

酒黄精炮制与药理活性及其应用现状

WONG LI SOO¹, 张宜仲³, 宋宪康¹, 宋大伟⁴, 黄秋波³, 王宇婷¹, 鲍康德^{1,2*}, 王 丹^{1,2}

1. 浙江理工大学生命科学与医药学院, 浙江 杭州 310018

2. 浙江省家蚕生物反应器和生物医药重点实验室, 浙江 杭州 310063

3. 浙江国邦药业有限公司药物研究院, 浙江 绍兴 312369

4. 池州市九华府金莲智慧农业有限公司, 安徽 池州 247104

摘要: 酒黄精作为黄精 *Polygonati Rhizoma* 的主要炮制品之一, 近年来其炮制工艺研究取得了重要进展。文献调研与最新研究结果显示, 黄精酒制过程中化学成分发生明显变化, 尤其会产生对人体健康有潜在威胁的物质如 5-羟甲基糠醛、5-羟甲基麦芽酚及丙烯酰胺等; 炮制后免疫调节、抗氧化、降血糖与调血脂等药理活性得到显著增强。目前酒黄精研究面临炮制规范不统一、工艺参数不明确、质量控制困难等挑战, 系统综述了酒黄精的炮制历史沿革、现代炮制工艺、化学成分及药理作用等方面的研究进展。未来研究应聚焦于炮制工艺标准化、机制解析现代化及应用技术创新化, 进一步推动酒黄精产业全面快速发展。

关键词: 酒黄精; 炮制工艺; 黄精多糖; 5-羟甲基糠醛; 酒黄精产业

中图分类号: R283

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2026)14-5736-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.14.031

Processing, pharmacological activities and current application status of wine-processed *Polygonati Rhizoma*

WONG LI SOO¹, ZHANG Yizhong³, SONG Xiankang¹, SONG Dawei⁴, HUANG Qiubo³, WANG Yuting¹, BAO Kangde^{1,2}, WANG Dan^{1,2}

1. College of Life Sciences and Medicine, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China

2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Silkworm Bioreactor and Biomedicine, Hangzhou 310063, China

3. Pharmaceutical Research Institute of Zhejiang Guobang Pharmaceutical Co., Ltd., Shaoxing 312369, China

4. Chizhou Jiuhua Jinlian Smart Agriculture Co., Ltd., Chizhou 247104, China

Abstract: Wine-processed Huangjing (*Polygonati Rhizoma*) is one of the primary processed products of the *Polygonati Rhizoma*, its preparation technology has seen important progress in recent years. Literature research and the latest research results indicate that the chemical composition undergoes notable changes during the wine-processing of *Polygonati Rhizoma*, particularly generating substances that pose potential health risks to humans, such as 5-hydroxymethylfurfural, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, acrylamide. Following processing, the pharmacological activities such as immunomodulation, antioxidant, hypoglycemic, and hypolipidemic effects are markedly enhanced. Current research on wine-processed *Polygonati Rhizoma* faces challenges such as inconsistent processing standards, unclear process parameters and difficulties in quality control. This paper systematically summarizes research progress of wine-processed *Polygonati Rhizoma*, including the historical evolution, modern processing techniques, chemical composition, and pharmacological effects. Future research should focus on standardizing processing techniques, modernizing mechanism analysis, and applying technological innovations to further promote the comprehensive and rapid development of the wine-processed *Polygonati Rhizoma* industry.

Key words: wine-processed *Polygonati Rhizoma*; processing technology; *Polygonatum* polysaccharides; 5-hydroxymethylfurfural; wine-processed *Polygonati Rhizoma* industry

收稿日期: 2026-01-28

基金项目: 浙江理工大学绍兴生物医药研究院开放基金资助项目 (SXAB202216); 科技横向“食药物质提取工艺、质量标准及小试生产研究” (22040252-J)

作者简介: WONG LI SOO, 硕士研究生, 研究方向为食药物质产品工艺。E-mail: 20120408exo4ever@gmail.com

*通信作者: 鲍康德, 正高级工程师, 从事药物研究与生产技术开发研究。E-mail: bocand_1969@zstu.edu.cn

药食同源黄精源于百合科黄精属植物,最早记载于《名医别录》^[1]中。黄精性味甘平,归脾、肺、肾经,有益气养阴、健脾润肺之效,在历代中医典籍中被广泛用于脾胃气虚、肺虚燥咳、内热消渴等症的治疗,现代研究表明其具有抗氧化^[2-3]、抗疲劳^[4-5]、延缓老化^[6-7]、免疫调节^[8-9]等生物活性功能,体现黄精从古至今的多重功效和药用价值。《中国药典》2025 年版^[10]中收载 3 种黄精药用基原,即滇黄精(大黄精) *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精(鸡头黄精) *P. sibiricum* Red. 和多花黄精(姜形黄精) *P. cyrtoneura* Hua 的干燥根茎。其中,多花黄精生长周期较长(4~6 年开始采收为宜)^[11],质地稍坚硬,品质良好,其纤维化程度随着年份增加而升高^[12];鸡头黄精与滇黄精生长速度快,可采摘收周期较短(3~4 年)^[13-14],质地软糯,纤维化程度较低,但鸡头黄精结构偏松散^[15-16]。因此,在实际应用中,应根据具体需求(如药效侧重、食用口感或加工特性等)合理选择适宜的品种和采收期^[17]。

鲜品黄精具有刺激性,直接服用会感到口舌麻木、咽喉不适,其活性成分的药效发挥也受到一定限制,炮制可消除上述现象并转化部分有效成分,达到增效减毒的目的。作为《中国药典》记载的黄精主要炮制法之一,酒制法最早可追溯至宋代《太平圣惠方》^[18],借助酒的辛散温通之性,使黄精达到“滋而不腻”的效果。炮制后黄精的刺激性显著降低,同时药性和功效得到增强,且酒制法与其他炮制方法相比更为简便,因此更符合临床用药的准则^[19]。酒制法的科学研究较少,对物质基础转化规律和增效机制开展的现代系统研究不足,难以充分发挥其药物经济学价值,阻碍了酒制法的推广和深入研究^[20]。目前对酒黄精的炮制工艺缺少系统化、标准化的探索研究,其关键工艺参数缺乏统一标准,增加了规模化、稳定化生产的难度。《中国药典》2025 年版对黄精酒制法仅有原则性规定,在酒制工艺与技术方面无详细说明,炮制机制不明确和质控指标不完善,是制约酒黄精深入开发和高效利用的关键因素。

随着现代社会对天然健康食品需求的不断增长,黄精的药食同源特性日益受到重视,并于 2002 年正式列入既是食品又是药品的物品名单中^[21],此后市场需求逐步扩大。现代分析技术与药理研究方法的进步,使酒黄精的研究逐渐从传统的经验描述

转向科学阐述。众多研究表明,炮制过程不仅改变黄精的外观性状和口感,更深刻影响其化学成分组成与药理活性强度。在美拉德反应和焦糖化反应下,炮制后的黄精常生成 5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)、5-羟甲基麦芽酚(2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, DDMP)及丙烯酰胺(acrylamide, AAM)等对人体健康有害的物质^[22-24]。炮制前后黄精多糖、薯蓣皂苷、氨基酸、黄精碱、5-HMF、DDMP 及 AAM 等化学成分的含量和结构均有明显改变^[20,24]。

本文基于古今文献典籍和监管法规,对酒黄精的炮制历史沿革、现代炮制工艺、化学成分及药理作用等方面进行系统梳理,展望未来研究方向,为酒黄精的炮制工艺标准化、质量控制科学化及临床应用精准化提供理论依据,助力酒黄精产业健康发展。

1 酒黄精的炮制历史与现代工艺

1.1 炮制历史沿革

黄精的炮制历史悠久,传统炮制以蒸法、煮法和炖法为基础,根据蒸晒的次数或辅料的不同衍生出多种炮制工艺,如单蒸、重蒸、九蒸九曝(晒)、酒制、黑豆制、蜜制、熟地制、牛奶制、多辅料共制等。

