

基于文献计量学的当归研究现状与热点分析

田 飞^{1,2,3}, 闫奎坡^{1,2*}, 张惜乐^{1,2,3}, 马会华^{1,2,3}, 刘自超^{1,2,3}, 王栋可^{1,2,3}, 李玉莹^{1,2,3}

1. 河南中医药大学第一附属医院, 心脏中心/国家区域(中医)心血管诊疗中心, 河南 郑州 450000

2. 中西医防治重大疾病河南省协同创新中心, 河南 郑州 450000

3. 河南中医药大学第一临床医学院, 河南 郑州 450000

摘要: 目的 基于文献计量学方法系统解析当归的研究现状及前沿热点, 为当归 *Angelicae Sinensis Radix* 未来研究方向提供数据支撑。方法 从中国知网(CNKI)、维普中文期刊服务平台(VIP)、万方数据知识服务平台(Wanfang)及 Web of Science(WOS)4个数据库中收集当归相关的中英文文献, 导入 Note Express 文献管理软件进行查重及筛选, 综合运用 Excel、CiteSpace、VOSviewer 等软件, 从发文量、发文国家、关键词、发文作者等多方面研究当归的研究热点及现状。结果 筛选符合要求的中文文献 10 007 篇, 英文文献 2 623 篇, 当归依旧有较大的研究潜力。近年来当归的国际关注度越来越高, 中国是当归发文量最高的国家, 当归领域的研究以甘肃中医药大学为核心机构; 中文文献中以段金廒教授为核心作者, 英文文献的核心作者则为 Dong Tina 教授; 国内外研究均关注当归的药理作用、作用机制等方面, 国内文献研究集中于当归的质量标准控制及临床用药规律等方面, 国际研究则倾向于当归的作用机制、药理活性成分等方面。结论 当归的未来潜在研究热点可能是作用机制、数据挖掘、质量标准及药理活性成分研究等方面, 仍需要通过现代信息技术深化对当归的研究。

关键词: 当归; 文献计量学; CiteSpace; VOSviewer; 可视化分析

中图分类号: G350; R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)24-9109-15

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.24.021

Analysis on research status and hotspot of *Angelicae Sinensis Radix* based on bibliometrics

TIAN Fei^{1, 2, 3}, YAN Kuipo^{1, 2}, ZHANG Xile^{1, 2, 3}, MA Huihua^{1, 2, 3}, LIU Zichao^{1, 2, 3}, WANG Dongke^{1, 2, 3}, LI Yuying^{1, 2, 3}

1. Heart Center/National Regional (Traditional Chinese Medicine) Cardiovascular Diagnosis and Treatment Center, The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

2. Henan Collaborative Innovation Center of Prevention and Treatment of Major Diseases by Chinese and Western Medicine, Zhengzhou 450000, China

3. The First Clinical Medical College of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

Abstract: Objective To systematically analyze the research status and frontier hotspots of Danggui (*Angelicae Sinensis Radix*) based on bibliometric methods, providing data support for future research directions. **Methods** Literature related to *Angelica sinensis* was retrieved from four databases (CNKI, VIP, Wanfang, and WOS) from 1995 to 2025 using “Danggui” or “*Angelicae Sinensis Radix*” as keywords. After importing into Note Express software for deduplication and screening, tools including Excel, CiteSpace, and VOSviewer were comprehensively employed to investigate research hotspots and trends from multiple dimensions, such as publication volume, contributing countries, keywords, and authors. **Results** A total of 10 007 Chinese and 2 623 English publications met the criteria. *A. sinensis* remains a promising research subject, with growing international attention in recent years. China leads in publication volume, and Gansu University of Chinese Medicine serves as the core research institution. In Chinese literature, Professor Jin'ao Duan is the core author, while in English literature, Professor Tina T X Dong is the core author. Both domestic and international studies focus

收稿日期: 2025-08-28

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(81303073); 河南省中医药科学研究专项(20-21ZY1015); 河南省卫生健康委员会基地专项课题(2021JDZY038)

作者简介: 田 飞, 硕士研究生, 研究方向为中西医结合防治心血管疾病。

*通信作者: 闫奎坡, 主任医师。E-mail: ykp19821122@163.com

on pharmacological effects and mechanisms. Chinese literature emphasizes quality standard control and clinical application patterns, while international research prioritizes mechanisms of action and bioactive components. **Conclusion** Future research hotspots may include mechanisms of action, data mining, quality standards, and pharmacological constituents. Further advancement through modern information technology is essential to deepen the understanding of *Angelica sinensis*.

Key words: *Angelicae Sinensis Radix*; bibliometrics; CiteSpace; VOSviewer; visualization analysis

当归为伞形科植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根，其味甘、辛，性温，归肝、心、脾经，具有活血补血、调经止痛、润肠通便的功效，常用于治疗血虚萎黄、眩晕心悸、月经不调、痛经闭经等病症^[1-2]。随着科技的进步以及对当归研究的不断深入，当归的活性成分及药理作用逐渐被挖掘发现，其主要成分以挥发油类、多糖类、有机酸类、氨基酸类等为主^[3-4]，具有调节血液循环^[5-6]、保肝强肾^[7-8]、抗肿瘤^[9]等作用。有以当归及其主要成分为主的药品上市并应用于临床，如当归片、当归丸、当归养心口服液、注射用阿魏酸钠等药物具有补血活血的功效，用于治疗血虚及缺血性心脑血管病的辅助治疗^[10]。当归作为传统名贵中药，凭借其多靶点、多通路的广泛药理活性，持续推动相关研究向广度与深度拓展，但当前研究多聚焦于单一药效机制或临床应用，系统性全景分析尚显不足，难以客观量化该领域的研究演进轨迹、知识结构特征及未来突破方向。基于此，本研究依托文献计量学，对当归的中、英文研究文献进行全面分析，旨在厘清其研究热点与演进脉络，展望未来趋势，为该领域的深入研究提供参考依据。

文献计量学是使用统计数据对已发布的信息（书籍、期刊论文等）及其相关数据（摘要、关键词、引文等）进行分析，来描述或显示已发表作品之间的关系，常用于某一领域的科研评价与热点预测^[11]。当前文献计量学已成为中医药研究领域的重要方法，深化了研究者对相关领域的认知并精准指导其研究方向^[12-13]。为了解 1995 年以来当归的研究进展以及未来的研究趋势与热点，本研究通过 CiteSpace、VOSviewer 等可视化软件对当归进行文献计量学分析。本研究基于当归领域的研究成果，系统分析其研究进展并预测未来研究趋势，有助于把握当归发展脉络与前沿方向，为确立当归研究方向提供依据与框架。

1 资料与方法

1.1 数据来源与检索策略

本研究数据来源于中国知网（CNKI）、万方

（Wanfang）、维普（VIP）以及 Web of Science（WOS）数据库。文献检索时间跨度为 1995 年 1 月 1 日—2025 年 8 月 15 日。本研究聚焦于当归的医药研究成果，并在检索时设置了文献类别限制，以确保研究的精准性并更好服务于医药领域。具体检索策略：在 CNKI 数据库中，设置主题=当归 or 马尾归 or 云归 or 秦归，精确检索；限定文献分类为“医药科技卫生”；来源类别为“北大核心、中文社会科学引文索引（CSSCI）、中国科学引文数据库（CSCD）”。在 Wanfang 数据库中，设置主题为当归或马尾归或云归或秦归，精确检索；学科分类为“医药卫生”；文献类型为“期刊论文”；核心期刊范围为“北大核心、CSSCI、CSCD”。在 VIP 数据库中，设置题名：当归+马尾归+云归+秦归 OR 关键词：当归+马尾归+云归+秦归 OR 摘要：当归+马尾归+云归+秦归，精确检索；学科限定为“医药卫生”；期刊范围为“北大核心、CSSCI、CSCD”。WOS 数据库中使用检索式：主题 = “danggui” OR “dang gui” OR “dang-gui root” OR “Angelica sinensis” OR “Angelica sinensis (Oliv.) Diels” OR “Dong quai” OR “female ginseng” OR “Chinese Angelica”。文章类型为“Article 或 Review”。以上述文献检索式检索后，通过阅读文献标题及关键词等剔除内容不相关文献，并以 Note Express 文献导出格式导出，将所有检索结果导入 Note Express 文献管理软件，通过文献管理器查重字段以“题录类型、作者、年份、标题”为主，筛选并剔除重复文献后，最终纳入 10 007 篇中文文献和 2 623 篇英文文献。

1.2 应用软件

主要运用 Cite Space 6.3.R1 和 VOS viewer 等可视化软件进行分析。CiteSpace 作为当前主流的文献计量图谱分析工具之一^[14-15]，对当归中英文文献进行可视化分析，包括机构合作网络、作者合作网络、关键词时间线以及关键词突现性检测。此外，还利用 CiteSpace 特有的文献共被引分析功能，识别当归研究领域的重要文献，以辅助解析该领域的研究进展和发展趋势。

