

XXXX

DOI: 10.16305/j.1007-1334.2026.z20251126004

当归化学成分、药理作用及质量控制研究进展

周新茹¹, 李慧珍¹, 刘云^{1,2}, 丁越^{1,2}, 路璐^{1,2}, 张彤^{1,2}

1. 上海中医药大学中药学院(上海 201203); 2. 上海中医药大学国家医学攻关产教融合创新平台(上海 201203)

【摘要】 当归作为“血中圣药”, 药用历史悠久, 有“十方九归”之称, 其在十余种经典名方中作为君药或臣药之用。其化学成分主要包括挥发油类、黄酮类、有机酸类、多糖类和氨基酸类等。这些成分赋予了当归多种药理活性, 如促进造血功能、抗炎、抗肿瘤、调节免疫、保肝等功效。在质量研究方面, 种植产地、炮制方法和产地加工方法均会影响当归的质量和疗效。对当归的化学成分、药理作用、质量控制进行系统综述, 以期对当归及其复方制剂的开发应用提供参考。

【关键词】 当归; 化学成分; 药理作用; 质量控制; 中药研究; 综述

Research progress on chemical constituents, pharmacological effects and quality control of Angelicae Sinensis Radix

Zhou Xinru¹, Li Huizhen¹, Liu Yun^{1,2}, Ding Yue^{1,2}, Lu Lu^{1,2}, Zhang Tong^{1,2}

1. School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 2. State Industry-Education Integration Center for Medical Innovations, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

Abstract: Angelica Sinensis Radix, known as "the holy medicine for blood disorders", has a long history of medicinal use and is often referred to as "present in nine out of ten classical formulas". It acts as either the monarch medicine or the minister medicine in more than ten classical formulas. And its chemical components mainly include volatile oils, flavonoids, organic acids, polysaccharides and amino acids. Based on these components, Angelica Sinensis Radix has a variety of pharmacological effects, such as promoting hematopoietic function, anti-inflammatory, anti-tumor, regulating immunity, and protecting liver. In terms of quality research, the cultivation place of origin, processing methods and post-harvest processing methods will all affect the quality and efficacy of Angelica Sinensis Radix. A systematic review of the chemical components, pharmacological effects and quality control of Angelica Sinensis Radix is conducted in order to provide reference for the development and application of Angelica Sinensis Radix and its compound preparations.

Keywords: Angelicae Sinensis Radix; chemical components; pharmacological effects; quality control; Chinese materia medica research; review

[基金项目] 上海市科委上海市“科技创新行动计划”生物医药创新发展项目(20S21902500); 上海中医药大学科技发展项目(24KFL026)

[作者简介] 周新茹, 女, 硕士研究生, 主要从事中药制剂与分析研究工作

[通信作者] 张彤, 教授, 博士研究生导师; E-mail: zhangtdmj@hotmail.com。路璐, 高级实验师, 硕士研究生导师; E-mail: yjll66@126.com

当归是伞形科类植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根, 性温, 味辛, 归肝、心、脾经, 有补血活血、调经止痛、润肠通便之效^[1], 主要用于血虚证、月经不调、痛经及肠燥便秘等病证^[2]。当归首载于《神农本草经》, 并被列为中品, 历代本草典籍均有收录, 素有“血家圣药”和“妇科调经第一要药”之美誉。本品主产于甘肃岷县(习称“岷归”), 云南、四川、陕西等地亦有产出^[3]。当归作为临床最

为常用的中药之一,其药用历史悠久,有“十方九归”之称,作为君药或臣药应用于十余种经典名方中,如当归建中汤、当归四逆汤、当归六黄汤等。有研究^[4]报道当归所含化学成分颇为丰富,主要为挥发性成分、有机酸类、多糖类及氨基酸类等。现代药理研究^[5]证实当归具有增强免疫、调节造血、降血压、降血脂、镇痛、抗炎、抗肿瘤等药理活性。

当归作为一种传统中药,其独特的化学成分和药理作用使其在中医药领域占有重要地位,随着现代医药研究的深入,当归的更多潜在价值有望被进一步挖掘。本文从当归的化学成分、药理作用及质量控制三方面进行综述,旨在为当归及其复方制剂的现代化研究与应用提供参考借鉴。

1 当归的化学成分

随着提取与检测技术不断发展,目前已从当归中分离鉴定出近 200 种化学成分^[6],其中挥发油类、有机酸类、黄酮类、多糖类是较重要的活性成分^[7-8]。

1.1 挥发油类 当归挥发油是其主要活性成分之一,主要分为苯酚类、萜烯类、酚类和烷烃类^[9],其中苯酚类是当归挥发油中最具特征性和生物活性的成分,具有独特的苯并呋喃酮结构,被认为是当归“活血、解痉”功效的关键物质基础^[10],其含量常作为评价当归品质的关键指标之一^[7]。《中华人民共和国药典(2025 年版):一部》^[11](下简称《中国药典》)规定当归中挥发油的含量不得少于 0.4%(mL/g);有研究^[11]表明,挥发油中苯酚类化合物占 88% 左右,而其中藁本内酯的含量在 60% 以上,最高可达 73%。当归主要挥发油类成分^[4,6,11-20]见 OSID 码中的表 S1。

1.2 有机酸类 当归所含有机酸类成分丰富,主要包括阿魏酸、樟脑酸、咖啡酸、烟酸及香草酸等^[21]。有机酸具有苯丙烯结构,Liu 等^[22]报道此类化合物具有较强的抗氧化活性,与当归的“补血、抗炎”作用密切相关。其中,阿魏酸为当归药材的主要质量控制指标,《中国药典》^[1]规定当归中阿魏酸的含量不得少于 0.05%。而研究^[23-24]发现当归中阿魏酸含量差异显著,有的甚至低至 0.1 mg/g,含量高者可达 1.71 mg/g,其含量与产地密切相关,以道地产区甘肃岷县所产当归的阿魏酸含量最高。当归主要有机酸类成分^[25-30]见 OSID 码中的表 S2。

1.3 黄酮类 当归中黄酮类化合物含量相对较低,但其对当归的抗氧化、抗炎作用有明确贡献,是主要活性成分之一^[31]。当归中已分离出的主要黄酮类化合物^[32-33]见 OSID 码中的表 S3。

1.4 多糖类 多糖类成分也是当归的重要活性成分,占干燥生药的 8.5% 左右。当归多糖主要为葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖等组成的杂多糖,具有免疫调节、抗氧化和抗肿瘤等多种生物活性。已知当归中分离的主要多糖类成分^[34-40]见 OSID 码中的表 S4。

1.5 其他类 当归中还有人体必需但不能合成的氨基酸,总含量约为 6.5%,包括 17 种不同的氨基酸,如赖氨酸、谷氨酸、天冬氨酸等^[41]。其还含有铜、铁、锰、锌、钙等微量元素以及维生素 A、维生素 B₁₂ 等多种维生素。

