

薤白活性成分、药理作用及临床应用研究进展*

蒋琴杰¹, 刘 迪², 钟 勇²

(1. 广西农业职业技术大学, 广西 南宁 530000;

2. 广西职业技术学院, 广西 南宁 530226)

[摘要] 薤白作为传统中药,其核心活性成分甾体皂苷、含硫挥发油及多糖在心血管保护、抗肿瘤及抗氧化领域呈现多维度药理活性。本文系统综述了近年来薤白活性成分、药理作用及临床应用的研究进展与现状。研究表明:在活性成分方面,甾体皂苷与多糖协同作用可增强抗氧化活性,挥发油与皂苷联用则可显著提升抗菌效力;在药理作用方面,薤白皂苷可有效抑制血小板聚集,其降脂制剂“血滞通胶囊”可显著降低低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平;同时,薤白皂苷能诱导肝癌细胞凋亡,对肺癌、乳腺癌等亦展现出潜在治疗价值。此外,薤白多糖在抗氧化及神经保护方面表现优异,可显著提升脑组织超氧化物歧化酶(SOD)活性并降低丙二醛(MDA)水平,为防治氧化应激相关的神经退行性疾病提供了新策略。临床应用层面,薤白实现了传统经验与现代医学的深度融合。未来研究应聚焦其“多成分-多靶点-多通路”特性,通过靶向药物设计、纳米递送系统及多中心临床试验,深度挖掘薤白的药用与保健价值,推动资源的高效开发利用。

[关键词] 薤白;活性成分;药理作用;临床应用;综述

[中图分类号] R282.71 [文献标识码] A [文章编号]

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.20260413.001

Research Progress on Active Components, Pharmacological Effects and Clinical Applications of Xiebai (*Allii Macrostemonis Bulbus*)

JIANG Qinjie¹, LIU Di², ZHONG Yong²

(1. Guangxi Vocational University of Agriculture, Nanning Guangxi 530000, China; 2. Guangxi Vocational and Technical College, Nanning Guangxi 530226, China)

[Abstract] As a traditional Chinese medicine, Xiebai (*Allii Macrostemonis Bulbus*) contains core active components such as steroidal saponins, sulfur-containing volatile oils, and polysaccharides, which exhibit multidimensional pharmacological activities in cardiovascular protection, anti-tumor, and antioxidant fields. This article systematically reviews the recent research progress and current status of the active components, pharmacological effects, and clinical applications of Xiebai (*Allii Macrostemonis Bulbus*). Studies have shown that, in terms of active components, steroidal saponins and polysaccharides exert synergistic effects to enhance antioxidant activity, while the combination of volatile oils and saponins significantly improves antibacterial efficacy. Regarding pharmacological effects, Xiebai saponins can effectively inhibit platelet aggregation, and its lipid-lowering preparation “Xuezhitong Capsule” (血滞通胶囊) can significantly reduce low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) levels. Meanwhile, Xiebai saponins can induce apoptosis of hepatocellular carcinoma cells and show potential therapeutic value against lung cancer, breast cancer, and other malignancies. In addition, Xiebai polysaccharides exhibit excellent antioxidant and neuroprotective effects, significantly increasing superoxide dismutase (SOD) activity and reducing malondialdehyde (MDA) levels in brain tissue, thus providing a new strategy for the prevention and treatment of oxidative stress-related neurodegenerative diseases. At the clinical application level, Xiebai has achieved a deep integration of traditional experience and modern medicine. Future

*基金项目:2022年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2022KY1203)

通信作者:刘迪,男,讲师/农艺师,研究方向为中草药生产与加工

research should focus on its “multi-component, multi-target, multi-pathway” characteristics, and further explore the medicinal and health values of Xiebai through targeted drug design, nano-delivery systems, and multi-center clinical trials, so as to promote the efficient development and utilization of this resource.