1.3 应用软件参数设置

为可视化图谱清晰呈现的需要, CiteSpace 参数设置如下: 时间跨度设置为 1995 年 1 月—2025 年 8 月, 时间切片设置为 1 年; 剪切方式依据节点类型进行选择, 作者、机构节点采用 Minimum Spanning Tree+Pruning the merged network 的剪切方式, 关键词节点采用 Pathfinder+Pruning sliced networks+Pruning the merged network 的剪切方式^[14]; 除上述设置外, 其余参数均保持软件默认选项。

2 结果

2.1 发文趋势和国家分布

经筛选共有 10 007 篇中文文献和 2 623 篇英文文献被纳入研究。如图 1 所示, 当归领域中文文献研究早且发文量多; 中文文献年发文量在 1995—2006 年总体呈上升趋势, 且发文量偏多, 并于 2006 年达到峰值 528 篇; 而自 2007 年至今, 当归相关中文文献年发文量总体趋于平稳, 并有下降趋势, 说明近年来国内当归研究的一些传统领域或方向趋于成熟, 亟待探寻新的研究方向。相较于中文文献, 英文文献发文量虽少, 却呈逐年递增趋势, 与中文文献在年度发文量的差距逐渐缩小, 说明近年来当归研究在国际上受到越来越多的关注, 其研究价值和潜力正被更广泛的国际科学团体认可。



图 1 中英文文献发文量趋势图

Fig. 1 Trends in Chinese and English literature publication

2.2 国家发文与合作

采用 CiteSpace 得到英文文献国家合作网络, 见图 2, 发表文献量前 10 的国家见表 1: 发文量方面, 中国以 2 126 篇 (71%) 占据首位, 韩国以 198 篇 (7%) 居于第 2 位, 美国发文量 179 篇 (6%) 处于第 3 位, 日本以 63 篇 (2%) 发文量居于第 4 位, 澳大利亚以 37 篇 (1%) 发文量居于第 5 位。在当归英文文献文献研究中, 其相关作者来自于 70 个国家, 可见当归的研究受到了全球关注, 其中亚洲在该领域发文量最多, 中国发文共计 2 126 篇,

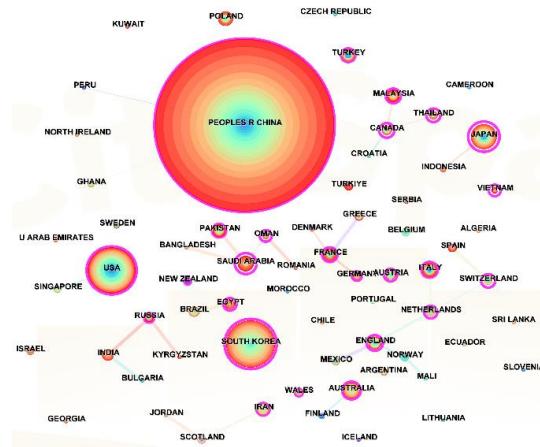


图 2 英文文献国家合作网络

Fig. 2 National cooperation network of English literature

表 1 英文文献发文量前 10 的国家

Table 1 Top 10 countries by number of published English literature

序号	发文量/篇	国家
1	2 126	中国
2	198	韩国
3	179	美国
4	63	日本
5	37	澳大利亚
6	33	英国
7	24	印度
8	23	埃及
9	22	加拿大
10	21	德国

占全球发文量的 71%, 由此可见当归研究主要集中于亚洲地区, 而中国在当归研究中处于主导地位。

2.3 机构发文与合作

在中文文献的发表机构方面, 通过 CiteSpace 6.3.R1 进行可视化分析, 发文量排名前 10 的机构见表 2, 合作网络见图 3-A。发文机构共有 240 个, 共计产生了 71 条合作连线。其中发文量超过 100 篇的机构包括: 甘肃中医药大学 (259 篇)、北京中医药大学 (147 篇)、山东中医药大学 (106 篇)、广州中医药大学 (104 篇)、南京中医药大学 (103 篇)。分析中文文献发表机构合作网络图可见, 在当归研究领域形成 2 个主要区域合作集群, 以甘肃中医药大学为核心, 包括西北中藏药省部共建协同创新中心、甘肃省当归产业发展研究院、陇药产业创新研究院为主的区域合作集群; 以北京中医药大学为核心, 包括中国中医科学院、中国中医科学院广安门

表 2 中英文文献发文量前 10 机构

Table 2 Top 10 institutions in term of publication number in Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	机构	发文量/篇	机构
1	259	甘肃中医药大学	102	Nanjing University of Chinese Medicine
2	147	北京中医药大学	99	Chinese Academy of Sciences
3	106	山东中医药大学	83	China Medical University Taiwan
4	104	广州中医药大学	73	Guangzhou University of Chinese Medicine
5	103	南京中医药大学	67	Beijing University of Chinese Medicine
6	78	河南中医药大学	65	China Pharmaceutical University
7	69	成都中医药大学	61	Chengdu University of Traditional Chinese Medicine
8	68	中国中医科学院广安门医院	59	Gansu Agricultural University
9	63	甘肃中医药大学药学院	58	China Medical University Hospital-Taiwan
10	48	中国中医科学院中药研究所	57	China Academy of Chinese Medical Sciences

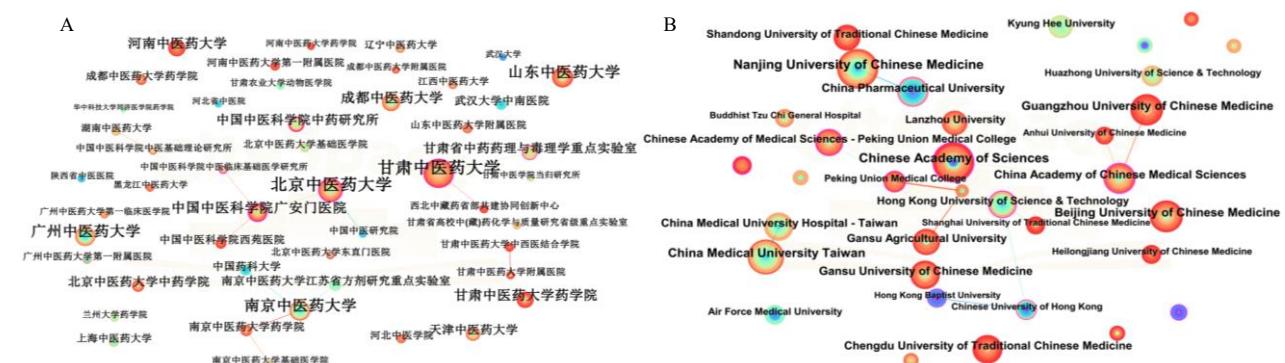


图 3 中 (A)、英文 (B) 文献发表机构合作网络

Fig. 3 Collaboration networks of publishing institutions in Chinese (A) and English (B) literature

医院、中国中医科学院西苑医院为主的区域合作集群。对英文文献的发表机构进行可视化分析,发文机构共有 218 个产生了 93 条连线,英文文献发文量排名前 10 机构见表 2,合作网络见图 3-B。Nanjing University of Chinese Medicine 是发表英文文献数量最多的机构,共发表了 102 篇文献,其次是 Chinese Academy of Sciences (99 篇)、China Medical University Taiwan (83 篇)、Guangzhou University of Chinese Medicine (73 篇)、Beijing University of Chinese Medicine (67 篇)。结合中英文文献分析发现,关于当归的研究机构以大学为主,其中甘肃中医药大学发文总量最多,在该领域的研究中发挥重要作用,但目前对于当归的研究主要呈现出区域合作模式,缺乏跨区域的广泛合作和深入交流,可能制约了当归研究的广度和深度。

2.4 作者发文与合作

利用 CiteSpace 6.3.R1 对中文文献发文作者进

行可视化分析,发文量排名前 10 位的作者见表 3,合作网络见图 4-A。发文作者共有 244 位,产生了 76 条合作连线。发文量超过 30 篇的作者有段金廒、李应东、唐于平、任远、王亚丽。分析中文文献作者合作图谱发现,发文量最多的是段金廒教授,而李应东教授团队则展现出广泛的合作性。2 位学者在当归领域研究成果丰硕,最主要聚焦于当归有效成分及其药理作用研究。其中李应东教授在“当归有效成分及其药理作用的研究进展”^[16]中对当归的有效成分及药理作用进行系统总结,该文实现了 139 次引用量及 3 869 次下载量,为当归药理作用研究提供了重要支撑。段金廒教授在“当归中苯酞类成分及其药理作用研究进展”^[17]中,深入阐述了当归苯酞类的化学结构及其抗肿瘤、改善神经系统与心血管系统等生物活性,该文引用量达 235 次,为当归生物活性研究提供了关键参考。