2 当归的药理作用研究

当归丰富的化学成分是其药理作用多样化的物质基础。这些成分在机体内通过多靶点、多途径的协同整合作用,既充分彰显了当归养血和血、调经止痛、润燥滑肠的传统功效,也为其在现代心脑血管疾病治疗、抗炎、抗肿瘤、肝脏保护及免疫调节等领域的应用提供了坚实的科学依据。当归主要的药理作用示意图见图 1。

2.1 对血液系统的作用 中医学认为,当归长于补血、活血^[42]。现代药理学研究表明其含有丰富的铁元素、维生素 B₁₂ 等营养成分,能够促进红细胞的生成,提高血红蛋白水平,从而有效改善贫血症状^[43]。Chen 等^[44]发现当归可以提升造血功能,充盈血管中的血容量,改善缺血或造血障碍大鼠的外周血象及骨髓单个核细胞水平,促进骨髓造血功能。此外,Zhang 等^[45]研究发现,当归中藁本内酯可减少动静脉分流血栓形成诱导的大鼠体内血小板聚集。有机酸类成分阿魏酸通过抑制血小板聚集和胆固醇的合成来达到抗血栓的效果^[25]。亦有研究发现当归有舒张血管的作用,如房龙梅等^[46]发现阿魏酸能开通血管平滑肌钾离子通道(KATP),阻断电压门控钙通道(VOCC),抑制钙池操纵性钙通道(SOC),从而舒张大鼠冠状动脉。还有研究^[47]报道当归能够提升红细胞膜酶活性,改善肝脏和脾脏的病理变化,其可能作用于粪卟啉原氧化酶(CPOX)、羟甲基胆碱合酶(HMBS)、转铁蛋白受体 1(TFR1)等靶点,通过原卟啉原 IX、血红素、辅助因子的生物合成和铁离子反应等生物过程及卟啉代谢和铁死亡等信号通路发挥协同作用,然其具体作用机制尚需通过体内外实验进一步验证阐明。

综上所述,当归的补血活血作用是一个多系统协同的过程:在造血系统促进红细胞生成;在血液系统抑制血小板聚集;在血管系统舒张血管平滑



注:K_{ATP}为血管平滑肌钾离子通道,VOCC为电压门控钙通道,SOC为钙池操纵性钙通道,CPOX为粪卟啉原氧化酶,HMBS为羟甲基胆碱合酶,TFR1为转铁蛋白受体1,LPS为脂多糖,TLR4为Toll样受体4,VCAM-1为血管细胞黏附分子-1,COX-2为环氧化酶-2,iNOS为诱导型一氧化氮合酶,IL-6为白细胞介素-6,TNF-α为肿瘤坏死因子-α,NF-κB为核因子κB,PGE₂为前列腺素E₂,HIF-1α为缺氧诱导因子-1α,VEGFR2为血管内皮生长因子受体2,AMPK为腺苷酸活化蛋白激酶,SREBP1为固醇调节元件结合蛋白1,PPARα为过氧化物酶体增殖物激活受体α,Gal-3为半乳糖凝集素-3,GSP为糖化血清蛋白,Ig为免疫球蛋白。

图1 当归主要药理作用

肌。现有机制在动物整体和离体组织层面证据较充分,但涉及红细胞成熟、铁死亡等细胞与分子层面的具体信号通路机制仍需更多实验探索。

2.2 抗炎 中医理论认为,当归具活血止痛、消肿散瘀之效,历代医家将其广泛用于血瘀疼痛及癰肿等病证的治疗。现代药理学研究^[48]发现炎症反应常伴随局部血液循环障碍、组织水肿及疼痛,与中医“瘀血”“肿痛”等病理特点具有一定关联性。当归中的多种活性成分能够调控炎症相关信号通路,抑制炎症介质释放,从而发挥抗炎作用。其挥发油中的藁本内酯能够呈剂量依赖性地抑制脂多糖(LPS)与Toll样受体4(TLR4受体)的结合,或影响受体的信号转导,在最上游削弱炎症信号的启动,从而治疗炎症疼痛^[49]。其有机酸类成分阿魏酸能有效抑制血管细胞黏附分子-1(VCAM-1)、环氧化酶-2(COX-2)和诱导型一氧化氮合酶(iNOS)的过表达,通过调节细胞外信号调节激酶1/2(ERK1/2)、一氧化氮(NO)和内皮素-1(ET-1)信号通路发挥其抗炎活性^[50]。亦有研究^[51]发现当归多糖可显著抑制关节炎模型大鼠血清白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)等促炎性细胞因子表达,呈现显著抗关节炎作用。此外,当归所含香豆素类成分紫花前胡醇、当归酸酯可通过调控核因子κB(NF-κB)信号通路,抑制关键炎症蛋白及基因表达,并下调TNF-α、前列腺素E₂(PGE₂)等炎症介质释放,从而发

挥抗炎作用^[50]。

2.3 抗肿瘤 在中医学中,当归既能活血散结,又可扶正培本,常用于“癥瘕积聚”等病证的治疗。现代医学认为肿瘤发生发展中常存在细胞异常增殖、血管生成异常及微环境失衡等变化,与中医“痰凝血瘀、积聚成块”的病机认识相契合^[52]。现代药理研究报道当归不同提取物能有效抑制肿瘤生长,显示出一定抗肿瘤活性。如其乙醇提取物(EEA)对小鼠黑色素瘤B16-F10细胞具有双重杀伤机制^[53]:一方面,它通过激活内源性线粒体凋亡通路,直接诱导细胞凋亡并抑制增殖;另一方面,它还能干扰线粒体的生物合成与正常功能,破坏其融合与分裂的动态平衡,从而多维度促进细胞死亡。Chen等^[54]研究报道,当归丙酮提取物(AE-AS)对缺氧诱导因子-1α(HIF-1α)诱导的血管生成的抑制作用可能由多种机制介导,包括抑制HIF-1α转录活性、蛋白质合成和稳定性,以及损害血管内皮生长因子受体2(VEGFR2)激活的促血管生成信号传导;在动物模型研究中,AE-AS给药可有效抑制肿瘤血管生成,其抗血管生成效应与上述关键分子表达调控密切相关。当归发挥抗肿瘤作用是多成分、多靶点的协同作用,但尚未有文献明确其药效物质基础。

2.4 保护肝脏 中医认为肝主藏血、主疏泄,当归具有养血柔肝、疏肝解郁之功,常用于肝血亏虚及肝肾阴虚等相关病证^[42]。现代研究表明,当归中多

种成分被报道对肝损伤具有修复保护作用,有助于治疗肝血亏虚、肝肾阴虚等病证。阿魏酸通过腺苷酸活化蛋白激酶(AMPK)/乙酰辅酶A羧化酶(ACC)和磷脂酰肌醇3-激酶(PI3K)/苏氨酸蛋白激酶(Akt)通路调节脂质代谢,从而改善乙醇诱导的人肝母细胞瘤 HepG2 细胞和小鼠肝组织损伤及脂质代谢紊乱^[55]。曹鹏等^[56]研究发现,酒精性肝损伤小鼠肝脏 HIF-1 α 表达显著降低,当归多糖可逆转这一现象,其通过稳定 HIF-1 α 并促进其核转位,激活保护性基因,改善肝功能。藁本内酯可以降低固醇调节元件结合蛋白1(SREBP1)的表达,增强过氧化物酶体增殖物激活受体 α (PPAR α)的表达,抑制脂质合成,促进脂质氧化,并调节肝脏中的脂质代谢^[57]。由此可见,不同成分协同调控肝脏脂质代谢稳态以及当归多糖通过激活 HIF-1 α 介导的适应性保护反应增强肝脏修复能力,这些作用共同构成了当归“疏肝养肝”的现代药理学基础。

