36],结果表明黄精多糖可以减少大鼠的骨质流失,因此,黄精多糖可能是预防骨质疏松症的有效药物。采用实时定量 PCR(qRT-PCR)、蛋白质印迹(Western Blot)、免疫荧光技术(Immunofluorescence technique)来检测 β 连环蛋白的表达水平、亚细胞分布的变化以及 β -连环蛋白在细胞中的转移和定位,结果表明,黄精多糖可以促进 β -连环蛋白在细胞核中的积累,从而激活 Wnt/ β -连环蛋白信号通路,导致成骨细胞相关基因的表达增加,抑制破骨形成,以达到减少骨质流失,治疗骨质疏松症的目的^[37]。见表 4。

表 4 黄精保护骨骼药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精多糖	卵巢切除大鼠	调节雌激素水平	[36]
黄精多糖	β -连环蛋白	激活 Wnt/ β -连环蛋白信号通路,增加成骨细胞相关基因的表达	[37]

2.5 消炎杀菌 在探讨黄精多糖对大鼠急性肾损伤(AKI)的实验中^[38],可降低肾组织中肾损伤分子 1(KIM-1)的表达,抑制 p38 MAPK/ATF2 信号通路和炎症因子肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素 1 β (IL-1 β)和白细胞介素-6(IL-6)的产生,从而达到急性肾损伤的保护作用。研究表明^[39],黄精多糖通过显著抑制 COX-2、iNOS 的表达和 NF- κ B 的活化,抑制炎症因子的产生,达到消炎的作用。通过滤纸片法得

出^[40],黄精多糖对金黄色葡萄球菌、埃希菌线圈、枯草芽孢杆菌、伤寒沙门氏菌、副伤寒杆菌等具有抗菌作用。WANG R^[41]用 PSP 修饰的银纳米颗粒(AgNPs),发现可以抑制与细胞中抗氧化剂、能量和物质代谢有关的关键酶的活性,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌细胞超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、三磷酸腺苷酶(ATPase)、苹果酸脱氢酶(MDH)和琥珀酸脱氢酶(SDH)活性的抑制作用显著高于 AgNPs,且促进感染伤口的更快愈合。见表 5。

表 5 黄精消炎杀菌药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精多糖	急性肾损伤大鼠	抑制 p38 MAPK/ATF2 信号通路和 TNF- α 、IL-1 β 和 IL-6	[38]
黄精多糖	SD 大鼠	抑制 COX-2、iNOS 的表达和 NF- κ B 的活化	[39]
黄精多糖	滤纸片法	对金黄色葡萄球菌、埃希菌线圈、枯草芽孢杆菌、伤寒沙门氏菌、副伤寒杆菌等具有抗菌作用	[40]
黄精多糖	感染性小鼠	抑制 SOD、过氧化氢酶 CAT、ATPase、MDH、SDH 表达	[41]

2.6 抗肿瘤 通过采用高效液相色谱(HPLC)、气相色谱质谱谱(GC-MS)、傅里叶变换红外光谱仪(FT-IR)、扫描电子显微镜(SEM)和核磁共振(NMR)波谱以及 HepG2 细胞进行体外实验,得出黄精多糖可以降低线粒体膜电位,破坏了 HepG2 细胞的细胞核,并增加了内在凋亡途径中半胱天冬酶-9(Caspase-9)和半胱天冬酶-3(Caspase-3)的活性,显著地抑制 HepG2 细胞的生长、增殖和迁移,从而诱导 HepG2 细胞凋亡^[42]。从黄精中提取的多糖可以选择性地抑制前列腺 CAFs 的生长($P < 0.001$),而不会抑制正常成纤维细胞(NAFs)的生长,从而提出了一种抑制前列腺 CAF 的生长新的抗癌策略^[43]。见表 6。

表 6 黄精抗肿瘤药理作用及机制

活性成分	研究模型	作用机制	参考文献
黄精多糖	HepG2 细胞	降低线粒体膜电位,增强 Caspase-9、Caspase-3 的活性,诱导 HepG2 细胞凋亡	[42]
黄精多糖	前列腺纤维母细胞	抑制前列腺 CAFs 的生长	[43]