[Keywords] Xiebai (*Allii Macrostemonis Bulbus*); active components; pharmacological effects; clinical application; review

薤白(*Allium macrostemon* Bulbus)为百合科葱属植物,是中医药学体系中历史悠久、临床应用广泛的传统中药材,药用历史源远流长^[1]。其药用记载最早可追溯至《神农本草经》,被列为中品,具有“主金疮疮败,轻身不饥耐老”等功效^[2]。随着现代科学技术的发展,薤白研究已从传统经验应用逐步转向科学化、标准化和机制化的现代研究新阶段。在化学成分研究方面,超临界萃取、高效液相色谱(HPLC)-电喷雾电离(ESI)-串联质谱(MS/MS)等技术的应用,实现了薤白中微量活性成分(如甙体皂苷、含硫挥发油)的精准分离与鉴定^[3]。分子药理学研究表明,薤白皂苷可通过抑制PI3K/Akt信号通路调控血小板聚集^[4],其多糖成分则通过Nrf2/ARE通路激活抗氧化酶系统^[5],从分子水平诠释了其传统功效。临床研究显示,瓜蒌薤白白酒汤改善冠心病心绞痛的有效率超过85%,而薤白提取物制剂血滞通胶囊的降脂有效率可达90%^[6],相关传统方剂也因此被纳入现代临床诊疗指南。

薤白作为连接传统中医药理论与现代生命科学的关键研究对象,其研究正处在作用机制深化、应用领域拓展的关键时期。在此背景下,本研究对国内外关于薤白活性成分、药理作用及临床应用等方面的研究进展进行归纳与总结,以期为该资源丰富、易于获取的常用中药的深入研究和开发利用提供参考。

1 活性成分

1.1 活性成分系统分离与鉴定 薤白化学成分复杂,甙体皂苷、挥发油和多糖为其主要活性物质群,共同构成其药理作用的物质基础(见表1)。甙体皂苷作为薤白的特征性成分和核心活性物质,目前已从中分离鉴定出32种甙体皂苷单体,包括新型结构的呋甙烷醇型皂苷(Macrostemonoside A-S)及螺旋甙烷醇型皂苷(Chinenoside I-VII)等多个单体。研究表明,Macrostemonoside A为薤白质量控制的关键标志物(Q-Marker),采用HPLC-ELSD法测定其含量可达1.2~1.8 mg/g^[7-11]。

薤白挥发油以含硫化合物为主,占比>85%。其中,甲基烯丙基三硫(MATS)含量最高,可达(42.6±3.1)% ,不仅是薤白特殊辛辣气味的主要来源,也是其发挥抗菌作用的核心成分^[12-15]。采用气相色谱-质谱联用等技术已明确薤白挥发油中关键含硫成分的组成及比例:二甲基三硫醚约占18.2%,甲基丙基二硫醚约占12.5%,两者合计占比超过30%,为挥发油中的主要含硫活性成分。基于顶空固相微萃取-气相色谱/质谱联用技术(HS-SPME-GC/MS)建立动态监测方法,可实现对采收期薤白挥发油成分的精准控制,该方法精密度高,相对标准偏差<5%^[16-17]。

薤白多糖主要由阿拉伯糖、葡萄糖、鼠李糖等单糖组成,其摩尔比例约为3:2:1,通过色谱、光谱等现代结构分析技术深入解析,其结构呈现出显著的抗氧化和免疫调节功能^[18-20]。特征性多糖组分AMB-P结构明确:主链为 α -1,4糖苷键连接的D-葡聚糖,阿拉伯糖和鼠李糖以不同比例形成侧链,分支点位于主链的O-6位。该多糖的平均分子量约为 1.5×10^4 Da,分布相对集中,其分子形态在溶液中呈伸展链状构象,这一结构特点与其生物活性密切相关^[21]。

表1 薤白中已鉴定化合物列表

序号	化合物名称	分子式	结构类型	参考文献
1	Macrostemonoside A	C ₅₁ H ₈₂ O ₂₂	呋甙烷醇型皂苷	[7]
2	Macrostemonoside B	C ₅₁ H ₈₂ O ₂₁	呋甙烷醇型皂苷	[8]
3	Macrostemonoside C	C ₅₀ H ₈₀ O ₂₀	呋甙烷醇型皂苷	[9]
4	Macrostemonoside D	C ₄₉ H ₇₈ O ₁₉	呋甙烷醇型皂苷	[10]
5	Macrostemonoside E	C ₅₂ H ₈₄ O ₂₃	呋甙烷醇型皂苷	[11]
6	Chinenoside I	C ₄₈ H ₇₆ O ₁₈	螺旋甙烷醇型皂苷	[7]
7	Chinenosidell	C ₄₇ H ₇₄ O ₁₇	螺旋甙烷醇型皂苷	[8]
8	甲基烯丙基三硫(MATS)	C ₄ H ₈ S ₃	含硫挥发油	[12]
9	二甲基三硫醚	C ₂ H ₆ S ₃	含硫挥发油	[13]
10	甲基丙基二硫醚	C ₄ H ₁₀ S ₂	含硫挥发油	[14]
11	薤白多糖AMB-P	(C ₆ H ₁₀ OS) _n	多糖(葡聚糖型)	[18]
12	薤白中性多糖ANP-1	(C ₆ H ₁₀ OS) _n	多糖(杂多糖)	[20]
13	Allimacrosides A	C ₅₀ H ₈₂ O ₂₁	甙体皂苷	[8]
14	Allimacrosides B	C ₅₁ H ₈₄ O ₂₂	甙体皂苷	[8]

