

• 综 述 •

川芎产业现状与发展策略分析

李 巧^{1,2}, 何沛煜^{1,2}, 张定堃^{1,2}, 裴照卿^{1,2}, 陈依培^{1,2}, 黎 智^{1,2}, 郑 川^{1,2*}

1. 成都中医药大学 天府中医药创新港, 四川 彭州 611930

2. 四川省经典名方二次创新开发工程研究中心, 四川 彭州 611930

摘 要: 川芎 *Chuanxiong Rhizoma* 是著名的川产道地药材, 为“血中之气药”, 其药用历史悠久, 具有重要的临床价值。但重金属镉超标、精深加工不足、产业链条不健全等瓶颈问题, 制约了川芎产业的健康发展。基于川芎产业发展现状, 概述了川芎资源、生产关键技术、化学成分、质量控制、药理与临床、新药研发与大健康产品、专利申请等研究进展, 从全产业链分析探讨川芎产业发展中存在的问题, 并提出相应的发展策略与方法, 为川芎产业的高质量发展提供科学支撑。

关键词: 川芎; 全产业链; 高质量发展; 应用现状; 发展策略

中图分类号: R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)08-2771-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.08.026

Current situation and development strategy of *Chuanxiong Rhizoma* industryLI Qiao^{1,2}, HE Peiyu^{1,2}, ZHANG Dingkun^{1,2}, PEI Zhaoqing^{1,2}, CHEN Yipei^{1,2}, LI Zhi^{1,2}, ZHENG Chuan^{1,2}

1. Tianfu TCM Innovation Harbour, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Pengzhou 611930, China

2. Sichuan Provincial Engineering Research Center of Innovative Re-development of Famous Classical Formulas, Pengzhou 611930, China

Abstract: *Chuanxiong (Chuanxiong Rhizoma)* is one of the famous authentic medicinal herb produced in Sichuan. As a blood activating and analgesic drug, it has a long history of clinical application and has important clinical value, known as “*Qi* medicine in blood”. Due to the excessive heavy metal cadmium, insufficient deep-processing, incomplete industrial chain and other bottleneck issues, the development of *Chuanxiong Rhizoma* industry has been restricted. Based on the development status of *Chuanxiong Rhizoma* industry, focusing on the current status of research progress on *Chuanxiong Rhizoma*, including resources, key production technologies, chemical composition, quality control, pharmacology and clinical application, new drug research and development, and big health products, patent application and so on. And the challenges encountered in *Chuanxiong Rhizoma* in the process of industrial development are analyzed, and corresponding development strategies and methods are put forward to provide scientific support for high-quality development of *Chuanxiong Rhizoma* industry.

Key words: *Chuanxiong Rhizoma*; whole industrial chain; high-quality development; application status; development strategies

川芎为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuansong* Hort. 的干燥根茎, 始载于《神农本草经》, 被列为上品^[1]。自宋代以来, 川芎就以川产者质优效佳, 以彭州、都江堰、什邡、眉山等为主产区, 是四川著名的道地药材品种。川芎临床疗效卓著, 自古便有“头痛不离川芎”之说, 具有活血行气、祛风止痛的功

效, 在中成药、中药处方中应用较多, 药用价值高。此外, 川芎还可用于保健品、化妆品、饲料添加剂等, 是国家卫生健康委员会公布的可用于保健食品的中药之一。其地上部分在主产区也常作为蔬菜食用。川芎在新药研发、大健康产品研发及现代医学临床治疗、康复养生等方面具有广阔的开发价值。

收稿日期: 2023-09-05

基金项目: “四川省科技计划资助”项目 (2023NSFSC1994)

作者简介: 李 巧 (1997—), 硕士研究生, 研究方向为中药品种、质量与资源。E-mail: 784161373@qq.com

*通信作者: 郑 川 (1981—), 教授, 硕士生导师, 从事肿瘤免疫与中医药调控研究。E-mail: zhengchuan@cdutcm.edu.cn

四川川芎栽培规模占全国 95% 以上, 具有得天独厚的资源及开发条件。近年来, 随着国家政策与地方政府的支持, 川芎产业得到迅速发展。但重金属超标、精深加工匮乏等瓶颈问题, 制约了川芎产业的健康发展。基于此, 本文概述了川芎的资源现状、化学成分、药理作用、质量控制及相关产品开发等研究进展, 提出新的发展策略与方法, 为川芎的高质量发展提供科技支撑。

1 川芎资源情况及生产关键技术研究现状

1.1 资源概况

川芎主要依赖人工栽培, 主产于我国四川、重庆等地^[2]。四川产区川芎栽培规模占全国 95% 以上, 主要集中于四川彭州、都江堰、什邡、眉山等方圆 100 公里的川西平原, 尤以拥有“中国川芎之都”的彭州市产量最大。2015 年, “彭州川芎”获国家地理标志农产品登记保护; 2022 年, 彭州市川芎种植达 4 000 hm²^[3], 其中敖平镇拥有“中国川芎第一镇”之称, 生产面积 2 000 hm² 以上, 年产 8 000 t 以上, 种植面积、产量及销量均居全国第一^[4]。2021 年 9 月, 彭州、什邡共建彭什川芎现代农业园区, 园区内种植面积 6 666.67 hm², 年产量约 3 万 t^[5]。都江堰是川芎传统道地产区, 栽培面积约 333.33 hm² 左右, 主要集中石羊镇广益村等地^[6]; 彭山是近年发展起来的新产区, 川芎种植面积呈逐年增加的趋势, 现达 1 333.33 hm² 以上, 主要集中在谢家镇等地^[7]。目前, 全国通过《中药材生产质量管理规范》认证的川芎基地有 2 个, 分别属于四川新绿色药业科技发展股份有限公司、四川新荷花中药饮片股份有限公司, 推动了当地川芎规范化种植水平。与川芎相关的地理标志保护产品有 2 个, 分别为“都江堰川芎”与“彭州川芎”, 后续各地区应积极申请地理标志产品, 并充分发挥“国家地理标志”的基础优势, 培育打造川芎地理标志品牌, 完善全产业链, 使川芎产业成为当地特色经济产业。

1.2 品种与苓种繁育

“苓种无性繁殖”是川芎人工栽培的主要方法, 苓种的品质是影响药材质量的关键因素^[8]。经系统选育, 已得到“川芎 1 号”“绿芎 1 号”“新绿芎 1 号”“新绿芎 2 号”“蜀芎 1 号”“蜀芎 2 号”等优良新品种。近年来彭州、什邡等产区出现了坝区冷冻育苓的新方式, 与传统“高山育种、坝区栽培”所产山苓种相比, 坝苓种所产药材产量差异不明显, 具有节约成本、时间、劳动力的优点^[9-10], 但山苓种

在抗病性、出苗情况、植株形态、药材质量等方面仍具有一定优势^[9-12], 有待进一步深入研究二者的差异性。而在实际生产应用中, 产区芎农所用苓种多为自繁自用的坝苓种或不同途径购买苓种, 造成同一地区所产川芎药材质量及产量稳定性、均一性较差。以上川芎选育的新品种, 具有产量高、稳定性和适应性好等优势, 但未能进行大规模推广使用, 且目前尚无为大面积生产提供优良种源的川芎良种繁育基地或种质种苗基地, 后续可充分发挥地方企业在中药材服务方面优势, 健全政企社农合作模式, 加强良种繁育技术推广。

1.3 川芎生产关键技术

川芎传统生长期为 270~280 d, 一般立秋栽种, 次年小满至芒种期间采收^[13], 但目前由于劳动力短缺、保证轮作水稻生长时间等, 大部分产区芎农采取晚栽早采的方式, 严重缩短了川芎正常生长期^[10]。川芎药材产地加工方法为晒干或炕干, 经“二次加工”形成川芎饮片。从鲜川芎到药材再到饮片的过程, 不仅增加了生产周期及成本, 也易造成污染和有效成分损失, 进而影响川芎临床用药的安全性和有效性^[14]。目前, 川芎的趁鲜加工已有相关研究, 初步明确了川芎趁鲜加工具备可行性^[15-16]。川芎产区药农一味追求药材产量, 在种植过程中盲目使用植物生长调节剂, 如以芸苔素内酯为主成分的产品“保美乐”及以氯化胆碱为主要成分的产品“神奇地王”; 过度依赖化学农药和过量施用肥料, 导致种植区域环境污染、重金属超标等问题, 加之川芎具有镉富集特性, 直接影响川芎药材产量、品质及安全性。目前在栽培过程中主要有施用生石灰^[17-20]、硅肥^[19,21]、微生物菌肥^[21-22]、土壤改良剂^[23-24]、钝化剂^[25]等降镉措施, 可在一定程度上减少川芎药材的重金属含量。