黄精炮制法最早以单蒸法记载于《雷公炮炙论》^[25],以去除生品刺激性为目的,使黄精更适合直接食用。唐朝时期,黄精炮制工艺进一步发展,出现“重蒸”“九蒸九晒”等复式炮制法的记载,旨在通过反复蒸晒改变黄精药性并提升其效益。宋代时期,医家开始重视炮制对黄精性味归经的改变,认为黄精生品过于滋腻,而酒正好具有辛散温通、活血行气的特性。《太平圣惠方》^[18]首次提出酒制法:“取生黄精三斤,洗净,于木臼中捣绞取汁,旋更入酒三升,于银锅中以慢火熬成煎”。酒的温热之性能够制约生黄精的滋腻,其升散之性有助于黄精药效的上行外达,充分体现出补气养阴的功效,也能减轻服用过多黄精时脾胃与气血的堵滞问题。研究表明,酒制能够有效增强黄精的补肾滋阴作用并降低其不良反应^[26]。酒制法的开创标志着酒黄精作为独立炮制品,明确了酒作为辅料的应用,并以一种规范炮制工艺在中药炮制方法中得到传承与创新(表 1)。

酒黄精炮制所用辅料“酒”,古今存在显著差异,主要体现在酒的种类、酿造工艺及质量标准等方面。古代用酒以米酒为主,种类不一,历代医籍

表 1 本草典籍中黄精酒制方法
Table 1 Methods for wine-processing *Polygonati Rhizoma* from Chinese materia medica classics

年代	古籍	记载内容
宋	《太平圣惠方》	取生黄精三斤，洗净，于木臼中捣绞取汁，旋更入酒三升，于银锅中以慢火熬成煎（酒黄精历史溯源常引）
明	《寿世保元》	黄精（酒蒸四两）（最早明确酒蒸炮制）
清	《修事指南》	承雷公蒸法（注“酒拌蒸”用法）
	《本草从新》	九蒸九晒法（后世衍生为酒拌蒸）

对炮制用酒的记载较为笼统，多以“酒”泛称。酒制法在早期主要使用米酒作为辅料，唐宋以后逐渐出现对酒种类的区分，但多体以谷物酿造酒为核心^[27]。古代所用酒为未经蒸馏的酿造酒，酒精含量较低，且缺乏统一的品质标准，《中国药典》2025 年版及各地方炮制规范则明确规定酒黄精须使用黄酒作为辅料（表 2、3）。黄酒是以稻米、黍米等为原料，经蒸煮、糖化、发酵而成的酿造酒，其酒精质量分数一般为 15%~20%，在中国国家标准《黄酒》

表 2 《中国药典》及国家炮制规范中的黄精酒制方法
Table 2 Methods for wine-processing *Polygonati Rhizoma* in Chinese pharmacopoeia and national processing standards

文献来源	目录名称	成品名称	炮制方法	辅料与用量
《中国药典》2025 年版	黄精	酒黄精	取净黄精，照酒炖法或酒蒸法（通则 0213）炖透或蒸透，稍晾，切厚片，干燥	每 100 千克黄精用黄酒 20 kg
《全国中药炮制规范》1988 年版	黄精	酒黄精	取净黄精，用黄酒拌匀，置炖药罐内，密闭，隔水加热或用蒸汽加热，至酒被吸尽。或置适宜容器内，蒸至内外滋润，色黑，取出，晒至外皮稍干时，切厚片，干燥	
《中华本草》（第八册）1999 年版	黄精	酒黄精	取净黄精片用黄酒拌匀，置炖药罐内，密闭，隔水加热或用蒸汽加热，炖至黄酒被吸尽；或置适宜容器内，蒸至内外滋润，色黑，取出，晒至外皮稍干时，切厚片，干燥	
《全国中草药汇编》1996 年版	黄精	酒黄精	将原药材洗净，用黄酒拌匀，装入罐内或其他容器内，密闭，坐水锅中加热，蒸至将酒吸尽，取出切段，晾干即可	每 50 千克黄精用黄酒 25 kg
《中药大辞典》2006 版	黄精	酒黄精	取净黄精片用黄酒拌匀，置炖药罐内，密闭，隔水加热或用蒸汽加热，炖至黄酒被吸尽；或置适宜容器内，蒸至内外滋润，色黑，取出，晒至外皮稍干时，切厚片，干燥	文献未记载

（GB/T 13662-2018）具有特定质量标准。现代黄酒较古代米酒在发酵工艺、酒精度、糖分含量及微生物指标控制方面更为规范统一。

历代炮制黄精的方法主要分为清蒸和加辅料制 2 大类，加辅料制中又以酒制最为常见，因其能够有效增强黄精的补益作用而被广泛应用，流传至今。酒黄精的炮制历史演变与逐步明确的辅料规范体现了中医在药物加工方面的丰富经验，也反映从古至今对黄精药性认识不断深化的过程。

1.2 现代炮制工艺

传统炮制方法缺乏明确规范的工艺参数，且不同地区的炮制工艺与技术存在差异（表 2、3），导致酒黄精饮片质量难以统一，因此现代对酒黄精炮制工艺的研究主要集中在优化炮制工艺参数及建立标准化生产流程方面。

通过对炮制工艺的研究，发现黄酒用量、蒸制时间与温度、干燥温度等是其中的关键因素。沈灵等^[28]对黄精酒蒸工艺条件进行单因素及正交试验

优化，认为最佳炮制工艺是生品黄精加 20%黄酒拌匀后，润 1 h，蒸 7 h，焖 3 h，在 60~80 ℃烘干。该工艺炮制的酒黄精符合《中国药典》标准，药理实验也证实酒黄精饮片相较于生黄精饮片具有更显著的延缓衰老作用，确保了炮制品的质量与药效。赵秋华等^[29]利用正交试验法优选得到黄精酒制最佳工艺为黄酒用量 20%，焖 6 h，隔水蒸 9 h，蒸制 3 次即得。检测黄精生品及其炮制品的抗氧化活性，发现炮制品的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH）自由基清除率大于生黄精，表明炮制可有效增强黄精的抗氧化活性。

近年来，随着现代化技术的成熟与推广，研究人员在传统炮制法的基础上开发出多种创新研究，以满足不同应用场景和质量要求。刘露梅等^[30]运用析因试验法，以性状结果、多糖及其他浸出物含量为评价指标，确定黄精最佳酒蒸工艺为净黄精加 20%黄酒拌匀，在 0.12 MPa 高压下蒸制 3 h，切片后在 70 ℃温度下烘 24 h，重复 2 次。与传统酒制

表 3 地方炮制规范中的黄精酒制方法

Table 3 Methods for wine-processing *Polygonati Rhizoma* in various local processing standards

