

黄精多糖类物质研究现状及发展动态的文献计量学分析

刘晓轩^{1,2}, 张 驰^{2,3}, 黄思琪^{1,2}, 张伟龙^{1,2}, 陈思雅¹, 孔雨朦^{1,2}, 周 敏⁴, 张喜利^{1,2*}, 刘文龙^{1,2*}

1. 湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 410208

2. 中药成药性与制剂制备湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410208

3. 湖南中医药大学第一附属医院, 湖南 长沙 410007

4. 中南大学湘雅二医院 药学部, 湖南 长沙 410011

摘要: 目的 基于 CiteSpace 全面、科学地梳理黄精多糖研究领域的发展脉络和研究趋势、研究热点及前沿, 并进一步分析其薄弱环节, 为未来科学研究、产业发展布局等提供借鉴。方法 利用 Web of Science 核心合集数据库和中国知网 (CNKI) 数据库检索 2000—2023 年发表的与黄精多糖类物质研究相关文献, 使用 CiteSpace 对发文量、共现网络和关键词进行可视化分析, 并结合图谱内容解读其涵义。结果 中、英文文献总体呈现出逐年增长的趋势, 段宝忠和 Huang Luqi、西北农林科技大学和安徽中医药大学分别是中、英文文献发文量最高的作者和机构。黄精多糖药食同源价值发掘、九蒸九制、抗糖尿病研究、肠道微生物群研究、转录组测序分析可能是未来几年的研究热点。提取、炮制及质量控制的标准化方法且药理机制的研究不够深入, 临床和商业应用有限, 畜牧与动物医学领域研究相对缺乏是目前黄精多糖研究的主要薄弱环节。结论 广大科研工作者未来应致力于转录组测序分析生物合成途径及筛选差异基因, 在临床实践中深入探究黄精多糖的药理作用及其临床应用, 开展黄精多糖在畜牧与动物医学领域的研究, 着力研发和推广黄精多糖新型功能性食品和医药产品。

关键词: 黄精多糖; 黄精; CiteSpace; 文献计量学; 可视化图谱; 药食同源

中图分类号: R28 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)21-7130-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.21.022

Bibliometric analysis of current status and development trend of polysaccharide from *Polygonati Rhizoma*

LIU Xiao-xuan^{1,2}, ZHANG Chi^{2,3}, HUANG Si-qi^{1,2}, ZHANG Wei-long^{1,2}, CHEN Si-ya¹, KONG Yu-meng^{1,2}, ZHOU Min⁴, ZHANG Xi-li^{1,2}, LIU Wen-long^{1,2}

1. College of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China

2. Hunan Key Laboratory of Druggability and Preparation Modification of TCM, Changsha 410208, China

3. The First Affiliated Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410007, China

4. Department of Pharmacy, The Second Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410011, China

Abstract: Objective Based on CiteSpace to sort out the development and research trends comprehensively and scientifically, research hotspots, and frontiers in the field of polysaccharide from Huangjing (*Polygonati Rhizoma*), and further analyze its weaknesses, so as to provide a reference for future scientific research and industrial development layout, etc. **Methods** The Web of Science core collection database and CNKI database were used to retrieve the literature related to the research on the *Polygonati Rhizoma* polysaccharide from 2000 to 2023, and CiteSpace was used to visualize the number of articles, co-occurrence networks, and keywords, and to interpret their meanings in the context of the graphical content. **Results** Both Chinese and English literature showed an overall trend of year-on-year growth, with Duan Baozhong and Huang Luqi, Northwest Agriculture and Forestry University of Science and Technology, and Anhui University of Traditional Chinese Medicine as the authors and institutions with the highest number of articles published in Chinese and

收稿日期: 2023-05-20

基金项目: 湖南省自然科学基金项目 (2021JJ30514); 湖南省中医药管理局项目 (2021073); 湖南省中医药管理局项目 (2021204); 湖南省研究生创新项目 (CX20230829); 长沙市自然科学基金项目 (kq2208191)

作者简介: 刘晓轩 (2000—), 男, 硕士研究生, 从事中药药理与毒理研究。Tel: 18873745717 E-mail: liuxiaoxuan0912@163.com

*通信作者: 张喜利, 副教授, 硕士生导师, 从事中药质量研究。Tel: 18229764227 E-mail: xiaoli610@126.com

刘文龙, 教授, 博导, 从事中药质量、中药药理与毒理及药剂学等研究工作。Tel: 13974821547 E-mail: dragon5240@126.com

English, respectively. The discovery of the medicine and food homology value, the nine-steaming and nine-making process, the anti-diabetic study, the study of the intestinal microbiota, and the transcriptome sequencing analysis may be the hot spots of research in the coming years. The lack of standardized methods for extraction, preparation, and quality control, the lack of in-depth research on pharmacological mechanisms, the limited clinical and commercial applications, and the relative lack of research in animal husbandry and animal medicine are the main weaknesses of the current research on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide. **Conclusion** In the future, researchers should focus on transcriptome sequencing to analyze the biosynthetic pathway and its related structural gene functions, explore the pharmacological effects of *Polygonati Rhizoma* polysaccharide and its clinical applications in clinical practice, conduct research on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide in animal husbandry and animal medicine, and invest in the development and promotion of new functional food and pharmaceutical products of *Polygonati Rhizoma* polysaccharide.

Key words: polysaccharide from *Polygonati Rhizoma*; *Polygonati Rhizoma*; CiteSpace; bibliometrics; visual mapping; medicine and food homology

黄精为百合科黄精属植物黄精的干燥根茎，是我国传统药食同源的大宗药材，《中国药典》2020 年版收录的黄精基原植物包括黄精 *Polygonatum sibiricum* Red.、多花黄精 *P. cyrtoneura* Hua 和滇黄精 *Polygonatum kingianum* Collett et Hemsl.^[1]。据《名医别录》记载，黄精具有补气养阴、健脾、润肺、益肾等功效，中医上被广泛应用于脾胃虚弱、体倦乏力、口干食少、肺虚燥咳、精血不足、内热消渴等病症的治疗^[2]。现代药理研究表明，黄精中含有多糖、生物碱、甾体皂苷、氨基酸等多种生物活性成分，可用于多种疾病的预防和治疗^[3]。而黄精多糖 (*Polygonatum* polysaccharide) 被认为是黄精中最重要的一类活性化合物，在抗氧化、调节免疫、抗肿瘤、抗骨质疏松、降血糖、调血脂和抗动脉粥样硬化等方面体现出了较好的应用前景^[4]。

CiteSpace 是一款基于科学文献计量学的知识图谱分析工具，通过计量学、共现分析和聚类分析，对某一知识领域在一定时期内的科学文献中的热点和研究前沿进行分析和可视化^[5]。本研究应用 CiteSpace 6.2.R2 软件分别对国内外 2000 年以来研究黄精多糖物质相关文献的年发文量、共现网络和关键词进行分析，并绘制可视化网络图谱，快速梳理黄精多糖类物质研究的知识基础及发展演化过程，挖掘黄精多糖类物质研究热点并预测其发展趋势，分析中外在黄精多糖类物质研究上的差异及目前存在的薄弱环节，建议未来研究应注重的方向，为广大研究者提供参考，以期拓宽黄精多糖在医药、保健食品等领域的应用，推动中药产业发展和创新。