英文文献发文量排名前 10 位的作者见表 3,合

表 3 中英文文献发文量前 10 作者

Table 3 Top 10 authors in term of publication number in Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	作者	发文量/篇	作者
1	67	段金廒	32	Dong Tina T X
2	48	李应东	29	Tsim Karl W K
3	41	唐于平	29	Zhang Yu
4	33	任远	19	Li Ping
5	30	王亚丽	14	Wang Kaiping
6	26	王志旺	12	Duan JinAo
7	24	吴国泰	12	Wang Qi
8	22	宿树兰	11	Qi Lianwen
9	22	晋玲	9	Cao Wei
10	21	顾志荣	8	Choi Roy C Y

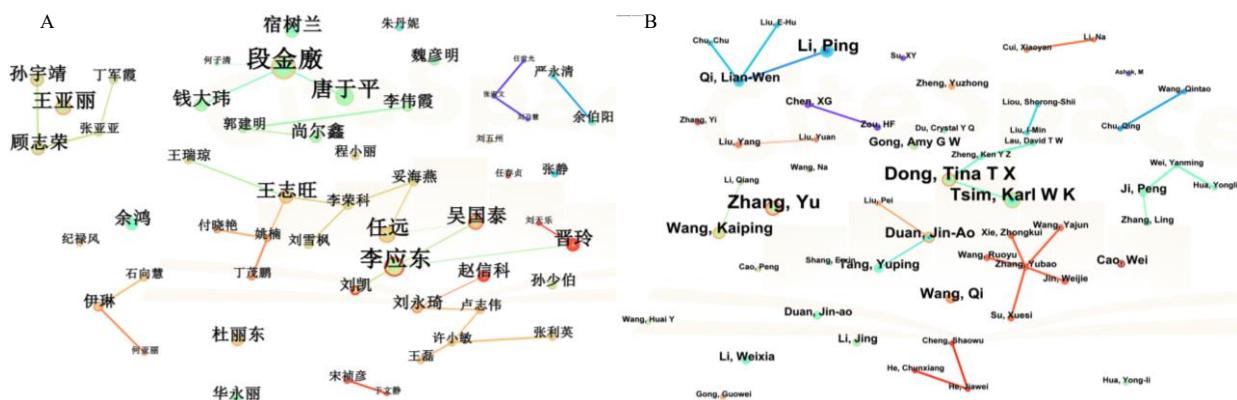


图 4 中 (A)、英文 (B) 文献作者合作网络

Fig. 4 Collaboration networks of authors in Chinese (A) and English (B) literature

作网络见图 4-B, 发文作者共有 228 位, 产生了 68 条合作连线。其中 Dong Tina T X、Tsim Karl W K、Zhang Yu 的发文量超过 20 篇。分析作者合作图谱发现, 相较于中文文献, 英文文献作者间的科研合作团体更为明显。其中香港科技大学的 Dong Tina T X 团队在 2004—2025 年发文量最多, 其在当归领域的研究聚焦于中药复方当归补血汤的化学成分、药理机制及临床应用研究, 并围绕其核心药材黄芪和当归间的相互作用展开系统性研究; 其中 “Molecular genetic and chemical assessment of radix angelica (Danggui) in China” [18] 一文综合运用分子遗传学和化学分析方法评估当归, 获得 187 次引用, 为该领域研究奠定了重要基础。

2.5 关键词分析

2.5.1 关键词共现分析 利用 VOSviewer 1.6.19 进行了中英文关键词可视化知识图谱分析, 如图 5 所

示, 出现频次超过 15 的中文关键词共 305 个, 出现频次超过 15 的英文关键词共 190 个。

关键词词频可在一定程度上反映相关领域的研究热度, 图中节点大小代表文献发表数量^[14]。中英文文献中出现频次最高的前 10 个关键词见表 4。中文文献中高频关键词包括: 中医药疗法、阿魏酸、数据挖掘、当归补血汤、用药规律、中药、高效液相色谱法、当归芍药散、质量标准。英文文献中高频关键词则包括: expression (表达)、in vitro (体外)、cells (细胞)、identification (鉴定)、apoptosis (细胞凋亡)、oxidative stress (氧化应激)、activation (激活)、extract (提取物)、inflammation (炎症)。分析表明, 中文文献主要集中于当归的活性成分、临床应用规律及质量标准领域, 而英文文献主要聚焦于当归的药理活性成分及机制研究, 多通过实验探讨当归对氧化应激、通路激活及细胞凋亡等过程的调控作用。

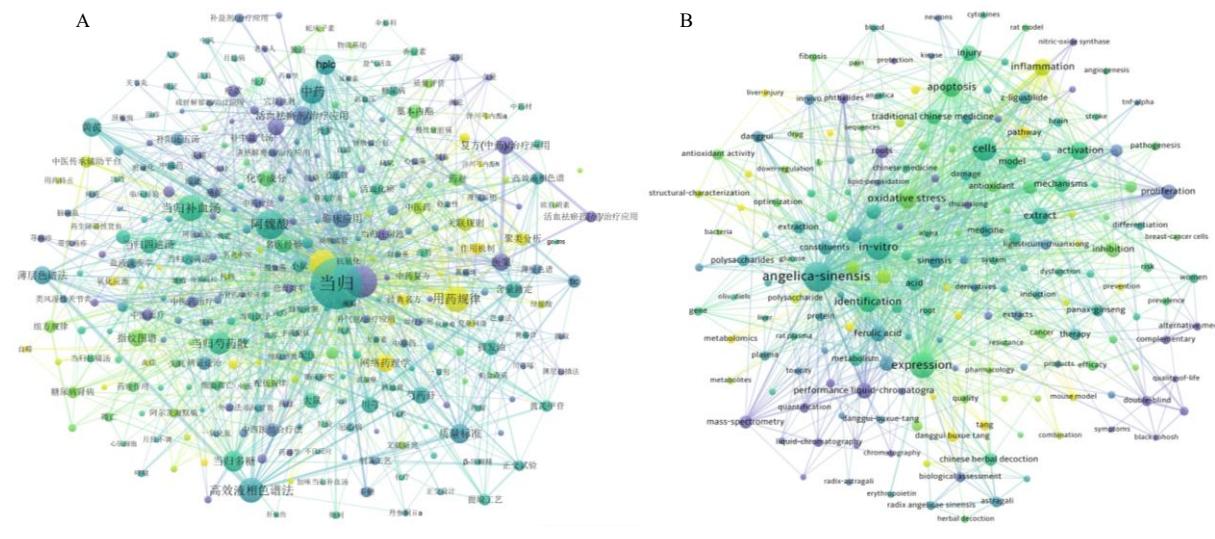


图 5 中文 (A) 和英文 (B) 文献关键词共现网络

Fig. 5 Co-occurrence network of keywords in Chinese (A) and English (B) literature

表 4 中英文文献中出现频率前 10 的关键词

Table 4 Top 10 keywords with highest frequency in Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	出现频次	关键词	出现频次	关键词
1	1 229	当归	320	<i>Angelica sinensis</i>
2	492	中医药疗法	243	expression
3	411	阿魏酸	214	<i>in vitro</i>
4	347	数据挖掘	203	cells
5	325	当归补血汤	148	identification
6	307	用药规律	135	apoptosis
7	298	中药	136	oxidative stress
8	293	高效液相色谱法	120	activation
9	233	当归芍药散	106	extract
10	182	质量标准	108	inflammation

2.5.2 关键词聚类分析 中文文献关键词时序演进图谱如图 6-A 所示。该图谱共得到 160 个关键词节点及 168 条共现连线，经对数似然比算法聚类分析得出 12 个主题聚类。聚类模块化值 (Q) 为 0.8872 (>0.4)，表明聚类结构显著；平均轮廓值 (S) 为 0.949 (>0.5)，表明聚类合理。图中节点代表关键词，其大小与关键词出现频率呈正比。节点颜色映射其首次出现的时间，色调越暖代表关键词研究时间约接近现在。节点间连线代表关键词之间具有共现关系，线宽与共现强度成正比^[14]。

中文文献关键词聚类共分为 12 个聚类主题，各聚类信息见表 5，根据研究内容可将当归研究归纳为以下 3 大方向：①聚类#0 当归、#8 黄芪、#1 用药规律、#5 经典名方、#10 医案、#11 中医治疗、

#7 疗效主要研究当归的临床配伍规律及治疗；②聚类#3 大鼠、#4 阿魏酸、#6 总有效率对当归的活性成分及作用机制进行研究；③聚类#2 中药、#9 质量标准研究当归的质量标准。分析中文文献关键词时间线图（图 6-A）可知，聚类#1 用药规律、#2 中药这些聚类研究一直持续至现在，说明关于当归的用药规律、作用机制及信号通路研究可能是未来当归的研究热点。

英文文献关键词的时序演进图谱如图 6-B 所示，共包含 282 个关键词节点及 382 条共现连线。 Q 值为 0.790 6 (>0.4)，表明聚类结构显著； S 值为 0.759 2 (>0.5)，表明聚类合理。英文文献关键词聚类共分为 15 个聚类主题，各聚类详细信息见表 6，根据研究内容可归纳为以下 4 大方向：①聚