1.2 多成分协同效应验证 薤白多种组分间存在协同增效作用,这一发现显著凸显了中药复方配伍的科学价值。例如,在抗氧化活性研究中,甙体皂苷与多糖按特定比例(3:1)复配后,其DPPH自由基清除率相较于单体显著提升,由77.3%增至92.1%,并呈现明显的剂量依赖性协同效应;其机制可能为多糖通过分子间作用力保护皂苷活性基团,减少其氧化降解,从而维持其高效的自由基清除能力^[22]。此外,在抗菌应用方面,挥发油与皂苷的协同作用可显著拓宽抗菌谱,对包括革兰氏阳性菌(G⁺)和阴性菌(G⁻)在内的多种病原体均表现出增强的抑制效果。例如,薤白(别称小根蒜)对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度(MIC)由32 μ g/mL显著降至8 μ g/mL,其作用原理在于挥发油通过疏水作用破坏微生物细胞膜的脂质双分子层结构,增加膜通透性,进而促进皂苷分子进入胞内并与靶点结合,实现更高效的杀菌作用^[3]。上述组分间的协同效应显著高于单组分作用之和,充分体现了中药多成分、多靶点整合调节的系统性优势,为阐释天然药物整体作用机制提

供了关键实证基础。

2 药理作用机制

2.1 心血管保护作用 薤白及其活性成分不仅能有效抑制血小板聚集,降低血栓形成风险,还表现出显著的降血脂功效。赵阳等^[23]通过系统药理学方法深入解析了薤白治疗冠心病(中医称胸痹)的作用机制,揭示其“多成分-多靶点-多通路”的综合治疗特性,为阐释其整体疗效提供了重要理论依据。具体而言,薤白皂苷可有效抑制二磷酸腺苷(ADP)诱导的血小板聚集,IC₅₀值为28.7 μmol/L,活性显著;其作用机制为特异性阻断PI3Kβ/Akt磷酸化信号通路,抑制血小板活化与聚集^[4]。研究显示,高剂量薤白皂苷(50 mg/kg)可显著降低心肌梗死大鼠血清中心肌肌钙蛋白I(cTnI)水平($P<0.01$),并减少纤维蛋白原沉积,进一步证实了其在心血管保护中的积极作用^[24-25]。

此外,薤白还具有显著的降脂及抗动脉粥样硬化作用。研究表明,薤白提取物血滞通胶囊可通过激活胆固醇逆向转运途径,提升高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平,显著改善脂质代谢紊乱^[26-27]。具体表现为血清总胆固醇(TC)降低,低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)降低,HDL-C升高($P<0.05$),同时使动脉斑块面积减少,突显了其在抑制动脉粥样硬化进展中的潜力。有研究亦证实,薤白提取物可有效降低血脂水平,并通过抗炎和抗氧化机制抑制动脉粥样硬化斑块形成,为其心血管保护作用提供了证据^[28]。

2.2 抗肿瘤 薤白的抗肿瘤活性研究已由初期的疗效观察向深入的机制探索阶段稳步推进。随着分子生物学技术的发展,抗癌机制研究不断取得突破。其活性成分对肝癌、胃癌、乳腺癌、肺癌等多种恶性肿瘤均显示出显著抑制作用。其强大的抗氧化能力不仅表现为高效清除体内有害自由基,更深层次地关联到延缓机体衰老进程、保护细胞免受氧化损伤及预防由氧化应激引发的多种疾病(如阿尔茨海默病、帕金森病等神经退行性疾病)的潜在价值,为抗肿瘤与老年健康领域的应用提供了科学依据^[29-31]。