1 资料与方法

1.1 数据来源

中文文献源于中国知网 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI)，进入高级检索窗

口设定检索条件：主题“黄精多糖”，发表时间设定为 2000 年 1 月 1 日—2023 年 4 月 1 日，共检索得到 981 篇文献。英文文献源于 Web of Science 核心合集数据库，进入高级检索页面设定检索条件：主题“*Polygonatum* Polysaccharide*” and 文献类型“article and review” and 语种“English”，时间跨度为 2000 年 1 月 1 日—2023 年 4 月 1 日，检索得到 189 篇文献。

1.2 纳入标准

稿件以黄精多糖为主题，全文可查。

1.3 排除标准

重复文献；会议论文、科技成果、图书等文献；主要主题与黄精多糖无关或无法评估的文献。

1.4 研究方法

将纳入文献以 Refworks 格式导出，采用 Cite Space 6.2.R2 自带的格式转换功能完成数据转换，去除重复文献和无关文献后中文文献得到 769 条有效题录，英文文献得到 180 条有效题录。利用软件对发文量、作者、发文机构、关键词进行可视化，并针对所获得的结果进行分析。软件参数设置：中文时间分区为 2000—2023 年，英文时间分区为 2004—2023 年，时间切片 (year per slice) 为“1”，术语来源选择“title”“abstract”“author keywords”和“keywords plus”；节点类型 (node types)：作者 (author)、机构 (institution)、关键词 (keyword)。Top N 值设为 50，使用 Pathfinder、Pruning sliced networks 剪裁方式简化整体图谱。图谱中节点及其名称大小表示其出现次数，节点间连线的粗细代表其联系密切程度；节点年轮厚度与文献的出现频次呈正比^[6]。

2 结果

2.1 文献年度分布

对查找到的中、英文文献进行发文量分析，得

到年度发文量(图1)。由图1可知,自2000年起关于黄精多糖研究的中文文献发文量总体呈现上升趋势,主要经历了缓慢增长、波动增长和快速增长3个阶段。2000—2003年为缓慢增长期,在此期间内产出的文献数量较少且均少于10篇,说明黄精多糖研究尚处于起步阶段,并未引起广泛关注。2004—2016年处于波动增长期,2004年中文文献年度发文量突破2位数,并且在此期间内从11篇逐年增加至39篇,但年发文篇数均在50篇以内,说明这段时期内黄精多糖的研究价值开始受到逐步重视,为后续学科研究奠定了坚实的基础。2017—2022年为快速增长期,自2017年开始年度发文量均 ≥ 50 篇,并在2021年达到了97篇,说明近年来黄精多糖研究在过去几年中取得了尤为显著的进展。英文文献首次出现在2004年,年度发文量主要分为2个时间阶段。2004—2017年为缓慢增长期,年度发文量均在5篇以下;2018—2022年为快速增长期,从2018年开始,该领域的发文量大幅上升,其中2022年发文量达到62篇,增幅最大。通过分析文献年度分布可知,随着年份的增加,中英文文献之间的差距有逐渐缩小的趋势,说明针对黄精多糖类物质研究备受关注,预计黄精多糖在未来几年将继续

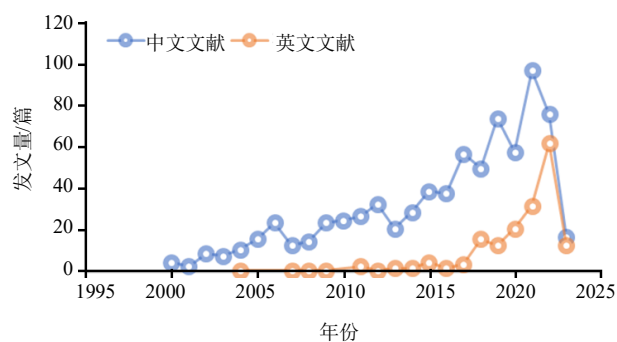


图1 黄精多糖研究中英文文献发文量年度分布情况

Fig. 1 Annual distribution of Chinese and English literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

续保持高水平的研究。

2.2 作者合作网络分析

作者合作图谱是将黄精多糖类物质研究文献的作者作为研究对象,统计在该领域贡献突出的作者,并挖掘具有较高学术价值的论文。其中发文频次高的作者节点间接反映了该作者在某一领域的影响力。对中、英文文献进行作者共现分析,如图2所示,中文图谱选取频数 ≥ 5 的作者进行标注,英文图谱选取频数 ≥ 3 的作者进行标注。相关高频作者见表1、2。

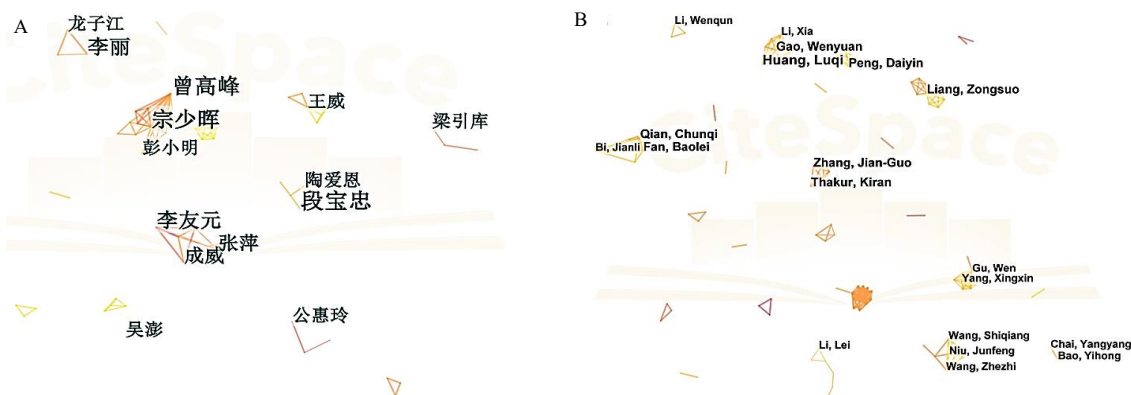


图2 黄精多糖类物质研究中 (A)、英 (B) 文文献作者合作图谱

Fig. 2 Collaborative map of authors in Chinese (A) and English (B) literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

中文图谱共有395个节点,419条连线,显示段宝忠为发文量最高的作者(9篇),其所在单位为大理大学,主要研究领域为中药学、农作物及中医学。中文高产作者存在合作关系,主要形成了以曾高峰、宗少晖、彭小明,李友元、张萍、成威,段宝忠、陶爱恩为主的3个核心研究团队,其中广西医科大学和广西医科大学第一附属医院的曾高峰、宗少晖、彭小明等联系较为紧密,其团队致力于开