四川是我国川芎种植规模最大、产量最多、道地品质公认的地区。川芎种植端问题是制约川芎产业发展的关键原因。一是人工成本过高。川芎产区种植模式仍以种植户为主且主要依靠人工, 据中药材天地网数据, 川芎种植成本中人工费用占 50% 以上且劳动力短缺, 导致川芎栽培呈现管理粗放、晚栽早采的现象。二是川芎育种研究亟待加强。由表 1 可见, 已有较多针对川芎产量、稳定性等选育的品种, 但川芎育种方式与药材品质、川芎种质与药材重金属含量等的相关性研究尚不深入。

川芎各大产区逐渐兴起的坝区育苓方式占比已

表 1 川芎优良品种

Table 1 Fine varieties of *Chuanxiong Rhizoma*

品种名称	来源	适宜种植区域	审（认）定编号
川芎 1 号	都江堰石羊镇的优良单株系统选育而成	四川川芎道地产区	川审药 2010004
绿芎 1 号	川芎地方品种基础上经系统选育而成	四川川芎道地产区	川审药 2011005
新绿芎 1 号	栽培川芎中系统选育而成	彭州、都江堰、彭山等地区	川审药 2014002
蜀芎 1 号	都江堰的川芎栽培种选育而成	四川盆地平坝、浅丘区	川认药 2020016
蜀芎 2 号	彭州市川芎栽培种选育而成	四川盆地平坝和浅丘区	川认药 2020017
新绿芎 2 号	都江堰石羊镇栽培川芎群体中经系统选育而成	四川成都平原	川认药 2021001

达 53%，而针对坝芎种与山芎种的质量差异虽有一定文献报道，仍有待进一步深入研究二者真实差异性及其内在机制。研究发现川芎种质也是影响川芎重金属镉含量的重要原因之一^[26]，揭示川芎镉富集特性、改良川芎品种将是川芎优良品种选育的重点关注方向。此外，川芎各产区栽培管理如栽培密度、肥料农药施用次数及施用量、种植采收时间等均有差异，进一步加快川芎栽培管理的规范化、机械化进程是提升

川芎生产效率并实现川芎规模化生产的关键。

2 川芎的化学成分与药理活性研究

川芎的有效成分主要包含苯酞类化合物、酚酸类、生物碱类、多糖类 4 大类^[27-28]，对心脑血管系统^[29]、神经系统^[30]、呼吸系统^[31]及肝肾^[32-33]等均有较好的药理活性，主要表现为镇痛^[30,34-36]、抗炎^[37]、抗氧化^[38-40]、抗肿瘤^[41-42]、抗凝血^[43-44]、抗抑郁^[45-46]、抗衰老^[47-48]等作用，见图 1。

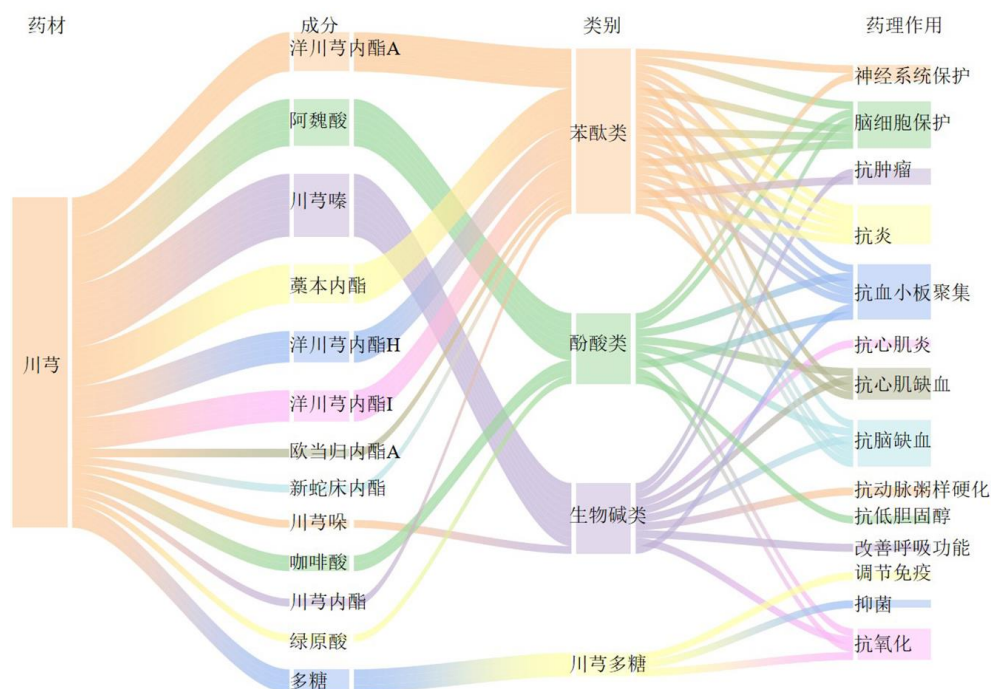


图 1 川芎主要化学成分及药理作用

Fig. 1 Main chemical constituents and pharmacological effects of *Chuanxiong Rhizoma*

挥发油是川芎主要辛味部位^[49]，主要含有藁本内酯为代表的苯酞类化合物^[50]，及香松烯、 α -宁烯等萜烯类成分^[51]，藁本内酯、洋川芎内酯 A 与丁烯苯酞等苯酞类成分是川芎挥发油辛味的物质基础^[49]。苯酞类化合物是川芎重要的活性成分^[52]，与川芎活

血化瘀行气、祛风燥湿止痛的功效密切相关。目前已鉴定出单苯酞类衍生物 70 余个，二聚苯酞类衍生物 30 余个^[53]，苯酞二聚体常以消旋体形式存在^[54]。藁本内酯、洋川芎内酯 H、洋川芎内酯 I、欧当归内酯 A 等含量较高且具有良好的生物活性，是川芎引药

上行的物质基础。阿魏酸、绿原酸和咖啡酸等酚酸类成分的研究报道较多,具有抗氧化作用、抗血小板聚集、抗肿瘤和脑保护等多种药理作用^[55]。川芎中共分离得到 40 多个生物碱^[56-59],均为小分子化合物且含量低,相关药理研究主要集中在川芎嗪,具有抗脑缺血、抗心肌缺血、抗心肌炎、保护血管内皮细胞、保护急性肾功能损伤等广泛的药理作用^[60]。川芎多糖含量约为 5.71%,主要由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、鼠李糖、甘露糖等单糖组成^[61-62],具有抑菌、调节免疫和抗氧化等功能。

中药药效物质不明确是制约中药产业发展的关键问题,通过系统开展中药药效物质基础研究,厘清与川芎功能属性紧密相关的化学物质,是川芎进行质量控制、临床应用及深度开发利用的前提。然而,目前相关研究尚未深入,针对细胞、通路及基因组方面的研究较少,有待加强针对川芎药效作用机制方面的深入研究。

3 川芎质量控制研究

《中国药典》2020 年版收载了川芎的性状、显微鉴别和理化鉴别,对其醇溶性浸出物进行限定,并以阿魏酸作为川芎的质控成分,其量采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 进行测定且规定不得少于 0.10%^[1]。除传统性状鉴别外,薄层色谱法^[63-64]、HPLC 法^[65-66]、气相色谱质谱法^[67]、HPLC-质谱联用技术^[68]等,傅里叶变换红外光谱鉴定法^[69]、纸喷雾质谱法^[70]、太赫兹时域光谱技术^[71]、仿生感官智能分析^[72]、Insertion/Deletion 分子标记^[73]等现代新型鉴别方法也逐渐用于川芎的鉴别。阿魏酸广泛存在伞形科、毛茛科等多种中药材中,仅以此作为川芎的质量控制指标,特征性不强且难以全面评价川芎药材质量。文献研究常基于多指标对川芎药材质量进行评价^[74-76]。挥发性成分作为川芎的主要有效成分之一,挥发油类成分是川芎主要辛味部位,其总含量可作为川芎质量评价指标之一;此外,研究表明藁本内酯、洋川芎内酯 A 等成分含量较高^[75],既是川芎挥发油辛味物质基础^[49],也是川芎作为“使药”引药上行的物质基础^[77]。针对目前川芎药材商品规格等级标准无理化指标且存在饮片标准缺失的问题,研究发现川芎药材外观性状药材个重、最大直径、表面及断面颜色与内在成分阿魏酸、藁本内酯、洋川芎内酯 A 含量存在相关性^[78-79]。

据文献统计,2004—2017 年川芎重金属镉相关

数据,镉超标率高达 87.99%^[80]。而 2017 年中国商务部重点药材流通过道,川芎出口总量位居我国中药材出口第 9 位,查询中国海关数据,川芎 2017 年出口量为 4 614.57 t,此后出口量逐渐下降,年出口量不足 3 000 t,见图 2。川芎药材重金属镉超标成为制约川芎走向国外市场的壁垒。近年来川芎多次因重金属超标而遭到国外拒绝,曾 6 次出口均因重金属问题被销毁^[81]。针对以上问题,中药材进口国相继制定了极为严苛的准入标准,以限制中药材的进入,严重阻碍了我国重要国际化贸易,损害了中药的国际形象。

