

21 世纪国际视域下基于文献计量学的黄芩苷研究趋势及热点可视化分析

朱 善¹, 张 雷¹, 梅佳华¹, 王建玲¹, 崔欣蓉¹, 张胜豪¹, 莫 恭¹, 王思敏¹, 唐佳佳¹, 马云淑^{1,2,3,4*}

1. 云南中医药大学, 云南 昆明 650500

2. 云南省傣医药与彝医药重点实验室, 云南 昆明 650500

3. 云南省高校外用给药系统与制剂技术研究重点实验室, 云南 昆明 650500

4. 云南省药食同源饮片工程中心, 云南 昆明 650500

摘要:目的 采用文献计量学的方法对黄芩苷的研究动态进行可视化分析, 为未来黄芩苷的临床应用和深入研究提供理论指导。方法 以“黄芩苷”为关键词, 检索中国学术期刊全文数据库(CNKI)、Web of Science(WOS) 2 个数据库, 使用 Excel、CiteSpace、VOSviewer 等软件, 从发文量趋势与国家分布、发文合作、发文作者、发文机构、关键词等层面, 对国内外黄芩苷研究状况进行可视化分析。结果 共检索到符合要求的文献 10 900 篇, 其中中文文献 6 907 篇, 英文文献 3 993 篇。从发文量来看, 黄芩苷研究领域热度持续上升, 以中国为核心研究力量, 同时与美国等国家建立了紧密合作。团队合作方面, 国内外均已形成稳定的核心研究团队。机构合作上, 以北京中医药大学中药学院等为核心, 呈现“核心机构引领, 多机构协同”格局。关键词突现与时间线分析表明, 国内研究从早期物质基础探索逐步深入, 国际研究则聚焦网络药理学、肠道菌群、自噬等前沿交叉领域, 二者形成互补研究格局。结论 黄芩苷相关研究持续受到国内外关注, 发文量持续增长, 中国为核心研究力量且与多国建立紧密合作, 形成稳定研究团队。当前聚焦药理机制多向延伸、新型递药系统开发及多组学交叉验证, 未来需强化前沿技术融合与临床转化, 以进一步挖掘其潜在价值。

关键词: 黄芩苷; 文献计量学; 自组装; 外泌体; 肠道菌群; 金属有机框架

中图分类号: R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 6376(2026)06 - 2177 - 23

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2026.06.026

Research trends and hotspot visualization analysis of baicalin based on bibliometrics from an international perspective in 21st century

ZHU Shan¹, ZHANG Lei¹, MEI Jiahua¹, WANG Jianling¹, CUI Xinrong¹, ZHANG Shenghao¹, MO Gong¹, WANG Siming¹, TANG Jiajia¹, MA Yunshu^{1, 2, 3, 4}

1. Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650500, China

2. Key Laboratory of Dai and Yi Medicine of Yunnan Province, Kunming 650500, China

3. Key Laboratory of Transdermal Drug Delivery System and Preparation Technology of Yunnan Province, Kunming 650500, China

4. Yunnan Province Engineering Center for Medicinal and Edible Materials, Kunming 650500, China

Abstract: Objective To conduct a visual analysis of the research dynamics of baicalin using bibliometric methods, so as to provide theoretical guidance for the clinical application and in-depth research of baicalin in the future. **Methods** Taking baicalin as the keyword, literature retrieval was performed in two databases, namely China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science (WOS). Software including Excel, CiteSpace, and VOSviewer was used to conduct a visual analysis of domestic and international research on baicalin from the perspectives of literature output trend and national distribution, collaborative publication patterns, contributing authors, research institutions, and keywords. **Results** A total of 10 900 eligible literatures were retrieved, including 6 907 Chinese literatures and 3 993 English literatures. From the perspective of literature output, the research field of baicalin has maintained a continuous upward trend in research enthusiasm. China is the core research force and has established close cooperative

收稿日期: 2025-11-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(82174065); 云南省朱兆云院士工作站(202405AF140128); 云南省科技厅社会发展专项-重点研发计划项目(202303AC100025); 云南省生物医药专项-重大科技专项计划(202302AA310031)

作者简介: 朱 善, 硕士研究生, 研究方向为中药新剂型与新制剂。E-mail: 3444761927@qq.com

*通信作者: 马云淑, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药新剂型与新制剂。E-mail: yunshuma2@126.com

relationships with countries such as the United States. In terms of team collaboration, stable core research teams have been formed both domestically and internationally. Regarding institutional cooperation, with institutions like the School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine as the core, a pattern of “led by core institutions and collaborated by multiple institutions” has been presented. The analysis of keyword bursts and timelines showed that domestic research has gradually deepened from the early exploration of material basis, while international research has focused on cutting-edge interdisciplinary fields such as network pharmacology, gut microbiota, and autophagy. These two research directions have formed a complementary research pattern.

Conclusion Baicalin-related research has continued to attract attention at home and abroad, with a steady growth in literature output. China serves as the core research force and has established close cooperation with many countries, forming stable research teams. Currently, the research focuses on the multi-directional expansion of pharmacological mechanisms, the development of novel drug delivery systems, and cross-validation based on multi-omics. In the future, it is necessary to strengthen the integration of cutting-edge technologies and clinical transformation to further explore the potential value of baicalin

Key words: baicalin; bibliometrics; self-assembly; exosomes; gut microbiota; metal organic framework

黄芩苷是唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的有效成分之一, 属葡萄糖醛酸苷类, 其分子结构中含有的特定官能团水解后产生黄芩素和葡萄糖醛酸 2 种活性产物, 高效低毒、来源稳定, 研究表明黄芩苷具有抗氧化^[1-2]、抗炎^[3-4]、抗肿瘤^[5-6]、保肝^[7-8]、治疗自身免疫性疾病^[9-10]等药理作用, 这些多维度的药理特性使得黄芩苷在医药领域备受关注。

目前黄芩苷的研究规模不断扩大, 但缺乏基于文献计量学的可视化分析。文献计量学^[11-13]是一门融合数学、统计学与文献学的交叉学科, 核心是通过系统分析文献的发文量变化、引文网络结构、关键词聚类、核心作者合作网络、期刊分布特征等多维度指标, 客观揭示特定研究领域的发展脉络、核心热点、学术影响力及潜在创新方向, 是评估领域发展现状、科学预测未来研究趋势的重要工具。为全面梳理黄芩苷领域的研究态势与前沿动态, 本研究使用 CiteSpace 和 VOSviewer 2 种文献计量学分析软件, 对黄芩苷相关文献进行多维度、深层次可视化分析, 为该领域后续深入挖掘提供了理论支撑。

1 资料与方法

1.1 数据来源与检索策略

中文文献数据来自中国学术期刊全文数据库 (CNKI); 英文文献来自 Web of Science (WOS)。文献检索时间跨度为 2001 年 1 月 1 日—2025 年 10 月 10 日。在 CNKI 数据库中, 设置的检索条件: 高级检索; 文献分类: 医药卫生科技; 主题=黄芩苷; 文献类型: 学术期刊。Web of Science 数据库中, 设置的检索条件: TI=“baicalin”, 文献类型为“article”或“review”。纳入标准为符合检索策略的研究文献, 排除标准包括: (1) 已撤销出版物或期刊文献; (2)

与黄芩苷研究无直接关联文献; (3) 重复文献; (4) 社论、会议摘要、书籍章节等特定类型文献; (5) 核心必要信息缺失文献。经筛选后最终获得中文文献 6 907 篇和英文文献 3 993 篇。

1.2 应用软件

采用 CiteSpace(6.4.R1)和 VOSviewer(1.6.20) 软件进行文献分析。使用 CiteSpace 软件对相关文献进行可视化分析, 利用该软件的图谱绘制功能, 解析作者合作关系、机构合作关系、关键词突现等方面, 直观呈现“黄芩苷”相关的研究动态^[14-15]。此外, 使用 VOSviewer 软件基于数据库筛选的相关文献数据, 对关键词突现、国家合作等展开多维度分析, 清晰地显现出文献的关联, 为后续研究提供依据^[16-18]。

1.3 应用软件参数设置

为了使可视化图谱清晰呈现, 对 CiteSpace 的参数设置如下: 时间范围设置为 2001 年 1 月—2025 年 10 月, 时间切片设置为 1 年。节点类型分别选机构、作者、国家和关键词, 剪切方式选择 Pruning the merged network, 其他参数均为默认选项。

2 结果

2.1 发文趋势和国家分布

经筛选共有 6 907 篇中文文献和 3 993 篇英文文献纳入研究。如图 1 所示, 黄芩苷领域文献数量逐年递增(2025 年数据不全面, 故不纳入分析范围, 故未列出), 中文文献占比 68.02%, 英文文献占比 31.98%, 体现出黄芩苷在国内关注度较高, 同时也受到一定的国际关注。2001—2007 年, 中文文献发文量缓慢增长, 英文文献几乎处于萌芽阶段。说明这个时期黄芩苷的研究尚处于初步探索阶段, 学术关注度还不高; 2008—2017 年, 中文文献发文量整

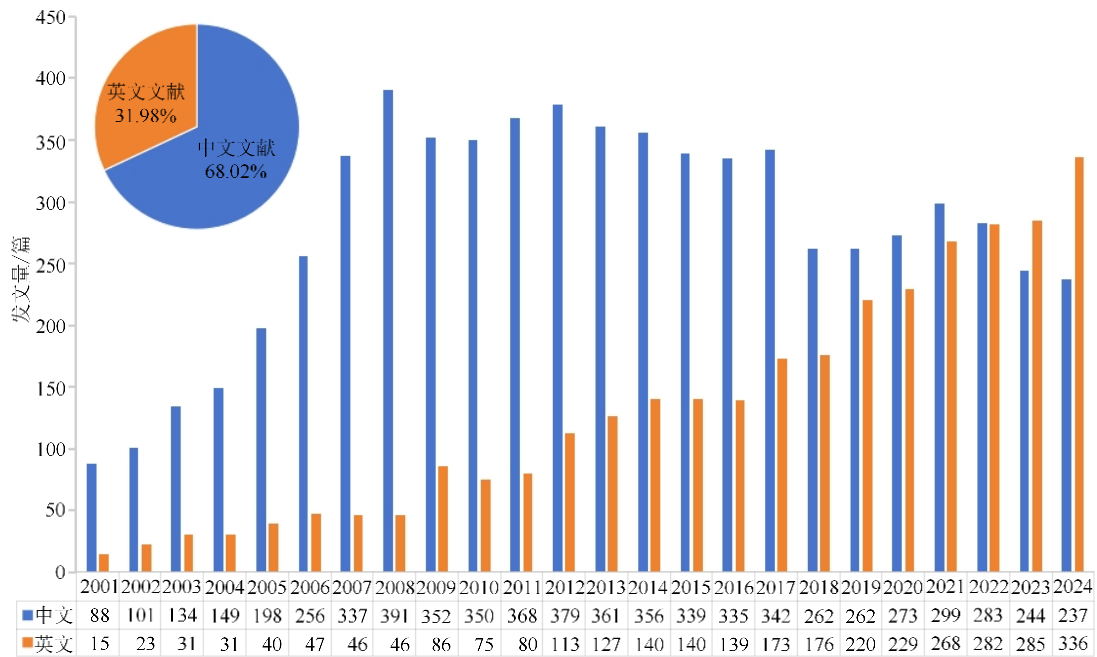


图 1 中、英文文献发文量趋势

Fig. 1 Trends in number of published papers in Chinese and English literature

体处于较高水平,2008年达到一个小高峰(391篇),之后虽有波动,但也保持在较高区间,这一阶段是黄芩苷研究的“爆发期”,可能得益于科研投入增加、研究方法突破或临床需求驱动;2017年后中文发文量下降,在2021年又出现小回升(299篇);英文文献在2009年开始明显增长,之后逐年上升,尤其在2018年之后增长显著,2023年和2024年,英文发文量甚至超过了同期中文发文量,中文文献的“存量优势”逐渐被英文文献的“增量潜力”追赶,可能是因为国内部分研究力量转向其他热点,也说明黄芩苷研究领域的国际化程度加深。黄芩苷研究热点的形成与国家政策及重大科研项目资助高度相关,国内肠道菌群、纳米递药等方向的发文增长,依托国家自然科学基金、重点研发计划对中医药交叉领域的持续支持,本研究标注的基金项目亦侧面印证此趋势;政策与基金对网络药理学、白蛋白纳米粒等方向的扶持,更直接推动了相关研究聚类的兴起,成为塑造研究趋势的核心动因。

2.2 国家发文与合作

WOS数据库中黄芩苷英文文献的作者来自63个国家,涉及6个大洲,进一步说明黄芩苷的研究受到全球广泛关注。其中,亚洲、欧洲、北美洲在该领域相对活跃。如图2所示,中国以发文量2575篇(占64.49%)的绝对优势位居第一,占比远超其

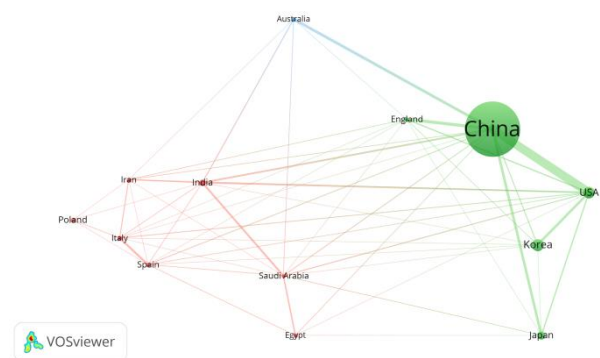


图 2 英文文献国家合作网络

Fig. 2 English literature national cooperation network

他国家,这表明中国是黄芩苷研究领域的核心力量,且许多中国学者选择在英文期刊上发表黄芩苷相关的研究成果。其次是韩国,发文量220篇(占5.51%),第3位是美国,发文量215篇(占5.38%)。