展黄精多糖防治骨质疏松的作用及机制研究,探讨了黄精多糖对骨形成相关细胞如成骨细胞和成骨造血干细胞的影响等^[7-8];另外也涉及到黄精多糖调控骨髓间充质干细胞转化的分子机制研究,通过体内外实验证实了黄精多糖具有明显防治骨质疏松症的作用,补充与更新了骨质疏松症防治的传统理论,以此为防治骨质疏松症提供潜在的治疗靶点,开辟了新的研究思路^[9]。但团队与团队之间的合作较少。

表 1 黄精多糖类物质研究中文文献高产作者信息

Table 1 Information on high yield authors in Chinese literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

作者	发表论文数/篇	研究及领域	单位
段宝忠	9	中药学、农作物、中医学	大理大学
曾高峰	8	中药学、外科学、内分泌腺及全身性疾病	广西医科大学
宗少晖	8	外科学、中药学、肿瘤学	广西医科大学第一附属医院
李丽	7	中药学、基础医学、中医学	安徽中医药大学
李友元	7	中药学、神经病学、内分泌腺及全身性疾病	中南大学湘雅二医院
张萍	6	中药学、神经病学、精神病学	中南大学湘雅二医院
成威	6	心血管系统疾病、中药学、急救医学	荆门市第一人民医院
公惠玲	5	中药学、图书情报与数字图书馆、医学教育与医学边缘学科	安徽医科大学
彭小明	5	外科学、中药学、基础医学	广西医科大学第一附属医院
吴澎	5	轻工业手工业、一般化学工业、生物学	山东农业大学
龙子江	5	中药学、中医学、医学教育与医学边缘学科	合肥仟金草生物科技有限公司
陶爱恩	5	中药学、中医学、农作物	大理大学
梁引库	5	中药学、轻工业手工业、有机化工	陕西理工大学
王威	5	中医学、精神病学、神经病学	大连大学附属中山医院

表 2 黄精多糖类物质研究英文文献高产作者信息

Table 2 Information on high yield authors in English literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

作者	发表论文数/篇	单位
Huang Luqi	5	China Academy of Chinese Medical Sciences
Fan Baolei	4	Hubei University of Science & Technology
Thakur Kiran	4	Hefei University of Technology
Liang Zongsuo	4	Zhejiang Sci-Tech University
Peng Daiyin	4	Anhui University of Chinese Medicine
Zhang Jian-Guo	4	Hefei University of Technology
Qian Chunqi	4	Michigan State University
Gao Wenyuan	4	Tianjin University

英文图谱共有 307 个节点，567 条连线，说明发文作者联系较为紧密。Huang Luqi 为发文量最高的作者（5 篇），其单位为中国医学科学院。主要形成了以 Huang Luqi、Qian Chunqi、Thakur Kiran、Niu junfeng 等为核心的主要发文团队，其中 Huang Luqi 团队着重研究不同黄精多糖的特征、糖类图谱以及抗糖基化活性的比较研究^[10-11]，运用高效凝胶渗透色谱法、傅里叶变换红外光谱、抗糖化实验等方法对手段对黄精多糖进行了系统的分析，有助于根据化学成分了解不同黄精多糖的功能和黄精属植物的合理使用和质量控制。

2.3 机构合作网络分析

对中、英文文献进行机构合作网络的可视化图

谱分析，如图 3 所示，中、英文文献均选取频数≥4 的进行标注。相关高产机构（频数≥7）见表 3。

中文文献所得可视化图谱中共包含 444 家研究机构，机构间共有 180 条连线，机构间合作较少，可能是由于各研究机构间研究主题的差异以及地理位置限制；发文量最多的机构是西北农林科技大学（19 篇，占总发文量 2.5%）；其次是中南大学湘雅二医院（13 篇，占总发文量 1.7%）、安徽中医药大学（13 篇，占总发文量 1.7%）、广西医科大学（9 篇，占总发文量 1.2%）。

英文文献所得可视化图谱中共包含 139 家研究机构，机构间有 141 条合作连线，机构间合作较多，发文量最多的机构是安徽中医药大学（16 篇，占总



图 3 黄精多糖类物质研究中 (A)、英 (B) 文文献机构合作图谱

Fig. 3 Collaborative map of institutions in Chinese (A) and English (B) literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

表 3 黄精多糖类物质研究中、英文文献高产机构信息

Table 3 Information on high yield institutions in Chinese and English literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

中文文献机构	频次	中心度	英文文献机构	频次	中心度
西北农林科技大学	19	0	Anhui University of Chinese Medicine	16	0.18
中南大学湘雅二医院	13	0	Chinese Academy of Sciences	12	0.26
安徽中医药大学	13	0	Hunan University of Chinese Medicine	9	0.14
广西医科大学	9	0	Hefei University of Technology	9	0.05
广西医科大学公共卫生学院	9	0	Central South University	7	0.11
广西医科大学第一附属医院	9	0	Yunnan University of Chinese Medicine	7	0.00
成都中医药大学	8	0			
合肥工业大学	8	0			
云南省农业科学院药用植物研究所	8	0			
湖南中医药大学	7	0			
安徽中医药大学药学院	7	0			

发文量 8.9%); 中心度是体现该节点在网络图谱中的重要性指标,中心度值 ≥ 0.1 表示该节点在知识图谱的网络结构中占有重要作用,中国科学院(0.26)、安徽中医药大学(0.18)、湖南中医药大学(0.14)、中南大学(0.11),说明在英文文献中高校间合作紧密且与其他机构有所合作。对比中英文文献机构网络图谱可知,研究机构间的合作可以促进学术交流、提高研究水平并增强国际影响力,推动黄精的研究进展。提示国内研究机构应在跨学科融合、完善管理机制和提升国际交流和视野等方向不断努力。

2.4 关键词共现分析

对文献中高频和高中心度关键词进行分析并以可视化图谱的形式展现出来,可以探寻到该领域的研究热点^[12]。一般节点外圈的紫色年轮代表着中心

度,即 1 个节点作为其他 2 个节点之间最短路径的桥梁的次数,紫色年轮边框的厚度与其中中心度的强度呈正比。中、英文文献构建的可视化图谱如图 4 所示,中文关键词选取频数 ≥ 11 的进行标注,英文关键词选取频数 ≥ 10 的进行标注。中英文文献高频关键词(top 20)信息见表 4。

中文文献可视化图谱中包括 404 个节点,874 条连线,节点间联系较为紧密。结合图谱和检索词对各关键词进一步梳理,包括黄精多糖化学成分和特征研究及质量评价(关键词:化学成分、含量测定、提取、多糖含量、指纹图谱、分离纯化、质量评价、质量标准);黄精多糖的提取、炮制、制备工艺研究(关键词:提取工艺、炮制、九蒸九制、产地加工、工艺优化、制备工艺);黄精多糖的生物活