2.5 调节免疫 基于中医药理论,当归具有补血养血、扶正调营之功,常用于气血亏虚及体虚相关病证的调治^[39]。现代药理学研究^[37]表明,当归多糖可以激活免疫功能,促进T细胞、B细胞、巨噬细胞和自然杀伤细胞的增殖。Liu 等^[36]研究发现当归多糖-2 I 具有较好的免疫调节活性,能显著促进淋巴细胞增殖并显著抑制半乳糖凝集素-3(Gal-3)高表达的白血病细胞的增殖。同时在糖尿病模型大鼠中,当归多糖可降低糖化血清蛋白(GSP)水平 35%,并提高免疫球蛋白(IgA/IgG/IgM)含量 40%~60%,显示出良好的免疫调节作用^[58]。

2.6 安全性与毒性研究 魏晋时期《吴普本草》记载,神农、黄帝等言当归“味甘,无毒”;唐代《新修本草》载当归“味甘、辛,性温、大温,无毒”;明代《本草纲目》亦记载当归“气味(根)苦、温,无毒”。^[59]由此可见,历代本草文献中未见有关当归毒性的明确记载,多标注本品无毒。贾世忠等^[60]通过急性经口毒性试验、遗传毒性试验、致畸试验及 90 d 经口毒性试验发现,当归提取物未产生明显毒性作用,也未表现出遗传毒性和致畸作用;长期给药后,动物生理、生化及组织病理学指标均无明显异常。由此可见,当归是一种安全性较高的中药。但值得注意的是,当归具有抗血小板聚集和扩张血管等药理作用,临床应用时应注意避免与抗凝药物联用,以防药物相互作用带来的潜在风险^[61]。且应注意当归的适用人群,孕妇、脾虚便溏者、阴虚内热者、血热

妄行者慎用。

3 当归质量控制研究

3.1 当归质量影响因素 当归的质量受多种因素影响,包括种植产地、炮制方法和产地加工方法等。以下从多个角度详细分析影响当归质量的因素。

3.1.1 种植产地对当归质量的影响 不同的种植产地对当归的外观性状、化学成分和药效活性有影响。历代本草考证表明,当归主产于甘肃和四川,其他地区记载较少,印证了“陇当归”和“川当归”的道地地位^[62]。通过性状和显微鉴定对比云南鹤庆、甘肃岷县、宕昌、漳县四地当归,发现甘肃当归整体品质更优,尤以岷县当归最佳,其色深黄棕、断面黄白、油室密集、气味浓郁,显著优于其他产区^[63]。通过测定不同产区当归的藁本内酯、阿魏酸等主要成分,综合评价发现:甘肃当归各项指标最优,质量最佳;四川、云南、湖北当归次之;河北、陕西当归品质较差^[64]。该结果为当归产区选择提供了数据支持。

3.1.2 不同炮制方法对当归饮片质量的影响 临床常用当归炮制品主要有 4 种:当归(《中国药典》^[1]记载)、酒当归(《中国药典》^[1]记载)、土炒当归(《河南省中药饮片炮制规范(2022 年版)》^[65]记载)、当归炭(《山东省中药饮片炮制规范(2022 年版)》^[66]记载)。这些不同炮制品体现了“生熟异治”的中药特色,为临床辨证用药提供了多样选择。在性状方面,不同炮制工艺会影响当归的表面颜色、断面颜色、断面特征、质地等,其中当归炭质脆,其余质地均柔韧;土炒当归外表黄棕色至棕褐色、断面黄白色或淡棕黄色,有香味;酒当归表面为深黄色、断面为深黄色或浅棕黄色,略有焦斑,香气浓郁,并略有酒香气;当归炭表面为焦黑色,断面为棕褐色^[67]。在化学成分方面,有研究^[68]发现,不同炮制饮品相比,生当归(即当归饮片)主要成分含量最高,阿魏酸、藁本内酯含量排序为生当归>酒当归>土炒当归>当归炭,其原因可能为阿魏酸与藁本内酯都是热敏性成分,易在炮制加热或者干燥过程中损失,其含量变化进一步影响当归的药性与疗效。当归经黄酒炙制后,多糖类成分含量明显高于生当归,推测可能为醇-水混合溶剂极性适中,促进了多糖类化学成分的溶出^[69],增强了当归活血祛瘀的功效^[70]。当归以土炒制,高温加热会进一步减少挥发油及酚酸性成分,同时鞣质含量升高,并保存丰富的微量元素,赋予其健脾止泻之功^[71]。高温制炭则使挥发油基本丧失,总鞣质含量进一步升高,药效

彻底转为止血^[72]。值得一提的是,在《中国药典》^[1]中,当归药材的含量测定项规定了挥发油和阿魏酸的限值,但当归饮片及酒当归饮片项下并无含量测定项,因此,在实际研究中,针对当归不同炮制品,表征其质量的指标成分并不能一概而论,应对不同炮制品的成分进行充分的研究后,采用合适的检测方法对其进行质量控制。

3.1.3 产地加工与炮制一体化对当归药材和饮片质量的影响 产地加工与炮制一体化是近年来中药行业的重要发展方向,其对当归质量提升及质量控制具有重要意义。首先,产地加工与炮制一体化能够有效降低当归药材在储存、加工过程中的有效成分流失。例如通过优化其产地加工工艺,如在 40℃ 烘干至含水率 60% 后切片,并在 50℃ 下烘干,可以有效减少挥发油类成分如藁本内酯的损失,同时保留多糖等有益成分^[73]。其次,产地加工与炮制一体化技术的实施,有助于提高当归饮片的标准化生产水平,可得到片形好、厚度均一、切面浅棕黄色、并有多数棕色的油点、香气浓郁的饮片,且在切制过程中存在易切、基本无渣等优点^[72]。张伟等^[74]研究发现,通过建立统一的加工规范可以确保不同批次当归饮片在质量上的一致性和可追溯性。然而,不同地区当归的产地加工条件和炮制工艺存在差异,需要因地制宜地制定加工技术规范,且产地加工与炮制一体化的推广仍面临挑战。

3.2 当归的质量研究现状分析 当归作为应用广泛的中药,其质量研究涉及多方面考量,包括当归本身的药用部位、化学成分分析方法以及在经典名方新药研究中的质量控制手段等。以下从不同角度对当归的质量控制现状进行详细分析。