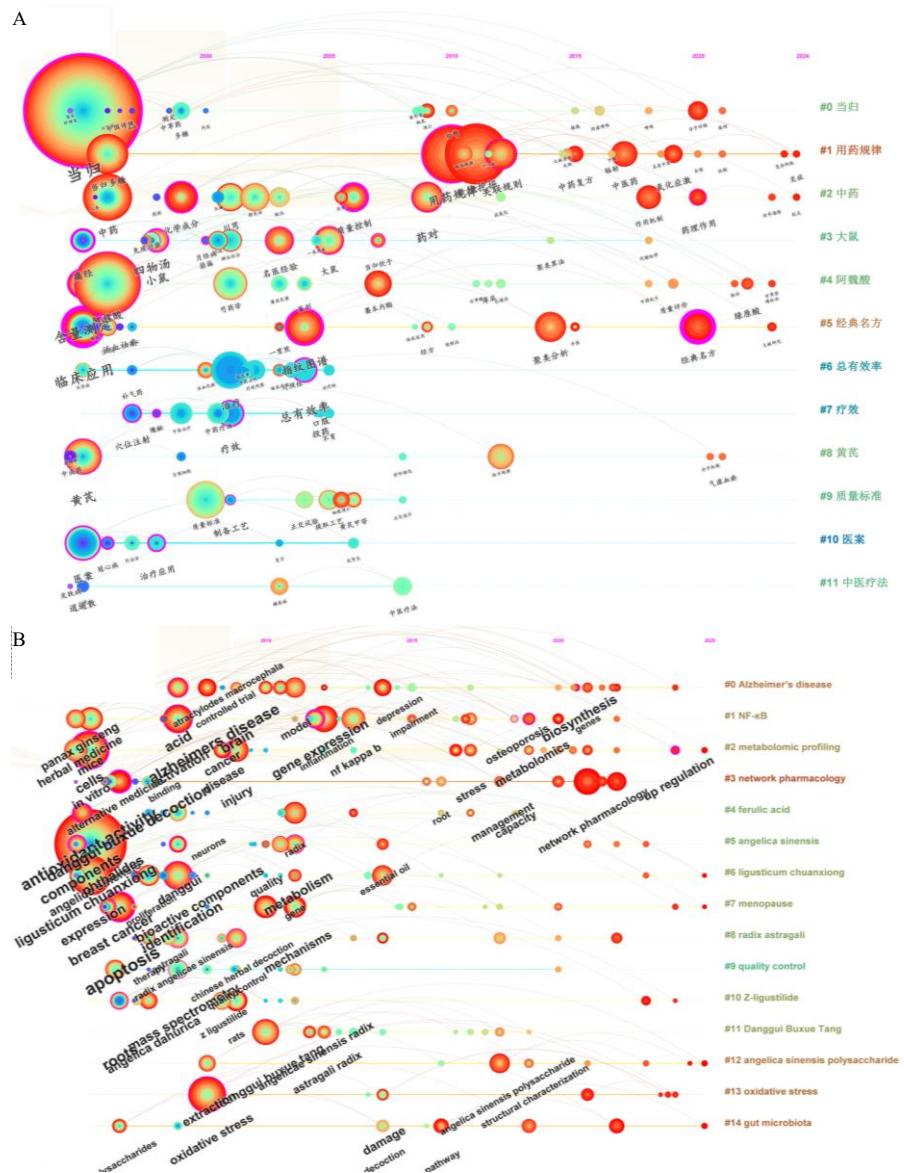


图6 中文(A)和英文(B)文献关键词时间线图

Fig. 6 Timeline view of keywords in Chinese (A) and English (B) literature

表5 中文文献关键词聚类信息

Table 5 Clustering information of keywords in Chinese literature

序号	S值	聚类名称	聚类包含关键词
0	1.000	当归	当归; 多糖; 用药规律; 数据挖掘; 缺氧
1	0.965	用药规律	用药规律; 数据挖掘; 关联规则; 当归; 中医药
2	0.920	中药	中药; 化学成分; 药对; 川芎; 挥发油
3	0.818	大鼠	大鼠; 名医经验; 小鼠; 辨证论治; 四物汤
4	0.985	阿魏酸	阿魏酸; 苓药苷; 含量测定; 莪本内酯; 数据挖掘
5	0.958	经典名方	经典名方; 临床应用; 指纹图谱; 聚类分析; 方剂
6	1.000	总有效率	总有效率; 治疗; 对照组; 治疗组; 疗效观察
7	0.875	疗效	疗效; 中药疗法; 中医治疗; 投药; 穴位注射
8	0.982	黄芪	黄芪; 组方规律; 气虚血瘀; 中成药; 中医传承辅助平台
9	1.000	质量标准	质量标准; 细胞凋亡; 提取工艺; 正交试验; 薄层色谱法
10	0.938	医案	医案; 复方; 活血祛瘀药; 治疗应用; 冠心病
11	0.962	中医疗法	中医疗法; 糖尿病; 遥遥散; 皮肤病; 儿童

表 6 英文文献关键词聚类信息
Table 6 Clustering information of keywords in English literature

序号	S 值	聚类名称	聚类包含关键词
0	0.846	Alzheimer's disease	Alzheimer's disease; Danggui Shaoyao San; murine model; <i>Angelica sinensis</i> ; acid
1	0.789	NF-κB	NF-κB; <i>Panax ginseng</i> ; red ginseng; activation; TRAF2 mitophagy pathway
2	0.923	metabolomic profiling	herbal medicine; <i>Angelica</i> polysaccharide; renal fibrosis; risk; <i>Angelica sinensis</i> polysaccharide
3	0.872	network pharmacology	network pharmacology; molecular docking; Danggui Buxue Decoction; <i>Angelica sinensis</i> ; Danggui Sini Decoction
4	0.855	ferulic acid	ferulic acid; nitric oxide; antioxidant activity; liver; mitogen-activated protein kinase
5	0.981	<i>Angelica sinensis</i>	<i>Angelica sinensis</i> ; <i>Angelica acutiloba</i> ; essential oil; danggui buxue decoction; transcriptomic analysis
6	0.878	<i>Ligusticum chuanxiong</i>	<i>Ligusticum chuanxiong</i> ; expression; identification; proliferation; inhibition
7	0.911	menopause	menopause; hot flashes; black cohosh; alternative therapies; vasomotor symptoms
8	0.973	<i>Radix Astragali</i>	<i>Radix Angelicae Sinensis</i> ; Danggui Buxue Tang; <i>Radix Astragali</i> ; <i>Astragalus membranaceus</i> ; fermentation
9	0.980	quality control	quality control; performance liquid chromatography; <i>Angelica gigas</i> ; fingerprint; plasma
10	0.988	Z-ligustilide	Z-ligustilide; traditional Chinese medicine; <i>Angelica dahurica</i> ; coumarin; furanocoumarin
11	0.969	Danggui Buxue Tang	Danggui Buxue Tang; <i>Astragali Radix</i> ; <i>Angelicae Sinensis Radix</i> ; pathway analysis; metastasis
12	0.971	<i>Angelica sinensis</i> polysaccharide	<i>Angelica sinensis</i> polysaccharide; immune responses; adjuvant; polyethylenimine; poly (lactic-co-glycolic acid)
13	1.000	oxidative stress	oxidative stress; D-galactose; <i>Angelica sinensis</i> ; signaling pathway; iron homeostasis
14	0.980	gut microbiota	gut microbiota; phytochemistry; <i>Angelicae sinensis</i> extract; active ingredients; UV-B

类#4 ferulic acid (阿魏酸)、聚类#10 Z-ligustilide (Z-藁本内酯)、聚类#12 *Angelica sinensis* polysaccharide (当归多糖)、聚类#1 NF-κB (核因子-κB)、聚类#13 oxidative stress (氧化应激)、聚类#14 gut microbiota (肠道菌群) 聚焦于当归的活性成分及药理机制研究; ②聚类#0 Alzheimer's disease (阿尔茨海默病)、聚类#7 menopause (更年期)、聚类#11 Danggui Buxue Tang (当归补血汤) 聚焦于当归及其复方在特定疾病中的应用; ③聚类#2 metabolomic profiling (代谢组学分析)、聚类# network pharmacology (网络药理学) 运用现代多学科技术充分研究当归; ④聚类#5 *Angelica sinensis* (当归)、聚类#6 *Ligusticum chuanxiong* (川芎)、聚类#8 *Radix Astragali* (黄芪)、聚类#9 quality control (质量控制) 聚焦于当归经典组方及配伍规律研究。分析英文文献关键词时间线图 (图 6-B) 可知, 聚类#2 metabolomic profiling (代谢组学分析)、#4 ferulic acid (阿魏酸)、#12 *Angelica sinensis* polysaccharide (当归多糖)、#14 gut

microbiota(肠道菌群)这些聚类主题一直持续至今, 意味这些主题相关研究近几年受到较多关注, 提示当归的活性成分及药理机制研究可能是未来的研究热点。

2.5.3 关键词突现分析 关键词突现指在一段时间内该关键词出现频次显著升高, 反映了这一时期内该领域研究者的共同关注点, 据此可以研判该研究领域研究方向的演变趋势并预测未来发展^[19]。当归领域关键词突显图谱如图 7 所示, 红色带表示突现时间段, 条带的长度与关键词突现期长度呈正比^[14]。中文文献关键词突现分析显示, 1995—2004 年对当归的研究聚焦于中医临床应用, 侧重医案医录、疗效观察及治疗方法探索, 以发掘其基础应用价值。2005—2014 年对当归的研究转向有效成分分析与质量控制。2015 年至今则深入探究当归的药理作用机制, 并广泛结合信息技术进行用药规律、数据挖掘及机制研究。截至统计时, “关联规则”“聚类分析”“用药规律”“数据挖掘”“中医药”“作用