文献来源	目录名称	成品名称	炮制方法	辅料与用量
《四川省中药饮片炮制规范》2002 年版	黄精	酒黄精	同《中国药典》	同《中国药典》
《重庆市中药饮片炮制规范及标准》2006 年版	黄精	酒黄精		
《湖北省中药饮片炮制规范》2009 年版	黄精	酒黄精		
《湖南省中药饮片炮制规范》2010 年版	黄精	酒黄精		
《河南省中药饮片炮制规范》2005 年版	黄精	酒黄精		
《江西省中药饮片炮制规范》2008 年版	黄精	制黄精	(1) 酒黄精: 同《中国药典》; (2) 蒸黄精: 取净黄精, 漂过夜, 捞起, 干燥, 加入酒拌匀, 待吸尽后, 入甑蒸至内外黑色为度, 取出, 干燥至半干, 横切厚片, 干燥; (3) 炆黄精: 取原药, 除去杂质, 洗净, 用清水漂约 1 d, 取出, 沥干水, 放入炆药罐内, 每罐装药至 2/3, 加入温水, 上盖, 移至围灶内, 罐间放少量木炭, 并堆放干糠, 点燃后炆 1 d, 至药熟透汁尽, 取出, 干燥; 用酒喷洒均匀, 闷润, 待吸尽后, 蒸 4~6 h, 焖一夜, 至转黑色时, 取出, 干燥至半干, 切斜厚片, 干燥	每 100 千克黄精用黄酒 20 kg
《湖南省中药饮片炮制规范》2021 年版	酒黄精	酒黄精	取鲜药材, 除去须根, 洗净, 除去杂质, 照蒸法或炖法蒸透或炖透, 稍晾, 切厚片, 干燥	以干品计算, 每 100 千克黄精用黄酒 20 kg
《河南省中药材炮制规范(修订本)》1974 年版	黄精	酒蒸黄精	取净黄精与黄酒拌匀, 置铜罐内或笼内, 密闭, 隔水蒸至内外发黑为度, 取出, 晾至半干, 切咀 0.6~1.0 cm 厚, 干燥	每 0.50 千克黄精用黄酒 0.25 kg
《北京市中药饮片切制规范-上册》1974 年版	黄精	黄精	取黄精, 拣净杂质, 洗净泥土、晒干、置容器内, 用黄酒拌匀, 润闷 4~8 h、装罐内封严、隔水加热, 蒸 24~32 h, 中途倒罐 1 次, 至酒吸尽, 至外面变黑色为度, 取出切段晒干, 入库即得	每 50 千克黄精用黄酒 20 kg
《北京市中药饮片炮制规范》2008 年版	酒黄精	酒黄精	取原药材, 除去杂质, 大小分开, 加黄酒拌匀, 闷润 4~8 h, 装入蒸罐内, 密封, 隔水加热或用蒸汽加热, 蒸 24~32 h, 至黄酒被吸尽, 色泽黑润时, 取出, 稍晾, 切厚片, 干燥	每 100 千克净黄精用黄酒 20 kg
《福建省中药炮制规范》1988 年版	黄精	酒黄精	取净黄精, 照酒制法炖透或蒸透, 取出, 稍晾, 切厚片或短段, 干燥	文献未记载
《广东省中药炮制规范》1984 年版	黄精	酒黄精	取净黄精块, 用酒拌匀, 闷润, 待酒液被吸尽后, 蒸 8~12 h, 焗闷 12 h, 至内外呈黑色油润, 取出, 切厚片(如用生品须按上述方法重复蒸制 1 次)	每 100 千克黄精用酒 20 kg
《广西壮族自治区中药饮片炮制规范》2007 年版	黄精	酒黄精	取净黄精, 置适宜容器, 加入黄酒, 炖透或蒸透, 稍晾, 切厚片, 干燥	每 100 千克黄精用黄酒 20 kg
《广西壮族自治区壮药质量标准-第一卷》2008 年版	黄精/京四	酒黄精		
《贵州省中药饮片炮制规范》1986 年版	黄精	制黄精	取原药材, 除去杂质, 筛去灰渣, 用水洗净后浸泡至透心(2~3 h), 装入甑内蒸至略呈黑色(8~12 h)时取出, 晾至半干, 加酒拌匀, 闷透, 反复蒸至内外均呈滋润的黑色, 无麻味时取出, 晾至半干, 用片刀切成厚片, 干燥	每 1 千克黄精用酒 0.12 kg
《贵州省中药饮片炮制规范》2005 年版	黄精	酒黄精	取原药材, 除去杂质, 洗净, 略泡, 润透, 置适宜容器内蒸 8~12 h, 切厚片, 晾至半干; 加酒拌匀, 闷透, 照酒蒸法反复蒸至表面棕黑色、内部深褐色, 切厚片, 干燥。或取蒸黄精片, 照酒蒸法反复蒸至表面棕黑色、内部深褐色, 干燥	每 100 千克黄精用黄酒 12 kg

表 3 (续)

文献来源	目录名称	成品名称	炮制方法	辅料与用量
《甘肃省中药炮制规范》 1980 年出版	黄精	酒制黄精	(1) 取净黄精, 清水洗净, 捞出, 置盆内用黄酒拌匀, 装铜罐(或适宜容器)内, 密闭, 坐锅中隔水炖至酒尽, 取出, 切段, 晾干; (2) 将洗净的黄精, 润透, 切段, 晒至五成干, 用黄酒拌匀, 润透, 放蒸笼内蒸 24 h, 使内外均成黑色时, 止火, 候冷, 出笼, 晒干	每 100 千克黄精用 黄酒 20~25 kg
《江苏省中药饮片炮制规范》 2002 年版	黄精	酒黄精	取原药材, 除去杂质, 洗净, 切厚片, 干燥。再用黄酒拌匀, 置炖药罐内密闭, 隔水加热或用蒸汽加热, 至酒被吸尽, 使表面呈黑色, 中心呈棕褐色, 取出, 干燥	每 100 千克黄精用 黄酒 20 kg
《江西省中药炮制规范》 1991 年版	黄精	制黄精	(1) 蒸黄精: 取黄精, 洗净, 漂过夜, 捞起, 晒干, 加入酒拌匀, 待吸尽后, 入甑蒸至内外黑色为度, 取出, 晒至半干, 横切厚片, 再晒干; (2) 炆黄精: 取原药, 除去杂质, 洗净, 用清水漂约 1 d, 取出, 沥干水, 放入炆药罐内, 每罐装药至 2/3, 加入温水, 上盖, 移至围灶内, 罐间放少量木炭, 并堆放干糠, 点燃后炆 1 d, 至药熟透汁尽, 取出, 晒干; 用酒喷洒拌匀, 闷润, 待吸尽后, 蒸 4~6 h, 焖一夜, 至转黑色时, 取出, 晒至半干, 切斜厚片, 再晒干	每 100 千克黄精用 酒 20 kg
《吉林省中药炮制标准》 1986 年版	黄精	黄精	除去杂质, 洗净泥土, 捞出, 喷淋黄酒拌匀, 置适宜容器内, 密闭, 隔水炖 18 h 至酒吸尽, 柔润, 至色漆黑时, 取出, 晒至八成干, 切 3 mm 片, 晒干	每 100 千克黄精用 黄酒 40 kg
《山东省中药炮制规范》 1990 年版、《山东省中药炮制规范》 2002 年版	黄精	制黄精、 酒黄精	(1) 将净黄精片用黄酒拌匀, 闷润至黄酒被吸尽, 放笼屉内, 置锅上, 武火加热, 圆气后蒸约 8 h, 闷润 4 h, 至内外均呈黑褐色时, 取出, 摊晒至外皮微干, 再将蒸时所得原汁的浓缩液拌入, 吸尽, 干燥; (2) 将净黄精片与黄酒装入蒸罐内, 拌和均匀, 密封, 隔水加热, 炖约 12 h, 闷约 8 h, 至黄酒基本吸尽, 内外均呈黑褐色时, 取出, 摊晒至外皮微干, 再将罐中余汁拌入, 吸尽后干燥	每 100 千克黄精片 用黄酒 20 kg
《陕西省中药饮片标准 (第一册)》 2008 年版	酒黄精	酒黄精	取饮片黄精, 照酒炖法或酒蒸法炖透或蒸透; 或取药材黄精, 除去杂质, 洗净, 沥干, 照酒炖法或酒蒸法炖透或蒸透, 稍晾, 切厚片, 干燥	每 100 千克黄精用 酒 20 kg

工艺相比, 高压酒制能够缩短炮制时间, 但同时黄精有效成分的含量也有所变化^[31-32], 因此炮制方法应按照后续用途及需求来选择。罗诚等^[33]以外观性状评分、黄精多糖和醇浸出物含量为评价指标, 通过响应面法优化得出黄精最佳酒制工艺为黄精生品加 20%黄酒, 润制 1.5 h 后, 采用回转式蒸药机蒸制 5.5 h, 焖制 1.0 h, 用敞开式烘干箱进行干燥处理。这一结果表明炮制过程中的设备选择也可能对酒黄精成品质量产生一定影响。另有研究发现, 酒黄精的多糖含量随炮制时间的增加而减少, 单糖和醇溶性浸出物的含量则增加, 这些变化与酒黄精补益作用的增强密切相关^[34-35]。因此, 建立基于化学成分变化的炮制工艺控制标准, 是实现酒黄精质量控制的重要途径。

综上, 炮制过程中酒黄精化学成分的种类和含量变化与其药效密切相关。现代工艺研究聚焦于黄酒用量、蒸制时间等关键参数, 但常忽略了含水量等本底差异, 缺乏统一标准, 导致成品质量均一稳

定性不足。不同地区的炮制规范也存在一定差异, 增加了规模化、稳定化生产的难度。未来应建立全国统一的酒黄精炮制工艺标准, 深入解析“增效减毒”机制, 进一步发展在线质控与智能化生产, 推动酒黄精从经验制药向科学制药跨越。

2 酒制黄精的化学成分变化

炮制是一个复杂的物理化学过程, 在热能和酒精的双重作用下, 黄精的化学成分如多糖类、皂苷类、氨基酸等都会发生降解或转化生成新的化合物^[36-38], 这些变化是酒黄精药理活性增强及不良反应消除的物质基础^[39-40]。