3 黄精对人体健康的影响

由于黄精含有不同的活性物质,其化学成分作用于人体后,可对人体的健康和疾病的发展产生一定的影响,具有广泛的治疗作用,如对于冠状动脉粥样硬化、高脂血症、高血压病、缺血性脑卒中等心脑血管疾病、糖尿病、骨质疏松、阿尔茨海默病等具有显著的改善作用。

3.1 防治心脑血管疾病 黄精对心脑血管疾病的防治作用,主要表现为减低血脂、降低血压和调节心脏的正常功能。在动脉粥样硬化大兔模型中^[44],通过研究黄精多糖对不同血脂、泡

沫细胞数量和主动脉形态的影响,得出黄精多糖在细胞水平上间接保护内皮细胞免受细胞凋亡和坏死,抑制血脂水平以改善主动脉形态,减少泡沫细胞数量和内皮细胞损伤。通过建立自身免疫性心肌炎大鼠模型^[45],探讨黄精多糖对自身免疫性心肌炎(AM)大鼠 JAK/STAT 通路及心肌纤维化的影响,表明黄精多糖可激活 JAK/STAT3 信号通路抑制自身免疫性心肌炎大鼠氧化应激及炎症反应,减轻心肌组织病理损伤及纤维化。GUO A J 等^[46]探讨了黄精多糖(PCP)对高脂饮食(HFD)诱导的雄性和雌性 LDLr 小鼠动脉粥样硬化的干预效果,结果表明 PCP 可有效预防动脉粥样硬化,且对雄性小鼠的干预效果比雌性小鼠更明显。见表 7。

表 7 黄精对心脑血管疾病的作用及机制

作用	研究模型	作用机制	参考文献
降血脂	动脉粥样硬化大兔	保护内皮细胞免受细胞凋亡和坏死,抑制血脂水平,减少泡沫细胞数量和内皮细胞损伤	[44]
抗氧化、抗炎	自身免疫性心肌炎大鼠	激活 JAK/STAT3 信号通路抑制氧化应激及炎症反应,减轻心肌组织病理损伤及纤维化	[45]
抗动脉粥样硬化	LDLr 小鼠	有效预防动脉粥样硬化	[46]

3.2 防治糖尿病及其并发症 糖尿病(diabetes mellitus,DM)是一种以葡萄糖代谢紊乱为特征的综合性内分泌代谢疾病,主要由胰岛素抵抗或胰岛素分泌不足引起。临床上一般分为 1 型糖尿病(T1DM),2 型糖尿病(T2DM),其中 T2DM 发病率最高,研究表明,黄精多糖可以激活己糖激酶,然后将葡萄糖转化为葡萄糖-6-磷酸酶(G6P),影响空腹血糖(FGB)、糖化血清蛋白(GSP)水平,从而促进糖原合成并最终降低胰岛素抵抗^[47]。长期高血糖可能会导致各种组织和器官的功能障碍,损害眼睛、神经、肾脏、心脏和血管。糖尿病视网膜病变(DR)是糖尿病最常见的微血管并发症之一。最新研究证实,黄精多糖不仅可以减缓 DM 的进展,还可以通过缓解 STZ 诱导的糖尿病小鼠的高血糖和氧化应激来影响白内障的形成^[48]。FU X Y 等^[49]通过药物饮食干预建立糖尿病大鼠模型探讨黄精调节 NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3(NLRP3)/天冬氨酸特异性半胱氨酸蛋白酶-1(Caspase-1)/消皮素 D(GSDMD)通路对糖尿病大血管焦亡损伤的影响,研究表明 PSP 可通过抑制细胞焦亡,减轻血管局部炎症,延缓糖尿病大血管焦亡损伤进程。LUO J Y 等^[50]通过建立 H₂O₂ 诱导的 RIN-m5F 细胞氧化应激模型,探讨黄精皂苷(PSS)对胰腺损伤的保护作用,结果表明 PSS 可以缓解氧化应激和高糖介导的胰腺细胞毒性,对 T2DM 小鼠胰腺损伤具有保护作用。见表 8。