3.2.1 当归药材中化学成分测定 当归化学成分多样,主要活性成分包括苯酞类、有机酸、香豆素类和多糖类等。针对不同的化学成分需不同的分析方法,目前研究主要涉及 HPLC、气相色谱-质谱联用(GC-MS)、超高效液相色谱-质谱联用(UPLC-MS)等技术。对于挥发油类成分,可采用 GC-MS 的方法进行分析,冯媛等^[11]通过 GC-MS 法分析了新鲜当归挥发油的化学成分,鉴定出 55 种化合物,其中藁本内酯含量最高。对于有机酸和苯酚类化合物如阿魏酸、绿原酸、咖啡酸等进行分析,通常通过 HPLC 进行检测和定量。张明惠等^[75]用 HPLC 法建立不同品种当归的指纹图谱,并对指标成分进行含量测定,指认了绿原酸、阿魏酸、洋川芎内酯 I 等 8 个色谱

峰。李天媛^[23]基于指纹图谱结合化学计量学共标识了 32 批当归样品中 14 个共有峰,指认了 5 个峰,分别是绿原酸、阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 A、藁本内酯。闫孟琳等^[76]运用近红外光谱(NIRS)技术建立了对当归中绿原酸、洋川芎内酯 I、藁本内酯等质量标准物的快速检测方法,为当归的质量控制提供了新的研究思路与方法。NIRS 可精密准确地测定当归中阿魏酸和藁本内酯的含量,从而可对不同产地的当归进行鉴别,为提高当归质量、鉴别不同产地来源提供了新的途径^[77]。目前,尚无可直接测定当归多糖的方法,欲得到当归中粗多糖的含量,可按照苯酚-硫酸法测定总糖、3,5-二硝基水杨酸比色(DNS)法测定还原糖、考马斯亮蓝法测定蛋白质,分别测定出当归中的总糖、还原糖和蛋白质的含量,从而计算出当归中粗多糖的含量^[78]。王庆彦等^[79]指出,当归中的多糖类化合物占总成分的 16% 左右,但未明确区分粗多糖的具体含量。

总体而言,目前 HPLC 在当归的质量控制中应用更为广泛,且研究较为全面,但其快速分析技术和重金属及有害元素方面研究较为薄弱,仍为当归质量控制研究的一大难题。

3.2.2 当归不同药用部位质量研究 历代医家将当归按其药用部位分为当归头、当归身、当归尾和全当归。诸多本草文献记载当归药用部位不同,则功用侧重不同^[80]。明代李时珍指出“当归头长于止血,当归身长于养血,当归尾长于活血”。王圣鑫等^[81]用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)测定发现当归中不同部位中挥发油成分含量有所不同,比如丁烯基酞内酯在不同部位的含量为当归头>当归身>当归尾>全当归;藁本内酯含量是当归身>当归头>全当归>当归尾。也有研究^[82]表明,当归不同部位的有机酸含量也不同,全当归和当归身的化学成分较为相似,而当归头和当归尾的化学成分差异较大,例如当归尾中的阿魏酸含量较高,而当归头中的绿原酸含量较高。Qu 等^[83]研究亦发现当归不同部位的核苷、核苷碱和氨基酸含量也存在差异。

结合传统功效理论与现代研究结果来看,当归不同药用部位的功效差异可能与其化学成分分布特征密切相关。当归头富含绿原酸,其含量大约为当归尾的 2 倍^[63],而该成分具有抗炎、抗氧化及保护血管等生物活性,可能与其止血作用相关^[84]。当归身中藁本内酯的含量是当归尾中的 3 倍^[85],而藁本

内酯具有改善血液微循环及调节造血功能等作用,或与其养血功效有关^[86]。当归尾中阿魏酸的成分含量较高,含量可达到0.123%^[87],而阿魏酸具有改善血液黏度、抑制血小板聚集及促进微循环等作用,这可能是其活血功效的重要物质基础^[25]。然而,在《中国药典》^[1]中对于当归的药用部位未进行分类,仅记录为干燥根,长15~25 cm,仅部分地方炮制规范对当归药用部位进行细化,如《天津市中药饮片炮制规范(2022年版)》^[88]将当归的药用部位划分为当归头和当归身,《河南省中药饮片炮制规范(2022年版)》^[65]将当归的药用部位细分为当归头、当归身和当归尾。目前,当归的临床应用仍以干燥根为主,关于当归头、身、尾药用部位的成分及药效的关联仍需进一步系统和科学地探索。研究者可考虑建立基于“部位-成分-功效”关联的质量评价体系,结合代谢组学、谱效关系及网络药理学等方法,对当归不同部位的特征性成分进行系统解析,并筛选与止血、养血及活血等功效密切相关的质量标志物;也可联合凝血、造血及抗血小板聚集等药效学评价,建立当归头、身、尾差异化质量控制标准,从而实现当归“分部位、分功效”的精准质量评价,为其临床精准应用及相关制剂的高质量开发提供理论依据。

3.2.3 复方制剂中当归的质量控制与表征 从现有研究来看,当归的质量控制方法主要依赖于HPLC、薄层色谱法以及指纹图谱技术等。我国分别于2018年及2023年发布了《古代经典名方目录(第一批)》^[89]《古代经典名方目录(第二批)》^[90],含当归的经典名方有当归建中汤、桃红四物汤、温经汤、一贯煎、当归补血汤、当归六黄汤、当归芍药散等,其中当归作为君药的处方有当归建中汤、当归四逆汤、清肝止淋汤、当归六黄汤等,作为臣药的处方有桃红四物汤、温经汤、一贯煎、当归补血汤等。由于《中国药典》^[1]仅将阿魏酸作为当归药材的含量检测指标,目前含当归的复方制剂的质量控制也多以阿魏酸作为主要指标性成分。近年来也有研究者开始探索多成分的同步测定,以更全面地反映复方制剂的整体质量。如当归四逆汤的物质基准研究中,指认了当归阿魏酸和藁本内酯两个成分,并测定了物质基准中藁本内酯的含量,为后续当归四逆汤物质基准的质量控制和复方制剂的开发提供了理论基础^[91]。然而,由于阿魏酸在多种中药中均可检测,作为复方中多味药的共有成分,其药材-饮片-复

方制剂的质量传递难以稳定控制,且阿魏酸也无法作为当归的专属性成分反映该药味的量值传递情况,而藁本内酯作为当归挥发油的主要成分在煎煮或现代制剂工艺中易受热损失,且在复方制剂储存中难以稳定保留,因此这两种成分作为含当归复方制剂的定量指标成分具有一定的挑战和局限。有研究者^[92]采用HPLC指纹图谱技术,同时检测黄连膏基准样品中的阿魏酸、洋川芎内酯I和藁本内酯,以此对当归进行控制质量。李晓雨等^[93]建立特征图谱同时对当归饮子中阿魏酸和绿原酸进行测定。经典名方当归补血汤基准样品研究中采用HPLC同时测定阿魏酸和洋川芎内酯I对其复方质量进行控制^[94]。可见,当归中阿魏酸可与洋川芎内酯I、藁本内酯、绿原酸作为组合指标,可较好地表征当归在复方中的量值传递情况。但由于藁本内酯的热敏性及阿魏酸、绿原酸来源多样性,以及洋川芎内酯I在当归中含量相对较低,目前当归在复方制剂中的质量表征及量值传递控制仍存在一定难度,有必要引入更多先进的检测技术,以获得复方制剂中当归的专属性检测指标,提高检测效率和准确性。