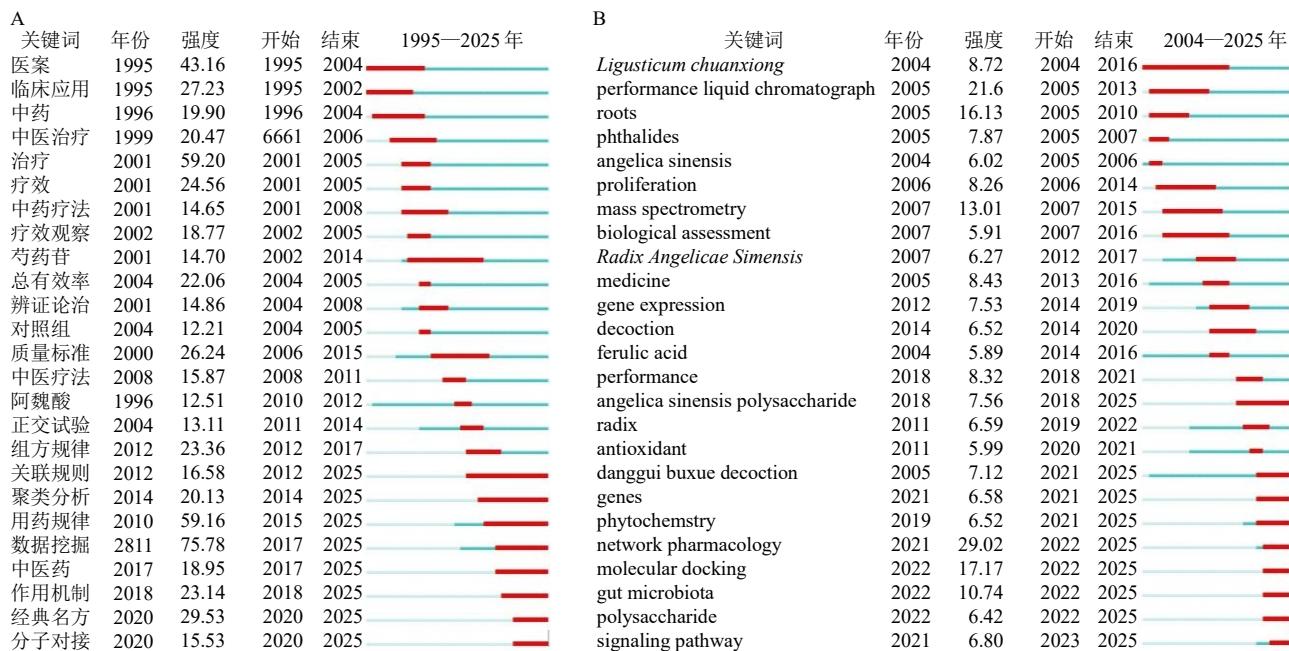


图7 中文(A)和英文(B)文献关键词突现图 (top 25)

Fig. 7 Emergence graph of keywords in Chinese (A) and English (B) literature (top 25)

“机制”“经典名方”“分子对接”等关键词仍处于突显阶段，提示其可能持续成为研究热点；其中“数据挖掘”（突显强度 75.78）、“用药规律”（突显强度 59.16）2 个关键词尤为突出，体现了研究者们对利用现代方法对当归相关应用规律探究的高度关注。

英文文献关键词突显分析显示，2004—2010 年注重对当归的基础研究。此阶段研究围绕当归及相关药材基础分析展开，借助高效液相色谱技术对当归及川芎等药材的根所含苯酞类化合物等成分进行研究，质谱法用于当归成分分析，同时开始关注当归对细胞增殖等生理机制的影响，以及对其成分进行定量和生物评价，为后续深入研究奠定基础。2011—2020 年主要进行当归提取物与方剂研究。此阶段聚焦当归提取物，对中药汤剂及经典方剂如当归补血汤开展研究，探究其临床应用、抗氧化活性机制，从传统方剂角度挖掘当归药用价值。2021 年至今主要深入当归的现代药理研究。该阶段结合现代药理前沿技术，运用“network pharmacology”（网络药理学），“molecular docking”（分子对接）等方法结合基因、组学等技术，系统探究当归多成分-多靶点-多通路的协同作用机制。Network pharmacology、molecular docking、phytochemistry（植物化学）、gut microbiota（肠道微生物群）、genes（基因）、signaling pathway（信号通路）等关键词的突显持续至今，预示其将持续引

领研究热点。其中“network pharmacology”（突显强度 29.02），“molecular docking”（突显强度 17.17）尤为突出，表明信息技术在当归未来研究中仍将发挥核心作用。

3 研究热点及趋势

3.1 作用机制研究

通过对当归关键词突显分析发现，关于当归的作用机制在近年来保持较高关注。分析关键词突显发现网络药理学及分子对接在未来仍是解析当归复杂成分与药物靶点之间作用机制的重要工具。分子对接方法不仅能够高效预测与蛋白质和核酸结合的活性成分，更能深入揭示配体结合后对靶标功能活性的调控机制，在现代生物学基础研究与药物研究领域应用广泛且不可或缺^[20]。网络药理学是一门基于系统生物学理论、生物系统网络分析和多靶点药物分子设计特异性信号选择的新学科^[21-22]，展示和可视化中医药对抗多因素疾病的潜在相互作用网络^[23]，广泛应用于预测中药药效学物质的基础和机制^[24-25]。

结合分子对接与网络药理学可以更直观地分析当归的作用机制。以当归治疗血瘀证为例，通过网络药理学确定了当归 15 种活性成分的 33 个靶点与血瘀证相关，并发现当归通过调节肿瘤坏死因子、缺氧诱导因子-1、雌激素和神经营养因子信号

通路发挥活血化瘀作用^[26]。在治疗子宫内膜癌方面^[27],通过网络药理学确定了当归的165种化学成分,预测它们靶向605个与子宫内膜癌相关的基因,根据网络药理学结果分析筛选出5个关键靶点,即肿瘤蛋白p53(tumor protein p53, TP53)、连环蛋白β1(catelin β1, CTNNB1)、G₁/S特异性细胞周期蛋白-D1(G₁/S-specific cyclin-D1, CCND1)、GTP酶HRas(GTP酶HRas, HRAS)和表皮生长因子受体(epidermal growth factor receptor, EGFR);分子对接评价结果显示当归对这些靶点具有强亲和力,并在磷脂酰肌醇-3-羟激酶(phosphatidylinositol-3-hydroxykinase, PI3K)/蛋白激酶B(protein kinase B, Akt)和Janus激酶(Janus kinase, JAK)/信号转导和转录激活因子(signal transducer and activator of transcription, STAT)通路作用显著。类似的研究方法也被应用于当归治疗多囊卵巢综合征^[28]、心力衰竭^[29]、骨代谢^[30]、酒精性肝病^[31]等疾病的药效机制,有利揭示了当归通过多成分、多靶点、多通路协同干预复杂病理网络的潜力。

随着人工智能驱动的生物信息学技术不断创新,以及与高通量组学技术(包括基因组学、蛋白组学、代谢组学等)的深入融合,对当归复杂活性成分、作用靶点和相关通路的探索将迈入更高维度和更深层次,从而为系统揭示其药效物质基础及作用机制提供强大支撑。

3.2 用药规律研究

关键词突现研究显示,关键词数据挖掘、用药规律、聚类分析、关联规则至今仍然具有较强的突显性,可见对于当归的数据挖掘、用药规律分析等仍是未来一段时间的研究热点。数据挖掘是统计学、数据库及人工智能的结合,从大数据中寻找规律、发现知识,其在中医药领域中主要用于中药、方剂、医案等研究^[32]。聚类分析通过对大数据进行自发分析,将数据按相似内容聚类为若干子集,使相关数据更为直观、科学、易懂,当前对于中医药的聚类分析主要应用于评估病证、分析用药规律及中药鉴别等方面^[33]。关联规则即从数据中发现隐藏的联系与规律,在中医药研究中主要体现在症、证、方、药之间的关联分析^[34]。数据挖掘、聚类分析、关联规则是探究中医药用药规律的重要技术,它们从不同层面和角度揭示隐藏于大量中医药文献和临床数据中的用药模式,使传统经验得以量化、可视化和科学化^[34]。