3.3 抗骨质疏松症 骨质疏松症(Osteoporosis)是由于骨密度减少和骨组织微结构减弱,从而导致骨脆性和骨折易感性增加的全身性骨病。通过建立大鼠胫骨骨折模型,研究得出^[51],黄精多糖能改善骨钙素、钙、磷、碱性磷酸酶水平,抑制 Col1a1、ACP5、CTSK 蛋白表达,从而促进大鼠胫骨骨折愈合。CHENG Y 等^[52]基于骨保护素/核因子 κB 受体活化因子配体(OPG/RANKL)信号通路探讨黄精多糖(PSP)对糖尿病大鼠骨质疏松

骨代谢的影响,发现 PSP 可提高 OPG 蛋白表达和降低 RANKL 蛋白表达以调节 DOP 大鼠骨代谢平衡,提高股骨骨密度,对骨质疏松具有改善作用。PSP 可能有益于成骨细胞分化和骨质疏松症的治疗,由于其不良反应较小,可能是骨质疏松症临床治疗的潜在治疗方法。见表 9。

表 8 黄精对糖尿病及其并发症的作用及机制

作用	研究模型	作用机制	参考文献
降血糖	糖尿病大鼠	促进糖原合成并最终降低胰岛素抵抗	[47]
降血糖、延缓白内障	糖尿病小鼠	缓解 STZ 诱导的糖尿病小鼠的高血糖和氧化应激来影响白内障的形成	[48]
延缓糖尿病大血管焦亡损伤	糖尿病大鼠	抑制细胞焦亡,减轻血管局部炎症	[49]
保护 T2DM 小鼠胰腺损伤	RIN-m5F 细胞氧化应激模型	PSS 可以缓解氧化应激和高糖介导的胰腺细胞毒性	[50]

表 9 黄精对骨质疏松症的作用及机制

作用	研究模型	作用机制	参考文献
加快骨折愈合	胫骨骨折大鼠	改善骨钙素、钙、磷、碱性磷酸酶水平,抑制 Col1a1、ACP5、CTSK 蛋白表达	[51]
改善骨质疏松	糖尿病骨质疏松大鼠	提高 OPG 蛋白表达和降低 RANKL 蛋白表达以调节 DOP 大鼠骨代谢平衡,提高股骨骨密度	[52]

3.4 保肝护肾 肝脏作为“人体的化工厂”和“物质代谢中心”,具有合成、代谢糖类、脂类、蛋白质、维生素以及维持体内激素水平的功能。肾脏主要功能是排出机体内新陈代谢中产生的废物和多余的水等代谢废物,保持机体内环境的平衡。动物实验表明,通过腹腔注射脂多糖(LPS)在小鼠中建立了化脓性肝损伤模型^[53],PSP 治疗组 LPS 引起的血清肝功能指标 AST、ALT、ALP、TBIL 水平升高以及炎症细胞因子 TNFα 和 IL-6 水平显著降低,PSP 治疗可显著降低 LPS 诱导肝组织中粒细胞浸润标志物 MPO 的活性,从而显著缓解化脓性肝损伤。WANG G 等^[54]研究表明,AEPS 是黄精的水提取物,AEPS 可以通过调节 Nr2/ARE 通路保护小鼠肝脏,有效减少乙醇诱导的肝损伤。采用基于无溶剂球磨技术的绿色机械化学方法制备了布洛芬-黄精多糖(IBU-PSP)的固体分散体作用于抗炎动物实验,结果表明 IBU-PSP 通过减少肾脏中的 NF-κB/TNF,抑制肾脏中 COX-2 的表达,并达到预防 IBU 引起的肾脏损伤的效果^[55]。WANG T 等^[56]基于网络药理学和动物实验探究九转黄精丸治疗代谢相关脂肪性肝病(MAFLD)作用机制,九转黄精丸通过调控 PI3K-Akt、NF-κB、TNF 等炎症通路有关起到对 MAFLD 的保护作用。见表 10。