黄精多糖具有免疫调节、抗氧化、抗肿瘤等药理活性, 是黄精中最重要的活性成分之一。Su 等^[41]研究表明黄精多糖由甘露糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和木糖组成, 酒制后多糖一级结构产生变化, 使单糖比例改变。随着酒制过程中蒸制时间的增加, 持续高温会改变大分子多糖的组成, 导致多糖降解为便于机体吸收的小分子寡糖或单糖, 多糖

含量总体呈下降趋势。徐如静等^[42]研究发现生品黄精多糖质量分数为 44.53%，酒制后多糖质量分数降至 23.59%，多糖质量分数下降了 47.02%。酒黄精的还原糖与氨基酸类成分在蒸制时发生美拉德反应生成 5-HMF，也是多糖含量下降的主要原因之一^[23]。詹智洪等^[35]研究发现，随着酒制时间的延长，黄精多糖含量呈减少趋势，果糖含量上升，蔗糖含量在蒸制 8 h 后达到最大值。多项研究均表明酒制过程能够促进多糖的降解，生成更多易于吸收的小分子糖类，表明黄精的补益作用在酒制后得到增强。同时，还原糖（果糖）含量随热处理时间的延长而呈线性上升，这一变化能够显著提升成品的甜度与焦香风味，降低入口的苦涩感，大幅提高其作为日常食用的口感接受度。然而，过度的美拉德反应也导致 5-HMF 的累积，虽 5-HMF 整体含量仍在安全阈值内，但在“食养”兼顾的考量下，需警惕其过量对产品温和属性的影响。

王帅等^[43]以滇黄精为研究对象，采用 UHPLC-MS/MS 法测定酒制 0~28 h 过程中原薯蓣皂苷、伪原薯蓣皂苷、薯蓣皂苷、薯蓣皂苷元和水仙苷（黄酮类）的含量变化。结果显示，这 5 种成分的含量随时间动态变化趋势明显，且呈现不同的变化规律，其中原薯蓣皂苷或可作为滇黄精酒制过程控制的标志物。此外，炮制后黄精皂苷类成分最显著的变化是结构转变。有研究发现，生黄精提取物中含有滇黄精苷 E、麦冬皂苷 B、人参皂苷 Rc、拟人参皂苷 Rg₃ 等 46 种皂苷，其中重楼皂苷 VII、spiroakyruside、pratioidside B 等 9 种化合物在酒蒸后不再被检测到^[44]。黄精生品的刺激性与皂苷成分密切相关，炮制后刺激性消失，主要原因在于部分高刺激性皂苷的糖链被去除，或高刺激性皂苷异构化为低刺激性皂苷。

周鸿立等^[45]研究发现适当的炮制条件可以使黄酮类、皂苷类等活性成分含量增加或转化为活性更高的形式，经工艺优化后炮制的酒黄精中黄酮质量浓度为 7.0 mg/g，皂苷质量浓度为 28.9 mg/g，均高于传统方法炮制品，同时生成 5-HMF、DDMP 及 AAM 等化学成分。5-HMF 是黄精炮制前后变化的最重要组分之一，长期加工过程中会将还原糖转化为 5-HMF，黄精炮制品的 5-HMF 数量为黄精生品的数倍，因此 5-HMF 可作为区分黄精生品和炮制品的主要依据^[46]。

作为一种低分子呋喃衍生物，5-HMF 广泛分布于面包、咖啡、蜂蜜、果汁等日常食品中，既是公

认的食品新鲜度与加工强度的质量标记，也因兼具药理活性与潜在毒性而被喻为“双面刃”^[47]。从正面看，5-HMF 并非单纯的有害产物。已有研究证实 5-HMF 具有多重药理活性。在神经系统保护方面，5-HMF 通过激活核因子 E2 相关因子 2（nuclear factor E2 related factor 2, Nrf2）/抗氧化反应元件信号通路发挥显著的抗氧化和神经保护作用^[48]。一项针对阿尔茨海默病（Alzheimer's disease, AD）模型小鼠的研究表明，5-HMF 能够改善认知功能，降低 β -淀粉样蛋白含量，并提高超氧化物歧化酶（superoxide dismutase, SOD）和谷胱甘肽过氧化物酶（glutathione peroxidase, GSH-Px）的活性^[49]。近期研究发现，5-HMF 12 mg/kg 可显著减轻脂多糖诱导的小鼠抑郁样行为，其机制涉及抑制下丘脑氧化应激和调节小胶质细胞 M1 极化介导的神经炎症^[50]，在临床研究中展现出巨大前景。

当 5-HMF 超过一定剂量时会产生明显毒性^[51]。当摄入量超出安全阈值时，5-HMF 会经体内代谢转化为 5-磺酸氧甲基糠醛，后者是一种具有基因毒性和潜在致癌性的活性中间体^[52]。研究指出，高剂量的 5-HMF 可能具有肝脏毒性、细胞毒性及遗传毒性风险^[53]。因此，国际组织对特定食品中的 5-HMF 含量制定了限量规范：欧盟要求蜂蜜中不超过 40 mg/kg，欧洲食品安全局建议乳制品中不超过 15 mg/kg^[54]。在药用领域，《中国药典》^[10]对葡萄糖注射液 5-HMF 含量的规定为：在 284 nm 处测得的吸光度不得超过 0.32。因 5-HMF 对人体存在潜在危害，雷高明等^[55]对酒黄精质量标准进行完善，发现酒黄精饮片中的 5-HMF 质量分数不得超过 0.02%。上述双重性特征表明，5-HMF 的安全性评价不能简单沿袭“有害即有毒”的线性范式，而必须纳入“剂量-效应-基质”的三维考量。当前毒理学研究仍以溶液体系中的高剂量暴露为主，与实际样品残留量相当的剂量效应及食品基质本身对生物可及性的影响，仍需深入探究^[54]。唯有在厘清矛盾的内在逻辑之后，食品工业才能在控制风险与保留有益成分之间找到真正的平衡点。

把控好药品或食品中的 5-HMF 含量，最大限度降低其对消费者的健康风险，是当前食药安全的关键课题之一。目前国内外对 5-HMF 在部分食品领域已建立相应标准^[56]，但在中药材炮制或加工方面仍未有明确规定，因此监测 5-HMF 在黄精炮制过程中的含量变化，有助于炮制机制的揭示与工艺

标准的制定。曾林燕等^[57]研究发现 5-HMF 与 DDMP 的含量会随着黄精炮制时间的变化而改变。康显杰等^[58]研究表明随着黄精蒸晒次数的增加, 5-HMF 与 DDMP 的含量也会增加。钱晓东等^[59]研究发现当归中的 5-HMF 与 DDMP 含量会随着加热时间的延长而逐步提升。周鸿立等^[24]研究发现, 不同炮制工艺过程中产生的 5-HMF 和 AAM 含量均有不同, 其中酒黄精的 5-HMF 较蒸黄精多。以《中国药典》规定

的日服用量计算, 蒸黄精的 AAM 含量在安全限定范围内, 而 5-HMF 含量却远超出安全限定范围。上述研究结果表明, 有害物质的含量与黄精的炮制方法及工艺参数相关, 通过炮制工艺的优化能够达到降低有害物质产生的目的, 为炮制过程的质量控制提供理论依据。

此外, 酒制对黄精成分的影响不仅体现在含量变化, 更在于其促进特定成分的转化与溶出, 见表 4。

表 4 黄精不同炮制品在化学成分与药理作用方面的比较

Table 4 Comparison of chemical composition and pharmacological effects of different processed products of <i>Polygonati Rhizoma</i>						
维度	指标	生品黄精	清蒸黄精	酒黄精	酒制独特之处/可能机制	文献
化学成分	单糖 (果糖、葡萄糖)	含量较低	含量增加	含量明显增加	乙醇可能改变反应介质极性, 促进寡糖水解	60
	寡糖 (蔗糖、棉子糖)	含量较高	含量降低	含量明显降低		
	黄酮类、三萜酸类	—	溶出有限	溶出增加	乙醇促进脂溶性成分溶出	61
药理作用	抗氧化 (GSH-Px、SOD)	基础水平	增强	显著增强	酒制促进 Nrf2 通路激活, 可能与乙醇辅助有效成分入血有关	61
	免疫调节	基础水平	增强	显著增强	酒蒸多糖结构改变, 菌群调节作用增强	62
	刺激性	强	降低	降低	加热破坏针晶与乙醇促进刺激性成分转化	39