近年来,数据挖掘、聚类分析、关联规则应用在中医药用药规律方面成效显著。在当归用药规律研究方面应用广泛。陈范等^[35]通过Apriori算法进行数据挖掘,揭示了丹参-当归配伍的高频中药为白芍、川芎、肉桂等,其优势病证为月经病、痹证和虚劳病等;李伟霞等^[36]基于真实世界分析临床处方中当归-川芎药对中医临床应用特点;韦凌霞等^[37]通过中药系统药理学分析平台数据库探讨当归复方抗肝纤维化的用药规律,发现当归-黄芪-丹参配伍广泛应用于抗肝纤维化治疗中;陈一君等^[38]通过R语言,基于Apriori算法的关联规则,探究辛润法的组方规律,发现在“辛润”治燥方剂中,当归、川芎重点与补益肝肾、疏肝理血药物同用发挥辛润作用。

当归为临床应用中最常见的药材之一,以其组方变化精妙、配伍应用灵活而著称,如益气生血的“当归补血汤”、温经散寒的“当归四逆汤”等,至今仍在临床中被广泛应用。因此,系统研究当归的配伍规律,最大化地发挥其临床疗效,已成为当前研究的重要方向之一。随着数据挖掘、关联规则分析等现代信息技术的兴起与发展,研究者得以更全面、深入地挖掘当归潜在的用药规律,为传承经典用药经验、发现新配伍模式提供了科学依据与方法支撑。

3.3 质量标准研究

关键词聚类分析表明,当归质量标准研究是该领域的重要热点之一。鉴于药材质量是决定药效的基础,深入研究其质量标准对保障和优化当归的临床疗效至关重要。当归为伞形科多年生草本植物当归的干燥根,药用价值历史悠久,最早见于《神农本草经》:“当归,味甘,温。主咳逆上气……妇人漏下、绝子,诸恶疮疡金创”^[39],因其补血调经功效显著,被誉为“血中圣药”。中药材尤重道地性,道地药材以其品质优良、疗效确切著称^[40]。当归产地众多,其中以甘肃岷县为著,岷县当归以质重、气香浓郁、油性足、产量高的特色蜚声海内外,岷县也被确立为当归的道地药材产区^[41]。

中药材的质量是其生物效应与临床疗效的根本保障,而药材的采收、产地加工、贮藏、炮制等关键环节均对最终质量产生决定性影响。当前,中药材质量控制方法主要包括单指标含量测定法、多指标含量测定法和指纹图谱与含量测定结合法等,以上方法虽能够为控制中药材质量提供量化数据,

但存在着单一指标不能反映药材整体特征、多指标含量测定依赖于多种对照品且某些指标成分不能反映药效的局限^[42-43]。在众多分析技术中高效液相色谱法(HPLC)凭借其高灵敏度与良好选择性,已成为中药成分鉴定与定量的核心技术。雒军等^[44]通过采用HPLC法测定不同生长期当归根部中阿魏酸、阿魏酸松柏酯和藁本内酯等8种苯酞类挥发油成分的含量,结合体外转化研究成果,探究阿魏酸和藁本内酯在不同生长期的积累和转化规律,为当归药材生产、炮制和质量评价提供理论支持。孟颖等^[45]建立了当归药材高效液相色谱特征图谱,为当归药材质量控制提供参考,为含当归的经典名方的开发研究提供依据。杨燕等^[46]采用HPLC-DAD方法建立不同产地当归的指纹图谱,并对指标成分进行含量测定,确认了各产地当归的标志性成分,为当归的产地溯源及质量控制提供科技支撑。李晓晨等^[42]采用HPLC技术建立当归对照药材的特征图谱,与供试药材图谱进行比对,以内标物质对特征峰化学成分进行相对定量,建立当归“质·量”双标控制方法,完善中药材质量控制体系。

随着分析技术的飞速发展,具备更高定量检测精度与准确性的光谱技术,以及电子鼻、电子舌等电子传感技术^[47-49]正日益广泛用于中药质量评价领域。这些先进技术的引入,不仅显著提升了质量控制的效率和可靠性,更推动中药质控体系向智能化、精准化与标准化的新阶段迈进,将为当归的质量标准深入研究奠定更为坚实的技术基础。

3.4 药理活性研究

对当归文献关键词分析显示,“阿魏酸”“当归多糖”等代表当归活性成分的关键词出现频率较高,结合关键词突现分析可知,当归药理活性成分研究长期以来是持续的研究热点,且未来仍具有重要的研究价值。在当归生物活性成分的研究中,常用测定方法包括紫外-可见分光光度法、原子吸收分光光度法、HPLC等,常见的提取方法则涵盖浸渍法、回流提取法、超声法、水提法等^[50]。相较于水提法、醇提法等传统提取方法提取时间长、效率低、产物纯度不足等缺点,超声法因其提取效率高、产物纯度好的优势而应用广泛^[51-52]。

得益于提取与检测技术的持续革新,目前已从当归中分离鉴定出165多种化学成分,其中酚酸类、多糖类及苯酞类等化合物是当归中重要的活性成分,与其功效密切相关^[53]。酚酸类主要包括阿魏酸、

绿原酸等,其中绿原酸是当归发挥抗炎作用的重要标志物之一^[54]。阿魏酸是当归的主要药效成分,是判定当归品质的主要因素^[55]。阿魏酸具有抗炎、抗癌、调节脂质代谢、防治心血管疾病、保护神经细胞等多种作用^[56-58]。研究发现阿魏酸可通过抑制淀粉样前体蛋白(amyloid precursor protein, APP)经 β -和 γ -分泌酶的蛋白水解作用而产生的A β 聚集,控制胶质细胞的聚集和激活,发挥抗氧化、抗炎和保护神经细胞作用,有效预防或减缓阿尔茨海默病的进展^[59-60]。在防治心血管领域,阿魏酸通过抑制氯化钴[cobalt(II) chloride]诱导的H9c2心肌细胞活性及降低异丙肾上腺素诱导的肌酸激酶(creatine kinase, CK)、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)活性,发挥心脏保护作用^[61-62]。绿原酸是一种多酚类化合物,具有降压^[63]、抗动脉粥样硬化^[64]、控制血糖^[65]、抗癌^[66]等药理作用。其作用机制涉及通过抑制核因子- κ B(nuclear factor- κ B, NF- κ B)、c-Jun氨基末端激酶等关键炎症信号通路的活化,抑制促炎因子合成,降低Toll样受体(Toll-like receptor, TLR)活性并调节细胞因子和趋化因子的释放,从而有效拮抗脓毒症诱导的病理损伤,发挥显著的抗炎、抗氧化作用;同时通过抑制葡萄糖的吸收与释放,参与维持机体葡萄糖和脂质代谢稳态^[67]。当归多糖(*Angelica sinensis* polysaccharide, ASP)是当归的另一类主要活性成分,其结构主要由葡萄糖、甘露糖、半乳糖等多种单糖构成^[68],具有改善贫血^[69]、抗肿瘤^[70]、抗炎^[71]、抗凋亡^[72]等药理活性。值得注意的是,当归多糖的不同药理作用机制是相互关联的,ASP的抗炎和保肝作用涉及多种抗氧化作用机制,其造血、抗炎、抗肿瘤作用与其免疫机制密切相关^[73]。研究证实ASP可以通过体外抗氧化、抗凋亡和抗炎作用保护大鼠软骨细胞免受H₂O₂诱导的氧化应激和细胞损伤^[74]。此外ASP能通过抑制再生障碍性贫血患者T细胞免疫功能异常,阻断线粒体凋亡通路,恢复造血干细胞功能,发挥补血作用^[49,75]。苯酞类化合物分为简单苯酞、苯酞二聚体和三聚苯酞3类^[17],其核心成分为藁本内酯^[44],具有抗炎^[76]、抗癌^[77]、神经保护^[78]等药理作用,在缓解疼痛和治疗癌症、心肌缺血、缺血性脑损伤、卒中等疾病中应用前景广阔^[79]。在抗癌方面,藁本内酯可作用于TLR4,TLR4激活NF- κ B通路,逆转癌相关成纤维细胞(cancer-associated fibroblasts, CAF)的免疫抑制功能,恢复被CAF上

清液抑制的 T 细胞增殖，并且藁本内酯还可诱导 CAF 向正常成纤维细胞转化^[80]。在神经保护领域，藁本内酯通过抑制 Prx1/TLR4/NF-κB 信号通路及神经炎症损伤，对出血性脑卒中展现出潜在的神经保护作用^[81]。

随着离子液体萃取、酶辅助提取、多维分离及智能分析等尖端技术的发展与应用^[82-84]，当归活性成分的提取工艺有望实现新突破。这些技术不仅将极大提升活性成分的提取效率与纯度，更将推动当归药理活性成分的监测与分析迈向更高水平的精准化与系统化，为深入解析其复杂作用机制和开发创新药物奠定基础。