3.5 预防阿尔茨海默病 阿尔茨海默病(Alzheimer's disease,AD)是一种进行性神经系统退行性疾病,临床上以记忆

减退、语言功能、认知功能及行动功能障碍并伴有人格和行为改变为主要症状,目前医学界尚无完全逆转或治愈的有效方法。研究表明,在阿尔茨海默病(AD)患者的大脑中,淀粉样蛋白 β 肽(A β)广泛存在并形成斑块。小鼠实验得出^[57],从黄精分离出的单体多糖可以防止突触丢失,增强了A β 斑块的小胶质细胞吞噬作用,降低了小鼠大脑中A β (1-40)和(A β 1-42)的浓度,从而减轻了小鼠的认知缺陷以及改善学习记忆能力。一般来说,A β 诱导的神经毒性为AD发病的主要原因,研究表明黄精多糖可以显著减轻了A β (25-35)引起的神经元细胞凋亡的保护作用^[58]。通过用循证补充和替代医学生物信息学方法^[59],研究由黄精和枸杞组成的中药制剂二精丸,得出二精丸通过神经活性配体-受体相互作用、多巴胺能突触、PI3K-Akt信号通路、钙信号通路等多分子-多靶点-多途径癌预防和治理阿尔茨海默病,通过体外试验验证网络药理研究认为,能够显著提高A β 损伤神经前体细胞(PC12)的存活率并增加Ca²⁺AD模型中PC12细胞中的浓度。见表11。

表 10 黄精对肝肾肾功能的作用及机制

作用	研究模型	作用机制	参考文献
缓解化脓性肝损伤	化脓性肝损伤大鼠	降低 LPS 诱导肝组织中性粒细胞浸润标志物 MPO 的活性	[53]
减少乙醇诱导的肝损伤	乙醇肝损伤小鼠	调节 Nr12/ARE 通路保护小鼠肝脏	[54]
预防 IBU 引起的肾脏损伤	肾损伤大鼠	减少肾脏中的 NF-kB/TNF, 抑制肾脏中 COX-2 的表达	[55]
保护代谢相关脂肪性肝病	代谢相关脂肪性肝病大鼠	调控 PI3K-Akt、NF-kB、TNF 等炎症通路	[56]

表 11 黄精对阿尔茨海默病的作用及机制

作用	研究模型	作用机制	参考文献
减轻小鼠的认知缺陷以及改善学习记忆能力	阿尔茨海默病小鼠	增强 A β 斑块的小胶质细胞吞噬作用,降低了小鼠大脑中 A β (1-40) 和 (A β 1-42) 的浓度	[57]
减轻神经毒性	神经毒性大鼠	减轻 A β (25-35) 引起的神经元细胞凋亡的保护作用	[58]
预防和治疗阿尔茨海默病	循证补充和替代医学生物信息学	通过神经活性配体-受体相互作用、多巴胺能突触、PI3K-Akt 及钙信号通路等多分子-多靶点-多途径以及提高 A β 损伤神经前体细胞 (PC12) 的存活率	[59]

4 开发与利用

黄精作为药食同源、药食两用的天然植物,其主要化学物质和功能成分越来越受科研人员及临床工作者的重视,现代研究表明^[60-61],黄精中含有许多对人体健康有益的营养成分,如多糖、甾体皂苷、生物碱、氨基酸、醌类化合物、维生素等化学成

分,具有很高的药用价值。黄精的药理作用和生物活性也得到多方验证,由于黄精对人体健康的积极影响,目前已开发出了黄精丸、黄精养阴糖浆、黄精饮片、当归黄精膏、黄精赞育胶囊、益元黄精糖浆、十一味黄精颗粒等多种剂型的产品。然而,黄精炮制历史悠久,但对其炮制前后化学成分及生物活性变化的研究甚少。WANG C B 等^[62]采用 ICP 法测定 K、Ca、P、Mg、Na、Fe 等元素并进行分析,发现黄精在连续蒸制后不同龄节矿质元素含量变化明显,认为多花黄精采收后选取一龄节连续蒸制 14 h 后矿质元素综合品质最好,并对炮制后各龄节进行分级:混合龄节为一级,一龄节为二级,三龄节为三级,二龄节为四级。ZHANG J G 等^[63]研究发现,黑豆汁加工对黄精化学组成和生物活性具有一定的影响,结果表明,在加工过程中,糖类和皂苷含量在炮制后显著增加。未来将可制成饼类、糖类、糕类等多种不同食品,具有较大的开发潜力、广阔的市场前景和无限的发展空间。因此,可以对黄精进行以下 3 个方面的研究:①药物开发:黄精中的化学成分和药理活性正逐渐被深入研究,这可能会导致开发新的药物或药物候选物,以应对现代社会面临的健康问题。这包括抗感染药物、降血糖药物、降血脂药物等。②营养补充品:由于黄精富含有益于健康的营养成分,它可以用于生产营养补充品。这些补充品可以满足人们日常生活中的健康需求,特别是在改善免疫系统功能、促进骨骼健康等方面。③生态保护:黄精是一种自然植物,其保护和可持续采集变得至关重要。未来的研究和保护工作将着重于保护黄精的野生种群,以确保其持续供应。