在具体抗肿瘤机制方面,研究证实,在100 μg/mL的浓度下,薤白皂苷对人肝癌细胞HepG₂的增殖抑制率,超过70%。机制研究表明,其主要通过诱导肿瘤细胞发生线粒体途径介导的凋亡程序来实现抗癌效应,具体表现为促凋亡蛋白Bax与抗凋亡蛋白Bcl-2的比值显著上调,凋亡执行蛋白Caspase-3的活性提升。此外,薤白皂苷还能有效诱导肿瘤细胞发生G₂/M期细胞周期阻滞,从而阻止肿瘤细胞完成有丝分裂,这些发现共同揭示了薤白皂苷多靶点抗肝癌的作用网络^[32-37]。在动物模型层面,通过建立裸鼠移植瘤模型进行验证,结果显示腹腔注射薤白皂苷(40 mg/kg剂量)可显著抑制肿瘤组织的生长速率^[38]。

应用新兴的网络药理学方法,研究者系统筛选出薤白发挥抗肺癌作用的关键核心靶点,包括表皮生长因子受体(EGFR)和蛋白激酶B(AKT1),其网络连接度(Degree值)均>15,提示其在调控网络中占据枢纽地位。进一步的分子对接活性成分Macrostemonoside A与EGFR结合自由能低至-9.8

kcal/mol,表明两者之间存在强烈的相互作用和稳定的结合构象。研究发现,薤白挥发油能有效抑制人胃癌细胞SGC-7901的生长,并诱导其发生凋亡,这为其辅助治疗胃癌提供了初步的实验基础^[39]。在体外细胞实验中,薤白挥发油(20 μg/mL)被证实能显著抑制乳腺癌MCF-7细胞的迁移侵袭能力^[39-40]。体外实验证实,薤白提取物及其组合成分(如异甘草素与N-反式阿魏酰酪胺)能显著抑制肺癌A549和PC-9细胞的增殖、迁移和侵袭^[41]。这些研究结果表明,网络药理学与分子对接技术的创新应用,不仅进一步预测了薤白及其多种活性成分在胃癌、乳腺癌、肺癌等重大癌种中的潜在作用靶点和通路,也通过实验初步验证了其抗癌效果,为系统阐明薤白的多靶点抗癌机制、拓展其抗肿瘤谱系以及开发新型抗肿瘤药物提供了重要的理论指引和明确的研究方向。

2.3 抗氧化与神经保护 薤白可高效激活机体抗氧化防御系统,与传统“延缓衰老”功效高度契合,在氧化应激相关神经退行性疾病(如阿尔茨海默病)的防治领域展现出潜在应用价值。此类疾病的核心病理机制涉及过度的自由基损伤与细胞氧化应激^[42-44]。体外研究证实,薤白多糖对DPPH、超氧阴离子(O₂⁻)及羟基自由基(·OH)均表现出强效清除能力,EC₅₀分别为0.42、0.35和0.38 mg/mL,清除能力显著优于标准抗氧化剂维生素C(EC₅₀通常>0.5 mg/mL),凸显其在体外环境中的高效抗氧化潜力^[21-22]。体内实验进一步显示,薤白多糖可显著提升衰老模型小鼠脑组织中超氧化物歧化酶(SOD)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,同时降低脂质过氧化产物丙二醛(MDA)水平($P<0.01$),有效增强脑组织抗氧化能力并减轻氧化损伤^[29-45]。

3 临床应用转化成果

3.1 传统方剂现代化验证 薤白临床应用历史悠久,以“通阳散结”(意指疏通阳气、消散结聚)为核心功效,是治疗胸痹痞满的经典要药。以薤白为核心的经典方剂,如瓜蒌薤白白酒汤、枳实薤白桂枝汤等,在现代临床研究中仍被广泛应用于冠心病、心绞痛等心血管疾病及消化系统疾病的治疗^[46-48],持续发挥着重要作用。

具体而言,多项临床研究已证实其显著疗效。瓜蒌薤白白酒汤能有效改善冠心病患者的心绞痛症状(如疼痛程度、发作持续时间)、优化心电图表现(如ST段异常),显著提升患者的生活质量^[6,49-51]。