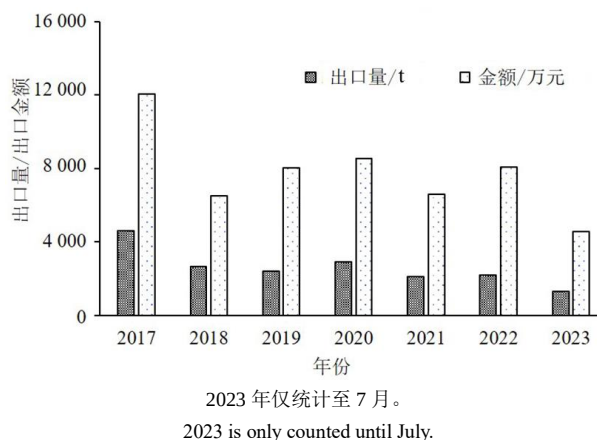


图 2 2017—2023 年中国川芎出口量、出口金额

Fig. 2 Statistical chart of export quantity and amount of *Chuanxiong Rhizoma* in China from 2017 to 2023

药材质量控制成分既要与中药功能属性密切相关。川芎药材的主要药效成分为藁本内酯等苯酞类挥发性成分和阿魏酸等酚酸类成分,且与川芎药效作用^[82]、药材等级^[78]、药材粉末颜色^[72]、挥发油“辛味”响应值^[49]具有一定相关性。多数川芎药材中的生物碱类成分川芎嗪含量显著低于检测限,含量极低不足万分之一^[83-84],虽川芎嗪具有广泛的药理作用,但因其含量极低能否代表川芎药材的主要活性成分还有所争议,故将其作为川芎药材的质量评价成分还有待商榷。对川芎含量测定指标成分的修订仍有待进一步研究,需要考虑川芎的安全性、有效性并兼顾可测性。对比各国/地区或组织对重金属镉的限量标准发现,我国《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》镉限量标准处于最为严格的水平。制定限量标准的目的是规范药材种植、加工等生产过程,防止人为污染^[85]。而研究发现川芎在栽培土壤镉含量符合相关标准,且基地大气环境及灌溉用水均未受到污染的情况下,川芎药材镉含量仍会超出

行业标准^[13],表明川芎自身对镉具有较强的富集能力。当前关于川芎重金属的研究主要集中在镉污染现状及降镉策略,而忽略了镉积累与生态健康风险评估,在积极研究川芎降镉措施的同时,更应该考虑基于用法用量及安全性评估来制定科学合理的川芎镉限量标准。因此,全面提升对川芎质量标准的研究,完善川芎商品规格等级标准,制定科学合理的药材标准,对于保证川芎临床用药安全、有效具有重要作用,同时能有效地规范川芎药材市场,实

现真正的优质优价。

4 川芎临床研究及相关产品开发现状

4.1 川芎为主药的处方及药物制剂临床研究现状

川芎作为活血行气、祛风止痛的著名中药,临床常用于胸痹心痛、胸胁刺痛、跌扑肿痛、月经不调、经闭痛经、症瘕腹痛、头痛、风湿痹痛等。目前,以川芎作为处方药味之一的中药制剂在临床应用的研究报道主要集中在治疗冠心病、心绞痛等心脑血管疾病^[86]及抗偏头痛^[87]等临床疗效方面,见表2。

表2 川芎为主药的处方及药物制剂临床研究

Table 2 Clinical research of <i>Chuanxiong Rhizoma</i> as main drug in prescriptions and pharmaceutical preparations				
疾病类型	治疗药剂	n/例	有效率/%	文献
冠心病、心绞痛	速效救心丸	55	94.55	88
	丹参川芎嗪注射液	56	92.86	89
	丹参川芎注射液	75	90.67	90
冠心病稳定性心绞痛	心脑通片	24	87.50	91
	芎桂散穴位贴敷	50	80.00	92
快速性心律失常	冠心宁片	50	96.00	93
风湿蒙蔽、瘀血阻滞型偏头痛	川芎清脑颗粒	40	87.50	94
头痛	川芎茶调散化裁	110	93.00	95
偏头痛	川芎茶调散加減	80	95.00	96
	川芎茶调散加減配合针灸	80	97.00	97
	川芎芷蝎汤	84	91.67	98
血瘀水肿	桃红四物汤加味	86	93.00	99
血管神经性头痛	川芎茶调散加減	68	95.60	100
带状疱疹	龙胆泻肝汤合川芎茶调散	110	91.82	101
眩晕	川芎茶调散加減	96	93.75	102
	葛根川芎汤	90	71.60	103
儿童急性鼻窦炎	川芎茶调散加減	64	98.40	104
鼻炎、鼻窦炎	川芎茶调冲剂	67	91.00	105

4.2 相关中成药研究

4.2.1 《中国药典》含川芎中成药分析 川芎在《中国药典》1963~2020 年版均有记载,《中国药典》2020 年版收载含川芎的中成药品种 245 种,占所载中成药的 16.8%,较《中国药典》2015 年版新增 12 种,其中川芎处方量占比超过 15%的制剂有 53 个,以天舒胶囊、天舒片、大川芎口服液等中成药含川芎处方量最高,其次为舒胸片、舒胸胶囊、舒胸颗粒、脑安胶囊等,以活血、化瘀、通络、调经等功效为主(表3)。从剂型上分析,含川芎的中成药品种共涉及 11 种剂型,主要为丸剂(80 个)、胶囊剂(54 个)、片剂(41 个)、颗粒剂(30 个),其次为合剂(17 个)、膏剂(10 个),而酒剂、散剂、酊剂、

糖浆剂、搽剂数量较少,存在较大的剂型创新空间;从川芎入药提取方式分析,主要提取方式为粉末入药(41.6%),水煎煮(18.8%)、蒸馏提取+水煎煮(14.5%)次之,再次为乙醇渗漉提取(6.5%)、乙醇回流提取+水煎煮(5.3%)、乙醇回流提取(4.9%),另外 12 种提取方式合计仅占 7.8%。

4.2.2 含川芎中成药大品种产值分析 川芎饮片进入《国家医保目录(2022)版》和《国家基本药物目录(2018 版)》,有 40 种含川芎中成药品种进入《国家基本药物目录(2018 版)》,占 14.9%,主要分别在内科、妇科、骨伤科用药领域,其中内科用药 22 种、妇科用药 6 种、骨伤科用药 6 种、眼科用药 3 种、耳鼻喉科用药 2 种、外科用药 1 种。经药融

表3以川芎为处方药材之一的药品信息

Table 3 Drug information using Chuanxiong Rhizoma as one of prescription medicinal materials

制剂名称	占比/%	功效	制剂名称	占比/%	功效
天舒胶囊	80.00	活血平肝、通络止痛	保心片	19.51	滋补肝肾、活血化瘀
天舒片	80.00	活血平肝、通络止痛	泻青丸	18.75	清肝泻火
大川芎口服液	71.43	活血化瘀、平肝熄风	五加生化胶囊	17.99	益气养血、活血祛瘀
复方川芎胶囊	50.00	活血化瘀、通脉止痛	精制冠心软胶囊	17.65	活血化瘀
复方川芎片	50.00	活血化瘀、通脉止痛	精制冠心口服液	17.65	活血化瘀
舒胸片	50.00	活血化瘀、通络止痛	精制冠心片	17.65	活血化瘀
舒胸胶囊	49.99	活血化瘀、通络止痛	精制冠心颗粒	17.62	活血化瘀
舒胸颗粒	49.99	活血化瘀、通络止痛	复方羊角片	17.50	平肝熄风、通络止痛
脑安胶囊	41.65	活血化瘀、益气通络	颈舒颗粒	16.82	活血化瘀、温经通窍止痛
参桂胶囊	39.13	益气通阳、活血化瘀	越鞠保和丸	16.67	疏肝解郁、开胃消食
血栓心脉宁胶囊	29.99	益气活血、开窍止痛	镇脑宁胶囊	16.57	熄风通络
血栓心脉宁片	29.99	益气活血、开窍止痛	痹祺胶囊	16.53	益气养血、祛风除湿、活血止痛
清眩片	28.57	散风解热	川芎茶调片	16.33	疏风止痛
清眩丸	28.57	散风清热	川芎茶调散	16.33	疏风止痛
克伤痛搽剂	27.03	活血化瘀、消肿止痛	川芎茶调丸	16.33	疏风止痛
坎离砂	26.67	祛风散寒、活血止痛	川芎茶调丸（浓缩丸）	16.32	疏风止痛
四物合剂	25.00	养血调经	川芎茶调袋泡茶	16.32	疏风止痛
四物颗粒	25.00	养血调经	川芎茶调颗粒	16.32	疏风止痛
通天口服液	24.38	活血化瘀、祛风止痛	乐脉胶囊	16.00	行气活血、化瘀通脉
天麻头痛片	22.79	养血祛风、散寒止痛	乐脉颗粒	16.00	行气活血、化瘀通脉
止血复脉合剂	22.73	止血祛瘀、滋阴复脉	乐脉片	16.00	行气活血、化瘀通脉
安胎丸	22.22	养血安胎	乐脉丸	16.00	行气活血、化瘀通脉
丹灯通脑胶囊	22.20	活血化瘀、祛风通络	消栓通络颗粒	15.95	活血化瘀、温经通络
丹灯通脑软胶囊	22.20	活血化瘀、祛风通络	消栓通络胶囊	15.92	活血化瘀、温经通络
都梁软胶囊	20.00	祛风散寒、活血通络	消栓通络片	15.92	活血化瘀、温经通络
都梁丸	20.00	祛风散寒、活血通络	丹红化瘀口服液	15.00	活血化瘀、行气通络
越鞠丸	20.00	理气解郁、宽中除满			