5 小结与展望

黄精作为一种传统药用植物,具有广泛的潜力,可以在医疗、营养和生态领域发挥重要作用。黄精因其在阿尔茨海默病、高脂血症、冠状动脉粥样硬化、骨质疏松症、肝病、肾病、糖尿病和癌症等方面具有一定疗效,受到广大消费者的认可和欢迎,然而作为功能性食品,在食品的结构功能研究及资源利用研究较少,有效成分提取率低,工艺技术也相对简单,药用和食用的剂量存在差异,在适用范围、标签标识等方面尚不明确^[64-65]。因此,后期我们课题组将进行利用现代指纹图谱、文献计量分析、网络药理学等一系列新型数据分析黄精的化学成分,以单体成分的活性研究作为切入点,明确药效物质基础,再通过动物实验研究来探索其体内外生物学功能和营养功能的机制,以便在食品的开发和利用提供积极的参考,更好地促进黄精产业的健康、稳定、可持续发展。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:三部[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2020.

[2] 陶弘景,集梁,尚志钧辑校. 名医别录[M]. 北京:人民卫生出版社, 1986.

[3] 日华子. 日华子本草[M]. 芜湖:皖南医学院科研处, 1983.

[4] WANG S, LI G, ZHANG X, et al. Structural characterization and antioxidant activity of Polygonatum sibiricum polysaccharides[J]. Carbohydr Polym, 2022,291 :119524.

[5] XIE Y, JIANG Z, YANG R, et al. Polysaccharide-rich extract from Polygonatum sibiricum protects hematopoiesis in bone marrow suppressed by triple negative breast cancer[J]. Biomed Pharmacoth-