如表1所示,根据CiteSpace分析得到的国家发文量的中心度,西班牙以中心度0.31排名第1,伊朗以0.27排名第2,中国以0.26排名第3,说明这些国家虽发文量不及中国,但在国际学术合作与传播中也占据重要地位。节点中心度是指该节点与网络中其他节点的直接连接数量,可以用来衡量节点在网络中的重要性或影响力。西班牙、伊朗和中国有较高的中心度,表明他们与其他国家有更广泛

表 1 英文文献发文量前 10 的国家

Table 1 Top 10 countries in terms of number of English literature publications

序号	发文量	中心度	始发年份	国家
1	2 575	0.26	2001	中国
2	220	0	2001	韩国
3	215	0.30	2001	美国
4	123	0.05	2001	日本
5	88	0	2010	印度
6	63	0	2002	波兰
7	52	0.05	2012	意大利
8	37	0.09	2005	英格兰
9	34	0.31	2002	西班牙
10	33	0.27	2010	伊朗

的合作，在整个合作网络中极为重要，是国际合作的“枢纽”。韩国、印度等国家中心度为 0，说明它们的合作多局限于“小范围集群内”，但不代表其研究不重要。

国家间的科研合作，既能让研究效率得到提升，也能进一步扩大相关学术成果的影响力^[19]。从图 2 可以看出，中国在这一合作网络中处于核心位置，与美国、韩国、日本等多个国家建立了紧密的合作关系，这一现象再次印证中国在黄芩苷研究领域的核心地位，也体现出我国在该领域开展了广泛的国际合作。中国的核心主导地位，源于黄芩作为我国道地药材的天然资源优势、中医药现代化国家政策的持续强力支持，以及该领域积淀形成的庞大科研群体与深厚研究基础；而中美间的紧密合作，成为国际合作网络的核心纽带，推动黄芩苷研究向更精准的方向发展。其中，美国、韩国、日本同样是合作网络中较为重要的节点，尤其是中美之间的合作，在整个合作网络里表现得尤为突出。此外，印度、伊朗、波兰等国家也形成了相对独立的另一部分合作网络，这表明黄芩苷的国际研究合作呈现出多中心、多集群的显著特征，而且不同国家集群之间也存在着较为明显的合作联系。这种多元且紧密的合作网络，有利于促进黄芩苷研究相关的知识在全球范围内的交流与成果共享，进而为该领域研究的深入推进提供有力支撑。

2.3 机构发文与合作

对中文文献的发文机构进行可视化分析，中文文献发文量排名前 10 的机构见表 2。其中，北京中医药大学以 160 篇的发文量位居首位，始发于 2004

表 2 中文文献发文量前 10 的机构

Table 2 Top 10 institutions in terms of number of Chinese literature publications

序号	发文量/篇	始发年份	机构
1	160	2004	北京中医药大学
2	85	2008	成都中医药大学
3	81	2006	中国中医科学院中药研究所
4	74	2009	山东中医药大学
5	67	2005	南京中医药大学
6	67	2002	沈阳药科大学
7	44	2009	天津中医药大学
8	33	2002	上海中医药大学
9	23	2002	广州中医药大学
10	21	2012	辽宁中医药大学

年；成都中医药大学、中国中医科学院中药研究所等机构紧随其后，发文量均处于前列。充分说明，国内中医药领域针对黄芩苷的核心研究力量相对集中。从各机构的研究始发年份来看，多数机构早在 21 世纪初就启动相关研究工作，可见国内学界对黄芩苷的关注起步较早，经过多年积累已形成深厚的研究基础。

中文文献发文机构合作网络见图 3。发文机构共有 280 个，共产生了 103 条合作连线。北京中医药大学中药学院、中国中医科学院中药研究所、沈阳药科大学药学院等核心机构处于网络关键位置，与众多中医院院校、科研院所形成了广泛的合作联系。这反映出国内研究黄芩苷的机构合作呈现“核心机构引领，多机构协同”的格局，核心机构凭借其学术资源和研究积淀，带动了区域内的合作研究，促进了研究资源的共享与学术思想的交流，为黄芩苷研究在国内的持续深入发展提供了有力支撑。

对英文文献发文机构进行可视化分析，英文文献发文量排名前 10 的机构见表 3。中国科学院和南京中医药大学均以 107 篇并列第 1，始发年份分别为 2002 年和 2013 年。这表明国内机构在黄芩苷英文文献研究方面同样具备强劲的实力，且不同机构的研究起步时间差异明显。英文文献发文机构合作网络见图 4。发文机构共有 267 个，共产生了 265 条合作连线。中国科学院、南京中医药大学、北京中医药大学等处于网络核心，与国内其他高校、科研院所及少量国外机构形成合作联系。这显示出黄芩苷英文文献的机构合作呈现“国内核心机构主导，

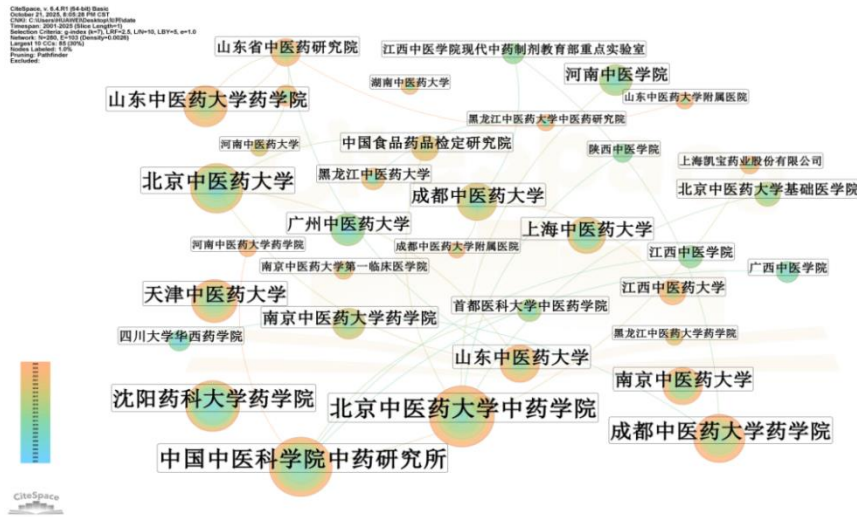


图 3 中文文献发文机构合作网络

Fig. 3 Cooperation network of Chinese literature publishing institutions

表 3 英文文献发文章数前 10 的机构

Table 3 Top 10 institutions in terms of number of English literature publications

序号	发文章数/篇	始发年份	机构
1	107	2002	中国科学院
2	107	2013	南京中医药大学
3	97	2006	北京中医药大学
4	83	2002	中国中医科学院
5	82	2005	中国药科大学
6	79	2008	上海中医药大学
7	73	2007	浙江大学
8	57	2009	天津中医药大学
9	55	2010	复旦大学
10	51	2017	成都中医药大学

国际合作初步探索”的特点，国内核心机构在国际学术舞台上积极开展合作，推动黄芩苷研究的国际化传播，同时也有部分国外机构参与其中，反映出该研究方向的国际合作仍有较大拓展空间，黄芩苷的研究受到广泛关注。

2.4 作者发文与合作

对中文文献的发文章作者进行可视化分析，发文章排名前 10 的作者见图 5-A，作者合作网络见图 6。发文章作者共有 1 184 位，产生了 1 374 条合作连线。合作图谱显示，黄芩苷领域研究已经形成了较为明显的学者团体网络。以邝枣园、吴伟为主的研究团队，自 2004—2022 年共发表中文文献 30 篇，研究聚焦黄芩苷抗炎、抗动脉粥样硬化等药理作用，揭



图 4 英文文献发文机构合作网络

Fig. 4 Collaboration network of institutions publishing English literature

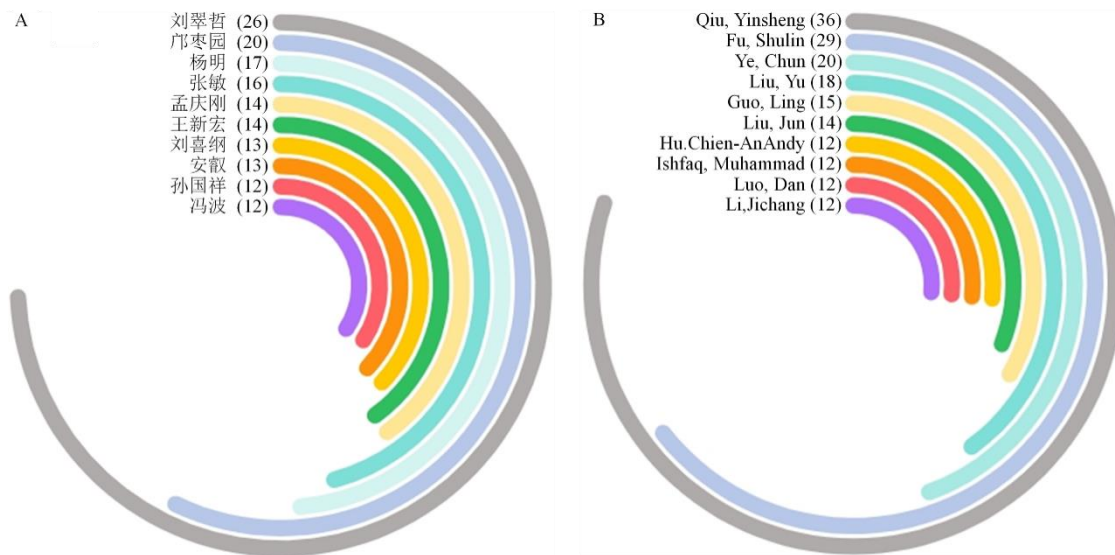


图 5 中文 (A)、英文 (B) 文献发文量前 10 的作者

Fig. 5 Top 10 authors in terms of publication volume in Chinese (A) and English literature (B)

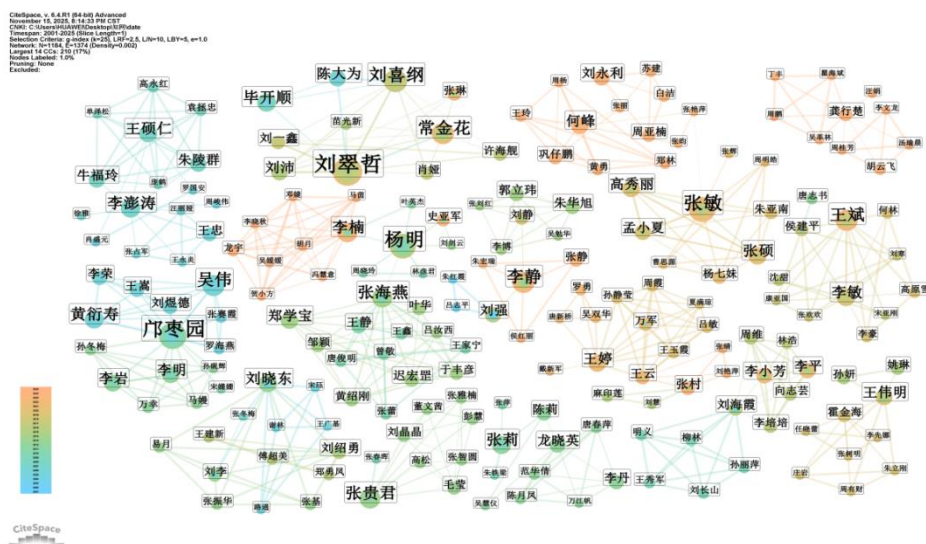


图 6 中文文献作者合作网络

Fig. 6 Author collaboration network of Chinese literature

示其调控炎症信号通路、肠道菌群等机制，为相关疾病防治及新药研发提供了重要实验依据^[20-23]。以刘翠哲、刘喜纲为主的研究团队，自 2005—2023 年共发表中文文献 33 篇，研究主要聚焦黄芩苷及衍生物的制备工艺、质量控制、药动学与多向药理活性，打破了黄芩苷水溶性差、生物利用度低的瓶颈，为其制剂开发与临床转化提供关键实验依据与技术支持^[24-26]。以杨明为主的团队，2008—2022 年发表文献超过 30 篇，研究聚焦黄芩苷制剂改良、炮制工艺、质量评价及脑靶向给药等，优化其溶解性与

生物利用度，为制剂研发及临床应用提供关键技术支撑^[27-29]。

英文文献发文量排名前 10 的作者见图 5-B，作者合作网络见图 7。发文作者共 990 位，产生 1752 条合作连线。Qiu Yinsheng、Fu Shulin、Ye Chun 发文量超过 20 篇。与中文文献合作网络相比，英文文献呈现更为显著的科研集群特征。以 Qiu Yinsheng 为核心、联合 Fu Shulin、Ye Chun 为主的研究团队，自 2006 年开始研究聚焦黄芩苷及铝复合物抗动物病原体感染、抗炎等药理作用，揭示其调控核因子