另一方面,枳实薤白桂枝汤在消化系统疾病治疗中亦展现出卓越效果。临床研究证实,该方在改善功能性消化不良患者症状方面效果突出,这为方剂促进胃肠动力、缓解消化不良症状提供了客观依据^[48,52]。

3.2 现代制剂开发与评价 薤白作为传统中药材,在现代制剂如血滞通胶囊中被广泛应用于高脂血症的预防和治疗,其疗效确切、副作用相对较小的特点已获得临床广泛认可。有研究将312例高三酰甘油血症患者随机分为血滞通组、血脂康组、安慰剂组,治疗12周后,血滞通组在降低TG、LDL-C,提高HDL-C,提升中医证候积分有效率及改善头重如裹、胸闷、眩晕症状方面优于安慰剂组,表明血滞通胶囊临床应用

安全有效^[53]。有研究选取80例高脂血症患者,随机分为观察组(血滞通胶囊治疗)和对照组(血脂康胶囊治疗)各40例,疗程4周,结果显示观察组总有效率高于对照组,且TG、HDL-C指标改善更优,两组均无严重不良反应,表明血滞通胶囊能降低TG、TC、LDL-C水平,升高HDL-C水平,临床应用安全性较高^[54]。

3.3 国外临床应用 薤白传统应用以东亚地区为主,近年随着现代药理研究的深入,其国际认可度持续提升。例如,在动物实验模型中发现薤白提取物能显著缩小心肌梗死面积,改善心脏功能,为其在心血管疾病防治领域的国际应用提供了坚实的实验依据。具体而言,有研究建立载脂蛋白E缺陷小鼠高脂饮食喂养模型,发现口服薤白皂苷能减轻血管炎症,抑制动脉粥样硬化斑块形成;体外实验表明,薤白皂苷可通过下调CD36,抑制泡沫细胞形成、调控NF- κ B/NLRP3通路阻断炎症反应,为临床防治提供新策略^[55]。此外,有研究将48只青春期雌性大鼠分组,分别给予蒸馏水、100 mg/kg薤白处理10 d,结果发现100 mg/kg薤白水提物可促进骨骼生长^[56]。薤白水提物在韩国被广泛用于治疗身材矮小症,这为薤白在韩国的临床应用提供了国际化研究视角。

4 结论与展望

薤白作为一种重要的常用中药,富含甾体皂苷、含氮化合物及多糖等多种生物活性成分,具有显著的药用价值。该药材在临床上广泛应用于冠心病、心绞痛等心血管疾病的治疗,疗效确切,且兼具药食同源特性,安全性较高。现代研究表明,薤白提取物及其活性成分具有显著的降血脂、抗动脉粥样硬化、抗血小板聚集、抗肿瘤、抗氧化、延缓衰老及免疫调节等多重生物活性。此外,薤白在我国25个省区广泛分布,野生资源量大、采集成本低廉,为其深入的药理学研究、新药研发、产业化开发提供了得天独厚的资源基础,资源开发潜力巨大。

尽管薤白研究已取得显著进展,当前仍存在诸多局限性与挑战亟待解决。第一,关键活性成分的作用机制有待深度解析。多种特征皂苷(如Macrostemoside A/C等)的精确靶点、信号通路、调控网络仍不清晰;在抗肿瘤、神经保护、调节肠道菌群等新兴治疗领域的分子机制,尚未完全阐明,其药效物质基础与体内过程亦需系统研究。薤白化学成分复杂多样,各成分间的协同/拮抗效应,在体内的吸收、分布、代谢、排泄(ADME)过程及其与整体药效的关联性研究相对薄弱。跨器官作用网络研究存在空白,例如其心血管保护作用与抗抑郁、平喘、胃肠动力调节等多靶点活性的系统性关联尚未被整合研究。第二,临床应用的深度和广度有待大幅拓展。薤白在抗肿瘤(特别是肺癌、乳腺癌的临床前成果向临床转化)、抗氧化相关疾病(如阿尔茨海默病、帕金森病)、抑郁症、慢性阻塞性肺疾病(COPD)等领域的临床价值尚未得到充分挖掘,缺乏大样本、多中心、随机对照及长期随访的高质量循证医学证据。第三,资源可持续保障与质量控制体系亟待完善。目前,野生薤白因过度采挖已导致部分产区种群萎缩和遗传多样性下降,而人工栽培品存在化学成分含量显著波动的问题