3.2.4 当归挥发油在复方制剂提取中的处理 当归挥发油作为当归的重要活性成分之一,其在复方制剂中的提取与处理对确保药物疗效和质量控制具有重要意义。3.1类新药即按古代经典名方目录管理的中药复方制剂,其强调保持与古代经典名方一致的工艺和质量控制,对于当归等挥发性成分含量较高的中药,需特别关注挥发油的提取和保留。现代回流提取工艺中,通常通过水蒸气蒸馏法收集芳香水来获得挥发性成分,并制成包合物以提高稳定性^[95]。例如陶琳等^[96]采用水蒸气蒸馏法提取温经汤全方中挥发性成分,在包合过程中通过优化 β -环糊精种类调控挥发性成分的包合率,使制剂中的挥发性成分含量与基准样品一致。1.1类中药新药的研发更注重创新性与现代工艺的应用,允许对传统工艺进行优化。因此,在处理当归挥发油时,可以采用超临界二氧化碳萃取法、微波辅助提取法等现代提取技术,以提高挥发油的提取率和纯度。张伟等^[97]发现,和肾络颗粒中当归和川芎中挥发性成分采用超临界二氧化碳萃取法提取,能够高效提取复方制剂中挥发油的含量,挥发油含量可达8.97 mL/kg。当归挥发油在复方制剂中的提取和保留是提高中药制剂质量和疗效的关键,需根据具体需求

选择合适的提取方法和剂型,并进行严格的质量控制和安全性评估。

3.3 当归质量标志物的预测和分析 当归有效成分的种类和含量与其产地、炮制方式等有很大关系,现《中国药典》中仅以阿魏酸作为当归药材的含量检测指标^[1],但其在多种药材中均可检测到,不能全面准确地判定当归的质量标准。故对当归的质量标志物(Q-marker)进行预测,可为当归的质量控制和评价提供参考。

3.3.1 基于不同产地的当归 Q-Marker 预测分析 姚阳阳等^[98]建立 HPLC 法测定了甘肃岷县、宕昌、榆中、天祝 4 个不同产地当归中阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、阿魏酸松柏酯、洋川芎内酯 A、藁本内酯、欧当归内酯 A 共 7 种成分的差异,发现不同产地以阿魏酸松柏酯、藁本内酯差异较大。马琪等^[99]通过运用 UPLC-MS 的非靶向代谢组学研究,揭示了不同产地的当归之间有显著的化学成分差异,其中精氨酸、藁本内酯、欧当归内酯 A、藁本内酯二聚物区分较大。亦有研究^[75]表明,采用 HPLC 指纹图谱法对 4 个不同产区当归进行化学计量学综合评价,发现绿原酸、阿魏酸、洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 H、藁本内酯、阿魏酸松柏酯、丁烯基苯酐含量均有差异。杨燕等^[64]研究发现,甘肃产区中藁本内酯的含量高于其他产区,可作为甘肃当归的 Q-Marker;云南剑川当归总阿魏酸含量均在 2.00 mg/g 以上,高于其他产区,可作为云南剑川当归区别于其他产地的 Q-Marker;四川当归 E-丁烯基苯酐和绿原酸含量明显高于其他产区,可作为区分其他产区的 Q-Marker。因此,在当归道地药材研究及质量等级研究中,可以藁本内酯、阿魏酸松柏酯、精氨酸、欧当归内酯 A、阿魏酸、洋川芎内酯 I、绿原酸、洋川芎内酯 H、丁烯基苯酐等作为当归的 Q-Marker。

3.3.2 基于复方质量传递和溯源的当归 Q-Marker 预测分析 当归在实际临床中难以避免煎煮、提取等受热过程,尤其在药材-饮片-复方制剂的量值传递规律研究中,可选择化学性质稳定且易于定量检测的有效成分作为其 Q-marker,建立科学合理的中药质量评价体系。刘开心等^[100]使用 UPLC-Q-TOF-MS 技术对圣愈汤干预骨髓抑制模型大鼠的入血成分进行分析,发现当归中阿魏酸和洋川芎内酯 A 是关键的活性成分。王琳等^[101]建立 UPLC 对指纹图谱对 18 批身痛逐瘀汤基准进行分析,共指认 16 个共有峰,其中当归中阿魏酸、洋川芎内酯 I 为身

痛逐瘀汤物质基准的指标成分。亦有研究^[102]通过 UPLC-MS 技术,鉴定了当归芍药散中 23 个人血成分,测得当归中阿魏酸、绿原酸、洋川芎内酯 I 共 3 种化学成分。综上所述,基于复方质量传递和溯源分析得到洋川芎内酯 I、洋川芎内酯 A、阿魏酸、绿原酸可作为当归潜在的 Q-marker。

4 结语

当归作为临床应用广泛的中药,对其化学成分、药理作用及质量控制方法进行系统性的梳理与探讨,对全面提升其质量标准、保障临床疗效与安全性,以及推动其相关复方制剂的现代化开发具有关键意义。本文基于以上三方面的论述,系统阐释了当归发挥其补血活血等传统功效的现代科学基础,论述了其活性成分(如阿魏酸、藁本内酯、多糖及多种微量元素)与药理作用(如造血、抗炎、免疫调节、护肝等)之间的内在关联。同时,本文也着重分析了当前当归质量控制中面临的挑战,尤其在相关复方制剂研发中的质量控制与专属性表征,以及色谱、光谱等分析技术相结合的质量评价体系构建。尽管当归的研究已取得一定进展,但在现代医学体系中的作用机制及药效物质基础仍需进一步深入探索,未来的研究中应整合代谢组学、网络药理学及谱效关系技术,构建“化学-生物-效应”联动的质量评价新模型,阐释其多成分、多靶点、多通路的整合调节机制。此外,不同炮制品、药用部位的药效及活性成分差异,以及当归的加工、炮制工艺等仍需进一步研究,应建立更加科学、精准、全过程可追溯的质量控制标准,将指标成分定量与生物效价检测等方法有机结合,以更全面地表征其内在品质。在此基础上,优化以当归为核心的中药复方制剂处方工艺,为开发疗效确切、质量稳定、机制清晰的现代中药产品提供坚实依据。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2025 年版):一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2025:143-144.
- [2] 王丹,孟令煜,穆希琼,等. 当归本草考证主要药理药效炮制及质量标准研究进展[J]. 农业与技术,2021,41(16):1-4.
- [3] 黄得栋,王黎,晋玲,等. 新兴产区和道地产区当归质量评价[J]. 安徽农业科学,2020,48(13):195-197,201.
- [4] Li B, He S, Hu Y, et al. Compositional profiling and classification of radix *Angelicae sinensis* by effective GC-IMS and chemometric tool [J/OL]. LWT-Food Sci Technol, 2025-02-01. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643825001380>.
- [5] 梁唯灿,贾宇鑫,何玉玉,等. 正交试验法优化当归提取物制备