仅统计川芎处方含量占比超过 15% 的品种，部分制剂未公布处方量，如速效救心丸等。
Only the varieties with Chuanxiong prescription content accounting for more than 15% were counted, and the prescription amounts of some preparations were not published, such as Suxiao Jiuxin Pills.

云数据库查询含川芎为主的中成药大品种销售情况,统计 2015—2020 年药品全国药店零售与医院销售总额,见表 4。从 2015—2020 年数据来看,速效救心丸年药店零售额与医院零售额均逐年增长,是平均年销售高达 5 亿元的大品种,且上市 26 年以来累计创产值百亿元。年均销售额超 5 000 万元的品种分别为心脑康颗粒、通脉颗粒、益心舒片,其余年均销售额超 1 000 万元的品种分别为活血通脉片、乐脉颗粒、复方川芎胶囊等,其功能主治主要为心血管类疾病如冠心病、心绞痛等。

4.3 川芎相关的大健康产品与其他衍生产品
4.3.1 保健食品 川芎虽未进入药食同源品种目录,却是可用于保健食品的中药。经药智网数据库查询,含有川芎的保健食品约 82 个,见表 5。从时间跨度来看,最早在 1997 年已经批准 1 款保健品,具有抗疲劳的保健作用。在随后的十几年,陆续出现了包括口服液、胶囊、颗粒剂、丸剂和片剂为主的几十款保健品。根据保健功效对应的产品数量,可以看出含川芎保健食品总体以增强免疫力、美容、改善睡眠、辅助调血脂为主。

表 4 2015—2020 年川芎相关中成药大品种年销售额

Table 4 Annual sales of large varieties of *Chuanxiong Rhizoma* related Chinese patent medicine from 2015 to 2020

相关中成药	销售总额/万元						年均/万元
	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	
速效救心丸	44 900.00	46 200.00	49 500.00	52 900.00	54 500.00	54 300.00	50 383.33
通脉颗粒	5 829.56	6 678.61	6 414.89	6 333.44	6 335.52	6 100.71	6 282.12
心脑康胶囊	6 777.74	6 794.66	6 728.65	6 928.21	6 040.40	5 263.87	6 422.26
复方川芎胶囊	2 182.30	1 786.73	1 532.53	1 170.33	980.28	942.51	1 432.45
活血通脉片	3 788.49	3 093.32	2 631.83	2 035.70	1 573.23	1 058.01	2 363.43
乐脉颗粒	2 194.69	1 935.55	1 549.59	1 361.21	1 391.08	1 066.62	1 583.12
益心舒片	3 509.49	4 010.49	5 289.87	6 364.97	6 905.88	7 428.16	5 584.81
丹芎通脉颗粒	224.34	225.89	133.66	120.57	90.13	79.49	145.68

表 5 含川芎保健食品目录 (2010—2022 年)

Table 5 Catalogue of health products using *Chuanxiong Rhizoma* as one of raw materials (2010 to 2022)

保健功效	产品举例	数量/个	近 10 年审批数量/个
免疫调节、增强免疫力	蜂胶当归川芎软胶囊	20	9
美容 (去痤疮、去黄褐斑)	当归丹参川芎丸	17	7
改善睡眠	枣仁洋参颗粒	12	3
调节血脂、辅助调血脂	三七芎胶囊	11	5
缓解疲劳、抗疲劳	怡神胶囊	8	0
改善营养性贫血	当归熟地白芍川芎口服液	5	1
辅助改善记忆力	健忆胶囊	3	0
辅助降血糖	苍芎胶囊	2	2
增加骨密度	薏仁枸杞片	2	2
其他如减肥、抗辐射等	荷川胶囊	2	0

品的开发主要围绕增强免疫力和去黄褐斑的美容功效为主,其次为调节血脂、改善睡眠等。

4.3.2 化妆品 川芎可抑制酪氨酸酶活性,具有润肤、美白祛斑作用^[106-107],可作为天然添加剂应用于化妆品中。国家药品监督管理局关于发布《已使用化妆品原料名称目录》的通告 (2021 年第 62 号),明确了“川芎根粉”“川芎根提取物”“川芎提取物”“川芎油”“川芎嗪”可作为化妆品原料。以“川芎”为关键词,检索国家药品监督管理局国产非特殊用途化妆品备案信息,共查询到 28 种现行有效备案信息。产品形态包括精油、爽肤水、精华液、花露水等。

4.3.3 其他衍生品 川芎植株不同部位主要成分类型基本相似,但含量有差异,川芎根、茎、叶、花挥发油中相同成分共 16 种,均以藁本内酯和新川芎内酯相对含量最高^[108]。其地上部位古称“靡芜”,占全株鲜质量的 75%,芳香四溢,常用作香草佩戴^[109]。

其化学成分与川芎药材类似^[110],含大量结构新颖、生物活性显著的苯酞类成分^[111-112],其中藁本内酯和丁烯基苯酞的质量分数分别为 0.064 2%~0.263 3%和 0.005 7%~0.032 5%^[112]。川芎苗叶在川芎产区有作为蔬菜食用的习惯,还出口韩国、日本、新加坡、越南等国^[113];此外,可泡水代茶饮、用于保健品、美容化妆品、家畜青饲料、食用香料等^[114];四川新绿色药业公司获四川省科技厅批准建立“四川省川芎工程技术研究中心”,根据川芎的功效组方研制了系列大健康产品,如川芎牙膏、洗发水、面膜等;敖平镇当地也开发了川芎面、川芎香囊、川芎浓缩精华等产品,及炖品、酒饮、茶饮、拌菜等 30 余种川芎特色菜品^[115]。

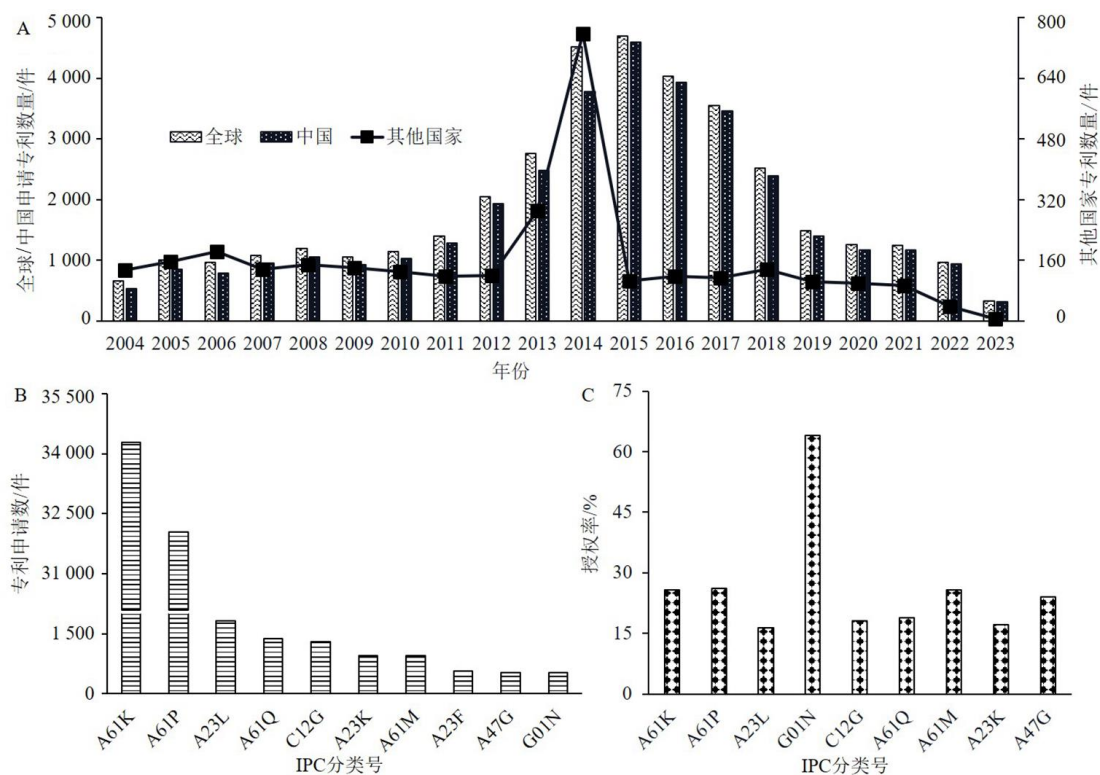
随着中医药市场的不断扩大和对中药材的需求增加,川芎在药物和大健康产品领域的开发利用逐渐增多。通过对川芎临床研究及相关产品开发现状分析,可以看出川芎的应用及开发现状呈现以下特