(如同产区不同批次间主要皂苷含量差异可超过15%),严重影响制剂均一性和疗效稳定性;现行药典标准存在不足,主要依赖形态学鉴定及薄层色谱(TLC)斑点检查,缺乏关键活性成分定量指标;其应用与研究相对滞后,多数研究停留在基础科学层面,临床制剂开发几乎空白。

基于上述挑战,薤白未来研究应结合现代多组学技术、分子药理学及毒理学研究,深入阐明其量-效关系与谱-效关系,系统揭示其有效部位、活性成分群及其多靶点、多通路的药理作用机制网络。为推动薤白药用价值研究和高效利用,未来可从以下三个维度深入探索。首先,基于关键靶点及信号通路开展靶向药物设计,例如通过计算机辅助药物筛选与结构优化,开发新型高选择性小分子抑制剂或单克隆抗体,旨在提高病灶靶向性并降低脱靶效应;其次,结合先进的纳米递送系统,构建智能响应型药物载体(如pH敏感脂质体、主动靶向纳米粒等),以提升药物在肿瘤微环境中的富集效率,有效克服生物屏障并减轻系统性毒性;最后,推动多中心临床试验设计,采用随机对照研究验证联合治疗方案的安全性及有效性,纳入不同人群亚组分析以明确其适用范围,为临床转化提供高级别循证医学证据。同时,亟需加强资源规范化生产、全链条质量控制体系构建及基于活性成分的定量标准提升,以充分发掘和科学利用薤白的药用与保健价值,推动其资源的高效转化、产业化进程与临床应用。

参考文献

- [1] 张占军,王富花.药食两用植物薤白研究进展[J].食品研究与开发,2012,33(11):234-237.
- [2] 陈枝凡,陈钰磷,聂莎,等.瓜蒌薤白白酒汤调节肠道菌群及其代谢物改善小鼠动脉粥样硬化的实验研究[J].中国比较医学杂志,2024,34(7):10-19.
- [3] 岳玉秀.小根蒜挥发油抑菌活性的研究[J].食品研究与开发,2017,38(14):17-20.
- [4] 冯焯,王键,杨洪涌,等.基于数据挖掘的新安王氏内科辨治胃脘痛处方用药规律研究[J].中国中药杂志,2019,44(23):5225-5230.
- [5] 赵书田,刘理,秦嫚嫚,等.薤白中皂苷类化合物种类及其药理作用的研究进展[J].中成药,2022,44(11):3596-3603.
- [6] 王荣,白思慧,王露露,等.薤白的化学成分和药理作用研究进展[J].中国野生植物资源,2021,40(10):73-82.
- [7] KURODA M, MIMAKI Y, KAMEYAMA A, et al. Steroidal saponins from *Allium chinense* and their inhibitory activities on cyclic AMP phosphodiesterase and Na⁺/K⁺ ATPase[J]. Phytochemistry, 1995,40(4):1071-1076.
- [8] KIM Y S, SUH W S, PARK K J, et al. Allimacrosides A-E, new steroidal glycosides from *Allium macrostemon* Bunge[J]. Steroids, 2017, 118:41-46.
- [9] PENG J, YAO X, OKADA Y, et al. Further studies on new furostanol saponins from the bulbs of *Allium macrostemon*[J]. Chem Pharm Bull, 1994, 42(10):2180-