- er, 2021,137:111338.
- [6] WANG J, WANG F, YUAN L, et al. Blood – Enriching Effects and Immune – Regulation Mechanism of Steam – Processed Polygonatum Sibiricum Polysaccharide in Blood Deficiency Syndrome Mice[J]. Front Immunol, 2022,13:813676.
- [7] HA E, HONG H, KIM T D, et al. Efficacy of Polygonatum sibiricum on Mild Insomnia: A Randomized Placebo – Controlled Trial[J]. Nutrients, 2019,11(8):1719.
- [8] SU J, WANG Y, YAN M, et al. The beneficial effects of Polygonatum sibiricum Red. superfine powder on metabolic hypertensive rats via gut – derived LPS/TLR4 pathway inhibition[J]. Phytomedicine, 2022,106:154404.
- [9] LI C, LI J, SHANG Y, et al. Hypoglycemic and Hypolipidemic Activity of Polygonatum sibiricum Fermented with Lactobacillus brevis YM 1301 in Diabetic C57BL/6 Mice[J]. J Med Food, 2021,24(7):720 – 731.
- [10] YE G, ZHAO Y, ZHU J, et al. Synergistic Effect of Polydatin and Polygonatum sibiricum Polysaccharides in Combating Atherosclerosis via Suppressing TLR4 – Mediated NF – κ B Activation in ApoE – Deficient Mice[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2022, 2022:3885153.
- [11] CHAI Y, LUO J, BAO Y. Effects of Polygonatum sibiricum saponin on hyperglycemia, gut microbiota composition and metabolic profiles in type 2 diabetes mice [J]. Biomed Pharmacother, 2021, 143:112155.
- [12] CUI X, WANG S, CAO H, et al. A Review: The Bioactivities and Pharmacological Applications of Polygonatum sibiricum polysaccharides[J]. Molecules, 2018,23(5):1170.
- [13] XU S, BI J, JIN W, et al. Determination of polysaccharides composition in Polygonatum sibiricum and Polygonatum odoratum by HPLC – FLD with pre – column derivatization[J]. Heliyon, 2022, 8(5):e9363.
- [14] HU Y, YIN M, BAI Y, et al. An Evaluation of Traits, Nutritional, and Medicinal Component Quality of Polygonatum cyrtoneura Hua and P. sibiricum Red[J]. Front Plant Sci, 2022,13:891775.
- [15] ZHANG C, BIAN Y, HOU S, et al. Sugar transport played a more important role than sugar biosynthesis in fruit sugar accumulation during Chinese jujube domestication[J]. Planta, 2018,248(5): 1187 – 1199.
- [16] CHURCH D D, HIRSCH K R, PARK S, et al. Essential Amino Acids and Protein Synthesis: Insights into Maximizing the Muscle and Whole – Body Response to Feeding[J]. Nutrients, 2020,12(12):3717.
- [17] WANG D, SHI L, FAN X, et al. Development and validation of an efficient HILIC – QQQ – MS/MS method for quantitative and comparative profiling of 45 hydrophilic compounds in four types of tea (Camellia sentences)[J]. Food Chem, 2022,371:131201.
- [18] 孙紫薇, 宋超, 崔丽丽, 等. 微波水解全自动氨基酸分析法测定黄精中的氨基酸含量[J]. 特产研究, 2023, 45(1): 127 – 130.
- [19] ZHAO P, ZHAO C, LI X, et al. The genus Polygonatum: A review of ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology [J]. J Ethnopharmacol, 2018,214:274 – 291.