点：(1) 川芎的主要临床应用为心脑血管疾病、多种头痛并常用于治疗月经不调、经闭、痛经等妇科疾病，据表 2 统计，有效率在 71.6%~98.5%。目前以川芎为主的中药大品种销售额逐年增长，功能主治仍以心血管疾病如冠心病、心绞痛等为主。(2) 川芎是大量入丸散剂的典型中药品种，以粉末形式入药占 41.6%；饮片的用药形式由其“药性”决定，且川芎挥发油类成分是川芎活血化瘀行气、祛风燥湿止痛的重要物质基础，进一步说明川芎传统以“油性大、香气浓者为佳”的合理性；(3) 川芎的应用范围逐渐拓展，除药用外还广泛应用于保健品、化妆品、食品、中兽药等多个领域。通过对川芎有效成分及药理作用的进一步分析，研发开发川芎日化品、化妆品和保健品，进一步显示对川芎科研投入的增加，同时带动了市场需求、种植面积的增加；(4) 川芎大健康产品开发仍处于初级阶段。以食品

开发为例，经药智数据查询人参、三七国产保健食品数据分别为 1 059 条、364 条，而川芎仅 82 条；以化妆品开发为例，经药智数据查询人参、三七国产化妆品数据分别为 4 059 条、234 条，而川芎仅 139 条。

5 川芎相关专利分析

以“川芎 NOT 日本川芎”为关键词在 incoPat 专利数据库中检索，截至 2023 年 9 月 6 日，共检索到 54 446 件川芎相关专利，进行简单同族合并后，共计 43 833 个专利族，其中中国专利 38 239 件，占世界川芎专利的 87.24%，其次为日本 1 372 件、韩国 1 201 件。川芎整体研发历程可从川芎专利申请数量得以反映，由图 3-A 可知：2004 年至今，全球川芎专利申请数量呈现逐年加速增长的趋势，2015 年达到历史最高峰，专利申请数量为 4 691 件，此后逐年缓慢下降；此外，中国川芎专利申请数量均



A61K-医用、牙科用或化妆用的配制品；A61P-化合物或药物制剂的特定治疗活性；A23L-食品、食料或非酒精饮料；A61Q-化妆品或类似梳妆用配制品的特定用途；C12G-酒精饮料类；A23K-专门适用于动物的喂养饲料及其生产方法；A61M-注射用器械；A23F-咖啡、茶等代用品；A47G-家庭用具或餐桌用具；G01N-测试或分析材料。

A61K-medical, dental, or cosmetic preparations; A61P-specific therapeutic activity of compounds or pharmaceutical preparations; A23L-food, food, or non-alcoholic beverages; A61Q-specific use of cosmetics or similar cosmetic preparations; C12G-alcoholic beverages; A23K-feeding materials and their production methods specifically suitable for animals; A61M-injectable instruments; A23F-coffee Tea and other substitutes; A47G-household or dining utensils; G01N-testing or analytical materials.

图 3 2004—2023 年川芎的专利趋势 (A)、川芎申请专利 (B)、授权专利 (C) 的主要技术领域

Fig. 3 Patent trends (A) of *Chuanxiong Rhizoma* from 2004 to 2023, main technical fields in which *Chuanxiong Rhizoma* applied for patents (B) and authorized patents (C)

高于其他国家、地区和组织,成为全球川芎专利申请的主导力量。

专利技术结构可以折射出产业的技术发展方向和关注焦点,通过对国际专利分类号(International Patent Classification, IPC)进行统计,川芎涉及的主要技术集中在医药领域(A61)和食品领域(A23)。以小类来看,A61K、A61P 的申请最多,分别占全部专利申请总量的 46.10%、43.07%,可认为是核心技术领域,其余领域申请占比不足 5%,见图 3-B;进一步统计 IPC 小类专利累计授权率(图 3-C),可直观看到川芎产业的技术优势,川芎相关测试或分析材料授权率最高,为 64.05%,其次分别为化合物或药物制剂 26.1%、医用配制品 25.76%。可见,当前川芎的活跃技术类别主要为 A61K、A61P,表面川芎中药材、中药饮片、中药配方颗粒、中成药等是当前川芎的技术研发热点,但在保健品、化妆品等领域的开发力度不够,与前文结果一致,技术创新亟需在大健康产品开发和精深加工领域补齐产业链短板。

6 川芎产业发展存在的问题及发展策略

6.1 发展策略

川芎产业链可划分为三大产业支柱,第一产业主要包括川芎种植与初加工,第二产业主要包括川芎的精深加工、产品研发等,第三产业主要包括川芎相关的康养保健、文旅服务。首先,制定专项支持政策。针对川芎农业缺乏科技水平、种植生产仍不规范等问题,政府应就川芎苓种繁育基地建设、国家级川芎产业园区建设等出台相应的政策支持;针对川芎种植区域相对集中在成都平原,而成都平原作为四川打造高水平“天府粮仓”确保国家粮食安全的主场地,政府应充分发挥好引导作用,出台相关政策保障川芎生产用地,鼓励水稻与川芎轮作模式,协调好种药与种粮的关系。其次,加大科技引领。针对川芎种植劳动成本过高且劳动力加速流失的问题,加强川芎机械化种植、采收研究并形成推广应用。再次,加大基础研究投入。针对川芎重金属超标问题、种质易退化、质量差异大、非药用部位未充分利用、保健产品开发初级阶段等问题,应积极搭建科研创新平台,针对川芎重金属富集效应机制、育苓复壮微生态机制、非药用部分资源开发、毒理安全性等开展深入研究,为川芎合理应用、标准制定及大健康产品的开发夯实基础。

6.2 存在问题及解决方法

6.2.1 风险防范重金属镉超标,保证川芎药材质量安全 川芎自身对重金属镉具有较强的富集作用,加上种植年限的增加、农投品的滥用及土壤污染严重等原因,导致川芎重金属镉超标现象普遍。据报道,川芎镉检出量最高可达 1.49 mg/kg,最高超标约 30 倍^[26],远超《中国药典》2020 年版标准、绿色行业标准、欧盟标准及世界卫生组织标准,给川芎产品安全性和产业的健康发展带来了不利影响。目前在川芎生产上已有多种措施来降低川芎镉含量,如施用生石灰^[17-20]、硅肥^[19,21]、微生物菌肥^[21-22]、土壤改良剂^[23-24]、钝化剂^[25]等措施,但存在降镉效果不稳定、难以推广、易导致二次污染等问题。川芎重金属镉超标是制约川芎走向国际市场的壁垒。一方面,通过建立合理标准规范川芎的种植与加工,大力推行生态种植,加强土壤污染防治与修复,减少化肥农药的使用,实行轮作;另一方面,从川芎种质资源角度解决川芎产业困境,通过加强基础研究厘清川芎对重金属镉富集效应与机制,筛选川芎低镉富集能力新品种。此外,应加强川芎重金属镉风险防范与评估,结合川芎用法用量及自身镉富集效应合理看待川芎安全性问题,制定合理的川芎镉限量标准。

6.2.2 以经典名方研究为契机,加大川芎新药开发力度 据《健康中国行动(2019—2030 年)》数据统计,全国现有高血压患者 2.7 亿、脑卒中患者 1 300 万、冠心病患者 1 100 万,心脑血管疾病等 4 类慢性病导致的负担占总疾病负担的 70%以上,成为制约健康预期和寿命提高的重要因素。基于“血中气药”川芎的新药研发与此社会背景极为相应。《药品注册管理办法》2020 年版增加了古代经典名方注册单独分类和用人用经验评价证据,并明确指出古代经典名方中药新药注册申报要求。2018 年以来,国家中医药管理局先后发布《古代经典名方目录(第一批)》《古代经典名方目录(第二批)》,其中分别含川芎的经典名方有 14 个和 11 个。关于经典名方中川芎的本草考证已有详细报道,为后续川芎经典名方研发工作提供了一定背景资料。后期应关注与加强川芎温经汤、桃红四物汤、小续命汤等创新经典名方的基础研究,整体提高在中药创新药、中药改良型新药、院内制剂等方面的应用程度。