综合上述化学成分的动态变化可见, “药食同源”在此加工工艺下体现为一种“双向适配”的过程。从“药”的角度, 应关注多糖相对分子质量的降低及药效成分的保留率, 这些是保障产品功能属性的核心指标; 从“食”的角度, 则需兼顾还原糖带来的甜味改善及其他成分组成对鲜味的影响, 这决定了产品能否融入日常饮食场景。唯有在工艺优化中找到二者之间的平衡, 才能避免为追求口感而过度损失活性成分, 或为保留药效而忽视食用体验。此外, 酒制过程中黄精原有活性成分与过程中新产生成分的变化是其药理活性方向与强弱的关键物质基础, 炮制工艺参数直接影响 5-HMF 等有害物质的产生程度, 因此未来的研究与实践需在深入解析炮制机制的基础上, 进一步优化炮制工艺, 旨在最大化保留和转化活性成分的同时控制有害物质的生成, 从而为建立科学、规范的酒黄精炮制质量标准与安全生产体系提供关键依据。

3 酒黄精的药理活性与作用机制

3.1 抗氧化

现代研究表明, 氧化应激是多种慢性疾病和衰老过程的共同病理基础^[63-65], 从天然植物中探寻高效低毒的抗氧化成分已成为当前研究焦点。酒黄精具有较强的抗氧化活性, 研究结果表明炮制后黄精的抗氧化能力显著增强, 可能与炮制过程中糖类、

黄酮类、多酚类、5-HMF 等成分的含量及结构变化相关^[66-67]。黄精多糖本身具有抗氧化活性, 炮制后虽然含量降低, 但降解产生的低分子糖及其衍生物可能具有更强的自由基清除能力^[68]。

薛妙等^[69]研究表明酒黄精在清除自由基方面表现出显著活性, 其中包括 DPPH、2,2'-连氨基-双-(3-乙基苯并二氢噻唑啉-6-磺酸)二铵盐 [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS] 和羟基自由基。与顺铂诱导的急性肾损伤模型小鼠相比, ig 酒黄精提取物的小鼠血清和肾组织中丙二醛含量有所降低, SOD 与 GSH-Px 含量升高, 表明酒黄精能够有效缓解细胞的氧化损伤, 展现出延缓衰老的应用潜力。Teng 等^[70]研究结果显示, 生黄精和酒黄精多糖均有良好的 DPPH、ABTS、超氧自由基和羟基自由基清除活性。在 D-半乳糖诱导的氧化损伤小鼠实验中, 酒黄精在提高胸腺指数和脾脏指数、SOD、GSH-Px 和总抗氧化能力水平, 降低肝脏指数、丙二醛和活性氧活性, 改善衰老小鼠的体质量下降等方面均优于生黄精。此外, 数据显示生黄精和酒黄精给药能够显著缓解 D-半乳糖诱导氧化损伤小鼠肝组织中的 Nrf2 和血红素氧合酶-1 (heme oxygenase-1, HO-1) 表达降低, 逆转 D-半乳糖诱导的 Nrf2 和 HO-1 mRNA 表达下调, 减轻 Kelch 样环氧氯丙烷相关蛋白-1 (Kelch like ECH associated

protein 1, *Keap1*) mRNA 表达上调。多项实验结果均表明,黄精生品和酒制品都能够改善氧化损伤小鼠的生理状态及体内免疫反应,增强抗氧化酶活性,减轻脂质过氧化,其中酒黄精的功效更为显著。冯婧等^[71]研究结果表明,不同炮制工艺的酒黄精对 DPPH 和 ABTS 自由基的清除能力,及总还原能力均高于黄精生品。刘政祥等^[72]对不同产地和炮制次数对黄精多糖结构和抗氧化活性的影响进行研究,发现适度炮制可以增强黄精的抗氧化能力,过度炮制反而会导致活性成分被破坏,表明炮制程度能够影响黄精的抗氧化活性。

综上,显著的抗氧化功效是酒黄精主要药理活性之一,是构成其延缓衰老、防治多种氧化应激所致慢性疾病的现代药理学依据。酒制可改变黄精的活性成分含量和结构,在不同动物模型中展现出较好的抗氧化活性与缓解氧化损伤能力,同时揭示酒黄精通过调控 *Keap1*/Nrf2/HO-1 信号通路,提高抗氧化防御相关基因的表达,从根本上增强机体的抗氧化应答能力。此外,炮制工艺需遵循“适度”原则,炮制过度会破坏黄精活性成分,表明炮制工艺参数能够控制酒黄精抗氧化能力的强弱,这一发现为酒黄精在医药及抗氧化产品方面的研究开发提供了科学依据。

3.2 免疫调节

免疫调节作为黄精的主要药理活性之一,通过调节免疫细胞功能、促进细胞因子分泌等多种机制,增强机体免疫能力^[73]。炮制后黄精免疫调节作用增强,可能与多糖降解后更易被免疫系统识别和利用有关。

孙芸芸等^[74]针对黄精多糖的免疫调节功能进行研究,发现黄精多糖对巨噬细胞的吞噬活性有明显促进作用,能够改善淋巴细胞的增殖能力,其中黄精炮制品的免疫调节功效强于生品。林涛等^[75]研究发现,在改善免疫抑制模型小鼠的脾脏和胸腺萎缩情况、SOD 和丙二醛水平、肠道菌群的多样性和丰度等方面,酒黄精多糖具有比生黄精多糖更好的疗效。Shi 等^[76]研究结果发现,与生黄精相比,酒黄精的总低聚糖和总多糖含量降低,还原糖含量升高,同时低聚糖的单糖组成和比例出现变化,这可能与炮制过程中低聚糖和多糖的降解与转化有关。此外,对环磷酰胺诱导的免疫抑制模型大鼠给予低聚糖(生黄精/酒黄精),发现给药后大鼠的免疫器官(脾脏、胸腺)指数及免疫分子如免疫球蛋白 G

与补体 3 的水平均有不同程度的升高,肠道菌群的多样性和丰度得到改善,在干预脾脏和结肠组织的损伤和调节造血功能方面有一定疗效,其中酒黄精的治疗效果比生黄精更好。上述实验结果表明,酒黄精具有更明显的免疫调节活性,可能与炮制后糖类成分结构的改变及肠道菌群中有益菌的增殖有一定关联。

综上,黄精经炮制后可使部分有效成分发生转化或降解,更易被机体识别与利用,增强其生物活性。酒黄精的免疫调节作用是通过调节免疫细胞功能、促进免疫分子分泌、改善肠道菌群等途径强化机体免疫功能,为酒黄精干预免疫抑制相关疾病中的可能机制,及在免疫功能低下人群中的应用提供重要的药理学参考依据。

3.3 降血糖与调血脂

黄精在传统中医中常用于消渴症的治疗,与现代医学中的糖尿病相对应^[77]。黄精甲醇提取物对链脲霉素和肾上腺素引起的高血糖小鼠表现出显著的降糖作用^[78],可能与胰岛细胞再生能力的促进,胰岛素分泌的增加相关。

石双慧等^[79]分别以生黄精和酒黄精提取液给药糖尿病小鼠,对比黄精酒制前后的降血糖功效。结果显示,不同剂量的生黄精和酒黄精提取液在减少小鼠总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和三酰甘油含量,增加高密度脂蛋白胆固醇含量,降低胸腺、肾脏和脾脏指数方面都有一定效果,且酒黄精在改善链脲佐菌素诱导糖尿病小鼠的血脂和抑制脏器损伤方面均优于生黄精。Gu 等^[80]发现酒黄精存在显著的降血糖效果,可能与增强胰岛素敏感性及促进葡萄糖代谢有关,酒黄精还可通过调控肠道微生物群的组成和多样性,调节脂质代谢从而影响血脂水平。

酒黄精可促进胰岛细胞再生、增加胰岛素分泌直接达到降血糖目的,还能通过增强胰岛素敏感性、促进外周组织对葡萄糖的摄取和利用,提高胰岛素抵抗能力等多途径发挥降血糖作用。酒黄精能有效改善血清脂质谱,促进宿主脂质代谢的平衡,其机制可能与调节肠道微生物群的组成及多样性有关。由上可知,酒黄精通过多靶点、多途径协同发挥降糖降脂作用,为糖尿病的防治提供了重要的药理学依据。