- [20] ZHANG H Y, HU W C, MA G X, et al. A new steroidal saponin from Polygonatum sibiricum[J]. J Asian Nat Prod Res, 2018,20(6):586 – 592.
- [21] TANG C, YU Y M, QI Q L, et al. Steroidal saponins from the rhizome of Polygonatum sibiricum[J]. J Asian Nat Prod Res, 2019,21(3):197 – 206.
- [22] 李亚霖, 周芳, 曾婷, 等. 药用黄精化学成分与活性研究进展[J]. 中医药导报, 2019,25(5):86 – 89.
- [23] CHEN H, LI Y J, LI X F, et al. Homoisoflavanones with estrogenic activity from the rhizomes of Polygonatum sibiricum[J]. J Asian Nat Prod Res, 2018,20(1):92 – 100.
- [24] OU Y L, CHEN Y, WANG X Y, et al. Polygonatum odoratum lectin induces apoptosis and autophagy via targeting EGFR – mediated Ras – Raf – MEK – ERK pathway in human MCF – 7 breast cancer cells[J]. Phytomedicine, 2014, 21(12):1658 – 1665.
- [25] SU L L, LI X, GUO Z J, et al. Effects of different steaming times on the composition, structure and immune activity of Polygonatum Polysaccharide[J]. J Ethnopharmacol, 2023,310:116351.
- [26] 李超彦, 周媛媛, 辛庆锋, 等. 黄精多糖对自然更年期大鼠超氧化物歧化酶、丙二醛及血脂的影响[J]. 中国老年学杂志, 2013,33(24):6215 – 6216.
- [27] CHANG R M, KAUFFMAN R J, KWON Y. Understanding the paradigm shift to computational social science in the presence of big data[J]. Decision Support Systems, 2014,63(0):67 – 80.
- [28] LI X, CHEN Q, LIU G, et al. Chemical elucidation of an arabinogalactan from rhizome of Polygonatum sibiricum with antioxidant activities[J]. Int J Biol Macromol, 2021,190:730 – 738.
- [29] 陈丹, 罗丹, 向极轩, 等. 富硒金钱柳、黄精单方及复方对 D – 半乳糖致衰老小鼠抗氧化作用的研究[J]. 特产研究, 2022,44(6):83 – 89.
- [30] LU J C, XUE C, JIANG C X. Research progress on the anti – aging mechanism of Polygonatum and its active ingredients [J]. Chinese Herbal Medicine, 2023, 54(14): 4732 – 4739.
- [31] LIU N, DONG Z, ZHU X, et al. Characterization and protectioneffect of Polygonatum sibiricum polysaccharide against cyclophosphamide – induced immunosuppression in Balb/c mice[J]. Int J Biol Macromol, 2018,107(Pt A):796 – 802.
- [32] ZHANG J, LIU N, SUN C, et al. Polysaccharides from Polygonatum sibiricum Delar. ex Redoute induce an immune response in the RAW264.7 cell line via an NF – κ B/MAPK pathway [J]. RSC Adv, 2019, 9(31):17988 – 17994.
- [33] JING X, QUAN L C, CHEN Z, et al. Polygonati rhizoma polysaccharides relieve exercise – induced fatigue by regulating gut microbiota[J]. Journal of Functional Foods, 2023,107:105658.
- [34] CHEN Z, LUO J, JIA M, et al. Polygonatum sibiricum saponin Exerts Beneficial Hypoglycemic Effects in Type 2 Diabetes Mice by Improving Hepatic Insulin Resistance and Glycogen Synthesis – Related Proteins[J]. Nutrients, 2022,14(24):5222.
- [35] KONG X, LIU J J, LI H, et al. Effect of polysaccharides from Polygonatum sibiricum on lipid – metabolism related mRNA and protein expression in hyperlipidemic mice[J]. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 2018,43(18):3740 – 3747.
- [36] ZENG G F, ZHANG Z Y, LU L, et al. Protective effects of Polygo-