6.2.3 注重川芎功能定位研究,优化川芎大健康产业体系 川芎除在药用方面外,其应用范围包括保

健品、化妆品、食品、中兽药等多个领域，覆盖范围较广，但大健康产业仍处于初级阶段，其保健食品及相关领域专利的数量较少。川芎虽在其产区有食用历史及食用习惯，但多以其地上部分幼苗作为蔬菜食用，川芎根茎药效强且会有一定的食用禁忌，需进一步开展系统的安全性评价研究，确定合理的功能定位和保健应用。因此，可结合川芎产业特色优化川芎大健康产业体系：（1）可充分开发利用非药用部位。目前，中药的非药用部位的开发主要集中在临床应用、新药发现及替代用、茶饮及保健品、日化用品或畜牧养殖等方面，如据三七花、叶具有消炎止痛的作用开发的相关产品已被应用于清咽润喉，人参叶、杜仲叶作为人参、杜仲药材的替代用药被载入《中国药典》2020 年版等。而川芎地上部分约占全株鲜质量的 75%，与川芎药材化学成分类似且在其产区具有较长的食用历史，但目前仅有少量川芎幼苗在其产区作为蔬菜食用，有待加强对非药用部分的合理开发。（2）健全川芎产业链条，提高产品精深加工和成果转化能力。川芎的产品体系仍以中药材、饮片与配方颗粒、中成药为主，其他衍生产品形式较为单一，产品附加值较低且存在推广渠道窄、营销策略弱等问题。需要充分重视川芎抗氧化、美容美发等作用，开发系列护肤产品、日化产品；此外，川芎挥发油质量分数约 1%且含大量药效成分，精油或复方精油等香疗、香氛产品的开发也是川芎大健康产品开发的新途径。

川芎产业的高质量发展需要整合地方政府、企业、高校及科研机构等多方力量，对川芎全技术链、全产品链、全产业链进行综合性创新，形成以川芎种植、初级加工为第一产业，精深加工、产品研发为第二产业，康养保健、文旅服务为第三产业的全产业链联动新型产业体系。做“精”农业。加速建立如川芎科技小院、川芎研究院等创新科研平台，重点研究川芎重金属镉风险防控、种质易退化等生产实践中突出问题，强化川芎种子种苗基地、规范化生产基地建设，做好川芎良种选育、规范化种植、绿色生态种植等并形成示范推广，从源头保障川芎药材优质性与安全性。做“强”工业。强化川芎源头质量建设，积极推进川产道地药材川芎全产业链管理规范及质量标准提升示范工程研究，提升川芎产品品质；培育领军龙头企业，推动川芎产品工业制造的数字化转型升级，提高生产规模与质量一致性；重视精深加工，深入开展川芎趁鲜加工及饮片

炮制加工技术创新研究，开发系列有市场竞争力的川芎冻干、压制等新型饮片；加强川芎配方颗粒国家、国际标准研究，促进川芎配方颗粒产业的现代化、标准化、产业化、国际化发展；将经典名方二次开发、名老中医验方、重大疾病的防治重点相结合，推动川芎新药的研制开发；组建川芎产业联盟，支持产学研结合，加快川芎大健康产品研发。做“特”第三产业。加快建设川芎品牌的理论、文化、策划、交易、服务等软实力，同时增强品牌发展与知识产权保护意识。结合乡村振兴和生态康养，深化校地企合作，打造川芎农业现代化示范区；注重川芎道地产区历史文化内涵挖掘创新工作，打造川芎主题康养小镇、文旅示范园区，加快推进中药材（川芎）博物馆、康养馆、主题民宿等融合项目。在政策引导、政府支持下，联合科研单位、地方企业力量，以农业为基本依托，延伸川芎产业链条、产业融合、技术创新，构建川芎现代全产业链体系，推动川芎产业高质量发展与乡村振兴。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 42-43.
- [2] 毛常清, 沙秀芬, 黄静, 等. 川芎基因组 Survey 测序及其特征分析 [J]. 中草药, 2023, 54(3): 907-914.
- [3] 彭州市人民政府. 6 万亩川芎飘香 彭州农户采收忙 [EB/OL]. (2022-05-23) [2023-10-01]. http://www.pengzhou.gov.cn/pzs/c111400/2022-05/23/content_f6713d517e654551a139632b2857885b.shtml.
- [4] 彭州市人民政府. 彭州: 多个文化产业融合 擦亮川芎金字招牌 [EB/OL]. (2021-11-04) [2023-10-01]. http://www.pengzhou.gov.cn/pzs/c111407/2021-11/04/content_5f6e556a9eee48ab98b606f15c000d8d.shtml.
- [5] 德阳市人民政府. 什邡: 深耕“川芎经济” 擦亮“川药”品牌 [EB/OL]. (2022-08-12) [2023-10-01]. <http://www.deyang.gov.cn/dzdy2020/qsdt/1680613.htm>.
- [6] 四川省知识产权服务促进中心. 我家乡的“天府地标”——成都都江堰篇 [EB/OL]. (2022-04-14) [2023-12-01]. https://mp.weixin.qq.com/s/kMM3k5H-j3R_Tu1sjDiEVQ.
- [7] 川观新闻. 彭山万亩川芎成熟 村民下田忙采收 [EB/OL]. (2021-04-27) [2023-10-01]. <https://cbgc.scol.com.cn/custom/1228736>.
- [8] 蒋桂华. 川芎种标准化及种质保存技术的研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2013.
- [9] 郭俊霞, 吴萍, 李青苗, 等. 川芎山芎种与坝芎种的质量比较研究 [J]. 中药材, 2018, 41(8): 1791-1794.
- [10] 张训, 李维双, 魏正东, 等. 什邡市隐峰镇万亩川芎基