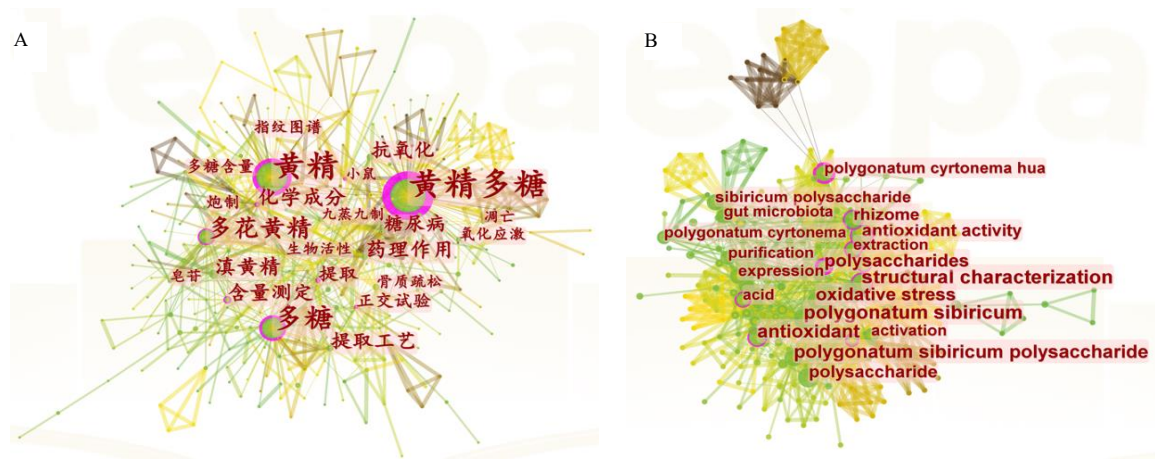


图 4 黄精多糖类物质研究中 (A)、英 (B) 文文献关键词的共现网络

Fig. 4 Co-occurrence network of keywords in Chinese (A) and English (B) literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

表 4 黄精多糖类物质研究中、英文文献高频关键词信息

Table 4 High-frequency keyword informationin Chinese and English literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

中文关键词	频次	中心度	英文关键词	频次	中心度
黄精多糖	323	1.01	<i>Polygonatum sibiricum</i>	22	0.09
黄精	254	0.42	structural characterization	21	0.12
多糖	160	0.33	<i>Polygonatum sibiricum</i> polysaccharide	19	0.08
多花黄精	72	0.15	antioxidant	18	0.09
化学成分	37	0.12	polysaccharides	17	0.26
滇黄精	35	0.06	oxidative stress	17	0.06
药理作用	34	0.07	polysaccharide	15	0.01
含量测定	32	0.12	antioxidant activity	15	0.16
提取工艺	31	0.09	rhizome	13	0.03
抗氧化	30	0.07	sibiricum polysaccharide	12	0.07
糖尿病	27	0.09	expression	12	0.08
提取	25	0.11	<i>Polygonatum cyrtonema</i> Hua	11	0.27
正交试验	20	0.10	activation	11	0.07
炮制	15	0.02	purification	10	0.06
多糖含量	14	0.04	<i>Polygonatum cyrtonema</i>	10	0.08
指纹图谱	14	0.03	acid	10	0.19
骨质疏松	13	0.07	gut microbiota	10	0.06
氧化应激	13	0.02	extraction	10	0.11
生物活性	13	0.07	genus polygonatum	9	0.04
九蒸九制	12	0.02	cells	9	0.09

性和药理作用研究（关键词：生物活性、药理作用、抗氧化、免疫调节、巨噬细胞、氧化应激、抗病毒）；黄精多糖疾病治疗应用研究（关键词：糖尿病、骨质疏松、抗肿瘤、慢性疾病）；不同的黄精属植物及

其多糖类化学成分研究（关键词：黄精属、多花黄精、滇黄精、卷叶黄精）。中文关键词中心度≥0.1 的关键词有黄精多糖(1.01)、黄精(0.42)、多糖(0.33)、多花黄精(0.15)、化学成分(0.12)、含量测定(0.12)、

提取 (0.11)、正交试验 (0.1)、小鼠 (0.1), 且频次均大于 10, 提示中文文献侧重于黄精多糖的化学成分、含量测定、提取以及药理活性研究。

英文文献可视化图谱中包括 299 个节点, 1288 条连线, 各节点间联系紧密, 说明英文文献研究面较广。结合图谱和检索词对各关键词进一步梳理, 包括黄精多糖分子结构及表征研究 (关键词: rhizome、total saponins、chemical composition 等), 该方向的研究主要注重对黄精多糖的提取、纯化和鉴定, 以确定其分子结构、组成和理化性质; 生物活性及药理作用研究 (关键词: antioxidant、oxidative stress、antioxidant activity、antitumor activity、insulin resistance、apoptosis、inflammation 等), 该方向的研究主要探讨黄精多糖对生理机能的作用, 并探索其作为代谢调节剂或者药物的潜在价值; 萃取与纯化工艺研究 (关键词: extraction、purification、optimization 等关键词), 其主要研究黄精多糖的萃取、纯化过程以及制备不同类型的产品工艺; 黄精多糖的疾病治疗应用研究, 包括骨质疏松、急性肾损伤、糖尿病等, 对肠道微生物群的调节作用及对环磷酸胺诱导的免疫抑制保护作用 (关键词: gut microbiota、bone loss、acute kidney injury、mesenchymal stem cells、diabetes mellitus、cyclophosphamide induced immunosuppression)。英

文关键词中中心度 ≥ 0.1 的关键词有 antitumor activity (0.3)、polygonatum cyrtonema hua (0.27)、polysaccharides (0.26)、extract (0.25)、acid (0.19)、antioxidant activity (0.16)、glucose (0.15)、in vitro (0.14)、structural characterization (0.12)、extraction (0.11)、mice (0.11), 提示黄精多糖提取物在抗肿瘤和抗氧化方面体现出了较好的生物活性以及应用前景。

2.5 关键词聚类分析

聚类分析是一种用于将数据点归为相似组的无监督学习方法。在聚类分析过程中, 可以尝试将样本数据分成不同的簇, 以便通过聚类簇来发现数据的内在结构, 从而揭示观察结果之间存在的类似性或差异性。关键词是对文献主题的高度概括和凝练, 不同时期的高频关键词反映该领域研究热点的转变, 同时其聚类视图体现聚类间的结构特征, 突出关键节点及重要连接, 揭示一个知识领域研究主题及其演变进程^[13]。在共现网络的基础上, 采用对数似然比 (log-likelihood ratio, LLR) 算法对中、英文文献关键词分别进行聚类分析, 如图 5 所示。聚类模块值 (Q) > 0.3 表明聚类有效; 聚类轮廓性指数 (S) > 0.7 表明聚类分析结果可信。关键词聚类图谱中有多个聚类相互重叠, 提示重叠部分聚类间联系紧密^[14]。