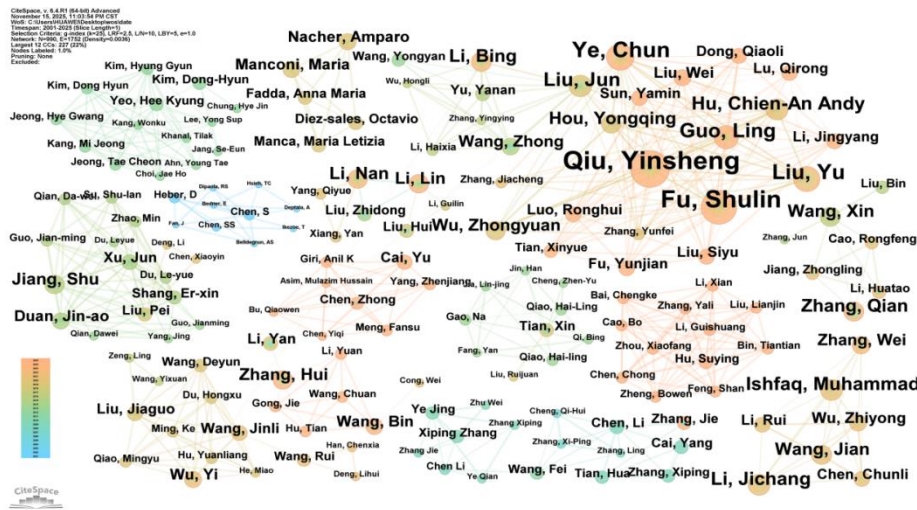


图 7 英文文献作者合作网络

Fig. 7 Author collaboration network of English literature

κB (NF-κB)、PI3K/Akt 等多条信号通路，为黄芩苷在抗炎领域的应用与新药研发提供重要支撑^[30-32]。以 Ishfaq Muhammad、Li Jichang 为核心的团队，2019—2023 年聚焦黄芩苷抗鸡毒支原体感染及相关炎症、凋亡调控，揭示其通过 Toll 样受体 2 (TLR2)-NF-κB、核因子 E2 相关因子 2 (Nrf2)/血红素加氧酶-1 (HO-1) 等通路发挥作用，完善了黄芩苷在禽类疾病中的应用机制，为抗炎药物研发提供重要支撑^[33-35]。

2.5 高被引文献

如表 4、5 所示，中文高被引文献主要聚焦黄芩苷的化学成分解析与药理作用综述，相关成果多发表于《中成药》《中国新药杂志》等中医药领域核心期刊。核心价值在于系统梳理国内在黄芩苷成分鉴定、药理活性等方面的研究积累，为该领域研究者提供了全面的学术脉络参考。但这也反映出国内

对黄芩苷的研究长期集中在传统药理作用总结与成分基础梳理上，不仅研究方向相对集中、趋同性较强，在创新性机制探索方面还存在不足；同时，研究成果大多发表于国内期刊，在国际上的传播力和影响力仍有提升空间。

英文高被引文献的研究范围则更为广泛，涵盖黄芩苷的抗炎分子机制、神经保护作用、药理学等多个方向。这些研究的核心目标是从多维度，进一步拓宽黄芩苷的研究边界，正因如此，黄芩苷在国际医药领域的影响力得到了有效提升。这表明国际学界更注重挖掘黄芩苷的新作用机制、开拓新应用场景，且研究呈现出鲜明的多学科交叉特色，如中美合作相关的高被引文献中，多采用 ApoE^{-/-}动脉粥样硬化小鼠、淀粉样前体蛋白/早老素 1 (APP/PS1) 阿尔茨海默病模型等精密疾病模型开展机制验证，

表 4 被引频次前 10 的中文文献

Table 4 Top 10 cited Chinese literatures

排名	题目	第一作者	期刊	年份	被引次数
1	黄芩的化学成分与药理作用研究进展	郑勇凤	中成药	2016	983
2	黄芩素和黄芩苷的药理作用及机制研究进展	辛文好	中国新药杂志	2013	659
3	中药黄芩的化学成分及药理研究进展	王雅芳	中华中医药学刊	2015	380
4	黄芩的化学成分及药理作用	龚发萍	临床合理用药杂志	2021	362
5	黄芩药理作用及其化学物质基础研究	姜希红	中国药师	2020	354
6	黄芩中化学成分及药理作用研究进展	姚雪	辽宁中医杂志	2020	307
7	黄芩苷的药理作用研究现状	张喜平	中国药理学通报	2003	275
8	黄芩的化学成分及现代药理作用研究进展	徐玉田	光明中医	2010	269
9	黄芩苷药理作用及新剂型的研究进展	龙宇	中草药	2019	252
10	黄芩苷的解热作用及对细胞因子的影响	李倩楠	中国中药杂志	2010	249

表 5 被引频次前 10 的英文文献
Table 5 Top 10 most cited English literatures

排名	题目	第一作者	年份	期刊	被引次数
1	Therapeutic potentials of baicalin and its aglycone, baicalein against inflammatory disorders	Dinda, Biswanath	2017	<i>European Journal of Medicinal Chemistry</i>	446
2	<i>Scutellaria baicalensis</i> , the golden herb from the garden of Zhao, Qing Chinese medicinal plants		2016	<i>Science Bulletin</i>	401
3	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi. (Lamiaceae): A review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology	Zhao, Tiantian	2019	<i>Journal of Pharmacy and Pharmacology</i>	377
4	Anti-SARS-CoV-2 activities <i>in vitro</i> of Shuanghuanglian Su, Haixia preparations and bioactive ingredients		2020	<i>Acta Pharmacologica Sinica</i>	361
5	Baicalin ameliorates neuroinflammation-induced depressive-like behavior through inhibition of toll-like receptor 4 expression via the PI3K/Akt/FoxO1 pathway	Guo, Liting	2019	<i>Journal of Neuroinflammation</i>	323
6	Baicalin mitigates cognitive impairment and protects neurons from microglia-mediated neuroinflammation via suppressing NLRP3 inflammasomes and TLR4/NF-κB signaling pathway	Jin, Xin	2019	<i>CNS Neuroscience & Therapeutics</i>	313
7	Chemoproteomics reveals baicalin activates hepatic CPT1 to ameliorate diet-induced obesity and hepatic steatosis	Dai, Jianye	2018	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	294
8	Absorption, metabolism and bioavailability of flavonoids: A review	Chen, Lei	2022	<i>Critical Reviews in Food Science and Nutrition</i>	268
9	Roles of flavonoids against coronavirus infection	Russo, Maria	2020	<i>Chemico-Biological Interactions</i>	248
10	A specialized flavone biosynthetic pathway has evolved in the medicinal plant, <i>Scutellaria baicalensis</i>	Zhao, Qing	2016	<i>Science Advances</i>	240

正是国际合作推动疾病模型研究深化的直接体现。通过对黄芩苷领域引用次数前 10 的中、英文文献进行对比分析，发现该领域研究存在明显差异：国内研究偏重于现有成果的总结梳理，国际研究则更强调创新探索。未来，国内相关研究需进一步加深基础机制研究的深度，加强国际学术合作与交流，从而提升研究的创新性水平和国际学术话语权。

2.6 关键词

2.6.1 关键词共现分析 关键词是识别特定领域前沿和热点的有力工具^[36-38]。本研究使用 VOS viewer (1.6.20) 进行中、英文关键词可视化分析，如图 8、9 所示。出现频次 ≥ 100 的关键词中，中文关键词有 17 个，英文关键词有 21 个。黄芩苷研究的数据集中，虽然中文文献数量接近英文文献数量的 2 倍，但频次超过 100 的关键词数量二者相差无几，表明中文文献研究的主题更集中，多数研究围绕高频核心词展开；而英文文献的研究范围相对广

泛，呈现出多元化的研究趋势。

图 8、9 中的连线代表关键词之间有联系，两图中右下角年份色带表示关键词出现的时间，节点越偏向红色，表明研究的时间越接近当前。从中文文献关键词共现网络（图 8）可见，出现“黄芩苷”“提取工艺”“高效液相色谱法”等关键词，体现了国内研究对黄芩苷的成分分离、制备工艺及定量分析技术的重视，聚焦于获取高纯度黄芩苷的方法研究，为后续药效研究奠定物质基础；还涉及“抗炎”“抗肿瘤”“抗氧化”“凋亡”等关键词，反映国内对黄芩苷药理活性的广泛探索，涵盖多个热门领域，且研究深度已触及细胞凋亡等机制层面。整体而言，中文文献关键词网络体现了“成分-工艺-药效-复方”的全链条研究思路，具有鲜明的中医药学科特色，符合中药研究的传统路径。英文文献关键词共现网络（图 9）显示，“inflammation”“oxidative stress”“gene expression”等关键词的高频共现，其

键词则体现了对先进分析技术与药动力学研究的重视。英文文献关键词网络呈现“分子机制-技术方法-疾病应用”的研究逻辑，与中文文献形成“中医药特色研究”与“现代生物医学研究”的互补研究格局。

关键词的出现频次在一定程度上反映了研究领域内的研究热度，图中节点的大小与文献发表的数量呈正比关系。对中文文献中出现频次超过 100 的关键词进行分析，如表 6 所示，“黄芩苷”以高频位居首位，明确了该领域的核心研究靶向。“黄芩”“绿原酸”“黄芩素”等关键词的高频联动，体现了研究对主要活性成分的系统性关注，符合中药多成分协同作用的传统研究模式。“栀子苷”“芍药苷”“连翘苷”等复方常见成分的出现，反映了对黄芩苷在复方中作用的关注，研究全面贴合中药研究的传统路径。

表 6 中文文献中出现频次≥100 的关键词

Table 6 Keywords with an occurrence frequency of ≥100 in Chinese literature

序号	出现频次	关键词
1	4 880	黄芩苷
2	886	含量测定
3	759	黄芩
4	400	绿原酸
5	390	黄芩素
6	323	质量标准
7	245	栀子苷
8	240	指纹图谱
9	228	汉黄芩素
10	201	汉黄芩苷
11	175	质量控制
12	158	芍药苷
13	150	提取工艺
14	124	正交试验
15	118	连翘苷
16	112	化学成分
17	101	小檗碱

如表 7 所示，英文文献中，除“baicalin”以外，出现频次高的关键词还包括“expression”“in vitro”“oxidative stress”“Scutellaria baicalensis”“apoptosis”等。“in vitro”“cells”“mice”“rats”等关键词的高频出现，体现了对体外细胞模型和动物模型的依赖，通过这些模型开展机制和药效研究，是现代生物医学研究的典型方法学特征。还有“traditional Chinese medicine”关键词的出现，意味

表 7 英文文献中出现频次≥100 的关键词

Table 7 Keywords with an occurrence frequency of ≥ 100 in English literature

序号	出现频次	关键词
1	643	baicalin
2	394	expression
3	363	in vitro
4	347	oxidative stress
5	340	Scutellaria baicalensis
6	325	apoptosis
7	300	inhibition
8	281	activation
9	270	cells
10	261	flavonoids
11	249	inflammation
12	184	wogonin
13	181	injury
14	166	NF-κB
15	150	mechanisms
16	145	extract
17	139	mice
18	132	pathway
19	120	traditional Chinese medicine
20	114	rats
21	111	identification

着国际研究对中药领域的关注，同时体现了学科交叉的研究趋势，旨在为黄芩苷的临床转化和新药开发提供依据。

2.6.2 关键词时间线图 为了深入探索研究主题的发展变化并识别该领域的研究前沿，使用了 CiteSpace 中的对数似然比 (LLR) 算法对中、英文文献进行聚类分析。

如图 10 所示，中文文献共展示出 9 个聚类主题，各聚类详细数据见表 8。聚类模块化值 (Q) 为 0.419 7 (>0.4)，说明聚类有效；平均轮廓值 (S) 为 0.702 9 (>0.5)，说明聚类合理。关键词时间线图展示了每个关键词随时间的热度变化，覆盖从出现到高峰的整个周期，以及截止 2025 年 10 月是否仍在继续发展^[39]。在该关键词时间线图谱中，每个节点代表一个关键词，节点的大小与该关键词的出现频率正相关 (频次越高，节点越大)；节点的颜色代表出现的时间 (颜色变化从冷色到暖色)，颜色越靠近暖色，说明该关键词的研究越靠近现在^[40]。