- 地川芎栽培技术 [J]. 南方农业, 2016, 10(15): 18-19.
- [11] 何冬梅. 川芎山地育苓的微生态机制研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [12] 马博, 罗霞, 余梦瑶, 等. 不同海拔育苓对川芎出芽及生长参数的影响 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(10): 2560-2562.
- [13] 贾敏如. 川芎、川白芷生产质量管理规范 (GAP) 的研究 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2007: 6-8.
- [14] 轩菲洋, 姜丹, 张佳雯, 等. 中药材趁鲜加工现状及发展趋势 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(10): 1840-1849.
- [15] 吴情梅, 刘晓芬, 连艳, 等. 川芎产地加工与饮片炮制一体化工艺研究 [J]. 中草药, 2019, 50(16): 3808-3814.
- [16] 喻文, 王梅, 张德林, 等. 基于多指标评价趁鲜加工川芎的质量 [J]. 中成药, 2021, 43(8): 2109-2114.
- [17] 宁梓君, 李彬, 李青苗, 等. 改良酸性土壤对土壤活性态镉及川芎镉含量影响的研究 [J]. 中药材, 2014, 37(11): 1925-1928.
- [18] 任敏. 影响川芎重金属镉超标因素及控制措施的初步研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [19] 郭俊霞, 吴萍, 李青苗, 等. 生石灰和硅肥处理对川芎生长发育的影响及其栽培土壤、植株的降镉效应 [J]. 贵州农业科学, 2019, 47(5): 20-23.
- [20] 张德林, 喻文, 王梅, 等. 生石灰类处理对川芎 5 种重金属含量及产量和品质的影响研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(11): 1925-1935.
- [21] 张海鸣, 康帅, 彭娟, 等. 硅肥、微生物菌剂与有机肥对川芎吸收积累镉的影响 [J]. 中国药理学杂志, 2021, 56(22): 1796-1802.
- [22] 张海鸣, 彭娟, 聂颖兰, 等. 硅肥、微生物菌剂与有机肥对川芎生长、土壤和药材中镉含量及药材质量的影响 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(12): 3002-3004.
- [23] 周俊杰, 孙硕, 赵远, 等. 混合改良剂对镉污染土壤川芎镉积累及生长的影响 [J]. 环境化学, 2021, 40(11): 3608-3616.
- [24] 裴孟, 孟雨婷, 郑倩茹, 等. 改良剂对镉污染土壤团聚体稳定性和川芎镉积累的影响 [J]. 环境化学, 2023, 42(2): 627-634.
- [25] 陶珊, 彭芳, 施田田, 等. 3 种钝化剂施用下川芎主要部位生长和镉积累情况初探 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(2): 321-325.
- [26] 陈云子, 刘薇, 黎智, 等. 川芎镉污染现状调查及原因分析 [J]. 中药与临床, 2022, 13(6): 1-4.
- [27] Chen Z J, Zhang C, Gao F, *et al.* A systematic review on the rhizome of *Ligusticum chuanxiong* Hort. (Chuanxiong) [J]. *Food Chem Toxicol*, 2018, 119: 309-325.
- [28] Zhang K, Fang K L, Wang T, *et al.* Chemical constituents from the rhizome of *Ligusticum chuanxiong* Hort. and their Nrf2 inducing activity [J]. *Chem Biodivers*, 2021, 18(11): e2100302.
- [29] 邸睿宁, 范青玉, 方欢乐. 川芎治疗心脑血管疾病机制分析 [J]. 现代中医药, 2022, 42(3): 22-26.
- [30] 杜丹丹. 川芎对 Grin2b tm1.1 (Grin2a) 小鼠 Panx1-Source-NMDAR 信号系统的影响 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
- [31] 张晓娟, 张燕丽, 左冬冬. 川芎的化学成分和药理作用研究进展 [J]. 中医药信息, 2020, 37(6): 128-133.
- [32] 王玉平, 龚瑾, 李沙沙, 等. 川芎改善非酒精性脂肪性肝炎的作用机制 [J]. 暨南大学学报: 自然科学与医学版, 2022, 43(4): 382-392.
- [33] 莫之准. 川芎、当归超临界 CO₂ 萃取物改善衰老小鼠肝肾损伤研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2016.
- [34] 陈玲, 马俊, 唐艺, 等. 川芎抗偏头痛作用的有效部位筛选及指纹图谱研究 [J]. 中药药理与临床, 2020, 36(1): 80-85.
- [35] 张玉玲, 陈自光, 李兴杰, 等. 川芎清脑颗粒联合托吡酯治疗偏头痛的疗效观察 [J]. 现代药物与临床, 2019, 34(6): 1709-1712.
- [36] Li T, Guo S P, Lu M X, *et al.* Exploring the pharmacological action mechanism of *Ligusticum Chuanxiong-Piper Longum* couplet medicines on the treatment of migraine based on network pharmacology [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 923188.
- [37] 周羿宇, 孟德超, 何永成, 等. 川芎挥发油组分及体外抗炎活性研究 [J]. 四川农业科技, 2023(4): 116-120.
- [38] 葛慧芳, 孙明飞, 叶佳, 等. 川芎醇提物抗氧化活性及抗食源性致病菌特性分析 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(10): 127-132.
- [39] 刘尧, 张建军, 李振皓, 等. 基于对衰老大鼠心脏抗氧化保护作用及 Keap1-Nrf2-HO-1 通路探讨川芎临床“久服”用药策略 [J]. 环球中医药, 2022, 15(12): 2321-2328.
- [40] Qin Y H, Chen F F, Tang Z Z, *et al.* *Ligusticum chuanxiong* Hort as a medicinal and edible plant foods: Antioxidant, anti-aging and neuroprotective properties in *Caenorhabditis elegans* [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 1049890.
- [41] 帅书苑, 刘姗姗, 郑琴, 等. 川芎总酚酸和总生物碱对替莫唑胺在 C6 胶质瘤大鼠血液和脑及瘤内药动力学的影响及机制研究 [J]. 中国药理学杂志, 2022, 57(13): 1089-1098.
- [42] 董梁, 张敬, 缪柯. 川芎内酯抑制结肠癌细胞的生长和肿瘤干细胞样特性 [J]. 广州中医药大学学报, 2021, 38(12): 2742-2750.
- [43] 杨艺瑶. LC-MS 检测结合多元统计分析表征丹参和川芎中的凝血酶及凝血因子 Xa 抑制剂 [D]. 重庆: 重庆大学, 2020.
- [44] 华芳, 赵玉玲, 李莞, 等. 川芎及其中成药抗凝血作用测定方法的研究 [J]. 中草药, 2019, 50(7): 1698-1702.
- [45] 喻斌, 阮鸣, 许立, 等. 川芎注射液通过 cAMP-CREB-

- BDNF 通路改善卒中后抑郁大鼠神经功能 [J]. 中国药理学通报, 2022, 38(8): 1246-1251.
- [46] 康靖飞. 基于网络药理学的柴胡-川芎对卒中后抑郁大鼠脑内相关炎症因子的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2022.
- [47] 马松文. 阿魏酸对小胶质细胞条件液诱导海马神经元衰老的调控作用研究 [D]. 天津: 天津中医药大学, 2022.
- [48] 刘逸南. 人参三七川芎提取物抑制 EPCs 衰老延缓血管老化的作用及机制研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
- [49] 杨露萍, 倪妮, 洪燕龙, 等. 基于电子舌表征和化学成分“谱味”相关性探究川芎辛味物质基础 [J]. 中成药, 2021, 43(7): 1805-1811.
- [50] 刘娟汝, 刘雨诗, 刘红梅, 等. 川芎不同部位及不同加工方法的川芎饮片挥发油含量及化学成分对比 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(5): 101-107.
- [51] 韦小翠, 杨书婷, 张焱, 等. 2 种辅助方法提取川芎挥发油成分 GC-MS 分析 [J]. 中成药, 2019, 41(1): 129-134.
- [52] Zhang Q Q, Huo M Q, Zhang Y L, *et al.* A strategy to improve the identification reliability of the chemical constituents by high-resolution mass spectrometry-based isomer structure prediction combined with a quantitative structure retention relationship analysis: Phthalide compounds in Chuanxiong as a test case [J]. *J Chromatogr A*, 2018, 1552: 17-28.
- [53] 张刊. 川芎化学成分及生物活性研究 [D]. 济南: 山东大学, 2021.
- [54] Huang L, Peng C, Guo L, *et al.* Six pairs of enantiomeric phthalide dimers from the rhizomes of *Ligusticum chuanxiong* and their absolute configurations and anti-inflammatory activities [J]. *Bioorg Chem*, 2022, 127: 105970.
- [55] Zhang X, Han B, Feng Z M, *et al.* Ferulic acid derivatives from *Ligusticum chuanxiong* [J]. *Fitoterapia*, 2018, 125: 147-154.
- [56] 冯芮, 郭力, 蒲忠慧, 等. 川芎化学成分及其抑制子宫平滑肌收缩作用 [J]. 中成药, 2020, 42(7): 1781-1785.
- [57] 蒲忠慧, 代敏, 彭成, 等. 川芎生物碱的物质基础及药理作用研究进展 [J]. 中国药房, 2020, 31(8): 1020-1024.
- [58] Liu J, Feng R, Dai O, *et al.* Isoindolines and phthalides from the rhizomes of *Ligusticum chuanxiong* and their relaxant effects on the uterine smooth muscle [J]. *Phytochemistry*, 2022, 198: 113159.
- [59] Feng R, Liu J, Guo L, *et al.* A pair of new enantiomeric hybrid phthalide-adenines with a rare 5-oxa-1-azaspiro [3,4]octane moiety and two pairs of new enantiomeric hybrid paraethyl phenol-adenines from *Ligusticum chuanxiong* [J]. *Arab J Chem*, 2023, 16(5): 104696.
- [60] Guo M, Liu Y, Shi D Z. Cardiovascular actions and therapeutic potential of tetramethylpyrazine (active component isolated from *Rhizoma Chuanxiong*): Roles and mechanisms [J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016: 2430329.
- [61] 芮光伟, 李维, 蒙英. 川芎多糖提取及 GC-MS 法测定其单糖含量及结构分析 [J]. 食品科技, 2013, 38(9): 150-152.
- [62] Zhong C, Liu Z J, Zhang X Y, *et al.* Physicochemical properties of polysaccharides from *Ligusticum chuanxiong* and analysis of their anti-tumor potential through immunoregulation [J]. *Food Funct*, 2021, 12(4): 1719-1731.
- [63] 陈剑锋. 温经克痹散中当归、川芎的薄层色谱鉴别方法 [J]. 海峡药学, 2014, 26(12): 94-95.
- [64] 温敏. 薄层色谱法定性鉴别川芎、当归药材的价值分析 [J]. 临床合理用药杂志, 2016, 9(25): 109-110.
- [65] 龚菊梅, 张慧, 谢媛媛, 等. 川芎质量综合评价研究 [J]. 中药与临床, 2015, 6(4): 1-5.
- [66] Fang J Y, Zhu L, Yi T, *et al.* Fingerprint analysis of processed *Rhizoma Chuanxiong* by high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection [J]. *Chin Med*, 2015, 10: 2.
- [67] 于海帅. GC-MS 分析不同提取方法对川芎挥发油成分的影响 [J]. 吉林医药学院学报, 2022, 43(6): 413-416.
- [68] 闫秀国. 多成分药物序贯代谢方法用于川芎水煎液多成分不同阶段吸收代谢分析 [J]. 系统医学, 2018, 3(23): 146-148.
- [69] 郑怡然, 马芳, 夏雪, 等. ATR-FTIR 鉴别丹参和川芎的不同部位 [J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(S1): 155-156.
- [70] 李有琴. 川芎的质量控制方法研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2019.
- [71] 郑潇潇. 太赫兹时域光谱技术在 3 种川产道地药材鉴别中的应用 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2018.
- [72] 王晓宇, 罗冰, 郭俊霞, 等. 川芎品质特征的快速鉴别 [J]. 中成药, 2021, 43(1): 137-144.
- [73] 熊淼, 袁灿, 彭芳, 等. 川芎种质鉴定标记开发和系统发育研究 [J]. 中草药, 2020, 51(1): 169-181.
- [74] 张瑜, 李欠, 邱黛玉. 基于核磁共振技术的川芎多指标质量评价研究 [J]. 药物分析杂志, 2021, 41(4): 694-699.
- [75] 柳雨影, 陈健, 胡浩彬, 等. 指纹图谱结合化学模式识别对川芎药材多成分含量测定研究 [J]. 药物分析杂志, 2021, 41(4): 685-693.
- [76] 刘娟, 冯芮, 蒲忠慧, 等. 指纹图谱结合 HPLC 定量分析在中药川芎质量评价中的应用研究 [J]. 中药材, 2019, 42(2): 353-357.
- [77] 李海刚, 胡晒平, 周意, 等. 川芎主要药理活性成分药理研究进展 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2018, 23(11): 1302-1308.
- [78] 郭俊霞, 王晓宇, 李青苗, 等. 川芎药材商品规格等级标准研究 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(2): 463-467.