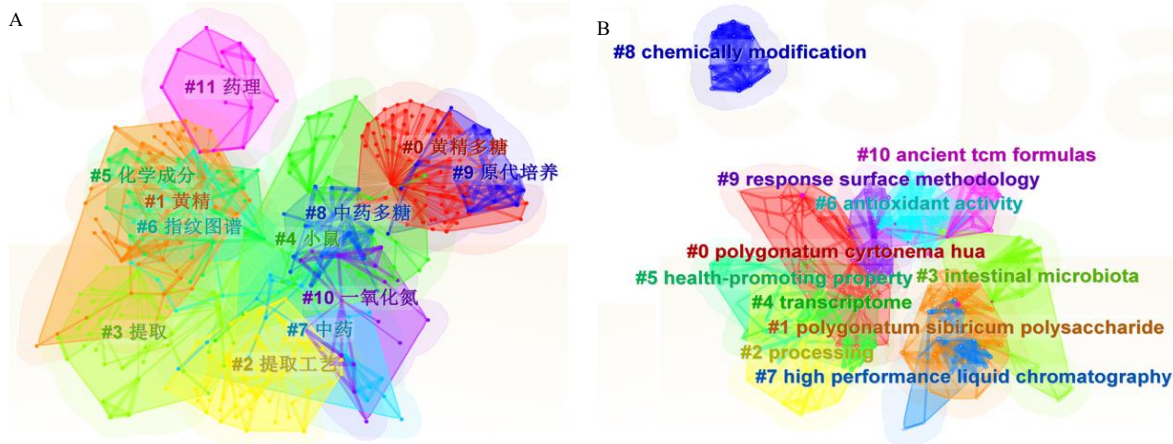


图 5 黄精多糖类物质研究中 (A)、英 (B) 文文献关键词的聚类图谱

Fig. 5 Cluster map of keywords in Chinese (A) and English (B) literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

中文文献纳入关键词 404 个, 连线 874 条, $Q=0.6464$, 表明有聚类意义; $S=0.8867$, 说明聚类分析结果可信。聚类后共得到 12 个标签, 数字越小表示包含的关键词越多^[15]。#0 黄精多糖、#1 黄精、#7 中药、#8 中药多糖反映了黄精多糖研究的主体, 除

了对黄精以及黄精多糖的研究之外, 还有包括黄精多糖在内的中药多糖的药理活性研究, 如中药多糖在防治骨质疏松症、糖尿病以及抗病毒和增强免疫活性和机制研究^[16-18]。#2 提取工艺、#3 提取聚焦于黄精多糖的提取和制备工艺研究, 黄精作为一种重

要的药食同源的中药材，其成分黄精多糖发挥着巨大作用，因此黄精多糖的提取及工艺优化一直备受关注^[19]。#4 小鼠、#9 原代培养、#10 一氧化氮、#11 药理聚焦于黄精多糖药理活性研究，包括围绕建立小鼠模型、细胞原代培养以及测定一氧化氮含量等方面展开相关药理活性实验^[20-21]。#5 化学成分、#6 指纹图谱聚焦于黄精多糖化学成分研究方法，主要有指纹图谱的建立等^[22-23]。

英文文献纳入关键词 299 个，连线 999 条， $Q=0.6664$ ，表明有聚类意义； $S=0.821$ ，说明聚类模块是高效率的。聚类后共得到 11 个标签。#0 *Polygonatum cyrtonema* Hua、#1 *Polygonatum sibiricum* polysaccharide、#10 ancient tcm formulas 反映了在黄精多糖类物质研究的研究对象。#2 processing 聚焦于黄精处理和加工过程黄精多糖产生的化学变化^[24-25]。#3 intestinal microbiota、#4 transcriptome、#5 health-promoting property、#6 antioxidant activity 聚焦于黄精多糖的药理学研究，包括对肠道微生物群的作用、转录组测序分析、对健康的促进作用以及抗氧化活性。#7 high performance liquid chromatography 反映了黄精多糖的测定和分析研究，即运用高效液相色谱法进行黄精多糖的测定和分析^[26-27]。#8 chemically modification 提示对黄精多糖结构的改造，通过化学修饰可以改变黄精多糖的物理性质和化学性质，获得更好的药理活性，从而赋予其新的功能和应用^[28]。#9 response surface methodology 反映了响应面法是黄精多糖提取和制备优化的主要实验设计方法，并且近年来有学者将朗伯-比尔定律和响应面法结合起来建立了一种柱前衍生化的 HPLC 方法，用于多花黄精质量控制^[29-30]。

2.6 关键词突现分析

关键词突现是指关键词在短时间内出现频次显著增加，表明这段时间内对其关注度增高，可以展示不同时期研究热点的转移以及据此判断潜在的发展趋势与前沿研究^[31]。“begin”和“end”分别表示突变的开始时间和结束时间，“strength”是关键词突变强度，强度越高表示影响力越大。蓝色线表示时间间隔，红色线表示关键字突现发生的时间间隔。中、英文文献关键词突现可视化图谱如图 6、7 所示。

在 20 多年的发展过程中，中文文献共出现 25 个突现词，涵盖了黄精多糖类型及其来源、黄精多糖组成与结构分析、黄精多糖的生物活性及其机制、

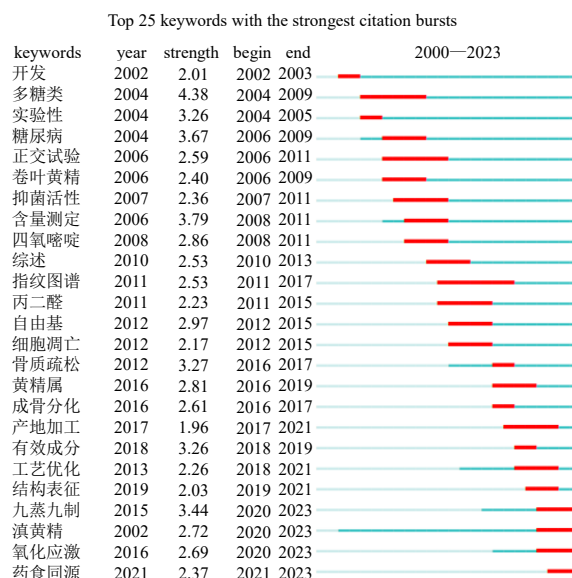


图 6 黄精多糖类物质研究中文文献关键词突现图谱

Fig. 6 Keyword emergence map of Chinese literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