如图 10 所示，聚类#0 含量测定直接指向黄芩

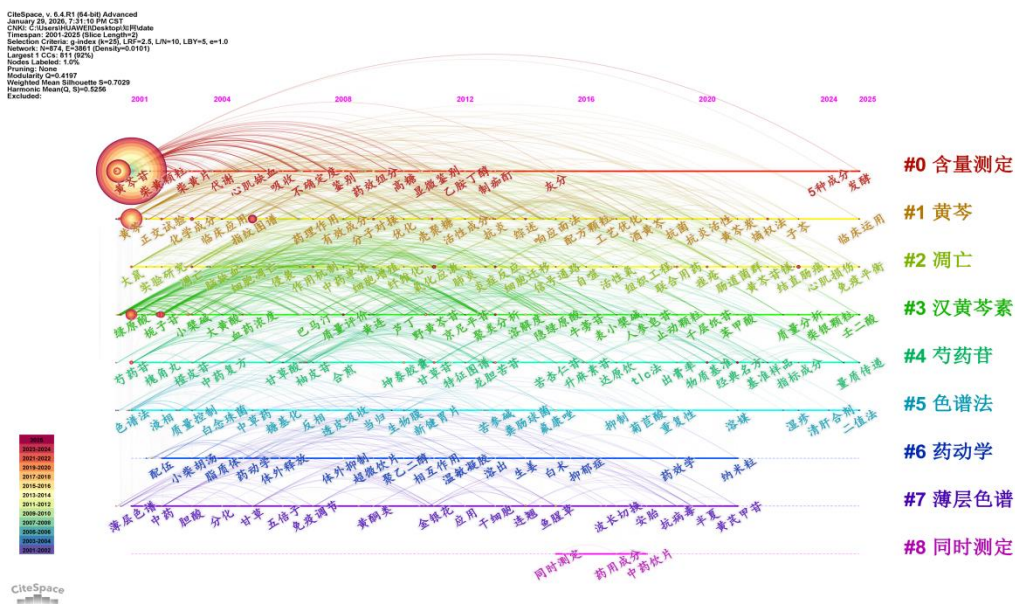


图 10 中文文献关键词时间线图

Fig. 10 Timeline chart of keywords in Chinese literature

表 8 中文文献关键词聚类信息

Table 8 Clustering information of Chinese literature keywords

聚类序号	S 值	聚类名称	聚类包含关键词
#0	0.506	含量测定	含量测定、黄芩苷、高效液相色谱法、质量标准、薄层色谱法
#1	0.694	黄芩	黄芩、提取工艺、药理作用、正交试验、化学成分
#2	0.802	凋亡	凋亡、细胞凋亡、大鼠、含量测定、增殖
#3	0.699	汉黄芩素	汉黄芩素、黄芩素、汉黄芩苷、含量测定、绿原酸
#4	0.754	芍药苷	芍药苷、橙皮苷、柚皮苷、甘草苷、丹皮酚
#5	0.767	色谱法	色谱法、高压液相、高效液相、薄层、稳定性
#6	0.860	药动学	药动学、配伍、制备、泻心汤、双黄连
#7	0.867	薄层色谱	薄层色谱、中药、黄酮类、连翘、黄芩苷
#8	0.969	同时测定	同时测定、药用成分、中药饮片、柴胡安神颗粒、银菊汤

苷的定量分析，且黄芩苷广泛出现在聚类#1 黄芩、聚类#7 薄层色谱、聚类#3 汉黄芩素中，说明含量测定在黄芩苷及相关成分研究中的核心地位，是把控黄芩类药物质量、开展成分分析的关键切入点，为深入建立其质量标准和评价体系提供了核心线索。聚类#1 黄芩、聚类#2 凋亡对黄芩苷的物质基础与生物活性进行研究，通过对这 2 个聚类的分析，能够深入了解黄芩及其提取物在调控细胞凋亡、抗炎、调节细胞增殖等方面的作用方式和效果，为揭示黄芩苷治疗相关疾病的内在机制提供理论依据，有助于开发基于黄芩的新型治疗策略。聚类#3 汉黄芩素、聚类#4 芍药苷、聚类#6 药动学说明黄芩苷与其他活性成分的协同作用及复方药物研究，通过这

些聚类可以看出黄芩苷常与汉黄芩素、芍药苷等成分共同出现于经典名方中，在药动学层面也存在相互影响，这为理解中药复方的配伍规律和整体功效提供了重要依据。聚类#5 色谱法、聚类#7 薄层色谱、聚类#8 同时测定则展现了黄芩苷及相关成分的分析技术体系，从不同色谱方法的应用到多种成分的同时测定，为黄芩类药物的质量控制和药效物质基础研究提供了全面的技术支撑。

如图 11 所示，英文文献共展示出 8 个聚类主题，各聚类详细数据可见表 9。S 值为 0.718 9 (> 0.5)，说明聚类合理。聚类#0 *Scutellaria baicalensis* (黄芩) 直接指向黄芩的整体研究，且黄芩及其标志性成分黄芩苷广泛出现在聚类#1 NF-κB、聚类

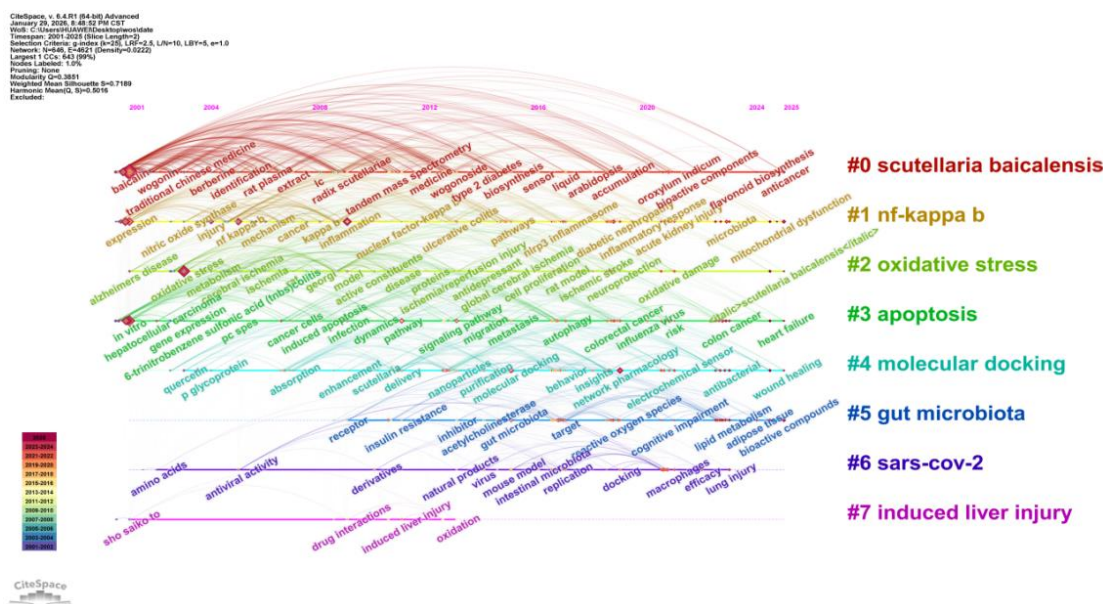


图 11 英文文献关键词时间线图

Fig. 11 Timeline chart of keywords in English literature

表 9 英文文献关键词聚类信息

Table 9 Clustering information of keywords in English literature

序号	S 值	聚类名称	聚类包含关键词
#0	0.763	Scutellaria baicalensis	Scutellaria baicalensis、pharmacokinetics、quality control、Scutellariae Radix
#1	0.743	NF-κB	NF-κB、inflammation、acute lung injury、cytokines、lipopolysaccharide
#2	0.667	oxidative stress	oxidative stress、cerebral ischemia、ischemic stroke、ischemia、neuroprotection
#3	0.643	apoptosis	apoptosis、breast cancer、metastasis、hepatocellular carcinoma、cell cycle
#4	0.669	molecular docking	molecular docking、network pharmacology、fluorescence spectroscopy、drug delivery、bioavailability
#5	0.728	gut microbiota	gut microbiota、insulin resistance、glucose uptake、diabetes mellitus、polyphenols
#6	0.823	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2、coronavirus、baicalin、COVID-19、docking
#7	0.965	induced liver injury	induced liver injury、disposition、drug interactions、reverse transcriptase、bone marrow

#6 SARS-CoV-2、聚类#3 apoptosis 等研究热点中，说明黄芩在炎症调控、抗病毒、抗肿瘤等多领域研究中的核心地位，是探索中药活性成分与药理机制的关键切入点，为深入理解其治疗多种疾病的物质基础和作用方式提供了核心线索。聚类#1 NF-kappa B、聚类#2 oxidative stress、聚类#3 apoptosis 则从炎症通路、氧化应激和细胞凋亡等角度，对黄芩及其成分的生物活性与作用机制进行了深入解析，揭示了其在抗炎、神经保护、抗肿瘤等方面的具体作用方式，为开发基于黄芩的新型治疗策略提供了理论依据。聚类#4 molecular docking、聚类#6 SARS-CoV-2 体现了黄芩在现代药物研发中的应用，通过分子对接等技术探索其抗新冠病毒等潜力，而聚类#5 gut microbiota、聚类#7 induced liver injury 则拓展了

黄芩在肠道微生态调节和药物性肝损伤等领域的研究维度，共同构建了从基础机制到临床应用的完整研究图景。

2.6.3 关键词突现分析 关键词突现是指该关键词在一段时间内高频出现，说明在这期间该领域研究者共同关注该内容，通过关键词突现分析可直观揭示该时期内研究领域的研究热点演变、前沿方向转移，并对未来研究趋势进行预测^[41]。

如图 12 所示，图中列出了关键词突现开始和结束的时间，红色带表示突现的时间段，红色带的长度与关键词突现的持续时间成正比。

如图 12-A 所示，黄芩苷的中文文献研究主要分为 3 个阶段：①2001—2010 年，该时期关键词主要包括“色谱法”（2002 年）、“脑缺血”（2004 年）、

Top 25 keywords with the strongest citation bursts

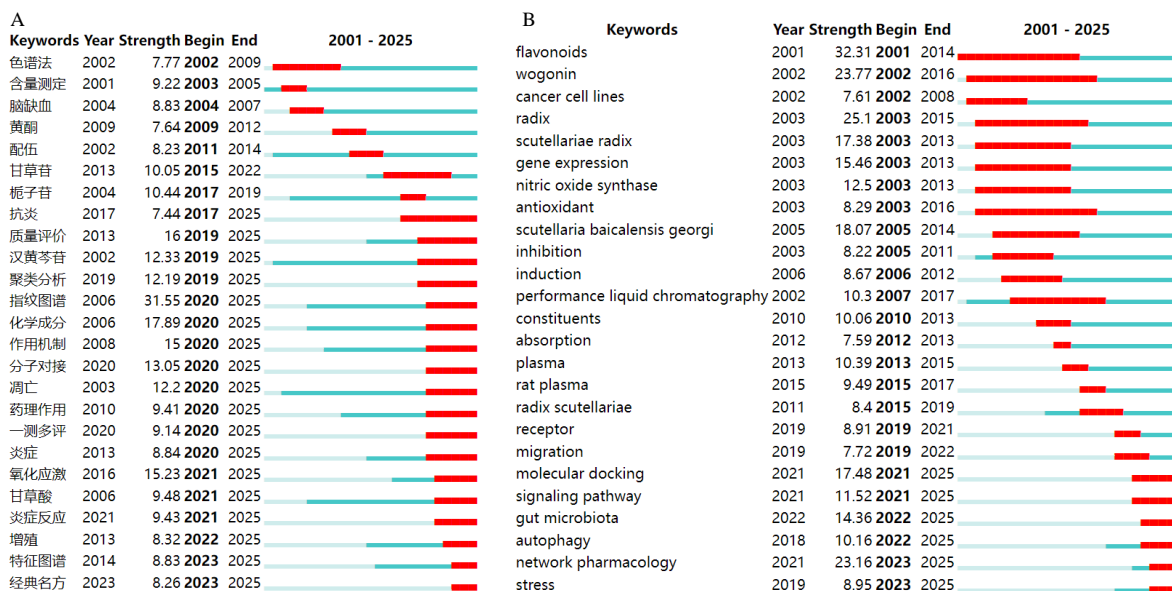


图 12 中文 (A)、英文 (B) 文献关键词 top 25 突现图

Fig. 12 Top 25 keyword emergence map of Chinese (A) and English (B) literature

“黄酮”（2009 年），主要聚焦黄芩苷的物质基础与早期药理学效应，是研究的初步探索，为黄芩苷的后续机制研究奠定了物质基础与药效证据。②2011—2020 年，该时期关键词主要包括“抗炎”（2017 年）、“聚类分析”（2019 年）、“指纹图谱”（2020 年）、“分子对接”（2020 年）等，说明检测技术向智能化升级，研究主要聚焦分子对接机制，推动黄芩苷研究从“整体药效”向“分子互作机制”深入。③2021—2025 年，“氧化应激”（2021 年）、“炎症反应”（2021 年）、“经典名方”（2023 年）等关键词的突现，既体现了黄芩苷药理机制研究向深层延伸，又强化了中药复方的传承与创新，为黄芩苷提供了新的研究视角。截至 2025 年 10 月，“质量评价”“特征图谱”“作用机制”“氧化应激”“增殖”“凋亡”“经典名方”“炎症”“分子对接”等关键词仍处于突现状态，说明黄芩苷相关研究聚焦多方向：在化学成分上，研究其提取分离工艺与结构特性；质量评价围绕含量测定、杂质控制等标准；抗炎研究结合炎症机制，探究其对炎症反应的抑制作用；同时关注其调控氧化应激、诱导细胞凋亡的效应；分子对接则从分子层面模拟其与靶点相互作用，为上述药理作用的机制阐释及药物研发提供支撑。预示这些领域将持续为黄芩苷的创新提供核心方向。