- [79] 汤依娜, 周涛, 郭俊霞, 等. 川芎及酒川芎饮片综合质量评价标准的建立及商品规格等级的评价 [J]. 华西药理学杂志, 2021, 36(4): 401-409.
- [80] 张德林, 张思获, 杨海燕, 等. 基于土壤 Cd 污染对川芎产量和品质的影响研究 [J]. 中药材, 2019, 42(6): 1228-1230.
- [81] 任敏, 李敏, 卿艳, 等. 除草剂对川芎药材重金属镉含量的影响研究 [J]. 中药与临床, 2015, 6(6): 16-18.
- [82] 刘旭, 徐江平, 程艳芹, 等. 基于谱效关系表达的中药川芎药效物质筛选 [J]. 中国医院药学杂志, 2014, 34(23): 1969-1973.
- [83] 梁乙川, 伍清芳, 刘素娟, 等. HPLC 法同时测定川芎药材中 10 种成分含量 [J]. 中药材, 2019, 42(1): 136-138.
- [84] Yin D D, Wang Y L, Yang M, *et al.* Analysis of *Chuanxiong Rhizoma* substrate on production of ligustrazine in endophytic *Bacillus subtilis* by ultra high performance liquid chromatography with quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. *J Sep Sci*, 2019, 42(19): 3067-3076.
- [85] 左甜甜, 张磊, 石上梅, 等. 10 种根和根茎类中药材中重金属及有害元素的风险评估及最大限量理论值 [J]. 药物分析杂志, 2020, 40(10): 1870-1876.
- [86] Yin B Q, Guo Y H, Liu Y, *et al.* Molecular mechanism of *Chuanxiong Rhizoma* in treating coronary artery diseases [J] *Chin Herb Med*, 2021, 13(3): 396-402.
- [87] Wu S, Guo L, Qiu F, *et al.* Anti-migraine effect of the herbal combination of *Chuanxiong Rhizoma* and *Cyperi Rhizoma* and UPLC-MS/MS method for the simultaneous quantification of the active constituents in rat serum and cerebral cortex [J]. *Molecules*, 2019, 24(12): 2230.
- [88] 王延军. 速效救心丸治疗冠心病心绞痛 55 例 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2019, 17(05): 52-53.
- [89] 王秋云. 丹参川芎嗪注射液用于冠心病心绞痛治疗中的临床效果 [J]. 全科口腔医学电子杂志, 2018, 5(33): 187-188.
- [90] 朱家勤, 艾芬. 丹参川芎注射液治疗冠心病 150 例疗效观察 [J]. 世界临床药物, 2008, 29(4): 232-234.
- [91] 刘夏清. 心脑血管片治疗冠心病稳定性心绞痛 (瘀血阻滞证) 临床研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2017.
- [92] 朱玉婕. 芎桂散穴位贴敷辅助治疗稳定性心绞痛的临床疗效观察 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2011.
- [93] 金惠林, 潘薇, 屠卫东, 等. 冠心宁片联合倍他乐克治疗老年人快速性心律失常 50 例 [J]. 浙江中医杂志, 2020, 55(7): 503.
- [94] 王洪海, 周颖璨, 周德生, 等. 川芎清脑颗粒治疗偏头痛 40 例疗效观察 [J]. 湖南中医杂志, 2016, 32(2): 48-49.
- [95] 赵淑英. 川芎茶调散化裁治疗头痛 110 例 [J]. 实用中医药杂志, 2014, 30(7): 618.
- [96] 杜恩. 川芎茶调散加减治疗偏头痛 80 例 [J]. 中国药业, 2013, 22(4): 74-75.
- [97] 司凤琴, 董恩荣. 川芎茶调散加减配合针灸治疗偏头痛 160 例临床观察 [J]. 中外医疗, 2012, 31(3): 139.
- [98] 袁福宁, 钱剑英. 川芎芷蝎汤治疗偏头痛 84 例 [J]. 中国中医急症, 2006, 15(5): 540-541.
- [99] 王晖. 桃红四物汤治疗血瘀水肿 86 例 [J]. 实用中医杂志, 2009, 25(9): 605.
- [100] 邹乾山, 向绍勇. 川芎茶调散加减治疗血管神经性头痛 68 例 [J]. 实用中医药杂志, 2012, 28(6): 471.
- [101] 江应政. 龙胆泻肝汤合川芎茶调散治疗带状疱疹 110 例 [J]. 中国中医急症, 2010, 19(8): 1431-1432.
- [102] 荣翔. 川芎茶调散加减治疗眩晕 96 例 [J]. 实用中医杂志, 2017, 33(3): 250-251.
- [103] 王素霞, 周桂荣. 葛根川芎汤治疗眩晕 90 例 [J]. 中国民间疗法, 2005(02): 38-39.
- [104] 吴桂英, 郑广达. 川芎茶调散加减治疗儿童急性鼻窦炎所致头痛 64 例 [J]. 实用中医药杂志, 2020, 36(9): 1146.
- [105] 权红. 川芎茶调冲剂治疗鼻炎鼻窦炎 67 例 [J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(9): 61.
- [106] 严子军, 韦寿莲, 汪洪武, 等. 川芎、白芷、益母草在化妆品中的应用 [J]. 肇庆学院学报, 2013, 34(5): 29-32.
- [107] 张智萍. 川芎美白活性成分的提取分离及在化妆品中的应用研究 [D]. 广州: 广东药学院, 2014.
- [108] 张丽娜, 赵亮, 宋宁, 等. 新鲜和干燥川芎根、茎、叶、花挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 中成药, 2021, 43(2): 532-535.
- [109] 何冬梅. 川芎根茎入药, 苗叶可食 [J]. 中医健康养生, 2022, 8(3): 26-27.
- [110] 谭玉柱, 闫洪玲, 杨凡, 等. 川芎地上部位的质量评价 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(3): 1589-1593.
- [111] 唐飞, 谭玉柱, 敖慧, 等. 川芎茎叶中血管舒张活性苯酞类成分研究 [J]. 中草药, 2020, 51(5): 1190-1195.
- [112] Tang F, Yan Y M, Yan H L, *et al.* Chuanxiongdiolides R4 and R5, phthalide dimers with a complex polycyclic skeleton from the aerial parts of *Ligusticum chuanxiong* and their vasodilator activity [J]. *Bioorg Chem*, 2021, 107: 104523.
- [113] 成都市农业农村局. 川芎叶装进“菜篮子”漂洋过海 [EB/OL]. (2022-06-06) [2023-10-21]. https://cdagri.chengdu.gov.cn/nyxx/c109513/2022-06/06/content_44b0cf82dcad40d7b6ee158693d9d98c.shtml.
- [114] 陈素兰. 川芎地上部分的品质评价及其袋泡茶的制粒研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2009.
- [115] 四川省中医药管理局. 彭州: “小川芎”如何长成“大产业” [EB/OL]. (2022-06-20) [2023-10-21]. <http://sctcm.sc.gov.cn/sctcm/zl70n/2022/6/20/38cdbef2f6a1439bbddb389607025e9.shtml>.

[责任编辑 赵慧亮]