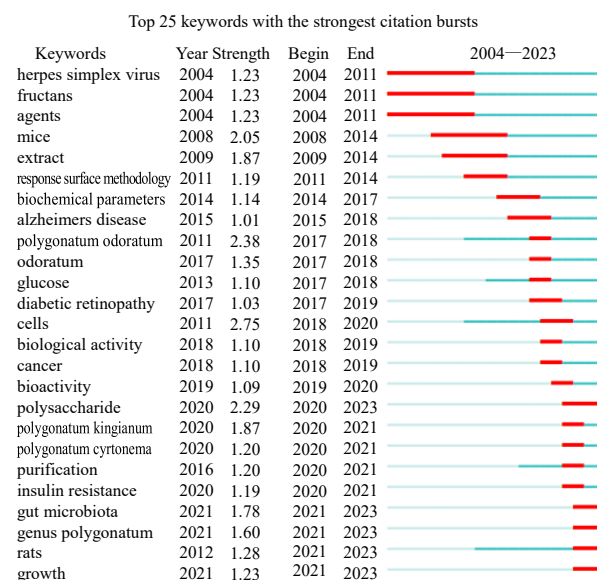


图 7 黄精多糖类物质研究英文文献关键词突现图谱

Fig. 7 Keyword emergence map of English literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

黄精多糖疾病治疗应用、黄精多糖的生产及品质控制等方面。2002—2011 年主要集中于黄精多糖的开发和含量测定研究、运用正交试验优化黄精多糖的提取分离、通过建立动物模型验证黄精多糖的药理作用以及黄精多糖抑菌、抗炎、抗氧化研究（关键词：开发、含量测定、正交试验、实验性、糖尿病、四氧嘧啶和抑菌活性）。2012—2017 年研究热点逐

渐转移到指纹图谱研究、黄精多糖对细胞凋亡的干预研究（主要有心肌细胞、神经细胞、成骨细胞、海马细胞、外周血淋巴细胞等）以及治疗骨质疏松症和肝肾损伤的作用及机制研究等方面（关键词：指纹图谱、细胞凋亡、丙二醛、骨质疏松和成骨分化）。2018—2023 年随着对黄精多糖的研究不断加深，研究者也逐渐将目光投入到黄精多糖的开发利用，包括产地加工炮制一体化工艺研究和药食同源研究。并且可以看出九蒸九制作为近几年突现强度最高的关键词可能成为下一个研究热点，而滇黄精、氧化应激、药食同源作为近年来突现强度较高的关键词值得关注（关键词：产地加工、工艺优化、九蒸九制、滇黄精、氧化应激和药食同源）。

英文文献共出现 25 个突现词，近年来研究热点持续研究时间不长。2004—2014 年，早期英文文献关注于黄精多糖的提取制备工艺优化、抗疱疹活性研究和其他药理活性研究（关键词：herpes simplex virus、fructans、agents、mice、extract、response surface methodology）。2015—2020 年聚焦于探索黄精多糖的生物活性及其对疾病的治疗作用和机制研究，包括阿尔茨海默病、糖尿病性视网膜病变以及癌症等（关键词：Alzheimer's disease、glucose、diabetic retinopathy、cells、biological activity、cancer、bioactivity）。2021—2023 年研究热点逐渐转移到黄精属植物多糖的提取、纯化、结构特征及生物活性，

抗糖尿病活性以及调节肠道微生物群（关键词：polysaccharide、polygonatum kingianum、polygonatum cyrtonema、purification、insulin resistance、gut microbiota、genus polygonatum、rats）。

2.7 关键词时间线图分析

时间线图可展现各个研究热点的时间跨度以及不同研究热点之间的相互联系^[32]，进而展示近 20 多年黄精多糖类物质研究热点变化及未来研究趋势。利用软件以每 1 年作为 1 个时区，将所纳入 404 个关键词结合发表时间和聚类得出 2000 年至今黄精多糖类物质研究中文文献关键词时间线图（图 8）。结果显示，提取、加工、工艺、响应面、动物模型、药理、抑菌等相关关键词在时间线图中分布均匀，说明黄精多糖的提取、分离、炮制、加工工艺优化、质量评价、药理活性及疾病治疗应用等一直是黄精多糖研究的热点。而含量测定等相关关键词主要分布在时间线的前中期，说明基础研究近期遇冷。与突现词结合分析，九蒸九制、药食同源、食品开发等相关关键词主要分布在时间线的中后期，说明黄精多糖的药食同源价值发掘、九蒸九制是此领域新兴的研究热点。

将所纳入 299 个关键词结合发表时间和聚类得出 2000 年至今黄精多糖类物质研究英文文献关键词时间线图（图 9）。研究显示，肠道菌群、转录组、抗氧化活性等相关关键词在时间线的前、中、后期均有

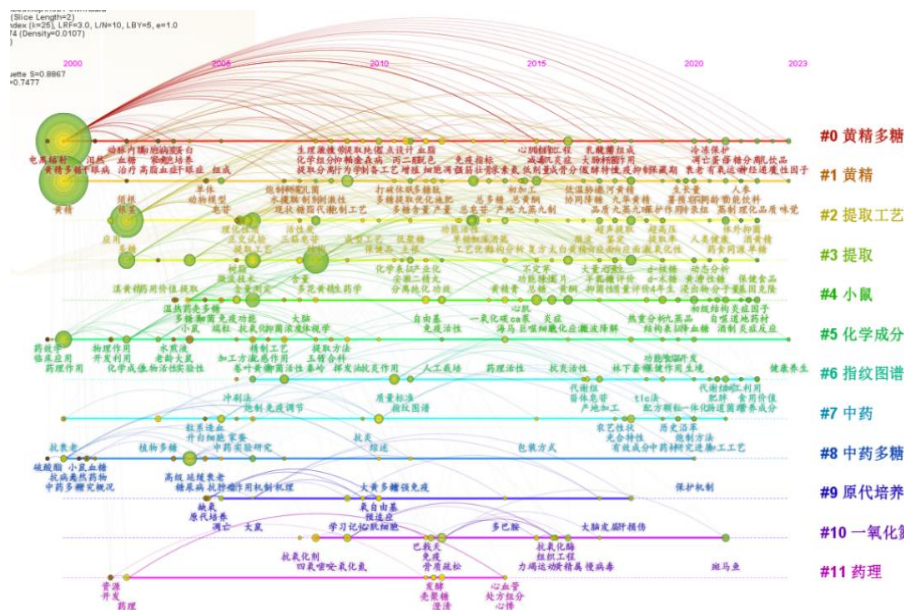


图 8 黄精多糖类物质研究中文文献关键词时间线图

Fig. 8 Timeline of keywords in Chinese literatures on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