4 结论

经文献计量学系统分析可知关于当归的研究仍具有良好的发展前景。当前对于当归的研究以中国为主，美国、韩国、日本等在当归的研究中也发挥重要作用。在传统中医药应用研究领域，当归的研究一方面注重对当归在中医领域固有价值的挖掘与传承，长期聚焦于中医临床实践，包括治疗经验总结、方剂配伍规律探索及传统理论指导下的应用；另一方面着眼于当归的中药特性与疗效，注重对当归及其化学成分分析与其疗效评估，强调当归在中药疗法中的物质基础与临床效果。在现代技术与药理机制领域，HPLC、质谱等技术广泛用于当归化学成分的分离、鉴定与定量，为质量控制和成分解析提供支撑。网络药理学、分子对接等新兴技术的应用推动当归作用机制研究向多靶点、系统化方向发展，揭示其复杂药理网络。此外，当归在细胞生物学效应（如调节细胞增殖、抗炎）及抗氧化应激等方面的研究备受关注，注重对其作用机制的研究。

随着网络药理学、分子对接等技术成熟，未来结合人工智能、生物信息学等多学科融合深化，将更加全面解析当归的作用机制，发现其新靶点与通路，推动传统中药研究与现代科学深度融合。而基于用药规律、经典名方等研究，通过结合临床大数据与真实世界证据，优化当归在不同病症中的精准用药方案，开发出更高效、安全的中药制剂，推动中医现代化与国际化。对此，还需要开展跨区域合作，联合不同地区的研究团队开展多样化研究，打破信息壁垒，实现学术平台和药材资源的共赢与共享。

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]. 四部. 2020: 139.
- [2] 李娟, 张毅, 李金田, 等. 析因设计结合响应面法优化当归补血有效部位的渗漉提取工艺研究 [J]. 时珍国医国药, 2019, 30(5): 1083-1086.
- [3] 牟春燕, 殷越, 沈子芯. 当归化学成分及药理作用研究进展 [J]. 山东中医杂志, 2024, 43(5): 544-551.
- [4] 周美丽, 韩妮萍. 当归的有效成分及药理作用研究进展 [J]. 环球中医药, 2024, 17(7): 1420-1427.
- [5] 杨秀娟, 邓毅, 杨志军, 等. 当归不同药用部位对急性血瘀模型大鼠的活血作用 [J]. 中国临床药理学杂志, 2018, 34(18): 2187-2190.
- [6] 杨秀娟, 邓毅, 吴国霞, 等. 当归不同药用部位对溶血性血虚大鼠的补血作用 [J]. 中国临床药理学杂志, 2018, 34(5): 539-543.
- [7] Cao P, Sun J L, Sullivan M A, et al. *Angelica sinensis* polysaccharide protects against acetaminophen-induced acute liver injury and cell death by suppressing oxidative stress and hepatic apoptosis *in vivo* and *in vitro* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 111: 1133-1139.
- [8] 张晨宇, 刘波, 袁志军, 等. 基于 Hepcidin/OPG-RANKL 轴探讨当归多糖改善大鼠肾性贫血线粒体功能异常的作用机制 [J]. 中药材, 2020, 43(7): 1697-1701.
- [9] Sabeel Z, Liang Y F, Hao M X, et al. A comprehensive review of antitumor properties of *Angelica* species and their antitumor-responsible constituents and the underlying molecular mechanisms involved in tumor inhibition [J]. *Phytother Res*, 2023, 37(5): 2187-2211.
- [10] 李欣怡, 向超群, 陈启文, 等. 当归药用价值与上市药品研究进展 [J]. 中草药, 2025, 56(3): 1037-1049.
- [11] Ninkov A, Frank J R, Maggio L A. Bibliometrics: Methods for studying academic publishing [J]. *Perspect Med Educ*, 2022, 11(3): 173-176.
- [12] Chi X S, Fan X M, Fu G J, et al. Research trends and hotspots of post-stroke cognitive impairment: A bibliometric analysis [J]. *Front Pharmacol*, 2023, 14: 1184830.
- [13] Ai S N, Li Y K, Zheng H J, et al. Collision of herbal medicine and nanotechnology: A bibliometric analysis of herbal nanoparticles from 2004 to 2023 [J]. *J Nanobiotechnology*, 2024, 22(1): 140.
- [14] 王悦宸, 侯亚威, 王振国. 基于文献计量学的丹参研究现状与热点分析 [J]. 中草药, 2025, 56(4): 1318-1337.
- [15] 施江南, 温乐乐, 江丽洁, 等. 基于文献计量学的覆盆子研究热点与趋势分析 [J]. 中草药, 2025, 56(2): 598-616.
- [16] 王雪梅, 李应东. 当归有效成分及其药理作用的研究

- 进展 [J]. 甘肃中医, 2009, 22(11): 50-51.
- [17] 张来宾, 吕洁丽, 陈红丽, 等. 当归中苯酞类成分及其药理作用研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(2): 167-176.
- [18] Zhao K J, Dong T T X, Tu P F, et al. Molecular genetic and chemical assessment of *Radix angelica* (Danggui) in China [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(9): 2576-2583.
- [19] 商杰, 易海燕, 刘明贵, 等. 国内外中药酒制相关研究的可视化分析 [J]. 中国药房, 2023, 34(14): 1774-1780.
- [20] Paggi J M, Pandit A, Dror R O. The art and science of molecular docking [J]. *Annu Rev Biochem*, 2024, 93(1): 389-410.
- [21] 廖韵诺, 赵凯丽, 郭宏伟. 中药网络药理学的研究应用与挑战 [J]. 中草药, 2024, 55(12): 4204-4213.
- [22] 李爱平, 张星星, 朱云峰, 等. 基于网络药理学和实验验证探讨黄芪耐缺氧的作用机制 [J]. 山西大学学报(自然科学版), 2025, 48(2): 226-237.
- [23] 葛浩然, 朱培元, 陈鑫, 等. 基于网络药理学与分子对接探讨桂枝茯苓丸对血小板活化的作用机制 [J]. 云南中医中药杂志, 2025, 46(3): 60-68.
- [24] Zhao L, Zhang H, Li N, et al. Network pharmacology, a promising approach to reveal the pharmacology mechanism of Chinese medicine formula [J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 309: 116306.
- [25] 涂慕鑫, 孟亦浩, 王庆亮, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS/MS 技术和网络药理学探究竹叶青酒缓解急性肝损伤作用机理 [J]. 中国酿造, 2024, 43(10): 56-64.
- [26] Yue S J, Xin L T, Fan Y C, et al. Herb pair Danggui-Honghua: Mechanisms underlying blood stasis syndrome by system pharmacology approach [J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 40318.
- [27] Li Z Y, Jia C C, Zhou Y Q, et al. Efficacy and mechanisms of *Angelica sinensis* in treating endometrial cancer: An integrated study [J]. *Discov Oncol*, 2025, 16(1): 904.
- [28] Li X H, Ullah I, Hou C X, et al. Network pharmacology and molecular docking study on the treatment of polycystic ovary syndrome with *Angelica sinensis*-*Radix rehmanniæ* drug pair [J]. *Medicine*, 2023, 102(46): e36118.
- [29] Wu X, Liu A, Lv X F, et al. Network pharmacology and experimental study of *Angelica sinensis* and *Astragalus membranaceus* capsules in treating heart failure [J]. *Heliyon*, 2024, 10(20): e38851.
- [30] Yuan A L, Liu C Q, Feng W Q, et al. Integrating network pharmacology, quantitative metabolic network analysis, *in vitro* experiments, and molecular dynamics to explore the mechanism of *Angelica sinensis* for regulating bone metabolism [J]. *Comb Chem High Throughput Screen*, 2025, 28(6): 1054-1071.
- [31] 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(Pt 3): 119118.
- [32] 刘伟, 丁长松, 梁杨. 数据挖掘技术在中医药领域研究中的应用 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2016, 3(35): 7096-7097.
- [33] 于芷涵, 李丹, 闫朝升. 聚类分析在中医药领域的研究进展 [J]. 世界中医药, 2024, 19(4): 572-576.
- [34] 杨柳, 徐晴文, 黄汝佳, 等. 关联规则在中医药数据挖掘中的应用 [J]. 中医药信息, 2022, 39(12): 35-40.
- [35] 陈范, 宿树兰, 郭龙, 等. 基于 Apriori 算法的含丹参当归药对的方剂用药特点与规律分析 [J]. 中草药, 2023, 54(3): 868-876.
- [36] 李伟霞, 张辉, 唐进法, 等. 基于真实世界的当归-川芎药对中医临床应用特征分析 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(7): 1338-1341.
- [37] 韦凌霞, 丁茂鹏, 王志旺, 等. 基于数据挖掘及网络药理学方法探讨含当归中药复方抗肝纤维化的用药规律及作用机制 [J]. 中药新药与临床药理, 2020, 31(11): 1323-1331.
- [38] 陈一君, 林秋珊, 刘颖, 等. 基于 R 语言以当归芍药散为例探究辛润法的组方规律 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(11): 185-192.
- [39] 尤旭颖, 袁红霞. 《神农本草经》与经方应用之当归篇 [J]. 山东中医药大学学报, 2023, 47(1): 1-6.
- [40] 孙敏, 马清林, 刘峰林, 等. 种植加工对当归化学成分影响的研究进展 [J]. 中国当代医药, 2019, 26(9): 22-25.
- [41] 张瑛, 王亚丽, 潘新波. 当归历史资源分布本草考证 [J]. 中药材, 2016, 39(8): 1908-1910.
- [42] 李晓晨, 李天娇, 包永睿, 等. 基于“质-量”双标的当归质量分析方法研究 [J]. 中草药, 2023, 54(22): 7313-7318.
- [43] 张强, 罗曦, 李天娇, 等. 基于双波长等基线差示融合图谱的中药黄芩“质-量”双标质量分析方法研究 [J]. 分析测试学报, 2023, 42(8): 968-975.
- [44] 雒军, 王引权, 吴国泰, 等. 当归根部中主要有效成分的动态积累和转化研究 [J]. 中草药, 2021, 52(21): 6663-6668.
- [45] 孟颖, 池玉梅, 严国俊, 等. 当归药材及当归身饮片高效液相色谱特征图谱研究 [J]. 世界中医药, 2021, 16(4): 539-545.
- [46] 杨燕, 于春强, 郭子娴, 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.
- [47] 孙亚丽, 卞建明, 谢秋涛, 等. 基于 GC-MS 与电子鼻技术结合化学计量学方法分析不同品种桂花浸膏的挥