3.4 其他药理活性

除上述作用外,酒黄精还具有肝、肾保护作用,

改善认知功能障碍,改善运动与记忆功能障碍,及预防 AD 等多种药理功能。

Zhang 等^[81]研究表明酒黄精多糖给药能够有效抑制慢性不可预测轻度应激 (chronic unpredictable mild stress, CUMS) 小鼠的氧化应激损伤,对小鼠海马神经元 HT₂₂ 细胞起到保护作用,改善小鼠的长期记忆能力,表明酒黄精多糖可能通过调节肠道菌群和肠道屏障影响脑-肠轴,改善 CUMS 小鼠海马体的病变与氧化应激,从而缓解其认知功能障碍。吴莉等^[82]研究发现酒黄精多糖可以通过调控 Keap1/Nrf2 信号通路,减轻 AD 模型果蝇脑中 β -淀粉样蛋白的沉积,改善其运动与记忆功能障碍,有效缓解病情,Liu 等^[83]研究中也发现类似发现。目前,酒黄精多糖在肝脏、肾脏等器官中表现出积极的保护作用。Jiang 等^[84]研究发现酒黄精通过改善肾功能,减少肾小管坏死及相关标志物,对顺铂诱导的急性肾损伤小鼠表现出显著的保护作用,多方面验证了酒黄精的肾保护作用。徐金铭等^[85]研究表明,酒黄精水提液能促进胆汁分泌功能的恢复,通过抗脂质过氧化及维护肝细胞膜的完整性,达到保护和预防肝损伤的目的。此外,酒黄精多糖还可通过磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白通路激活自噬,减轻四氯化碳诱导的大鼠急性肝损伤^[86]。

综上,酒黄精能够显著保护大脑、肝脏和肾脏等多个器官,干预疾病带来的脏器损伤,凸显其多器官保护作用。然而,目前对于化学成分的协同作用尚不明确,临床研究不足,未来应建立基于“成分-活性-工艺”关联的质量控制体系,结合组学技术与临床试验,深入解析其多靶点网络机制,推动酒黄精在慢性病防治及健康产品中的精准应用。

4 酒黄精的现代应用进展

酒黄精为黄精经黄酒炮制所得,酒制后滋而不腻,补益作用更为突出。现代研究证实,酒黄精在临床、食品及化妆品等领域均具有广阔的应用价值。

4.1 临床应用

酒黄精的现代临床应用以神经系统疾病和抗炎抗菌方面最为广泛。在神经系统疾病方面,动物实验表明酒黄精多糖可通过调控 Janus 激酶/信号传导及转录激活蛋白(NF- κ B) 信号通路减轻缺血性脑卒中大鼠脑组织的炎症反应与氧化应激损伤,降低炎症因子表达并减轻神经功能损伤^[87]。在抗炎与抗感染方面,一项探索性研究利用酒黄精多糖成功构

建了纳米颗粒,通过增强先天免疫应答,证实其在脓毒症早期干预中能对多器官发挥保护效应^[88]。这种作用与其能抑制金黄色葡萄球菌等致病菌密切相关,为开发新型抗感染策略提供了思路。

4.2 食品应用

酒黄精的药食同源特性,随着近年来大健康产业的发展越发受到关注,相关产品开发也日益活跃。目前市场上已出现多种形式的黄精产品,除传统饮片外,还开发了颗粒剂、保健品等产品。成都中医药大学的专利研究证实,从酒黄精中提取的类黑精能够显著降低乳酸、血尿素氮和丙二醛含量,提高抗氧化酶活力及糖原水平,具有明确的抗氧化和抗疲劳作用,可用于制备抗疲劳保健食品^[89]。北京中医药大学则开发以酒黄精为核心、配伍山药等药食同源原料的抗疲劳组合物,制成颗粒剂用于改善疲劳状态^[90]。本课题组也开展了黄精炮制与质量控制系统研究,所申请发明专利“一种酒黄精高效炮制及其多组分提取物制备工艺和应用”(202510804280.X)已进入公开待实审阶段^[91]。黄精炮制后刺激性减少,补益作用增强,因此酒黄精更适于作为保健食品原料使用。

4.3 化妆品应用

在化妆品领域,黄精提取物因富含多糖、多酚、皂苷及黄酮类成分,表现出良好的抗氧化能力与酪氨酸酶抑制活性,且细胞毒性评价结果优良,显示出其作为日化产品功能原料的开发潜力^[92]。有研究显示,酒蒸处理后黄精的多糖、多酚、皂苷和黄酮质量分数分别达 39.68%、4.11%、8.54%和 0.470%,表明该提取物具有显著的抗氧化活性,且在 1×10^{-3} 浓度以内无细胞毒性,能保护成纤维细胞和角质形成细胞。酒黄精提取物对透明质酸酶亦有抑制作用,有助于保湿抗炎^[93]。基于上述功效,酒黄精提取物已被开发用于面膜、精华液等产品,作为天然美白抗衰老原料具有广阔前景。

综上所述,酒黄精作为传统中药的炮制品,在糖尿病、代谢病、神经保护及抗感染等领域疗效明确,同时在食品与化妆品领域应用广泛。当前炮制工艺尚欠规范,活性成分与药效关联不清,临床证据多限于小样本或动物实验。未来需聚焦炮制标准化、多中心临床研究、长期安全性评价及纳米或发酵等新剂型开发,推动酒黄精全产业链精准转化。

5 结语

酒黄精作为中药黄精的传统炮制品之一,炮制

过程中多糖降解、皂苷转化,实现“增效减毒”,黄精的抗氧化、免疫调节等药理活性显著增强,其中美拉德反应生成的 5-HMF 等物质兼具药理活性与潜在风险,需辩证看待。当前瓶颈在于工艺-成分-药效关联不清、质控指标单一、临床证据不足。未来应聚焦于多组分与代谢组学阐明炮制“增效减毒”分子机制、建立全国统一的数字化炮制工艺标准、明确 5-HMF 等安全阈值、开展多中心临床研究,推动黄精炮制品的精准用药与产业升级。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 陶弘景. 名医别录 [M]. 尚志钧, 辑校. 北京: 人民卫生出版社, 1986.
- [2] 宫江宁, 云成悦, 吴婕, 等. 黄精多糖的提取优化及抗氧化活性研究 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2019, 37(3): 18-23.
- [3] 郑梅霞, 刘伟, 侯国华, 等. 九蒸九制多花黄精化学成分、抗氧化活性及挥发性风味的动态变化及其机制 [J]. 中草药, 2025, 56(20): 7332-7343.
- [4] Li X Y, Jiang C L, Zheng C, *et al.* *Polygonatum cyrtone-ma* Hua polysaccharide alleviates fatigue by modulating osteocalcin-mediated crosstalk between bones and muscles [J]. *J Agric Food Chem*, 2023, 71(16): 6468-6479.
- [5] Shen W D, Li X Y, Deng Y Y, *et al.* *Polygonatum cyrtone-ma* Hua polysaccharide exhibits anti-fatigue activity via regulating osteocalcin signaling [J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 175: 235-241.
- [6] Zhang X, Chen Q, Chen L Z, *et al.* Anti-aging in *Caenorhabditis elegans* of polysaccharides from *Polygonatum cyrtone-ma* Hua [J]. *Molecules*, 2024, 29(6): 1276.
- [7] Ma W J, Wei S S, Peng W J, *et al.* Antioxidant effect of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides in D-galactose-induced heart aging mice [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 6688855.
- [8] He Y F, Huang L, Jiang P, *et al.* Immunological regulation of the active fraction from *Polygonatum sibiricum* F. Delaroche based on improvement of intestinal microflora and activation of RAW264.7 cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 293: 115240.
- [9] Wang J, Wang F R, Yuan L X, *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.
- [10] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 328-329.
- [11] 孙乐明, 王华磊, 李金玲, 等. 黔产林下多花黄精不同生长年限及采收期质量差异研究 [J]. 特产研究, 2022, 44(4): 75-80.
- [12] Ning L Y, Xu Y S, Luo L, *et al.* Integrative analyses of metabolome and transcriptome reveal the dynamic accumulation and regulatory network in rhizomes and fruits of *Polygonatum cyrtone-ma* Hua [J]. *BMC Genom*, 2024, 25(1): 706.
- [13] 廖承树, 叶炜, 周建金. 基于文献信息的黄精最佳采收时间和加工方法分析 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 45-49.
- [14] 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.
- [15] 王鑫, 课净璇, 王亚斌, 等. 提取方法对黄精渣水不溶性膳食纤维结构和功能特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(24): 187-195.
- [16] 张凯, 张昭, 范永芳, 等. 药食同源药材黄精玉竹营养及生物活性成分分析 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(8): 1463-1472.
- [17] Pu W, Yu Y, Shi X, *et al.* The effect of seasonal and annual variation on the quality of *Polygonatum cyrtone-ma* Hua rhizomes [J]. *Plants*, 2024, 13(24):3459.
- [18] 王怀隐. 太平圣惠方: 校点本 [M]. 郑金生, 汪惟刚, 董志珍, 校点. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
- [19] Zhang Q H, Yang Z Y, Su W K. Review of studies on polysaccharides, lignins and small molecular compounds from three *Polygonatum* Mill. (Asparagaceae) spp. in crude and processed states [J]. *Int J Biol Macromol*, 2024, 260: 129511.
- [20] 雍晋, 王迎香, 唐爽, 等. 黄精酒蒸前后化学成分、炮制工艺及药理作用研究进展 [J]. 中药与临床, 2023, 14(6): 97-103.
- [21] 中国国家卫生健康委员会. 卫生部发布《关于进一步规范保健食品原料管理的通知》(2002 年第 51 号) [EB/OL]. (2002-02-28) [2026-01-28]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3593/200810/bc239ea3d226449b86379f645dfd881d.shtml>.
- [22] 王丹, 况丹妮, 刘若阳, 等. 焦糖化与美拉德反应中 DDMP、HMF 及糠醛的生成研究 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(12): 100-107.
- [23] 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.
- [24] 周鸿立, 季世宇, 付梦霞, 等. 一种黄精不同炮制工艺中 5-羟甲基糠醛和丙烯酰胺的测定方法: 中国, CN114858934B [P]. 2023-05-26.
- [25] 雷敦. 雷公炮制论 [M]. 施仲安, 校注. 南京: 江苏科