- 工艺及对免疫调节作用的研究[J]. 环球中医药, 2025, 18(11): 2227-2234.
- [6] Batiha G E, Shaheen H M, Elhawary E A, et al. Phytochemical constituents, folk medicinal uses, and biological activities of Genus *Angelica*: A review[J/OL]. *Molecules*, 2022-12-02. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9822461>.
- [7] 刘妍如, 唐志书, 宋忠兴, 等. 以药效成分群-活性-功效关联作用筛选当归质量标志物[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2626-2637.
- [8] 代乐英, 季贵文, 杨阳, 等. 岷县当归质量差异性评价研究初报[J]. 农业科技与信息, 2025(4): 94-98, 112.
- [9] 张建雨, 高鑫, 余河水, 等. 当归药效物质基础及质量控制技术研究进展[J]. 中南药学, 2025, 23(3): 709-716.
- [10] 石玉, 李梦琦, 杨诗宇, 等. 当归挥发油的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(7): 1006-1014.
- [11] 冯媛, 杨贵雅, 张丹, 等. 当归挥发油提取及基于 GC-MS 的成分表征[J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(19): 2399-2404.
- [12] Kudo Y, Ando H, Sasaki Y. Quality evaluation of *Angelicae acutilobae* radix: Individual differences and localization of (Z)-ligustilide in *Angelica acutiloba* root[J]. *J Nat Med*, 2021, 75(1): 1-10.
- [13] Li Q, Chen Y, Gao H, et al. In situ analysis of volatile oil in *Angelica sinensis* roots by fluorescence imaging combined with mass spectrometry imaging[J]. *Talanta*, 2023, 255: 124253.
- [14] Xu X, Zhu T, Shi T, et al. Quality suitability regionalization analysis of *Angelica sinensis* in Gansu, China[J/OL]. *PLoS One*, 2020-12-14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33315941>.
- [15] Gui Q, Zheng J. Simultaneous determination of eight components in *Angelica sinensis* based on UHPLC-ESI-MS/MS method for quality evaluation[J/OL]. *Biomed Chromatogr*, 2018-06-29. <https://link.cnki.net/doi/10.1002/bmc.4326>.
- [16] Sun Y, Zhou J, Hu Y, et al. Comprehensive analysis of phenylpropanoids and butylenephthalides in *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels from different regions and processing methods by high-performance liquid chromatography combined with chemometrics[J]. *Eur Food Res Technol*, 2024, 250(3): 983-998.
- [17] 王瑞琼, 孙敏, 吴国泰, 等. 基于网络药理学-分子对接及实验研究探讨当归效应组分治疗原发性痛经的作用机制[J]. 中药药理与临床, 2023, 39(1): 49-55.
- [18] Wan N, Lan J, Wu Z, et al. Optimization of steam distillation process and chemical constituents of volatile oil from *Angelicae sinensis* Radix[J/OL]. *Separations*, 2022-05-30. <https://link.cnki.net/doi/10.3390/SEPARATIONS9060137>.
- [19] 曲小丹. 藁本内酯二聚体抗阿尔茨海默病及改善糖脂代谢紊乱的作用及相关机制研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2022: 3.
- [20] Lazarević J, Vrbničanin S, Dragumilo A, et al. Analysis of the effects of organic and synthetic mulching films on the weed, root yield, essential oil yield, and chemical composition of *angelica archangelica* L [J/OL]. *Horticulturae*, 2024-11-14. <https://link.cnki.net/doi/10.3390/HORTICULTURAE10111199>.
- [21] Zhang X, Fu L, Zhang R, et al. In-depth exploration of bioactive constituents, biosynthetic pathways, and pharmacological mechanisms of *Angelica sinensis*: Implications for therapeutic development[J]. *Food Sci Human Wellness*, 2025, 14(2): 404-420.
- [22] Liu J, Guan Y, Yang L, et al. Ferulic Acid as an Anti-inflammatory agent: Insights into molecular mechanisms, pharmacokinetics and applications[J/OL]. *Pharmaceuticals*, 2025-06-18. <https://link.cnki.net/doi/10.3390/PH18060912>.
- [23] 李天媛. 当归药材质量评价研究[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2025: 42.
- [24] 何元, 顾崇梅, 郭华荣. 不同产地当归药材 HPLC 指纹图谱的建立及 2 种主成分含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2019, 38(6): 30-35.
- [25] Zhang Y, Li Q, Feng Y M, et al. Simultaneous determination of eight chemical components in *Angelicae Sinensis* Radix and its herbal products by QAMS[J/OL]. *J Anal Methods Chem*, 2021-03-31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33859864/>.
- [26] Li X, Yao Y, Wang X, et al. Quantification analysis of 13 organic components and 8 inorganic elements in *Angelica Sinensis* Radix and its different parts combined with chemical recognition pattern[J/OL]. *J Anal Methods Chem*, 2020-08-31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32934860>.
- [27] 焦文星, 魏江霞, 郭晶晶, 等. 基于 UPLC-Q-TOF/MS 的当归化学成分鉴定及活血作用机制[J]. 中国药理学通报, 2025, 41(1): 147-156.
- [28] Wang Z, Deng X, Hou J, et al. Molecular spectroscopy evidence of effective constituents in the binding of *Angelica sinensis* to bovine serum albumin: Comparative binding and thermodynamic profile[J]. *J Appl Spectrosc*, 2019, 85(6): 1064-1070.
- [29] 宁安琪. 基于单株分析的岷归不同栽培模式群体品质特征及关联遗传背景研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2022: 3.
- [30] 张清清, 冯媛, 李春花, 等. 基于 UPLC-Q-TOF/MS 技术快速鉴定当归中苯酚类和有机酸类成分[J]. 中国药房, 2022, 33(5): 579-585, 591.
- [31] 刘天乐, 朱田田, 张明惠, 等. 当归活性成分生物合成与调控研究进展[J]. 中草药, 2023, 54(22): 7545-7553.
- [32] Ahn J, Ahn M J, Chin Y W, et al. Pharmaceutical studies on "dang-gui" in Korean journals[J]. *Nat Prod Sci*, 2019, 25(4): 285-292.
- [33] Zhu T, Zhang M, Su H, et al. Integrated metabolomic and transcriptomic analysis reveals differential mechanism of flavonoid biosynthesis in two cultivars of *Angelica sinensis*[J/OL]. *Molecules*, 2022-01-04. <https://link.cnki.net/doi/10.3390/MOLECULES27010306>.
- [34] Ma P, Sun C, Li W, et al. Extraction and structural analysis of *Angelica sinensis* polysaccharide with low molecular weight and its lipid-lowering effect on nonalcoholic fatty liver disease[J/OL]. *Food Sci Nutr*, 2020-01-01. <https://link.cnki.net/doi/10.1002/fsn3.1581>.
- [35] Wang Y, Li X, Chen X, et al. Effect of stir-frying time during *Angelica Sinensis* Radix processing with wine on physicochemical, structure properties and bioactivities of