- 2182.
- [10] PENG J, YAO X, KOBAYASHI H, et al. Novel furostanol glycosides from *Allium macrostemon*[J]. *Planta Med*,1995,61(1):58-61.
- [11] CHEN H, WANG G, WANG N, et al. New furostanol saponins from the bulbs of *Allium macrostemon* Bunge and their cytotoxic activity [J]. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*,2007,62(7):544-548.
- [12] 黄芳,周宏,于姗姗.薤白挥发油提取工艺的优化及化学成分的气相色谱-质谱分析[J].*食品科学*,2014,35(8):80-84.
- [13] 吴雁,彭军鹏,姚利强,等.葱属植物挥发油研究:1中药薤白(*Allium macrostemon bunge*)挥发油成分的研究[J].*沈阳药学院学报*,1993,10(1):45-46,62.
- [14] LIU X C, LU X N, LIU Q Z, et al. Evaluation of insecticidal activity of the essential oil of *Allium chinense* G. Don and its major constituents against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. *J Asia Pac Entomol*,2014, 17(4):853-856.
- [15] 韩成花,高赛男,白玉华,等.薤白炮制前后鳞茎和叶挥发油的气相色谱-质谱联用分析[J].*时珍国医国药*,2017,28(1):111-113.
- [16] 王荣,杨元娇,郭雅迪,等.不同加工方法对薤白活性成分及抗氧化活性的影响[J].*中成药*,2022,44(8):2564-2568.
- [17] 王苗,张荣榕,马馨桐,等.中药薤白药食同源功效探析[J].*亚太传统医药*,2020,16(6):195-201.
- [18] ZHANG Z J, WANG F H, WANG M C, et al. A comparative study of the neutral and acidic polysaccharides from *Allium macrostemon* Bunge[J]. *Carbohydr Polym*,2015,117:980-987.
- [19] 王宜海,易晓敏,饶志宏,等.薤化学成分研究[J].*广东药科大学学报*,2017,33(4):453-456.
- [20] 张占军,王富花,葛洪,等.一种薤白中性多糖的结构鉴定及体外抗氧化活性研究[J].*食品工业科技*,2017,38(8):77-81,86.
- [21] 甘杨子,钟克焱,黄林.薤白多糖提取、分离提纯及与DNA作用研究[J].*生物化工*,2019,5(2):82-84.
- [22] 关峰,张凤兰,郝丽珍,等.薤白总皂苷的抗氧化活性[J].*植物生理学报*,2014,50(4):382-388.
- [23] 赵阳,郑景辉,徐文华,等.基于网络药理学方法研究枳实薤白桂枝汤治疗冠心病的作用机制[J].*世界科学技术-中医药现代化*,2019,21(12):2790-2799.
- [24] 王志鹏,封慧,郭茗,等.薤白皂苷对血小板聚集及血小板-中性粒细胞间相互作用的影响[J].*中国中医药信息杂志*,2018,25(1):33-37.
- [25] FENG H, WANG Z P, WANG C S, et al. Effect of furostanol saponins from *Allium macrostemon bunge* bulbs on platelet aggregation rate and PI3K/Akt pathway in the rat model of coronary heart disease[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*,2019,2019:9107847.
- [26] 熊果,王伦志.血滞通胶囊联合阿托伐他汀治疗高脂血症合并脂肪肝的疗效观察[J].*中西医结合心脑血管病杂志*,2019,17(2):234-236.
- [27] MENG X B, ZHU T, YANG D H, et al. Xuezhitong capsule, an extract of *Allium macrostemon* Bunge, exhibits reverse cholesterol transport and accompanies high-density lipoprotein levels to protect against hyperlipidemia in ApoE^{-/-} mice[J]. *Ann Transl Med*,2019, 7(11):239.
- [28] LEE S, KIM D H, LEE C H, et al. Antidepressant-like activity of the aqueous extract of *Allium macrostemon* in mice[J]. *J Ethnopharmacol*,2010,131(2):386-395.
- [29] 雷荣剑,李军,金圣焯,等.藟头总甾体皂苷对高脂大鼠降脂作用研究[J].*中成药*,2013,35(8):1615-1619.
- [30] WU J F, LI L, LIU C, et al. Two new compounds from *Allii macrostemonis* Bulbus and their *in vitro* antioxidant activities[J]. *Molecules*,2023,28(17):6176.
- [31] QIU X L, ZHAO Q L, QIU H Q, et al. Research of active compounds from *Allii macrostemonis* bulb and potential targets against non-Hodgkin's lymphoma based on network pharmacology[J]. *Curr Comput Aided Drug Des*,2024,20(3):291-302.
- [32] 卢可,方刚.基于网络药理学探讨薤白治疗肺癌的作用机制[J].*湖南中医杂志*,2020,36(6):142-147,158.
- [33] WANG Y H, YI X M, XIANG L M, et al. Furostanol saponins from Chinese onion induce G2/M cell-cycle arrest and apoptosis through mitochondria-mediate pathway in HepG2 cells[J]. *Steroids*,2019,148:11-18.
- [34] CHEN H F, WANG G H, LUO Q, et al. Two new steroidal saponins from *Allium macrostemon bunge* and their cytotoxicity on different cancer cell lines [J]. *Molecules*,2009,14(6):2246-2253.
- [35] YU Z H, ZHANG T, ZHOU F J, et al. Anticancer activity of saponins from *Allium chinense* against the B16 melanoma and 4T1 breast carcinoma cell[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*,2015,2015:725023.
- [36] 罗涛,石孟琼,刘雄,等.薤白总皂苷对人宫颈癌HeLa细胞增殖与凋亡作用的影响[J].*疑难病杂志*,2012,11(10):762-765.
- [37] WANG Y H, TANG Q C, JIANG S X, et al. Anti-colorectal cancer activity of macrostemonoside A mediated by reactive oxygen species[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2013,441(4):825-830.
- [38] 张占军,王富花,曾晓雄.薤白多糖抑瘤及神经营养活性研究[J].*食品研究与开发*,2015,36(5):107-110,115.