- 学技术出版社, 1985: 17.
- [26] 湛瑞林. 酒制黄精的制作工艺: 中国, CN104623273A [P]. 2015-05-20.
- [27] 吴国学, 张振凌. 酒制共性技术历史沿革 [A] // 中华中医药学会中药炮制分会 2008 年学术研讨会论文集 [C]. 樟树: 中华中医药学会中药炮制分会, 2008: 158-160.
- [28] 沈灵, 曾琳琳, 骆巧媚, 等. 黄精的炮制工艺优化及抗衰老作用研究 [J]. 华西药理学杂志, 2023, 38(4): 394-398.
- [29] 赵秋华, 潘乔丹, 黄嫵琳, 等. 基于抗氧化作用成分的黄精炮制工艺优化 [J]. 中国民族民间医药, 2024, 33(10): 61-66.
- [30] 刘露梅, 王能, 陈丹, 等. 基于黄精降血糖功效的酒黄精炮制工艺优选 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(8): 1915-1918.
- [31] 牛世蓉, 李敏敏, 崔伟业, 等. 高压蒸汽热加工对滇黄精抗氧化及抗炎活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2025, 46(10): 351-359.
- [32] 李慧, 何亚慧, 史秋月, 等. 不同炮制工艺对酒黄精品质影响的研究 [J]. 特产研究, 2025, 47(4): 98-103.
- [33] 罗诚, 蔡文菲, 张阿凤, 等. 基于 Box-Behnken 设计-响应面法优化酒黄精炮制工艺 [J]. 安徽医药, 2024, 28(10): 1930-1934.
- [34] 贺海花, 杨云, 王爽, 等. 不同蒸制方法和时间对黄精中多糖含量的影响 [J]. 中药材, 2009, 32(6): 861-862.
- [35] 詹智洪, 魏家保, 唐双燕, 等. 基于 HPLC 特征图谱与多成分动态分析的黄精酒制过程成分变化规律及质量评价研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2025, 37(5): 849-858.
- [36] 管彦辉, 梁正维, 施扬, 等. 滇黄精炮制前后化学成分变化研究 [J]. 中草药, 2024, 55(11): 3647-3658.
- [37] 李得天, 封亮, 贾晓斌, 等. 黄精炮制原理解析及工艺优化策略 [J]. 中草药, 2024, 55(20): 7110-7121.
- [38] Wang S Z, He F, Hu R B, *et al.* Dynamic variation of secondary metabolites from *Polygonatum cyrtonema* Hua rhizomes during repeated steaming-drying processes [J]. *Molecules*, 2025, 30(9): 1923.
- [39] 杨婧娟, 张希, 马雅鸽, 等. 发酵对黄精主要活性成分及其抗氧化活性和刺激性的影响 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 52-58.
- [40] 唐美玲. 生黄精的刺激性成分及其炮制减毒增效作用研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2022.
- [41] Su L L, Li X M, 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.
- [42] 徐如静, 梁娟, 俞年军, 等. 九华黄精炮制前后多糖类成分结构变化研究 [J]. 安徽中医药大学学报, 2021, 40(2): 91-96.
- [43] 王帅, 王丽丽, 房娟娟, 等. 滇黄精酒制过程中颜色与 5 种成分含量变化的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(21): 156-162.
- [44] Huang R, He X J, Wang X, *et al.* The analysis of raw and processed *Polygonatum kingianum* saponins and stimulatory mechanism in *Caenorhabditis elegans* [J]. *Fitoterapia*, 2024, 179: 106242.
- [45] 周鸿立, 李硕, 赵晶丽, 等. 一种酒黄精炮制工艺的智能化优化方法: 中国, CN120544725A [P]. 2025-08-26.
- [46] Li M M, Jiang H J, Hao Y L, *et al.* A systematic review on botany, processing, application, phytochemistry and pharmacological action of *Radix Rehmanniae* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 285: 114820.
- [47] 姜哲轶, 吴婷月, 沈传斌, 等. 5-羟甲基糠醛的药理作用研究进展 [J]. 新乡医学院学报, 2022, 39(1): 92-95.
- [48] Ya B L, Li H F, Wang H Y, *et al.* 5-HMF attenuates striatum oxidative damage via Nrf2/ARE signaling pathway following transient global cerebral ischemia [J]. *Cell Stress Chaperones*, 2017, 22(1): 55-65.
- [49] Liu A J, Zhao X, Li H, *et al.* 5-Hydroxymethylfurfural, an antioxidant agent from *Alpinia oxyphylla* Miq. improves cognitive impairment in Aβ₁₋₄₂ mouse model of Alzheimer's disease [J]. *Int Immunopharmacol*, 2014, 23(2): 719-725.
- [50] Ya B L, Yin H Y, Yuan L L, *et al.* 5-Hydroxymethylfurfural alleviates lipopolysaccharide-induced depression-like behaviors by suppressing hypothalamic oxidative stress and regulating neuroinflammation in mice [J]. *Antioxidants*, 2025, 14(11): 1366.
- [51] 李恩灿, 贺玖明, 靳洪涛, 等. 5-羟甲基糠醛的药理和毒理研究进展 [J]. 中国药物警戒, 2018, 15(4): 210-215.
- [52] Capuano E, Fogliano V. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2011, 44(4): 793-810.
- [53] 曾林燕, 曾鸿莲, 谭淑仪, 等. 基于 5-HMF 的产生机理、代谢、生物活性及其在中药加工过程变化的研究概述 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2023, 29(3): 507-514.
- [54] Hou Y Y, Zhang X Y, Liu X X, *et al.* Comparison of the effects of 5-hydroxymethylfurfural in milk powder matrix and standard water on oxidative stress system of zebrafish [J]. *Foods*, 2022, 11(12): 1814.
- [55] 雷高明, 冯卫生, 冯云霞, 等. 酒黄精饮片质量标准研究 [J]. 中药材, 2011, 34(9): 1346-1348.
- [56] Lee C H, Chen K T, Lin J A, *et al.* Recent advances in