- polysaccharides[J].Process Biochem,2019,81:188-196.
- [36] Liu W, Li W, Sui Y, et al. Structure characterization and anti-leukemia activity of a novel polysaccharide from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels[J].Int J Biol Macromol,2019,121:161-172.
- [37] Nai J, Zhang C, Shao H, et al. Extraction, structure, pharmacological activities and drug carrier applications of *Angelica sinensis* polysaccharide [J].Int J Biol Macromol, 2021, 183:2337-2353.
- [38] Liu W, Xiao K, Ren L, et al. Leukemia cells apoptosis by a newly discovered heterogeneous polysaccharide from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels[J].Carbohydr Polym,2020,241:116279.
- [39] Ren C, Luo Y, Li X, et al. Pharmacological action of *Angelica sinensis* polysaccharides: A review[J/OL].Front Pharmacol, 2025-01-13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1510976>.
- [40] Liu W, Li Z, Feng C, et al. The structures of two polysaccharides from *Angelica sinensis* and their effects on hepatic insulin resistance through blocking RAGE [J].Carbohydr Polym, 2022, 280:119001.
- [41] Yue X, Feng L, Sun C, et al. Visualizing the spatial distribution of metabolites in *Angelica sinensis* roots by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry imaging [J].Phytochem Anal,2025,36(4):1245-1251.
- [42] 李玉瑶,王灵台,高月求,等.王灵台基于“当归活血,丹参和血”理论辨治慢性肝病经验[J].上海中医药杂志,2023,57(5):8-11.
- [43] 杨子烨,张桂梅,王佩华,等.基于层次分析法-熵权法评价不同种类黄酒对酒当归饮片的影响[J].中南药学,2022,20(2):304-309.
- [44] Chen L, Fan B, Wang F, et al. Research progress in pharmacological effects and mechanisms of *Angelica sinensis* against cardiovascular and cerebrovascular diseases [J/OL].Molecules, 2024-05-02. <https://link.cnki.net/doi/10.3390/MOLECULES29092100>.
- [45] Zhang K, Shen X, Yang L, et al. Exploring the Q-markers of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels of anti-platelet aggregation activity based on spectrum - effect relationships [J/OL].Biomed Chromatogr, 2022-06-08. <https://link.cnki.net/doi/10.1002/BMC.5422>.
- [46] 房龙梅,侯晓敏,杨蓉,等.阿魏酸对离体大鼠冠状动脉的舒张作用及机制探讨[J].中国药理学通报,2016,32(4):554-558.
- [47] 杨秀娟,郭晶晶,李硕,等.基于 Label-free 蛋白组学技术的当归对血虚模型大鼠的补血作用机制研究[J].时珍国医国药,2024,35(11):2505-2512.
- [48] 王凤龙,刘员,张来宾,等.当归抗炎镇痛作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2021,27(15):197-209.
- [49] Song X, Liu C, Zhang Y, et al. Sustainable extraction of ligustilide and ferulic acid from *Angelica sinensis* Radix, for antioxidant and anti-inflammatory activities [J].Ultrasonics Sonochem, 2023, 94:106344.
- [50] He Z, Wang Y, Chen Y, et al. *Angelica gigas* Nakai: An overview on its chemical composition and pharmacological activity [J].Biochem Syst Ecol, 2023, 111:104717.
- [51] Li M M, Zhang Y, Wu J, et al. Polysaccharide from *Angelica Sinensis* suppresses inflammation and reverses anemia in complete freund's adjuvant-induced rats [J].Curr Med Sci, 2020, 40(2):265-274.
- [52] 王中会,闫平慧,晁旭.当归多糖抗肿瘤作用机制研究现状[J].山东中医药大学学报,2023,47(6):819-824.
- [53] 柯佳杰,沈煜洲,许雅苹,等.当归乙醇提取物抑制黑色素瘤 B16-F10 细胞增殖、诱导凋亡的作用及机制研究[J].中国临床药理学与治疗学,2025,30(1):51-60.
- [54] Chen M C, Hsu W L, Chang W L, et al. Antiangiogenic activity of phthalides-enriched *Angelica Sinensis* extract by suppressing WSB-1/pVHL/HIF-1 α /VEGF signaling in bladder cancer [J/OL].Sci Rep, 2017-07-14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28710377>.
- [55] Lu J, Wang C. Ferulic acid from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels ameliorates lipid metabolism in alcoholic liver disease via AMPK/ACC and PI3K/AKT pathways [J].J Ethnopharmacol, 2025, 338:119118.
- [56] 曹鹏,张玉,汪汉香,等.当归多糖对小鼠急性酒精性肝病的预防作用及对 HIF-1 α 蛋白的影响[J].中华中医药杂志,2021,36(6):3628-3631.
- [57] Yang H X, Jiang X L, Zuo R M, et al. Targeting RXFP1 by Ligustilide: A novel therapeutic approach for alcoholic hepatic steatosis [J].Int Immunopharmacol, 2024, 127:111460.
- [58] 孟祥云,汪永锋,郭树明,等.当归多糖对 STZ 诱导的糖尿病大鼠糖化血清蛋白、免疫反应及氧化应激的影响[J].西部中医药,2022,35(2):27-31.
- [59] 王一杰,王瑞琼,杜丽东,等.当归药食两用安全性研究概述[J].甘肃中医药大学学报,2024,41(3):76-80.
- [60] 贾世忠,魏仲梅,张东城,等.当归提取物安全性毒理学评价[J].毒理学杂志,2018,32(4):343-345.
- [61] Tsai H H, Lin H W, Lu Y H, et al. A review of potential harmful interactions between anticoagulant/antiplatelet agents and Chinese herbal medicines [J/OL].PLoS One, 2013-05-09. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3650066>
- [62] 王康宇,陶雪慧,刘小康,等.当归道地产区及历代炮制方法考证[J].吉林中医药,2021,41(10):1371-1374.
- [63] 唐文文.多指标成分与生物活性相结合的当归品质综合评价[D].兰州:甘肃农业大学,2023:95.
- [64] 杨燕,于春强,郭子娟,等.基于 HPLC 指纹图谱及多指标成分定量分析的不同产地当归质量特征研究[J].中草药,2021,52(15):4666-4674.
- [65] 河南省药品监督管理局.河南省中药饮片炮制规范(2022年版)[M].郑州:河南科学技术出版社,2022:74-76.
- [66] 山东省药品监督管理局.山东省中药饮片炮制规范(2022年版)[M].济南:山东科学技术出版社,2022:156-158.
- [67] 李倩,陈燕,杨锡仓,等.当归不同炮制品研究进展[J].甘肃中医药大学学报,2025,42(2):81-88.
- [68] 王素霞.不同方法炮制当归化学成分分析[J].实用中医药杂志,2020,36(6):818-819.
- [69] 王晓平.当归不同炮制方法对多糖含量的影响分析[J].内蒙古