- 发性成分 [J]. 食品科学, 2023, 44(10): 257-264.
- [48] 吴钰, 饶智, 陈彦坤, 等. 基于仿生技术对不同产地当归阿魏酸含量与滋味的关联性研究 [J]. 中国食物与营养, 2022, 28(2): 37-43.
- [49] 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.
- [50] 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.
- [51] 瑚晶晶, 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.
- [52] 姜鹏程, 陆晔晗, 常芮宁, 等. 当归藤总黄酮超声提取工艺优化 [J]. 中成药, 2023, 45(12): 4081-4085.
- [53] 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.
- [54] 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.
- [55] 潘倩, 李玮, 杨阳, 等. 阿魏酸人体内代谢产物定性分析 [J]. 质谱学报, 2025, 46(3): 265-276.
- [56] 赵利利, 薛林林, 李彬彬, 等. 阿魏酸对熏马肠发酵过程中组胺及产组胺微生物的影响 [J]. 食品与生物技术学报, 2020, 39(6): 39-46.
- [57] 夏露, 黄敏, 梅洁, 等. 阿魏酸通过调控线粒体凋亡抑制宫颈癌 HeLa 细胞侵袭迁移功能 [J]. 温州医科大学学报, 2021, 51(12): 974-979.
- [58] 陈爱春, 舒化青, 周志鸿, 等. 阿魏酸钠对慢性脑缺血大鼠的神经保护作用机制研究 [J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志, 2017, 24(6): 411-415.
- [59] 刘梦鸽, 陈斯亮, 冯玮琪, 等. 阿魏酸对阿尔茨海默病的神经保护作用 [J]. 生命的化学, 2025, 45(1): 55-64.
- [60] Phadke A V, Tayade A A, Khambete M P. Therapeutic potential of ferulic acid and its derivatives in Alzheimer's disease-a systematic review [J]. *Chem Biol Drug Des*, 2021, 98(5): 713-721.
- [61] Aswar U, Mahajan U, Kandhare A, et al. Ferulic acid ameliorates doxorubicin-induced cardiac toxicity in rats [J]. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*, 2019, 392(6): 659-668.
- [62] 刘一稹, 任翎璇, 杨健君, 等. 桃红四物汤活性成分的筛选及阿魏酸对心肌损伤保护作用的研究 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2022, 27(5): 505-515.
- [63] Agunloye O M, Oboh G, Ademiluyi A O, et al. Cardio-protective and antioxidant properties of caffeic acid and chlorogenic acid: Mechanistic role of angiotensin converting enzyme, cholinesterase and arginase activities in cyclosporine induced hypertensive rats [J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 109: 450-458.
- [64] Li L, Su C P, Chen X Y, et al. Chlorogenic acids in cardiovascular disease: A review of dietary consumption, pharmacology, and pharmacokinetics [J]. *J Agric Food Chem*, 2020, 68(24): 6464-6484.
- [65] Zuñiga L Y, Aceves-de la Mora M C A, González-Ortiz M, et al. Effect of chlorogenic acid administration on glycemic control, insulin secretion, and insulin sensitivity in patients with impaired glucose tolerance [J]. *J Med Food*, 2018, 21(5): 469-473.
- [66] Deka S J, Gorai S, Manna D, et al. Evidence of PKC binding and translocation to explain the anticancer mechanism of chlorogenic acid in breast cancer cells [J]. *Curr Mol Med*, 2017, 17(1): 79-89.
- [67] Nguyen V, Taine E G, Meng D H, et al. Chlorogenic acid: A systematic review on the biological functions, mechanistic actions, and therapeutic potentials [J]. *Nutrients*, 2024, 16(7): 924.
- [68] Jin M L, Zhao K, Huang Q S, et al. Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: A review [J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(3): 713-722.
- [69] Peng L, Tang S H, Li H H, et al. *Angelica sinensis* polysaccharide suppresses the aging of hematopoietic stem cells through Sirt1/FoxO1 signaling [J]. *Clin Lab*, 2022, doi: 10.7754/Clin.Lab.2021.210731.
- [70] Cai Y, Wang Y, Su W J, et al. *Angelica sinensis* polysaccharide suppresses the Wnt/β-catenin-mediated malignant biological behaviors of breast cancer cells via the miR-3187-3p/PCDH10 axis [J]. *Biochem Pharmacol*, 2024, 225: 116295.
- [71] Zhou Y N, Guo X Q, Chen W M, et al. *Angelica* polysaccharide mitigates lipopolysaccharide-evoked inflammatory injury by regulating microRNA-10a in neuronal cell line HT22 [J]. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*, 2019, 47(1): 3194-3201.
- [72] 魏会灵, 刘持翔, 陈世超, 等. 当归多糖对抗 LY294002 引发的血小板凋亡的研究 [J]. 中国实验血液学杂志, 2019, 27(4): 1208-1214.
- [73] Nai J J, Zhang C, Shao H L, et al. Extraction, structure, pharmacological activities and drug carrier applications of *Angelica sinensis* polysaccharide [J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 183: 2337-2353.
- [74] Zhuang C, Xu N W, Gao G M, et al. Polysaccharide from *Angelica sinensis* protects chondrocytes from H₂O₂-induced apoptosis through its antioxidant effects *in vitro*

- [J]. *Int J Biol Macromol*, 2016, 87: 322-328.
- [75] Chen Z T, Cheng L, Zhang J, et al. *Angelica sinensis* polysaccharide prevents mitochondrial apoptosis by regulating the Treg/Th17 ratio in aplastic Anemia [J]. *BMC Complement Med Ther*, 2020, 20(1): 192.
- [76] Zhu M D, Zhao L X, Wang X T, et al. Ligustilide inhibits microglia-mediated proinflammatory cytokines production and inflammatory pain [J]. *Brain Res Bull*, 2014, 109: 54-60.
- [77] Yin L Q, Ying L, Guo R, et al. Ligustilide induces apoptosis and reduces proliferation in human bladder cancer cells by NF κ B1 and mitochondria pathway [J]. *Chem Biol Drug Des*, 2023, 101(6): 1252-1261.
- [78] Chen Y L, Cheng Q Z, Lv S T, et al. Advances in the phytochemistry and pharmacology of plant-derived phthalides [J]. *Heliyon*, 2023, 9(12): e22957.
- [79] Xie Q X, Zhang L L, Xie L, et al. Z-ligustilide: A review of its pharmacokinetics and pharmacology [J]. *Phytother Res*, 2020, 34(8): 1966-1991.
- [80] Ma J, Xu Y W, Zheng Q L, et al. Ligustilide inhibits the activation of cancer-associated fibroblasts [J]. *Life Sci*, 2019, 218: 58-64.
- [81] Han L, Liu D L, Zeng Q K, et al. The neuroprotective effects and probable mechanisms of Ligustilide and its degradative products on intracerebral hemorrhage in mice [J]. *Int Immunopharmacol*, 2018, 63: 43-57.
- [82] Hu Y H, Xing Y Y, Yue H, et al. Ionic liquids revolutionizing biomedicine: Recent advances and emerging opportunities [J]. *Chem Soc Rev*, 2023, 52(20): 7262-7293.
- [83] Shen L P, Pang S X, Zhong M M, et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies [J]. *Ultrason Sonochem*, 2023, 101: 106646.
- [84] Franchina F A, Zanella D, Dubois L M, et al. The role of sample preparation in multidimensional gas chromatographic separations for non-targeted analysis with the focus on recent biomedical, food, and plant applications [J]. *J Sep Sci*, 2021, 44(1): 188-210.

[责任编辑 潘明佳]