- processing technology to reduce 5-hydroxymethylfurfural in foods [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2019, 93: 271-280.
- [57] 曾林燕, 宋志前, 魏征, 等. 黄精炮制过程中新产生成分分离及含量变化 [J]. 中草药, 2013, 44(12): 1584-1588.
- [58] 康显杰, 叶佩, 李亚飞, 等. 九蒸九晒多花黄精的多个成分动态研究 [J]. 时珍国医国药, 2024, 35(14): 3193-3198.
- [59] 钱晓东, 周桂芬, 吕圭源. 不同产地当归炮制前后多糖与新产生成分 5-羟甲基糠醛和 5-羟基麦芽酚含量变化规律性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(6): 1320-1323.
- [60] 张艳雪, 周巧, 张学兰, 等. 黄精炮制前后寡糖与单糖类成分含量变化与转化机制研究 [J]. 中药材, 2020, 43(2): 318-322.
- [61] Zhong R X, Shen L, Fan Y L, *et al.* Anti-aging mechanism and effect of treatment with raw and wine-steamed *Polygonatum sibiricum* on D-galactose-induced aging in mice by inhibiting oxidative stress and modulating gut microbiota [J]. *Front Pharmacol*, 2024, 15: 1335786.
- [62] 王慧楠, 岳珠珠, 姜明瑞, 等. 基于 16S rDNA 高通量测序研究酒蒸前后黄精多糖对免疫抑制大鼠肠道菌群的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2024, 39(11): 6091-6095.
- [63] Hassan H A, Ahmed H S, Hassan D F. Free radicals and oxidative stress: Mechanisms and therapeutic targets [J]. *Hum Antibodies*, 2024, 32(4): 151-167.
- [64] Li K X, Deng Z, Lei C R, *et al.* The role of oxidative stress in tumorigenesis and progression [J]. *Cells*, 2024, 13(5): 441.
- [65] Santos D F, Simão S, Nóbrega C, *et al.* Oxidative stress and aging: Synergies for age related diseases [J]. *FEBS Lett*, 2024, 598(17): 2074-2091.
- [66] Guan Y H, Liang Z W, Li R Y, *et al.* Chemical composition and antioxidant activity of *Polygonatum kingianum* processed by the traditional method of “Nine Cycles of Steaming and Sun-Drying” [J]. *Food Chem X*, 2024, 22: 101292.
- [67] Li Q Y, Zeng J, Gong P X, *et al.* Effect of steaming process on the structural characteristics and antioxidant activities of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* rhizomes [J]. *Glycoconj J*, 2021, 38(5): 561-572.
- [68] Zhao Y Y, Wang Z, Fu R Z, *et al.* Structural characterization and antioxidant activity of processed polysaccharides PCP-F1 from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua [J]. *Front Nutr*, 2023, 10: 1272977.
- [69] 薛妙, 郭凯丽, 袁盼盼, 等. 酒黄精总黄酮提取工艺及其抗氧化作用研究 [J]. 中南药学, 2023, 21(2): 351-356.
- [70] Teng H H, Zhang Y, Jin C S, *et al.* Polysaccharides from steam-processed *Polygonatum cyrtoneuma* Hua protect against D-galactose-induced oxidative damage in mice by activation of Nrf2/HO-1 signaling [J]. *J Sci Food Agric*, 2023, 103(2): 779-791.
- [71] 冯婧, 胡娟娟, 何先元, 等. 不同炮制方法对渝产黄精体外抗氧化作用的影响 [J]. 中国药业, 2020, 29(19): 25-30.
- [72] 刘政祥, 陈文军, 李九九, 等. 产地和炮制次数差异对黄精多糖结构和体内抗氧化活性影响 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2023, 25(5): 58-62.
- [73] 单佳洛. 多花黄精多糖对巨噬细胞的免疫调节作用及机制初探 [D]. 南昌: 南昌大学, 2024.
- [74] 孙芸芸, 赵明, 秦诗越, 等. 黄精多糖的分离纯化及其免疫调节活性研究 [J]. 中国免疫学杂志, 2025, 41(1): 182-188.
- [75] 林涛, 田子琦, 宋志前, 等. 黄精酒制前后多糖对肠道免疫调节作用的对比研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2025, 31(12): 2170-2175.
- [76] Shi S H, Zhang J Q, Zhang J L, *et al.* Structural characterization of raw and wine-steamed *Polygonatum cyrtoneuma* Hua oligosaccharides and their bioactivity on immune regulation via modifying the gut microbiota [J]. *Int Immunopharmacol*, 2025, 153: 114468.
- [77] 王民, 陈玉芹. 常用降糖中药的药理分析 [J]. 中国医药指南, 2015, 13(10): 223-224.
- [78] Kato A, Miura T. Hypoglycemic activity of *Polygonati Rhizoma* in normal and diabetic mice [J]. *Biol Pharm Bull*, 1993, 16(11): 1118-1120.
- [79] 石双慧, 王梦琳, 魏晓彤, 等. AHP-熵权法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优选黄精酒制工艺及其炮制前后药效对比研究 [J]. 中草药, 2023, 54(14): 4467-4480.
- [80] Gu W, Wang Y F, Zeng L X, *et al.* Polysaccharides from *Polygonatum kingianum* improve glucose and lipid metabolism in rats fed a high fat diet [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 125: 109910.
- [81] Zhang J Q, Shi S H, Zhang J L, *et al.* Wine-processed *Polygonatum cyrtoneuma* Hua polysaccharides alleviating cognitive dysfunction in CUMS mice by regulating intestinal microbiota [J]. *Food Sci Nutr*, 2025, 13(8): e70711.
- [82] 吴莉, 王帅康, 曾佳玲, 等. 酒黄精多糖对 AD 果蝇模型运动、记忆和抗氧化能力影响的研究 [J]. 中国实验动物学报, 2025, 33(11): 1619-1628.
- [83] Liu Y X, Wang Y, Liang Y F, *et al.* Transcriptomics and metabolomics revealed the effects of *Polygonatum Rhizoma* polysaccharide on delaying C. elegans senescence and ameliorating Alzheimer’s disease [J]. *Int J*

- Biol Macromol*, 2025, 327: 147375.
- [84] Jiang Y, Qiao W, Guo K L, *et al*. Multi-target renal protection of wine-processed *Polygonatum sibiricum* against cisplatin-induced nephrotoxicity: Integrated phytochemistry, network pharmacology and experimental validation [J]. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, 2025, 137(3): e70092.
- [85] 徐金铭, 张水利, 俞冰. 酒黄精水提液对肝损伤小鼠氧化应激及炎症反应的影响 [J]. *浙江临床医学*, 2025, 27(10): 1442-1444.
- [86] 张鑫鑫. 黄精多糖通过 PI3K/Akt/mTOR 通路减轻 CCl₄ 诱导的大鼠急性肝损伤 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2023.
- [87] 刘红梅, 周平兰, 王竹鑫, 等. 基于 JAK-STAT/NF- κ B 通路探究黄精“生熟异治”治疗缺血性脑卒中大鼠的保护作用及分子机制研究 [J]. *湖南中医药大学学报*, 2025, 45(4): 598-607.
- [88] 贾璐瑜, 张鹏飞, 黎雄, 等. 黄精多糖纳米颗粒的构建及其对大肠杆菌诱导脓毒症小鼠的保护作用 [J]. *中国中药杂志*, 2026, 51(9): 2544-2552.
- [89] 彭腾, 王迎香, 龙飞, 等. 一种具有抗疲劳作用的类黑精及其应用: 中国, CN117653699B [P]. 2025-03-14.
- [90] 吴志生, 张晓梦. 一种抗疲劳药食同源中药组合物及其制备方法和用途: 中国, CN118078914B [P]. 2025-07-15.
- [91] 鲍康德, 宋大伟, 黄丽思, 等. 一种酒黄精高效炮制及其多组分提取物制备工艺和应用: 中国, CN120617412A [P]. 2025-09-12.
- [92] 施扬, 王力川, 马占林, 等. 滇黄精提取物成分与活性测定及细胞毒性评价 [J]. *日用化学工业*, 2020(11): 788-792.
- [93] 赵明, 施扬, 陈军文, 等. 具有抗氧化、美白和保护细胞活性的酒制滇黄精提取物及其制备方法与应用: 中国, CN111388388A [P]. 2020-07-10.

[责任编辑 赵慧亮]