如图 12-B 所示，黄芩苷的英文文献研究主要分为 3 个阶段：①2001—2010 年，该时期关键词主

要包括“flavonoids”“cancer cell lines”“gene expression”“nitric oxide synthase”等，主要聚焦黄芩苷的化学归属与初步药理活性，为国际学界对黄芩苷的研究提供了基础数据支撑，促进国际化传播。②2011—2020 年，“molecular docking”“signaling pathway”“absorption”“receptor”等关键词的突现，说明研究分子机制的技术升级，深化了药理活性研究机制。③2021—2025 年，“network pharmacology”“gut microbiota”“autophagy”“stress”等关键词的突现，体现了系统生物学、微生物组学等前沿领域的交叉，拓展了其药理活性的研究边界。截止 2025 年 10 月，“molecular docking”“signaling pathway”“gut microbiota”“autophagy”“network pharmacology”“stress”等关键词仍处于突现状态，说明黄芩苷的研究热点集中于借助网络药理学结合分子对接筛选核心作用靶点，通过调控相关信号通路发挥药理活性。研究机制涉及调节肠道菌群平衡、干预自噬过程，同时可对抗应激相关的氧化与炎症损伤，多方面解析作用规律，为其临床应用拓展及相关新药研发提供了重要科学依据。预示着国际领域将聚焦跨学科融合与系统机制解析，为黄芩苷的创新药物研发与国际化应用提供前沿引领。

3 讨论

3.1 研究领域现状

从发文量趋势来看，黄芩苷研究热度自 2001 年

起持续攀升,中、英文文献占比分别为 68.02%、31.98%,国内外学术关注度均逐步提升。研究覆盖多国,中国为全球核心研究国家,且与美国、韩国等建立紧密国际合作。发文机构方面,中文文献以北京中医药大学中药学院等为主要阵地,英文文献中国科学院、南京中医药大学等发文量领先,机构合作活跃;作者层面已形成稳定核心学术团队,中英文领域分别有代表性团队,研究方向各有侧重。从关键词来看,中文文献侧重黄芩苷含量测定、提取工艺等质量控制研究,英文文献聚焦氧化应激等分子机制探索,二者互补为该领域多维度系统性研究及深层次发展提供支撑。这种研究方向的差异源于二者研究方法的不同,中文研究早期多依赖 HPLC 等分析技术,研究自然聚焦于含量测定、指纹图谱等物质基础与质量控制方向;而国际研究更早将基因本体(GO)/京都基因与基因组百科全书(KEGG)富集分析作为标准研究流程,可快速将黄芩苷与炎症反应、细胞凋亡等生物学过程及 NF- κ B 信号通路等具体通路相关联,研究直接导向分子机制的深度探索,这种研究方法论的差异正是二者形成互补研究格局的核心技术基础。此外本研究以中、英文文献为主要分析对象,尚未纳入日、韩等地区的非英文文献,而日、韩在黄芩苷相关传统方剂改良方面存在颇具特色的研究成果,这成为本研究的分析局限,后续研究可纳入多语种文献进一步完善研究视角。

3.2 研究热点及趋势

3.2.1 药理机制多向延伸

(1) 肠道菌群-宿主共代谢轴调控:黄芩苷与肠道菌群领域已形成围绕作用机制、各方向紧密关联的系统性研究体系,兼具重要学术与临床价值。在溃疡性结肠炎治疗中,黄芩苷通过调节肠道菌群失衡,以修复肠黏膜屏障进而缓解肠道炎症,其作用机制与黄芩苷调控肠道菌群介导的 PI3K-Akt、NF- κ B 通路活化,抑制下游炎症因子释放密切相关,这也是 GO/KEGG 富集分析中黄芩苷抗炎核心通路的关键体现。既提供多靶点治疗思路,又丰富了“治肠先调菌”理论内涵,为低毒高效肠道疾病治疗药物研发奠定基础^[42-44]。在黄芩苷与肠道菌群互作及体内代谢规律研究中,借助质谱技术分析黄芩苷经转化后的原型成分与代谢产物,揭示肠道菌群对药效物质形成及药动学的影响,明确药效物质基础,助力中药质量标准提升与新药研发^[45-47]。药理机制

研究发现,可通过调控胆汁酸代谢等功能,缓解二甲双胍诱导腹泻,凸显多效性的同时为临床二甲双胍不耐受提供新方案^[48-49];针对糖尿病等代谢性疾病,可调节短链脂肪酸等代谢产物,改善糖脂代谢与胰岛素抵抗,突破单一靶点治疗局限^[50-51];在神经及其他疾病干预中,通过“肠-脑轴”调控肠道菌群及代谢物,改善脑缺血、帕金森病等,搭建肠道微生态与神经疾病治疗的桥梁^[52-53]。

(2) 介导肿瘤增敏:近年来,黄芩苷在肿瘤治疗领域的研究围绕多维度展开,具有重要学术与临床价值。在中药调控肿瘤微环境方面,系统梳理黄芩苷调节肿瘤微环境的进展与机制,从微环境层面干预肿瘤,为肿瘤治疗提供新思路^[54-56]。针对黄芩提取物,对黄芩苷抗肿瘤机制进行探究,明确作用特性,既丰富了抗肿瘤理论,也为靶向抗肿瘤药物开发提供实验依据^[57-58];黄芩苷纳米制剂研究,通过制备酸响应性脂质体实现药物靶向递送与增效减毒,该增敏效应的核心机制在于黄芩苷对肿瘤细胞丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)、PI3K-Akt 通路的双重调控,可显著抑制肿瘤细胞增殖并增强化疗药物对靶点的作用效率,与 KEGG 富集分析中黄芩苷抗肿瘤靶点的通路分布特征高度一致。解决传统制剂生物利用度低的难题,推动制剂现代化进程^[59]。对黄芩苷联合用药增敏效应的探索,证明可提升疗效,为解决不良反应提供新方案,对优化临床用药具有重要指导意义^[60-61]。

(3) 炎症-免疫应答网络调控:黄芩苷相关研究推动其实际应用的深入探索。在抗炎方面,针对脂多糖等诱导的炎症模型,揭示黄芩苷通过调控核心信号通路,降低炎症因子表达,其中 NF- κ B、MAPK 为黄芩苷抗炎调控的核心通路,PI3K-Akt 通路则参与其免疫稳态重塑过程,上述通路均为 GO/KEGG 富集分析中黄芩苷炎症-免疫调节的关键靶点富集通路。为炎症靶向治疗提供了支撑,填补了天然产物抗炎机制的部分研究空白^[62-63]。在免疫调节功能研究领域,聚焦免疫紊乱相关场景,通过调节 T 细胞亚群平衡等,重塑免疫稳态,指导免疫失衡引发的疾病的防治,为开发双重功效的药物提供了新思路^[64]。特定疾病治疗应用研究则进一步拓展了黄芩苷的临床价值,针对溃疡性结肠炎等疾病,发挥多效治疗作用,为黄芩苷从传统中药成分向现代临床治疗药物的转化提供了循证依据^[65-66]。

(4) 神经系统疾病治疗精准干预: 当前黄芩苷在神经系统疾病领域的多维度研究, 既相互支撑又各有侧重。针对阿尔茨海默病等难治性疾病, 研究通过抑制 A β 沉积及调节多巴胺能神经元等功能改善学习记忆障碍, 其神经保护作用依赖于黄芩苷对 PI3K-Akt/Nrf2、MAPK 等通路的调控, 可通过抑制神经炎症、减轻氧化应激损伤实现多靶点神经保护, 这与 KEGG 富集分析中黄芩苷神经相关靶点的通路富集规律相契合。突破了传统仅缓解症状的局限^[67-68]。脑血管疾病保护机制研究则聚焦临床常见病, 从多方面切入, 为脑血管疾病急性期及恢复期的干预提供了新的药理依据, 弥补了化学药单一靶点治疗的不足^[69-70]。围绕癫痫等患者生活质量影响显著的疾病, 通过抑制通路及炎症因子释放来缓解症状, 不仅为治疗开辟了新路径, 也为降低药物副作用提供了可能^[71-72]。给药系统优化与多模型验证研究通过结合模型验证效果, 有效解决了黄芩苷生物利用度低、靶向性差的问题, 同时丰富了药理活性评价模型体系^[73]。研究从多维度构建了黄芩苷在神经系统疾病领域的研究体系, 为临床提供了更具针对性的治疗方案, 对推动中医药在神经系统疾病领域的创新发展具有重要学术与临床价值。

3.2.2 新型递药系统开发

(1) 黄芩苷分子自组装: 自组装纳米粒是分子依自身结构特性, 在水溶液或特定介质中自发聚集形成的 1~1 000 nm 纳米尺度颗粒体系, 无需额外载体材料或化学交联剂, 属“药物自身组装”新型纳米递送系统^[74]。在复方研究中, 聚焦煎煮时黄芩苷与其他成分经非共价键自组装形成纳米粒的规律, 分析煎煮时间的影响, 明确了黄芩苷在混悬相与纳米相间的含量差异^[75]。在制剂研发领域采用高速离心-透析法等制备黄芩苷自组装纳米粒等制剂, 成功研制黄芩汤自组装纳米粒凝胶、构建乳糖酸修饰胶束载药系统, 为提升黄芩苷水溶性、稳定性及靶向性提供可行方案^[76-78]。在药理活性及应用研究层面通过建立乙醇胃溃疡等模型, 评价黄芩苷自组装制剂在抗皮肤癣菌等方面的作用, 发现葛根芩连汤中其自组装纳米粒可缓解肠毒性, 为黄芩苷临床应用拓展提供药理学依据, 验证“药辅合一”优势^[79-80]。

(2) “黄芩苷-外泌体”协同调控: “黄芩苷-外泌体”协同调控围绕“活性成分修饰外泌体功能-靶向干预疾病通路”展开。为解决动脉粥样硬化临床

治疗不良反应风险高的问题, 研究以黄芩苷预处理间充质干细胞优化外泌体活性, 通过抑制 NF- κ B 通路, 降低血管平滑肌细胞增殖迁移及炎症因子释放, 在动脉粥样硬化小鼠模型中缓解斑块形成, 为开发低毒高效动脉粥样硬化靶向制剂提供新策略^[81]。在哮喘治疗研究中, 黄芩苷预处理骨髓间充质干细胞来源外泌体, 通过灭活 TLR4 等通路, 逆转哮喘小鼠气道炎症, 同时改善细胞病理状态, 拓展了黄芩苷“免疫调节-外泌体载体”的双重作用模式^[82]。以外泌体为药物递送载体, 利用其靶向性改善黄芩苷水溶性差、生物利用度低等缺陷, 减轻屏障损伤^[83]。此外, 结合黄芩苷相关中药复方通过外泌体途径改善缺血性脑卒中脑损伤, 对推动黄芩苷外泌体递送系统开发具有关键作用。

(3) 黄芩苷负载型功能性水凝胶: 黄芩苷功能性水凝胶具场景适配性与功效侧重, 可满足不同疾病治疗需求。聚焦外用制剂剂型革新, 以复方四黄外洗液为改造对象, 经正交试验优化配方制备凝胶, 既保留原制剂强抑菌活性, 又提升适用性^[84]。在疾病治疗场景中, 采用乳化-蒸发法制备的壳聚糖/二油酰基卵磷脂-黄芩苷纳米水凝胶, 以良好缓释性能, 在大鼠实验性牙周炎模型中有效改善病情^[85]。针对 UVB 诱导的皮肤损伤, 黄芩苷脂质体-温敏凝胶复合递送系统 (BA-LG) 兼具优良皮肤兼容性与持续释药特性, 通过调控炎症因子表达改善皮肤损伤, 为光损伤性皮肤病防护与修复提供新策略^[86]。研究者阐述中药活性成分作为药物递送纳米载体的研究现状, 阐明形成机制, 揭示其在多方面的独特优势, 为中药现代化从单一成分研究向多功能载体系统转型明晰路径^[87]。

(4) 金属有机框架 (MOF): MOF 是由金属离子与有机配体通过配位键组装形成的多孔材料, 具有良好的生物相容性, 研究方向集中于检测和递送 2 个方面, 是当前黄芩苷研究领域核心材料之一^[88]。

① 多功能酶催化生物传感器: 以黑磷量子点掺杂 MOF 与银纳米簇 (AgNCs) 组装成纳米杂化物, 构建双发射荧光传感器, 利用黄芩苷对过氧化氢酶活性的调控作用, 通过荧光信号的改变进行检测, 具备高灵敏度且适用多种场景^[89]。② 特异性荧光识别传感器: 以黄芩苷的顺式二醇结构与硼酸基团产生的效应, 对黄芩苷进行特异性的识别, 该传感器对黄芩苷的检测不受苷元干扰, 实现了黄芩苷与结构

类似物的有效区分,为黄芩苷的专一性检测提供了新的思路^[90]。③疾病靶向治疗:以黄芩苷构建的纳米递送系统,可被骨关节炎病变部位的巨噬细胞特异性摄取,可显著提升黄芩苷在病变部位的生物利用度,发挥抗炎、抗氧化及软骨保护作用,解决了黄芩苷水溶性差、生物利用度低、体内分布广泛导致的治疗效率不足等问题^[91]。

总之,可通过“系统-还原-再整合”思路实现中药多成分协同与现代靶向治疗的整合:先以网络药理学分析葛根芩连汤等复方中黄芩苷与其他成分的协同网络,再经分子对接、KEGG 通路分析识别白细胞介素(IL)-6、肿瘤坏死因子(TNF)- α 、半胱天冬酶 3(CASP3)等协同核心靶点群,最后以此为设计共载黄芩苷与槲皮素的脂质体等多功能纳米递送系统,实现传统复方经验向现代精准联合递送的升级。