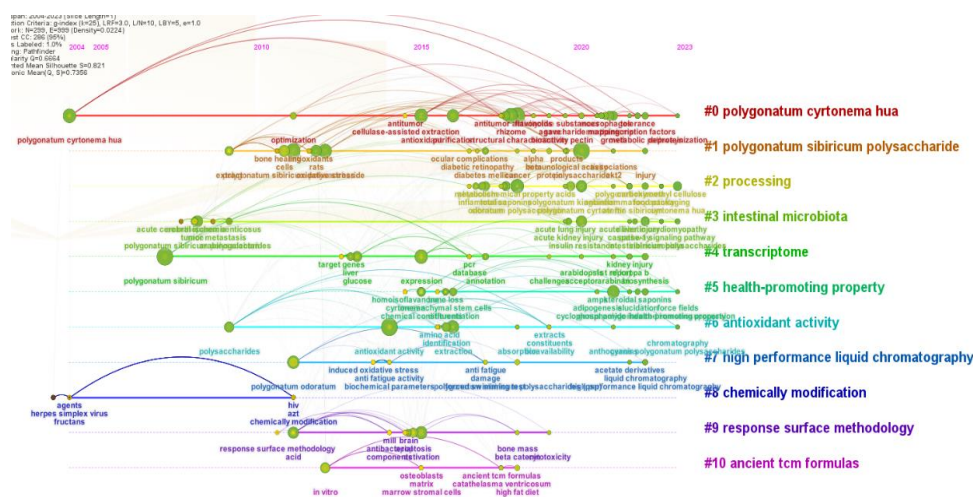


图 9 黄精多糖类物质研究英文文献关键词时间线图

Fig. 9 Timeline of keywords in the English literature on *Polygonati Rhizoma* polysaccharide research

分布,说明黄精多糖对肠道菌群的调节、转录组测序分析及抗氧化活性等一直是黄精多糖研究的热点。并且加工处理、肠道菌群、转录组、保健食品等关键词主要集中于时间线的后期,说明黄精多糖的加工处理、肠道微生物群研究、转录组测序分析以及药食同源价值发掘最有可能是此领域未来的研究趋势。

3 讨论

CiteSpace 相对传统的通过阅读大量相关文献来建立对该领域的系统认识的方法,具有能快速提取文献中的有效信息反映到知识图谱上,从而较为客观、全面地分析该领域的学术知识基础、研究热点、未来趋势等优势。通过 CiteSpace 的文献可视化功能,解读黄精多糖类物质研究热点、发展趋势并探寻未来发展方向。

从发文量来看,中英文文献均总体呈现出逐年增长的趋势,并且随着年份的增加,中英文文献数量之间的差距有逐渐缩小的趋势,预计黄精多糖在未来几年中将保持高水平的研究态势,这将对未来黄精多糖进一步推广和应用提供参考依据。段宝忠和 Huang Luqi 分别是中、英文文献发文量最高的作者;西北农林科技大学和安徽中医药大学分别是中、英文文献发文量最高的机构。总体来说,中文文献中各机构之间联系较少,提示研究机构间的合作可以促进学术交流、提高研究水平并增强国际影响力,推动研究进展。根据关键词分析,中英文文献都着重于从不同角度探究黄精多糖类物质,包括化学成分、含量测定、生物活性和药理作用等方面,并涉及到其在抗氧化、抗糖尿病、抗骨质疏松

等方面的作用。然而,英文文献具体涉及了抗痨疹活性研究、肠道微生物相关研究、对疾病的治疗作用和机制研究,包括阿尔茨海默病、糖尿病合并视网膜病变以及癌症等。中文文献则更侧重于传统的提取、炮制加工工艺、药食同源价值、对细胞凋亡的干预研究以及治疗骨质疏松症和肝肾损伤的作用及机制研究等方面。关键词分析提示,黄精多糖的药食同源价值发掘、九蒸九制、抗糖尿病研究、肠道微生物群研究、转录组测序分析可能是未来几年的研究热点。

对本研究纳入的文献进行可视化分析结合当前中药多糖研究现状不难发现黄精多糖仍有许多理论和实际问题需要解决,主要包括以下 3 点。第一,缺乏提取、炮制及质量控制的标准化方法并且药理机制的研究不够深入,许多目标靶点的分子机制尚不清晰。制定分离提纯、炮制加工以及质量控制的标准化方法对提高生产效率、稳定性、产品品质一致性以及产品的安全性和有效性有着重要的影响。深入研究其生物活性的确切机制和构效关系有望将黄精多糖开发成为治疗糖尿病、阿尔茨海默病、骨质疏松症、心血管系统疾病等方面的理想辅助治疗药物,具有广阔的开发应用前景^[33]。第二,临床和商业应用有限。尽管已有黄精多糖药理活性和作用机制的体外研究,但其临床研究及应用较少。而同样为中药多糖的香菇多糖联用化学药治疗恶性胸腔积液及多种癌症已见较多报道且获得了较好的疗效^[34-35]。并且,基于黄精多糖药食同源的属性,应鼓励功能性食品和医药产品的开发,积极开展安

全科学的临床试验,有利于促进中药与现代化的结合与发展。目前市场上以灵芝多糖、人参多糖、黄芪多糖、枸杞多糖等为主要原料的功能性食品较为常见^[36],虽然已有黄精酒、黄精茶、黄精果脯、黄精乳制品等产品产出,但目前仍处于发展阶段,市场知名度、市场份额较低,黄精多糖食品的开发和推广任重而道远。第三,畜牧与动物医学领域研究相对缺乏。由于中药多糖具有免疫调节、抗氧化、抗菌、降血糖等多种生物活性,被广泛应用于畜牧与动物医学领域,并取得了较好的效果。例如,黄芪多糖因其调节肠道菌群平衡和增强机体免疫力等诸多功效被发现在养猪业、养禽业及水生动物等多个大经济动物的养殖或临床领域获得了广泛应用^[37]。枸杞多糖也被发现在肉鸡及水产养殖中能够有效提升养殖产品的肉质、色泽等各项生物指标及产量,降低病害的侵扰^[38]。然而黄精多糖在此领域鲜有报道,但已有研究为其在此领域的应用提供了理论基础,前景可观。

4 结论

本研究采用文献计量学方法,通过对过去 20 多年研究文献的可视化分析,展示了黄精多糖的主要研究内容、研究热点及发展演进过程。黄精多糖研究经历了缓慢上升期、波动增长期,目前处于快速增长阶段。关键词突现及演化预测图谱显示黄精多糖的药食同源价值发掘、九蒸九制、抗糖尿病研究、肠道微生物群研究、转录组测序分析可能是未来几年的研究热点。

分析目前黄精多糖研究的主要薄弱环节及未来的研究热点,提示广大科研工作者未来应致力于以下几方面:(1)通过转录组测序分析生物合成途径及筛选差异基因,探究黄精多糖的生物合成及调控机制;(2)完善黄精多糖治疗糖尿病、阿尔茨海默病、骨质疏松症、心血管系统疾病及对肠道微生物群的影响等的分子机制研究,在临床实践中深入研究黄精多糖的药理作用及其临床应用;(3)开展黄精多糖在畜牧与动物医学领域的研究,探索其在养猪业、养禽业及水生动物等大经济动物的养殖中的价值;(4)加强黄精多糖新型功能性食品和医药产品的研发及推广,实现黄精多糖药食同源价值最大化。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 陆佳岑,薛畅,姜程曦.黄精及有效成分抗衰老作用机

制的研究进展[J].中草药,2023,54(14):4732-4739.