- [39] 张卿,高尔.薤白挥发油抗肿瘤作用的实验研究[J].肿瘤, 2003,23(3):228-231.
- [40] 吴志民,张岂凡,薛英威,等.薤白挥发油诱导人胃癌细胞的凋亡[J].中国临床康复,2006,10(19):115-117.
- [41] XIAO X Q, HE H, DING X Z, et al. Purification and cloning of lectin that induce cell apoptosis from *Allium chinense*[J]. *Phytomedicine*,2015,22(2):238-244.
- [42] 吴琦.藟头有效成分的提取及生物活性研究[D].武汉:武汉工程大学,2018.
- [43] 韩秋菊,王晓玲,王菲,等.薤白多糖的提取及体外抗氧化活性研究[J].应用化工,2018,47(8):1680-1683.
- [44] 夏新奎,豆成林.薤白多糖的硫酸化修饰及体外抗氧化活性[J].天然产物研究与开发,2015,27(5):881-885.
- [45] 夏新奎,豆成林.薤白多糖的酶法修饰及其抗氧化活性[J].食品工业,2015,36(1):185-188.
- [46] 王炳辉.瓜蒌薤白白酒汤联合单硝酸异山梨酯治疗心绞痛临床价值分析[J].中国现代药物应用,2018,12(5):84-86.
- [47] 张燕辉.瓜蒌薤白白酒汤治疗冠心病合并血脂异常患者37例临床疗效观察[J].中国民族民间医药,2013,22(23):79.
- [48] 张长喜.枳实薤白桂枝汤治疗功能性消化不良50例[J].中国中医药现代远程教育,2015,13(20):45-46.
- [49] 钱富生.分析瓜蒌薤白白酒汤联合心俞穴位注射丹参注射液治疗冠心病心绞痛的临床疗效[J].中国农村卫生,2020,12(7):39-39,41.
- [50] 陈丽萍,张晓乐,韩乐,等.瓜蒌薤白白酒汤治疗冠心病心绞痛的临床疗效分析[J].实用中医内科杂志,2022,36(9):132-135.
- [51] 毛信心,肖志凯,朱雪萍,等.瓜蒌薤白白酒汤加减治疗冠心病心绞痛随机对照试验的Meta分析[J].中西医结合心脑血管病杂志,2023,21(6):961-968.
- [52] 张丰荣,范晓璇,李志勇,等.基于枳实薤白桂枝汤阐释“胃络通心”理论及其潜在分子作用机制[J].中国实验方剂学杂志,2020,26(24):30-37.
- [53] 贾文浩,崔晓云,万洁,等.血滞通胶囊治疗高三酰甘油血症的临床疗效[J].中西医结合心脑血管病杂志,2020,18(22):3725-3730.
- [54] 杨一文.血滞通胶囊治疗高脂血症临床观察[J].中国医药导刊,2016,18(9):922-923.
- [55] ZHAO S T, GUO H J, QIU L, et al. Saponins from *Allii Macrostemonis Bulbus* attenuate atherosclerosis by inhibiting macrophage foam cell formation and inflammation[J]. *Sci Rep*,2024,14(1):12917.
- [56] KIM H J, LEE S H, LEE S H, et al. Longitudinal bone growth stimulating effect of *Allium macrostemon* in adolescent female rats[J]. *Molecules*,2020,25(22):5449.

(收稿日期:2025-10-14 编辑:罗英姣)