3.2.3 多组学交叉验证 借助方证代谢组学探究当归六黄汤中干预甲亢药效物质,发现黄芩苷与甲亢代谢标记物相关,可辅助调控代谢通路,进而发挥作用^[92]。结合蛋白质组学、空间代谢组学等,研究黄芩甲醇提取物,发现黄芩苷可穿透肝组织,辅助调控相关代谢与蛋白通路,抑制肝星状细胞活化,发挥抗肝纤维化作用^[93]。运用空间代谢组学进行研究,能精准显示黄芩苷在生物体内的空间分布、含量差异及代谢轨迹,辅助明确黄芩苷靶向作用部位^[94]。基于植物代谢组学,发现黄芩苷是不同产地黄芩叶定量核心指标之一^[95]。还可以通过植物代谢组学筛选差异代谢物,分析产地、生长年限等因素对黄芩苷含量的影响,并结合 HPLC 定量与验证,提升了质量评价的科学性^[96-97]。采用代谢组学分析胁迫下黄芩代谢变化,发现黄芩苷含量随胁迫程度增强呈“先升高后降低”趋势,证实适度胁迫可促进黄芩苷合成积累,以维持活性氧平衡^[98-99]。通过多组学整合鉴定黄芩苷生物合成关键酶与转录因子,明确了合成分子机制,基于该机制构建微生物细胞工厂,实现黄芩苷体外异源合成^[100]。黄芩苷抗病原体感染机制研究运用代谢组学技术揭示其抑制病毒吸附增殖、调控细菌代谢通路的机制,在当前抗微生物耐药性问题显著的背景下,证实了黄芩苷在抗感染领域的应用潜力,丰富了抗感染药物研发的候选库^[101]。

4 结论

黄芩苷研究领域持续受到国内外关注,发文章

稳步攀升,中国作为核心研究力量,与美国等国家建立了紧密的国际合作,在全球研究网络中占据主导地位。研究已形成稳定的核心团队与“核心机构引领、多机构协同”的合作格局,中英文文献研究形成互补格局。当前研究在药理机制上实现多向延伸,肠道菌群调控、肿瘤增敏、炎症免疫调节及神经系统疾病干预成为重点方向;新型递药系统的开发有效突破了黄芩苷水溶性差、生物利用度低的瓶颈。未来需进一步构建协同创新网络,强化多组学、网络药理学等前沿技术的融合应用,以生物信息学预测为指导细化临床转化衔接路径:依托网络药理学预测的黄芩苷作用于缺氧诱导因子 1(HIF-1)、血管内皮生长因子(VEGF)等肿瘤微环境相关通路,优先针对肝癌、肺癌开发靶向肿瘤微环境或癌干细胞的 MOF、外泌体等新型递药系统,利用类器官或人源肿瘤异种移植(PDX)模型开展药效评价,形成“计算预测→制剂设计→模型验证”的转化闭环,深化基础研究与临床转化的衔接,持续挖掘黄芩苷的潜在价值,推动该领域研究向更深层次发展。同时,需关注当前文献量较少但具研究潜力的低频方向,如转录组学分析发现黄芩苷可富集调控病毒性传染病通路及 Toll 样受体信号通路,提示其在抗病毒尤其是禽类病毒领域的独特价值,兽用、抗病毒等方向可作为后续开拓重点,进一步挖掘黄芩苷的多元应用潜力。结合本研究数据缺口,后续可围绕具体研究问题深入探索:(1)黄芩苷调节肠道菌群改善脑缺血的肠-脑轴机制中,哪些菌群代谢物(如短链脂肪酸)通过色氨酸、胆汁酸代谢通路调控神经炎症;(2)黄芩苷的肿瘤化疗增敏作用是否与调控药物代谢-细胞色素 P450 通路相关;(3)溃疡性结肠炎等自身免疫病中,黄芩苷是否通过 Th17 细胞分化通路发挥作用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zhou P, Zhao X N, Ma Y Y, et al. Virtual screening analysis of natural flavonoids as trimethylamine (TMA)-lyase inhibitors for coronary heart disease [J]. *J Food Biochem*, 2022, 46(12): e14376.
- [2] Wang X, Yu J Y, Sun Y, et al. Baicalin protects LPS-induced blood-brain barrier damage and activates Nrf2-mediated antioxidant stress pathway [J]. *Int Immunopharmacol*, 2021, 96: 107725.
- [3] 李萌芳, 胡系意, 陈隆望, 等. 黄芩苷调节 STIM1 介导的钙超载减轻脂多糖诱导的心肌细胞凋亡 [J]. *中华*

- 医学杂志, 2019, 99(40): 3176-3182.
- Li M F, Hu X Y, Chen L W, et al. Baicalin regulates STIM1-mediated calcium overload and reduces apoptosis of cardiomyocytes induced by lipopolysaccharide [J]. Natl Med J China, 2019, 99(40): 3176-3182.
- [4] Dinda B, Dinda M, Dinda S, et al. An overview of anti-SARS-CoV-2 and anti-inflammatory potential of baicalin and its metabolite baicalin: Insights into molecular mechanisms [J]. Eur J Med Chem, 2023, 258: 115629.
- [5] Han S L, Wang W J, Wang S F, et al. Tumor microenvironment remodeling and tumor therapy based on M2-like tumor associated macrophage-targeting nano-complexes [J]. Theranostics, 2021, 11(6): 2892-2916.
- [6] Song L J, Zhu S M, Liu C, et al. Baicalin triggers apoptosis, inhibits migration, and enhances anti-tumor immunity in colorectal cancer via TLR4/NF- κ B signaling pathway [J]. J Food Biochem, 2022, 46(3): e13703.
- [7] Baradaran Rahimi V, Askari V R, Hosseinzadeh H. Promising influences of *Scutellaria baicalensis* and its two active constituents, baicalin, and baicalein, against metabolic syndrome: A review [J]. Phytother Res, 2021, 35(7): 3558-3574.
- [8] Fang P H, Yu M, Shi M Y, et al. Baicalin and its aglycone: A novel approach for treatment of metabolic disorders [J]. Pharmacol Rep, 2020, 72(1): 13-23.
- [9] Liu B, Peng Y, Wang C L, et al. Baicalin prevents experimental autoimmune uveitis by promoting macrophage polarization balance through inhibiting the HIF-1 α signaling pathway [J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 16424.
- [10] Xu J, Liu J L, Yue G L, et al. Therapeutic effect of the natural compounds baicalein and baicalin on autoimmune diseases [J]. Mol Med Rep, 2018, 18(1): 1149-1154.
- [11] 王孝宁, 何苗, 何钦成, 等. 基于文献计量学研究方法的科技论文定量评价 [J]. 科学学与科学技术管理, 2004, 25(4): 15-18.
- Wang X N, He M, He Q C, et al. Quantitative evaluation of scientific papers based on the bibliometrics [J]. Sci Sci Manag S T, 2004, 25(4): 15-18.
- [12] 赵蓉英, 许丽敏. 文献计量学发展演进与研究前沿的知识图谱探析 [J]. 中国图书馆学报, 2010, 36(5): 60-68.
- Zhao R Y, Xu L M. The knowledge map of the evolution and research frontiers of the bibliometrics [J]. J Libr Sci China, 2010, 36(5): 60-68.
- [13] Ninkov A, Frank J R, Maggio L A. Bibliometrics: Methods for studying academic publishing [J]. Perspect Med Educ, 2022, 11(3): 173-176.
- [14] 郭旭东, 晏伟, 席少阳, 等. 21 世纪全球视域下的黄芩科研知识图谱构建及可视化分析 [J]. 中草药, 2023, 54(16): 5296-5311.
- Guo X D, Yan W, Xi S Y, et al. Construction and visual analysis of scientific knowledge map of *Scutellaria baicalensis* from global perspective in 21st century [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2023, 54(16): 5296-5311.
- [15] 惠玉玉, 王敏, 田文丽, 等. 黄芩苷领域的文献计量研究及其可视化分析 [J]. 中南药学, 2022, 20(6): 1448-1453.
- Hui Y Y, Wang M, Tian W L, et al. Bibliometrics and visualization of baicalin related studies [J]. Cent South Pharm, 2022, 20(6): 1448-1453.
- [16] 高风, 郭丽君, 张宏伟, 等. 基于 VOSviewer 和 CiteSpace 中医药领域细胞焦亡的知识图谱分析 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(4): 1098-1107.
- Gao F, Guo L J, Zhang H W, et al. Knowledge graph analysis of pyroptosis research in traditional Chinese medicine based on VOSviewer and CiteSpace [J]. China J Chin Mater Med, 2023, 48(4): 1098-1107.
- [17] Luo Y J, Hu B Q, Yuan Z J, et al. Emerging insights into traditional Chinese medicine associated with neurodegenerative diseases: A bibliometric analysis [J]. J Ethnopharmacol, 2025, 337(Pt 1): 118785.
- [18] Fu R C, Xu H P, Lai Y J, et al. A VOSviewer-based bibliometric analysis of prescription refills [J]. Front Med, 2022, 9: 856420.
- [19] Chang W C, Fraser J H. Cooperate! A paradigm shift for health equity [J]. Int J Equity Health, 2017, 16(1): 12.
- [20] 刘思颖, 邝枣园, 张韧, 等. 黄芩苷对代谢性炎症及肠道菌群的调节作用探讨 [J]. 广州中医药大学学报, 2016, 33(3): 372-376.
- Liu S Y, Kuang Z Y, Zhang R, et al. Regulatory effect of baicalin on metaflammation and intestinal flora [J]. J Guangzhou Univ Tradit Chin Med, 2016, 33(3): 372-376.
- [21] 彭锐, 潘华峰, 吴伟, 等. 从 SRA 信号通路研究黄芩苷对 Ac-LDL+LPS 诱导的与动脉粥样硬化相关的巨噬细胞凋亡的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(8): 3014-3017.
- Peng R, Pan H F, Wu W, et al. Effects of baicalin on macrophage apoptosis regarding atherosclerosis induced by Ac-LDL and LPS from the SRA signal pathway [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2015, 30(8): 3014-3017.
- [22] 张韧, 邝枣园, 黄雅丽, 等. 黄芩苷对小鼠肠道微生态的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2010, 21(2): 123-126.

- Zhang R, Kuang Z Y, Huang Y L, et al. Effect of baicalin on intestinal microflora in mice [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 2010, 21(2): 123-126.
- [23] 邝枣园, 吴伟, 黄衍寿, 等. 黄芩苷抗肺炎衣原体的研究 [J]. 中国微生态学杂志, 2005, 17(2): 87-88.
Kuang Z Y, Wu W, Huang Y S, et al. Study on baicalin against *Chlamydia pneumoniae* [J]. Chin J Microecol, 2005, 17(2): 87-88.
- [24] 沈诗嫻, 管秀璐, 宋秀儒, 等. 黄芩苷对脂多糖诱导大鼠抑郁样行为和神经炎症的调节作用及机制 [J]. 中国药学杂志, 2023, 58(4): 338-346.
Shen S Y, Guan X L, Song H R, et al. Regulating effect and mechanism of baicalin magnesium on lipopolysaccharide-induced depressive behaviors and neuroinflammation in rats [J]. Chin Pharm J, 2023, 58(4): 338-346.
- [25] 金鹏, 许海舰, 徐宝欣, 等. 黄芩苷研究现状及其镁盐研究前景 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(20): 228-234.
Jin P, Xu H J, Xu B X, et al. Research status of baicalin and prospect of its magnesium salt [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2017, 23(20): 228-234.
- [26] 许海舰, 刘一鑫, 刘喜纲, 等. 黄芩苷镁盐和黄芩苷的肠吸收动力学和药代动力学比较 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(4): 78-83.
Xu H J, Liu Y X, Liu X G, et al. Comparison of intestinal absorption kinetics and pharmacokinetics of baicalin magnesium salt and baicalin [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2018, 24(4): 78-83.
- [27] 王雅琪, 焦姣姣, 熊优, 等. 黄芩制剂制备过程成分含量变化及其药效相关性研究 [J]. 中草药, 2018, 49(1): 115-119.
Wang Y Q, Jiao J J, Xiong Y, et al. Correlation between chemical composition and pharmacological activity of *Scutellaria baicalensis* during its preparation process [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2018, 49(1): 115-119.
- [28] 梁新丽, 朱梦良, 招丽君, 等. Caco-2 细胞单层模型研究黄芩提取物中黄芩苷转运机制及白芷提取物对其转运的影响 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(14): 2389-2393.
Liang X L, Zhu M L, Zhao L J, et al. Study on transport mechanism of baicalin in *Scutellariae Radix* extracts and effect of *Angelica Dahurica* extracts on transport of baicalin by Caco-2 cell monolayer model [J]. China J Chin Mater Med, 2013, 38(14): 2389-2393.
- [29] 许润春, 林彦君, 周晓玲, 等. 黄芩苷及其磷脂复合物药效学对比研究: 在体鼻黏膜吸收及不同给药途径抗大鼠脑水肿和神经功能损伤对比 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(17): 132-136.
Xu R C, Lin Y J, Zhou X L, et al. Pharmacodynamics comparison for effects of baicalin and its phospholipid complex on cerebral edema and neurologic impairment by *in vivo* nasal mucosa absorption and other delivery approaches [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2010, 16(17): 132-136.
- [30] Fu S L, Xu L, Li S L, et al. Baicalin suppresses NLRP3 inflammasome and nuclear factor-kappa B (NF- κ B) signaling during *Haemophilus parasuis* infection [J]. Vet Res, 2016, 47(1): 80.
- [31] Xiang H L, Lei H, Liu Z Y, et al. Network pharmacology and molecular docking analysis on molecular targets: Mechanisms of baicalin and baicalein against hyperuricemic nephropathy [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2021, 424: 115594.
- [32] Ye C, Li R Z, Xu L, et al. Effects of Baicalin on piglet monocytes involving PKC-MAPK signaling pathways induced by *Haemophilus parasuis* [J]. BMC Vet Res, 2019, 15(1): 98.
- [33] Wu Z Y, Fan Q Q, Miao Y S, et al. Baicalin inhibits inflammation caused by coinfection of *Mycoplasma gallisepticum* and *Escherichia coli* involving IL-17 signaling pathway [J]. Poult Sci, 2020, 99(11): 5472-5480.
- [34] Bao J X, Wu Z Y, Ishfaq M, et al. Pharmacokinetic/pharmacodynamic profiles of baicalin against *Mycoplasma gallisepticum* in an *in vivo* infection model [J]. Poult Sci, 2021, 100(11): 101437.
- [35] Chen X P, Ishfaq M, Wang J. Baicalin ameliorates *Mycoplasma gallisepticum*-induced inflammatory injury via inhibiting STIM1-regulated ceramide accumulation in DF-1 cells [J]. Poult Sci, 2023, 102(6): 102687.
- [36] 安秀芬, 黄晓鹏, 张霞, 等. 期刊工作文献计量学学术论文的关键词分析 [J]. 中国科技期刊研究, 2002, 13(6): 505-506.
An X F, Huang X L, Zhang X, et al. Analysis on keywords of academic papers on bibliometry documents [J]. Chin J Sci Tech Period, 2002, 13(6): 505-506.
- [37] Liu Y S, Kou Z W. Therapeutic shifts and scientific influence in treatment-resistant depression research: A data-driven perspective [J]. Biol Psychiatry Glob Open Sci, 2025, 6(1): 100610.
- [38] Wang J Y, Dong P, Zheng S Q, et al. Advances in gut microbiome in metabonomics perspective: Based on bibliometrics methods and visualization analysis [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2023, 13: 1196967.
- [39] 令狐婷, 谷绪斌, 常国超, 等. 基于 CiteSpace 的质谱成像技术在药物评价研究中的现状与趋势可视化分析