- [2] 徐宇琳,王元忠,杨美权,等.黄精的本草考证及民族用法[J].中国实验方剂学杂志,2021,27(17):237-250.
- [3] Zhao P, Zhao C C, Li X, et al. The genus *Polygonatum*: A review of ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 214: 274-291.
- [4] 田磊,柳春燕,韩军,等.黄精多糖结构特征及其生物活性研究进展[J].天然产物研究与开发,2023,35(3):519-530.
- [5] Chen C M. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2004, 101(Suppl 1): 5303-5310.
- [6] 陈定芳,吴月峰,李海英,等.基于CiteSpace文献计量法的中西医治疗痉挛型脑瘫文献可视化图谱分析[J].中草药,2021,52(14):4318-4326.
- [7] 曾高峰,宗少晖,邹斌,等.黄精多糖对小鼠骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化中 ALP 和 BGP 表达的影响[J].中国骨质疏松杂志,2014,20(7):779-783.
- [8] 曾高峰,宗少晖,邹斌,等.黄精多糖对小鼠骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化中 PINP 和 BMP-2 表达的影响[J].天然产物研究与开发,2014,26(8):1188-1192.
- [9] 农梦妮,曾高峰,宗少晖,等.黄精多糖调控骨髓间充质干细胞向成骨细胞分化[J].中国组织工程研究,2016,20(15):2133-2139.
- [10] Zhao P, Li X A, Wang Y, et al. Characterisation and saccharide mapping of polysaccharides from four common *Polygonatum* spp. [J]. *Carbohydr Polym*, 2020, 233: 115836.
- [11] Zhao P, Li X, Wang Y, et al. Comparative studies on characterization, saccharide mapping and antiglycation activity of polysaccharides from different *Polygonatum* ssp. [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2020, 186: 113243.
- [12] 陈芳,张士靖.基于知识图谱的我国医院图书馆研究热点和前沿分析[J].中华医学图书馆情报杂志,2016,25(8):19-23.
- [13] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [14] 李浩林,雒扬,李伟青,等.2000—2022 年中医药调控骨代谢研究文献可视化分析[J].中国中医药信息杂志,2023,30(8):56-62.
- [15] 张妮,王婧媛.基于 CiteSpace 的知识图谱国内外研究热点分析与趋势展望[J].情报资料工作,2017(3):33-41.
- [16] 李晓东,李娟,杨丽霞,等.中药植物多糖降血糖作用的研究进展[J].甘肃中医,2010,23(11):77-80.
- [17] 刘广臣,张红梅,杨帆,等.中药多糖防治骨质疏松症作用及机制的研究进展[J].中草药,2022,53(12):3831-3841.

- [18] 赵晋明. 应用中药多糖治疗糖尿病的研究概述 [J]. 山西医药杂志, 2016, 45(18): 2137-2139.
- [19] 王洁琼, 闵清. 黄精多糖提取工艺及药理作用研究进展 [J]. 湖北科技学院学报: 医学版, 2022, 36(6): 538-541.
- [20] 朱烨丰, 刘季春, 何明. 黄精多糖预处理对乳鼠心肌细胞缺氧/复氧损伤的保护作用 [J]. 南昌大学学报: 医学版, 2010, 50(3): 29-32.
- [21] 叶素英, 周艳阳, 叶绍凡. 黄精多糖对大强度训练大鼠血红蛋白、乳酸及脑组织抗氧化能力、一氧化氮体系的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2014, 34(23): 6706-6708.
- [22] 周忠瑜, 杜泽飞, 蒲婷婷, 等. 基于化学计量学的多花黄精多糖部分酸水解产物 PMP-HPLC 指纹图谱构建 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 284-290.
- [23] 李帆. 九华黄精遗传多样性及 HPLC 特征图谱研究 [D]. 温州: 温州大学, 2021.
- [24] Jin J A, Lao J A, Zhou R R, *et al.* Simultaneous identification and dynamic analysis of saccharides during steam processing of rhizomes of *Polygonatum cyrtoneura* by HPLC-QTOF-MS/MS [J]. *Molecules*, 2018, 23(11): 2855.
- [25] Luo L, Qiu Y X, Gong L M, *et al.* A review of *Polygonatum* Mill. genus: Its taxonomy, chemical constituents, and pharmacological effect due to processing changes [J]. *Molecules*, 2022, 27(15): 4821.
- [26] Xu S, Bi J L, Jin W F, *et al.* Determination of polysaccharides composition in *Polygonatum sibiricum* and *Polygonatum odoratum* by HPLC-FLD with pre-column derivatization [J]. *Heliyon*, 2022, 8(5): e09363.
- [27] Hu J Y, Cheng H, Xu J, *et al.* Determination and analysis of monosaccharides in *Polygonatum cyrtoneura* Hua polysaccharides from different areas by ultra-high-performance liquid chromatography quadrupole trap tandem mass spectrometry [J]. *J Sep Sci*, 2021, 44(18): 3506-3515.
- [28] Liu X X, Wan Z J, Shi L, *et al.* Preparation and antihyperlipidemic activities of chemically modified polysaccharides from *Polygonatum cyrtoneura* Hua [J]. *Carbohydr Polym*, 2011, 83(2): 737-742.
- [29] Ni H Y, Xu S W, Gu P F, *et al.* Optimization of preparation conditions for CTAB-modified *Polygonatum sibiricum* polysaccharide cubosomes using the response surface methodology and their effects on splenic lymphocytes [J]. *Int J Pharm*, 2019, 559: 410-419.
- [30] Liu H, Zhao Y Y, Chen L J, *et al.* A novel method for the pre-column derivatization of saccharides from *Polygonatum cyrtoneura* Hua by integrating lambert-beer law and response surface methodology [J]. *Molecules*, 2023, 28(5): 2186.
- [31] 王艳秋, 孟翔鹤, 秦静波, 等. 基于 Citespace 的中医药治疗过敏性紫癜可视化分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(10): 173-179.
- [32] 魏燕, 童丽梅, 王熙玮, 等. 枸杞多糖类物质研究现状及发展动态的文献计量学分析 [J]. 中草药, 2022, 53(24): 7843-7854.
- [33] 罗婷, 罗丹, 甘露. 黄精多糖的现代药理作用研究进展 [J]. 临床合理用药, 2023, 16(2): 177-180.
- [34] 赵军. 香菇多糖联合奥沙利铂治疗恶性胸腔积液疗效观察 [J]. 实用医学杂志, 2010, 26(14): 2631-2633.
- [35] 李佳阳. 香菇多糖联合 TA 方案化疗治疗晚期乳腺癌的临床观察 [J]. 中国卫生标准管理, 2018, 9(1): 84-86.
- [36] 段晨晨, 赵文晓, 吕琴, 等. 药食同源类中药多糖在功能性保健食品方面的药理作用研究进展 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, 24(10): 3844-3850.
- [37] 李金泽, 李梦蕊, 李永霞, 等. 黄芪多糖在动物疾病与保健中的应用 [J]. 当代畜牧, 2023(1): 72-74.
- [38] 王大会, 胡强, 李泰君. 枸杞及枸杞多糖在水产养殖中的应用分析 [J]. 江西水产科技, 2020(3): 43-45.

[责任编辑 潘明佳]