- natum sibiricum polysaccharide on ovariectomy – induced bone loss in rats[J]. *J Ethnopharmacol*, 2011,136(1):224 – 229.
- [37] DU L, NONG M N, ZHAO J M, et al. Polygonatum sibiricum polysaccharide inhibits osteoporosis by promoting osteoblast formation and blocking osteoclastogenesis through Wnt/ β – catenin signaling pathway[J]. *Sci Rep*, 2016,6:32261.
- [38] HAN C, SUN T, LIU Y, et al. Protective effect of Polygonatum sibiricum polysaccharides on gentamicin – induced acute kidney injury in rats via inhibiting p38 MAPK/ATF2 pathway[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020,151:595 – 601.
- [39] SHEN F, SONG Z, XIE P, et al. Polygonatum sibiricum polysaccharide prevents depression – like behaviors by reducing oxidative stress, inflammation, and cellular and synaptic damage[J]. *J Ethnopharmacol*, 2021,275:114164.
- [40] LUO Y, HUANG J. Hierarchical – structured anatase – titania/cellulose composite sheet with high photocatalytic performance and antibacterial activity[J]. *Chemistry*, 2015,21(6):2568 – 2575.
- [41] WANG R, RONG Y L, PENG Z, et al. Silver Nanoparticles Modified with Polygonatum sibiricum Polysaccharide Improve Biocompatibility and Infected Wound Bacteriostasis. [J]. *Journal of microbiology (Seoul, Korea)*, 2023,61(5):543 – 558.
- [42] LI M, LIU Y, ZHANG H, 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.
- [43] HAN S Y, HU M H, QI G Y, et al. Polysaccharides from Polygonatum Inhibit the Proliferation of Prostate Cancer – Associated Fibroblasts[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2016,17(8):3829 – 3833.
- [44] YANG J X, WU S, HUANG X L, et al. Hypolipidemic Activity and Antiatherosclerotic Effect of Polysaccharide of Polygonatum sibiricum in Rabbit Model and Related Cellular Mechanisms[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2015,2015:391065.
- [45] 尹新军, 王贝贝, 李新建, 等. 黄精多糖对自身免疫性心肌炎大鼠 JAK/STAT 通路及心肌纤维化的影响[J]. *免疫学杂志*, 2021,37(1):26 – 32.
- [46] GUO A J, XUE Y L, LI H P, 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.
- [47] WEISKOPF D, WEINBERGER B, GRUBECK – LOEBENSTEIN B. The aging of the immune system[J]. *Transpl Int*, 2009,22(11):1041 – 1050.
- [48] WANG Y, LAN C, LIAO X, et al. Polygonatum sibiricum polysaccharide potentially attenuates diabetic retinal injury in a diabetic rat model[J]. *J Diabetes Investig*, 2019,10(4):915 – 924.
- [49] 傅馨莹, 孙天松, 朱松旭, 等. 基于 NLRP3/Caspase – 1/GSDMD 研究黄精改善糖尿病大血管焦亡损伤的作用机制[J]. *中国中药杂志*, 2023,48(24):6702 – 6710.
- [50] LUO J Y, ZEFU C, QINGQI G, et al. Effects of saponins isolated from Polygonatum sibiricum on H2O2 – induced oxidative damage in RIN – m5F cells and its protective effect on pancreas[J]. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 2023:113724.
- [51] 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.
- [52] CHENG Y, ZHANG S W, LI Y G. Study on the effect of polygonatum polysaccharide on osteoporotic bone metabolism in diabetic rats based on OPG/RANKL signaling pathway [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2023, 43(16):4029 – 4033.
- [53] XIAO L, QI L, ZHANG G, et al. Polygonatum sibiricum Polysaccharides Attenuate Lipopoly – Saccharide – Induced Septic Liver Injury by Suppression of Pyroptosis via NLRP3/GSDMD Signals[J]. *Molecules*, 2022,27(18):5999.
- [54] WANG G, FU Y, LI J, et al. Aqueous extract of Polygonatum sibiricum ameliorates ethanol – induced mice liver injury via regulation of the Nrf2/ARE pathway[J]. *J Food Biochem*, 2021,45(1):e13537.
- [55] XU W, YANG J, GU X, et al. Mechanochemical prepared ibuprofen – Polygonatum sibiricum polysaccharide drug delivery system for enhanced bioactivity with reduced renal injury induced by NSAIDs [J]. *Drug Deliv*, 2022,29(1):351 – 363.
- [56] WANG T, HAO J J, LI Y Q, et al. Exploring the protective effect of Jiuzhuan Huangjing Pills on metabolism – related fatty liver disease based on network pharmacology and animal experiments [J]. *Chinese Patent Medicine*, 2023,45(3):979 – 986 .
- [57] LUO S, ZHANG X, HUANG S, et al. A monomeric polysaccharide from Polygonatum sibiricum improves cognitive functions in a model of Alzheimer’s disease by res. haping the gut microbiota[J]. *Int J Biol Macromol*, 2022,213:404 – 415.
- [58] ZHANG H, CAO Y, CHEN L, et al. A polysaccharide from Polygonatum sibiricum attenuates amyloid – β – induced neurotoxicity in PC12 cells[J]. *Carbohydr Polym*, 2015,117:879 – 886.
- [59] YANG X, GUAN Y, YAN B, et al. Evidence – based complementary and alternative medicine bioinformatics approach through pharmacology network and molecular docking to determine the molecular mechanisms of Erjing pill in Alzheimer’s disease[J]. *Exp Ther Med*, 2021,22(5):1252.
- [60] FAN S M. Research on the chemical composition and metabolomics of Polygonatum sibiricum [D]. Zhengzhou:Henan Agricultural University, 2023.
- [61] LUO S, WANG J B, CHEN K Y, et al. Study on the composition and in vitro antioxidant properties of polygonatum vinifera from different origins [J]. *Chinese Condiments*, 2023,48(6):59 – 65.
- [62] WANG C B, PAN K Q, CHEN S S, et al. Effects of continuous steaming on the mineral elements of Polygonatum polygonatum at different stages [J]. *Shi Zhen Chinese Medicine*, 2023, 34(5):1104 – 1107.
- [63] ZHANG J G, JUN J W, LI Y, et al. Comprehensive Quality Evaluation of Polygonatum cyrtonema and Its Processed Product; Chemical Fingerprinting, Determination and Bioactivity. [J]. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 2023,28(11):4341.
- [64] CHUN F X, BO H X, ZHI M Z, et al. Research progress in steroidal saponins from the genus Polygonatum; Chemical components, biosynthetic pathways and pharmacological effects. [J]. *Phytochemistry*, 2023,213:113731.
- [65] LAN J, XIN B, MA C, et al. Taking Polygonatum as an example to explore innovative ideas for the research and development of food raw materials in Shaanxi Province [J]. *Western Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2023, 36(5):75 – 78.