- [J]. 药物评价研究, 2025, 48(11): 3308-3318.
- Linghu T, Gu X B, Chang G C, et al. Visualization analysis of current status and trends of mass spectrometry imaging in pharmaceutical evaluation based on CiteSpace [J]. Drug Eval Res, 2025, 48(11): 3308-3318.
- [40] 王小娟, 吴伟, 刘云鹤, 等. 基于 CiteSpace 和 VOSviewer 的赤芍研究现状及研究热点可视化分析 [J]. 中草药, 2025, 56(19): 7146-7156.
- Wang X J, Wu W, Liu Y H, et al. Visual analysis of research status and hotspots of *Paeoniae Radix Rubra* based on CiteSpace and VOSviewer [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(19): 7146-7156.
- [41] 王能, 赵祥, 符方智, 等. 乳香相关研究的知识图谱分析: 基于 CiteSpace 的文献计量学研究 [J]. 中草药, 2025, 56(18): 6696-6709.
- Wang N, Zhao X, Fu F Z, et al. Knowledge mapping analysis of research on *Olibanum*: A bibliometric study based on CiteSpace [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(18): 6696-6709.
- [42] 胡霜, 陈杭萍, 蒋国军. 中药通过调节肠道菌群治疗溃疡性结肠炎的研究进展 [J]. 中国现代医生, 2025, 63(29): 96-99.
- Hu S, Chen H P, Jiang G J. Research progress of traditional Chinese medicine in treating ulcerative colitis by regulating intestinal flora [J]. China Mod Dr, 2025, 63(29): 96-99.
- [43] 王尧, 陈果, 张仕杰, 等. 中药通过调节肠道微生物-肠免疫轴治疗溃疡性结肠炎研究进展 [J]. 中草药, 2024, 55(22): 7857-7869.
- Wang Y, Chen G, Zhang S J, et al. Research progress on traditional Chinese medicine in treatment of ulcerative colitis by regulating intestinal microbiota-gut immune axis [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(22): 7857-7869.
- [44] 王伶俐, 邱智东, 王野湛, 等. 半夏泻心汤通过调节肠道菌群治疗溃疡性结肠炎的研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2023, 34(6): 1446-1450.
- Wang L Y, Qiu Z D, Wang Y C, et al. Research progress of *Banxia Xiexin* decoction in treating ulcerative colitis by regulating intestinal flora [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2023, 34(6): 1446-1450.
- [45] 阿地娜·阿不都艾尼, 哈木拉提·哈斯木, 程江南, 等. 基于序贯代谢和 UPLC-Q-OT-qIT MS 的一枝蒿入血成分分析 [J]. 中草药, 2025, 56(20): 7437-7449.
- Adina Abuduaini, Hamulati Hasimu, Cheng J N, et al. Analysis of components absorbed into blood of *Artemisia rupestris* based on sequential metabolism and UPLC-Q-OT-qIT MS [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(20): 7437-7449.
- [46] 王怡俊, 李航铭, 管胜鸿, 等. 基于 SHIME 的清肺合剂化学成分及代谢规律研究 [J]. 中国药理学杂志, 2025, 60(14): 1442-1456.
- Wang Y J, Li H M, Guan S H, et al. Research on the chemical components and metabolic pattern of Qingfei mixture based on the simulator of the human intestinal microbial ecosystem [J]. Chin Pharm J, 2025, 60(14): 1442-1456.
- [47] 刘莹, 贾兰, 张晓喻, 等. 肠道菌群紊乱对泻心汤药效成分大黄素药动学的影响 [J]. 中草药, 2022, 53(16): 5066-5073.
- Liu Y, Jia L, Zhang X Y, et al. Effect of intestinal flora disorder on pharmacokinetics of emodin in *Xiexin Decoction* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2022, 53(16): 5066-5073.
- [48] 王爱婷, 苗增慧, 张颖, 等. 黄芩苷通过调控菌群-胆汁酸-肠屏障缓解二甲双胍诱导的小鼠早期腹泻的机制研究 [J]. 药理学报, 2025, 60(7): 2246-2253.
- Wang A T, Miao Z H, Zhang Y, et al. Mechanism of baicalin in alleviating metformin-induced early diarrhea in mice via modulation of gut microbiota-bile acids-gut barrier [J]. Acta Pharm Sin, 2025, 60(7): 2246-2253.
- [49] 房春娟, 姜雯雯, 马丹丹, 等. 黄芩苷保护 2 型糖尿病大鼠的肠黏膜屏障损伤的作用及机制 [J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(21): 3121-3124.
- Fang C J, Jiang W W, Ma D D, et al. Protective effect and mechanism of baicalin on intestinal mucosal barrier injury in type 2 diabetic rats [J]. Chin J Clin Pharmacol, 2023, 39(21): 3121-3124.
- [50] 徐楚, 田晔. 加味四妙勇安汤调节肠道菌群治疗高尿酸血症的网络药理学分析 [J]. 中国微生态学杂志, 2024, 36(11): 1267-1275, 1288.
- Xu C, Tian Y. Network pharmacological analysis of modified *Simiao Yong'an* Decoction in regulating gut microbiota for the treatment of hyperuricemia [J]. Chin J Microecol, 2024, 36(11): 1267-1275, 1288.
- [51] 韩雪, 唐秋梅, 王巍, 等. 基于肠道菌群探讨黄连解毒汤治疗 2 型糖尿病的作用机制 [J]. 中国中药杂志, 2025, 50(1): 197-208.
- Han X, Tang Q M, Wang W, et al. Mechanism of *Huanglian Jiedu* Decoction in treatment of type 2 diabetes mellitus based on intestinal flora [J]. China J Chin Mater Med, 2025, 50(1): 197-208.
- [52] 郭思齐, 周篷, 朱华旭, 等. 黄连解毒汤调控肠道菌群介导的色氨酸代谢干预帕金森病作用机制研究 [J]. 南京中医药大学学报, 2024, 40(9): 885-895.

- Guo S Q, Zhou P, Zhu H X, et al. Study on the mechanism of Huanglian Jiedu decoction in regulating intestinal microbiota mediated tryptophan metabolism and intervening in Parkinson's disease [J]. *J Nanjing Univ Tradit Chin Med*, 2024, 40(9): 885-895.
- [53] 毛蕾, 何剑炜. 中医药调节肠道微生态干预缺血性脑卒中的研究进展 [J]. *山西中医药大学学报*, 2022, 23(5): 501-504, 510.
- Mao L, He J W. Research progress of Chinese medicine in regulating intestinal microecology to intervene in ischemic stroke [J]. *J Shanxi Univ Chin Med*, 2022, 23(5): 501-504, 510.
- [54] 刘珊, 安倩, 孙琼, 等. 中药调控肿瘤微环境研究进展 [J]. *中医肿瘤学杂志*, 2025, 7(4): 13-25.
- Liu S, An Q, Sun Q, et al. Research progress in the modulation of tumor microenvironment by traditional Chinese medicine [J]. *J Oncol Chin Med*, 2025, 7(4): 13-25.
- [55] 刘梦珂, 纪滢澈, 程林, 等. 黄芩苷抗肿瘤作用机制的研究进展 [J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2021, 41(2): 246-250.
- Liu M K, Ji Y J, Cheng L, et al. Research progress in anti-tumor effect and mechanism of baicalin [J]. *J Shanghai Jiaotong Univ Med Sci*, 2021, 41(2): 246-250.
- [56] Wang R L, Wang C Y, Lu L H, et al. Baicalin and baicalein in modulating tumor microenvironment for cancer treatment: A comprehensive review with future perspectives [J]. *Pharmacol Res*, 2024, 199: 107032.
- [57] 郭昊铭, 李武龙, 汪学鹏, 等. 黄芩苷及其苷配基黄芩素抗肿瘤作用研究进展 [J/OL]. *中药药理与临床*, 1-20 [2025-11-17]. <https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyyl.20250512.002>.
- Guo H M, Li W L, Wang X P, et al. Research progress on the antitumor effects of baicalin and its glycoside base baicalein [J/OL]. *Pharmacol Clin Appl Tradit Chin Med*, 1-20 [2025-11-17]. <https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyyl.20250512.002>.
- [58] 孔邦彦, 魏立彬, 郭青龙. 黄芩苷的抗肿瘤作用研究进展 [J]. *药学学报*, 2021, 56(6): 1537-1543.
- Kong B Y, Wei L B, Guo Q L. Progress in antitumor activity of baicalin [J]. *Acta Pharm Sin*, 2021, 56(6): 1537-1543.
- [59] 刘政翰, 张彦龙, 曾伟民, 等. 酸响应性黄芩苷脂质体抑制肿瘤细胞增殖及其免疫增敏的研究 [J]. *沈阳药科大学学报*, 2024, 41(9): 1236-1243, 1253.
- Liu Z H, Zhang Y L, Zeng W M, et al. Inhibitory effects of acid responsive baicalin liposomes on tumor cell proliferation and immune sensitization [J]. *J Shenyang Pharm Univ*, 2024, 41(9): 1236-1243, 1253.
- [60] 王威锋, 霍思懿, 张彤, 等. 中药活性成分对产 ESBLs 大肠埃希菌增敏效应研究 [J]. *吉林农业科技学院学报*, 2023, 32(2): 5-9.
- Wang W F, Huo S Y, Zhang T, et al. Study on the sensitization effect of active ingredients of traditional Chinese medicine on ESBLs-producing *Escherichia coli* [J]. *J Jilin Agric Sci Technol Univ*, 2023, 32(2): 5-9.
- [61] 褚冬青, 马春宇. 黄芩苷增强阿霉素抗人舌癌细胞活性及其机制研究 [J]. *中药新药与临床药理*, 2019, 30(9): 1062-1068.
- Chu D Q, Ma C Y. Effect of baicalin on activity and mechanism of doxorubicin against human tongue cancer [J]. *Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol*, 2019, 30(9): 1062-1068.
- [62] 闫普普, 朱君, 刘佳丽, 等. 黄芩苷对脂多糖诱导的小鼠炎症的保护作用 [J]. *华中农业大学学报*, 2024, 43(5): 224-233.
- Yan P P, Zhu J, Liu J L, et al. Effects of baicalin on protecting inflammation in mice induced by lipopolysaccharide [J]. *J Huazhong Agric Univ*, 2024, 43(5): 224-233.
- [63] 刘静, 周红蕾, 戈文, 等. 黄芩苷对多杀性巴氏杆菌感染猪巨噬细胞后炎症因子表达及信号通路影响的研究 [J]. *中国预防兽医学报*, 2024, 46(1): 78-83.
- Liu J, Zhou H L, Ge W, et al. Effects of baicalin on expression of inflammatory cytokines and inflammatory signaling pathways in porcine macrophages infected with *Pasteurella multocida* [J]. *Chin J Prev Vet Med*, 2024, 46(1): 78-83.
- [64] 陈会, 夏莲, 王竹辉, 等. 黄芩苷元对妊娠期糖尿病大鼠妊娠结局及免疫调节的实验研究 [J]. *中国实验诊断学*, 2022, 26(12): 1822-1828.
- Chen H, Xia L, Wang Z H, et al. Experimental study of baicalein on pregnancy outcome and immune regulation in gestational diabetic rats [J]. *Chin J Lab Diagn*, 2022, 26(12): 1822-1828.
- [65] 张瀚镭, 陈媛媛, 舒璟, 等. 黄芩苷治疗溃疡性结肠炎的作用机制研究进展 [J]. *湖北科技学院学报(医学版)*, 2024, 38(6): 539-542, 548.
- Zhang H L, Chen Y Y, Shu J, et al. Research progress on mechanism of baicalin in treatment of ulcerative colitis [J]. *J Hubei Univ Sci Technol Med Sci*, 2024, 38(6): 539-542, 548.
- [66] Shen J, Cheng J Z, Zhu S G, et al. Regulating effect of baicalin on IKK/I κ B/NF- κ B signaling pathway and apoptosis-related proteins in rats with ulcerative colitis [J].