- 中医药, 2017, 36(8): 134-135.
- [70] Zhong Y C, Kuang H X, Wang Q H. Study on effect and mechanism of Angelica polysaccharide on blood stasis rats before and after wine-broiled[J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 2020, 31(5): 495-501.
- [71] 石玉存, 尹凯, 高帆, 等. 当归不同炮制饮片“性-效-物”差异性分析[J]. 中国现代应用药学, 2025, 42(18): 3259-3268.
- [72] 覃祖玲, 钟凌云, 王艳, 等. 不同炮制技术对当归药性及临床作用的影响[J]. 中草药, 2025, 56(17): 6416-6429.
- [73] 张静, 杨平荣, 王燕萍, 等. 当归产地加工与饮片炮制一体化工艺研究[J]. 兰州大学学报(医学版), 2019, 45(3): 13-20.
- [74] 张伟, 张玖捌, 何天雨, 等. 中药饮片产地加工与炮制生产一体化研究现状与展望[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2565-2571.
- [75] 张明惠, 朱田田, 晋玲, 等. 基于 HPLC 多指标成分测定及指纹图谱多模式识别的不同产地不同品种当归质量差异分析[J]. 中草药, 2022, 53(19): 6187-6199.
- [76] 闫孟琳, 丛龙飞, 张子玥, 等. 基于质量标志物的当归抗炎功效近红外快速评价[J]. 分析测试学报, 2020, 39(11): 1320-1326.
- [77] Zhang Z Y, Wang Y J, Yan H, et al. Rapid geographical origin identification and quality assessment of Angelicae Sinensis Radix by FT-NIR spectroscopy[J/OL]. J Anal Methods Chem, 2021-01-12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33505766/>.
- [78] 琚晶晶, 胡飞阳, 赵保堂, 等. 当归多糖提取方法对其提取率及理化性质的影响[J]. 食品科技, 2024, 49(2): 195-202.
- [79] 王庆彦, 毕映燕, 徐生杰, 等. 当归中活性成分提取方法及药理作用的研究进展[J]. 化学试剂, 2025, 47(4): 43-51.
- [80] 杨秀娟, 魏江霞, 杨志军, 等. 基于 UHPLC-QE-MS 非靶向代谢组学的当归不同药用部位差异代谢物分析[J]. 药科学报, 2025, 60(4): 1093-1102.
- [81] 王圣鑫, 沈晓, 孟英姣, 等. HS-SPME-GC-MS 联用对当归各药用部位挥发油成分的分析[J]. 中国医院药学杂志, 2019, 39(5): 433-438.
- [82] Zhao S L, Fu F, Yu B Y, et al. Analysis of 12 chemical compounds and pattern recognition of different parts of Angelicae Sinensis Radix by liquid chromatography - tandem mass spectrometry and chemometrics methods [J]. J Chromatogr Sci, 2023, 61(2): 103-109.
- [83] Qu C, Yan H, Zhu S Q, et al. Comparative analysis of nucleosides, nucleobases, and amino acids in different parts of Angelicae Sinensis Radix by ultra high performance liquid chromatography coupled to triple quadrupole tandem mass spectrometry[J]. J Sep Sci, 2019, 42(6): 1122-1132.
- [84] 王庆华, 杜婷婷, 张智慧, 等. 绿原酸的药理作用及机制研究进展[J]. 药科学报, 2020, 55(10): 2273-2280.
- [85] 徐志伟, 李季文, 马新换, 等. 当归不同药用部位的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(4): 74-77.
- [86] 覃柳莹, 梁丽金, 胡懿, 等. 基于 UPLC 指纹图谱和网络药理学的当归炮制前后差异质量标志物研究[J]. 中草药, 2023, 54(18): 5892-5903.
- [87] 唐文文, 李国琴, 晋小军. 当归不同药用部位有效成分研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2012, 19(12): 58-60.
- [88] 天津市药品监督管理局. 天津市中药饮片炮制规范(2022年版)[M]. 天津: 天津市药品监督管理局, 2022: 45-46.
- [89] 国家中医药管理局. 关于发布《古代经典方目录(第一批)》的通知[EB/OL]. (2018-04-16) [2026-01-28]. <http://www.natcm.gov.cn/kejisi/zhengcewenjian/2018-04-16/7107.html>.
- [90] 国家中医药管理局, 国家药品监督管理局. 关于印发《古代经典方目录(第二批)》的通知[EB/OL]. (2023-08-23) [2026-01-28]. <http://www.natcm.gov.cn/kejisi/gongzuodongtai/2023-09-01/31743.html>.
- [91] 苗家燕, 罗赣, 高晓燕, 等. 经典名方当归四逆汤物质基准的关键质量属性研究[J]. 分析测试学报, 2021, 40(5): 740-746.
- [92] 李淑萍, 陈丽, 贺飞, 等. 基于 HPLC 指纹图谱和 6 种指标成分的经方名方黄连膏基准样品量值传递分析[J]. 中草药, 2025, 56(17): 6196-6206.
- [93] 李晓雨, 于海涛, 宋景, 等. 基于特征图谱及高效液相色谱波长切换法同时测定当归饮子中 6 种成分[J]. 中华中医药杂志, 2024, 39(9): 4915-4922.
- [94] 杨连升, 张丽芬, 陈烁, 等. HPLC-UV 法测定经典名方当归补血汤中 5 种化学成分含量[J]. 特产研究, 2024, 46(2): 110-114.
- [95] 曾瑾, 杨安东, 张爱军, 等. 古代经典名方中药复方制剂的注册管理及高质量转化要素分析[J]. 中药药理与临床, 2020, 36(3): 242-254.
- [96] 陶琳, 李卓远, 沈雯, 等. 温经汤多成分挥发油 β -环糊精及其衍生物包合物的制备、表征及包合行为研究[J]. 南京中医药大学学报, 2025, 41(4): 513-521.
- [97] 张伟, 于爽, 张云丽, 等. 和肾络颗粒中当归和川芎超临界 CO_2 提取工艺研究[J]. 中国中医药科技, 2012, 19(6): 517-518.
- [98] 姚阳阳, 穆希琼, 彭桐, 等. HPLC 法测定不同产地当归处理中 7 种成分的含量[J]. 时珍国医国药, 2022, 33(8): 1987-1990.
- [99] 马琪, 杨泽锋, 张再磊, 等. 基于 UHPLC-MS 的代谢组学技术评价不同产地当归药材质量差异[J]. 中南药学, 2025, 23(12): 3578-3584.
- [100] 刘开心, 祁永华, 张喜武, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术的圣愈汤干预骨髓抑制大鼠的体内显效成分分析[J]. 中药药理与临床, 2022, 38(2): 7-13.
- [101] 王琳, 蒋燕萍, 江华娟, 等. 经典名方身痛逐瘀汤物质基准 UPLC 指纹图谱建立及其 5 种成分含量测定[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(2): 334-342.
- [102] Xiong H, Li N, Zhao L, et al. Integrated serum pharmacochimistry, metabolomics, and network pharmacology to reveal the material basis and mechanism of Danggui Shaoyao San in the treatment of primary dysmenorrhea [J/OL]. Front Pharmacol, 2022-07-11. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9310033>.

编辑: 杨轶舜

收稿日期: 2025-11-26