- Int Immunopharmacol, 2019, 73: 193-200.
- [67] Zhao J W, Lu F, Yu H L, et al. Proteomic analysis of baicalin intervention on protein expression and modification in the hippocampus of Alzheimer's disease model rat [J]. Int J Neurosci, 2025, 135(7): 797-806.
- [68] Tu L, Wu Z Y, Yang X L, et al. Neuroprotective effect and mechanism of baicalin on Parkinson's disease model induced by 6-OHDA [J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2019, 15: 3615-3625.
- [69] 秦文秀, 孔庆杰, 魏港, 等. 黄芩苷防治脑缺血再灌注损伤的神经保护机制及研究新进展 [J/OL]. 中国全科医学, 1-11 [2025-11-18]. <https://link.cnki.net/urlid/13.1222.R.20250701.1756.002>
- Qin W X, Kong Q J, Wei G, et al. Neuroprotective mechanism and recent advances in research on baicalin for preventing cerebral ischemia-reperfusion injury [J/OL]. Chin Gen Pract, 1-11 [2025-11-18]. <https://link.cnki.net/urlid/13.1222.R.20250701.1756.002>
- [70] 钟文闻, 邹正寿, 向庆伟. 黄芩苷通过 PI3K/Akt/eNOS 通路保护脑微出血大鼠神经损伤 [J]. 天津医药, 2025, 53(5): 468-473.
- Zhong W W, Zou Z S, Xiang Q W. Protective effect of baicalin on nerve injury in rats with cerebral microbleeds through PI3K/Akt/eNOS pathway [J]. Tianjin Med J, 2025, 53(5): 468-473.
- [71] 胡焱, 冯丹, 田佳玉, 等. 黄芩苷通过抑制 TLR2/MyD88/NF- κ B 信号通路减轻带状疱疹后遗神经痛大鼠神经炎症 [J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(24): 6073-6078.
- Hu H, Feng D, Tian J Y, et al. Baicalin reduces neuroinflammation in rats with postherpetic neuralgia by inhibiting TLR2/MyD88/NF- κ B signaling pathway [J]. Chin J Gerontol, 2023, 43(24): 6073-6078.
- [72] Yang J L, Jia Z X, Xiao Z G, et al. Baicalin rescues cognitive dysfunction, mitigates neurodegeneration, and exerts anti-epileptic effects through activating TLR4/MYD88/Caspase-3 pathway in rats [J]. Drug Des Devel Ther, 2021, 15: 3163-3180.
- [73] Cintra L, Yanicostas C, Soussi-Yanicostas N, et al. Effects of baicalin pre-treatment on pentylentetrazole-induced seizures: Insights from zebrafish larvae locomotor behavior and neuronal calcium imaging [J]. Epilepsy Behav, 2024, 157: 109866.
- [74] Amadi E V, Venkataraman A, Papadopoulos C. Nanoscale self-assembly: Concepts, applications and challenges [J]. Nanotechnology, 2022. doi: 10.1088/1361-6528/ac3f54.
- [75] 高湘婷, 贺鹏, 谯茹, 等. 补阳还五汤煎煮过程 2 种相态与成分变化关系研究 [J]. 中草药, 2025, 56(22): 8113-8125.
- Gao X T, He P, Qiao R, et al. Relationship between two phase states and component changes during decoction process of Buyang Huanwu Decoction [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(22): 8113-8125.
- [76] 邵艳寻, 郭切切, 张舒迪, 等. 乳糖酸修饰的黄芩苷自组装胶束载药系统的制备及体外评价 [J]. 中草药, 2021, 52(20): 6216-6225.
- Shao Y X, Guo Q Q, Zhang S D, et al. Preparation and *in vitro* evaluation of self-assembled micellar drug delivery system of baicalin modified with lactobionic acid [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2021, 52(20): 6216-6225.
- [77] Fan Y J, Ou Y Q, Xiao T, et al. Coordination-driven nanomedicine mitigates one-lung ventilation-induced lung injury via radicals scavenging and cell pyroptosis inhibition [J]. Small, 2024, 20(46): e2401056.
- [78] Chen N, Sun H, Wang M X, et al. Baicalin-loaded peony seed polypeptide nanoparticles via a pH-driven method: Characterization, release kinetics, and *in vitro* anti-inflammatory effects [J]. Int J Biol Macromol, 2025, 310(Pt 1): 142958.
- [79] 吴淑洋, 杨晓琴, 成威键, 等. 葛根芩连汤成分间自组装纳米粒改善伊立替康所致肠毒性作用研究 [J]. 中草药, 2024, 55(12): 3987-3997.
- Wu S Y, Yang X Q, Cheng W J, et al. Improvement of irinotecan-induced enterotoxicity by self-assembled nanoparticles between components of Gegen Qinlian Decoction [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(12): 3987-3997.
- [80] 闵红燕, 薛涵, 高聪颖, 等. 黄芩汤自组装纳米粒凝胶的制备及其抗皮肤癣菌作用评价 [J]. 中国医院药学杂志, 2025, 45(19): 2208-2217.
- Min H Y, Xue H, Gao C Y, et al. Preparation of a gel with self-assembled nanoparticles isolated from Huangqin Decoction and the anti-dermatophyte effect [J]. Chin J Hosp Pharm, 2025, 45(19): 2208-2217.
- [81] Yang X C, Wu W, Huang W T, et al. Exosomes derived from baicalin-pretreated mesenchymal stem cells mitigate atherosclerosis by regulating the SIRT1/NF- κ B signaling pathway [J]. Mol Med Rep, 2025. doi: 10.3892/mmr.2025.13491.
- [82] Shen W B, Jia W, Wu Q, et al. Exosomes derived from baicalin-pretreated bone marrow mesenchymal stem cells inactivate the TLR4/MyD88/NF- κ B pathway to improve asthma [J]. Immunobiology, 2025, 230(4): 153103.
- [83] 徐敬娅, 张喜武, 杜园玉, 等. 中医药调控外泌体途径

- 治疗缺血性脑卒中的研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2025, 36(9): 1595-1602.
- Xu J Y, Zhang X W, Du Y Y, et al. Research advances in traditional Chinese medicine regulating exosome pathways for ischemic stroke treatment [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 2025, 36(9): 1595-1602.
- [84] 袁一鸣, 洪慧斯, 辛晓芳, 等. 复方四黄双水凝胶的成型工艺优化、抑菌效果和表征结构研究 [J]. 山东化工, 2024, 53(9): 41-47.
- Yuan Y M, Hong H S, Xin X F, et al. Formulation process and antibacterial effect of compound sihuang hydrogel [J]. Shandong Chem Ind, 2024, 53(9): 41-47.
- [85] 朱文婷, 邹茵, 李晓丹, 等. 黄芩苷纳米水凝胶对大鼠实验性牙周炎的影响 [J]. 医学研究杂志, 2022, 51(9): 128-132, 178.
- Zhu W T, Zou Y, Li X D, et al. Effect of baicalin nanohydrogel on experimental periodontitis in rats [J]. J Med Res, 2022, 51(9): 128-132, 178.
- [86] Liu X, Shu W L, Zhong Q R, et al. A baicalin liposome-based temperature-sensitive hydrogel for treating ultraviolet-induced skin damage [J]. Int J Nanomedicine, 2025, 20: 7935-7951.
- [87] 韩静, 包纯洁, 段嘉伦. 中药活性成分作为药物递送纳米载体的研究进展 [J]. 中草药, 2024, 55(16): 5678-5691.
- Han J, Bao C J, Duan J L. Progress on active ingredients of traditional Chinese medicine as drug delivery nanocarriers [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(16): 5678-5691.
- [88] Lustig W P, Mukherjee S, Rudd N D, et al. Metal-organic frameworks: Functional luminescent and photonic materials for sensing applications [J]. Chem Soc Rev, 2017, 46(11): 3242-3285.
- [89] Jiang X W, Jin H, Sun Y J, et al. Assembly of black phosphorus quantum dots-doped MOF and silver nanoclusters as a versatile enzyme-catalyzed biosensor for solution, flexible substrate and latent fingerprint visual detection of baicalin [J]. Biosens Bioelectron, 2020, 152: 112012.
- [90] Zhu S Y, Sun K M, Liu S Y, et al. Fluorescent distinguishing flavonoid glycosides against aglycones based on the selective recognition of boric acid-functional Eu(III)-organic framework [J]. Talanta, 2025, 286: 127559.
- [91] Huang L L, Yao Y, Ruan Z R, et al. Baicalin nanodelivery system based on functionalized metal-organic framework for targeted therapy of osteoarthritis by modulating macrophage polarization [J]. J Nanobiotechnol, 2024, 22(1): 221.
- [92] 关瑜, 张咏妍, 沈昆双, 等. 基于方证代谢组学的当归六黄汤干预甲状腺功能亢进症的药效物质基础研究 [J]. 中草药, 2025, 56(8): 2735-2747.
- Guan Y, Zhang Y Y, Shen K S, et al. Pharmacodynamic material basis of Danggui Liu Huang Decoction for intervening hyperthyroidism based on chinmedomics [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(8): 2735-2747.
- [93] Yang Y H, Liu Y, Cheng Y J, et al. Multi-omics and experimental analysis unveil the key components in *Scutellaria baicalensis* Georgi to alleviate hepatic fibrosis via regulating cPLA2-mediated arachidonic acid metabolism [J]. J Transl Med, 2024, 22(1): 1138.
- [94] 赵杰, 冯素香. 空间代谢组学在中药研究中的应用 [J]. 中草药, 2023, 54(20): 6569-6579.
- Zhao J, Feng S X. Application of spatial metabolomics in traditional Chinese medicine research [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2023, 54(20): 6569-6579.
- [95] 程鹏飞, 王涛, 陈聪聪, 等. 基于植物代谢组学和靶标定量分析研究山西不同产地黄芩叶化学成分差异 [J]. 药学学报, 2023, 58(7): 1867-1879.
- Cheng P F, Wang T, Chen C C, et al. Study on the differences in chemical composition of *Scutellaria baicalensis* leaves from different origins in Shanxi Province based on plant metabolomics and targeted quantitative analysis [J]. Acta Pharm Sin, 2023, 58(7): 1867-1879.
- [96] 田淑云, 廖朝华, 周紫薇, 等. 植物代谢组学在药材质量评价中的研究进展与展望 [J]. 药学学报, 2022, 57(6): 1734-1749.
- Tian S Y, Liao Z H, Zhou Z W, et al. Research progress and prospects for the use of plant metabolomics in quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials [J]. Acta Pharm Sin, 2022, 57(6): 1734-1749.
- [97] 张娜, 苏凤山, 周园涛, 等. 基于植物代谢组学和指标成分的黄芩药材优质标准研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2681-2688.
- Zhang N, Su F S, Zhou Y T, et al. High quality standard of *Scutellariae Radix* based on plant metabolomics and index components [J]. China J Chin Mater Med, 2022, 47(10): 2681-2688.
- [98] 杜虹韦, 李孟, 娄志红, 等. 干旱胁迫下黄芩代谢变化揭示药材活性成分复杂性的生物学本质 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(24): 148-156.
- Du H W, Li M, Lou Z H, et al. Biological essence of component complexity in herbal medicine: Based on

- changed metabolism of *Scutellaria baicalensis* under drought stress [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2021, 27(24): 148-156.
- [99] 管仁伟, 郭瑞齐, 林慧彬, 等. 基于植物代谢组学技术的干旱及盐胁迫对黄芩中黄酮类成分影响的研究 [J]. 中草药, 2022, 53(5): 1504-1511.
- Guan R W, Guo R Q, Lin H B, et al. Effects of drought and salt stress on flavonoids in *Scutellaria baicalensis* based on plant metabolomics [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2022, 53(5): 1504-1511.
- [100] 高冉冉, 徐志超, 浦香东, 等. 基于多组学的黄芩活性成分生物合成及合成生物学研究进展 [J]. 中国科学 (生命科学), 2021, 51(2): 151-166.
- Gao R R, Xu Z C, Pu X D, et al. Research progress in biosynthesis and synthetic biology of active ingredients of *Scutellaria baicalensis* Georgi based on multi-omics approach [J]. Sci China Ser C, 2021, 51(2): 151-166.
- [101] 程瑶, 王远迎, 姚飞扬, 等. 黄芩苷通过调控 PI3K/Akt 信号通路抑制登革病毒感染诱导的人静脉内皮细胞的自噬 [J]. 南方医科大学学报, 2024, 44(7): 1272-1283.
- Cheng Y, Wang Y Y, Yao F Y, et al. Baicalin suppresses type 2 dengue virus-induced autophagy of human umbilical vein endothelial cells by inhibiting the PI3K/Akt pathway [J]. J South Med Univ, 2024, 44(7): 1272-1283.
- [责任编辑 齐静雯]