

• 数据挖掘与循证医学 •

枸杞多糖中医药研究概况：文献计量学分析

邓清月¹，吕芳¹，董英¹，姚鉴玲¹，单东杰¹，朱彦华²，李仙仙¹，和映玉¹，宋若兰¹，折改梅^{1*}

1. 北京中医药大学中药学院，北京 100029

2. 早康枸杞股份有限公司，宁夏 中卫 750001

摘要：目的 对枸杞多糖的中英文文献进行计量学分析，探究枸杞多糖的研究历史与未来发展趋势。方法 收集整理中国知网（CNKI）与 Web of Science（WOS）数据库核心集中关于枸杞多糖的文献，通过 R 语言环境下的 Bibliometrix 包和 Java 语言环境下的 VOSviewer、CiteSpace 软件，对其进行发文量、作者、发文机构、国家、发文期刊、资助基金、关键词、文献被引频次的可视化分析。根据可视化结果，探讨枸杞多糖的研究概况与未来发展趋势。结果 检索到文献共 1152 篇，其中中文 876 篇，英文 276 篇，2018 年中英文发文总量最高，为 93 篇；中英文发文总量最多的为罗琼，且该作者在枸杞多糖的研究领域具有较大影响力；发文机构中，宁夏医科大学发文量名列前茅，共发表中英文文章共 203 篇；研究枸杞多糖的国家主要是中国，外国在此方面研究较少；收录枸杞多糖相关文章最多的中英文期刊分别是《食品科学》与 *International Journal of Biological Macromolecules*；对枸杞多糖进行资助研究的资金主要是国家自然科学基金；关键词分析显示，枸杞多糖近几年的研究热点主要在肠道菌群、抗氧化活性等方面；引用频次最高的文献主要研究内容为降血糖、调血脂。结论 枸杞多糖的年发文量呈现增长趋势，在国家自然科学基金与地方资金的资助下，以宁夏医科大学为首的高校、科研机构的研究人员对枸杞多糖展开了大量研究。枸杞多糖的研究热点集中在肠道菌群、氧化应激、细胞凋亡、细胞自噬等方面，预测未来研究热点将主要围绕枸杞多糖生理活性与肠道菌群之间的作用机制及具体通路开展。

关键词：枸杞多糖；文献计量学；VOSviewer；Bibliometrix；CiteSpace；可视化分析；研究热点

中图分类号：R284；R285 文献标志码：A 文章编号：0253-2670(2023)09-2852-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.09.018

Overview of traditional Chinese medicine research on *Lycium barbarum* polysaccharides: A bibliometric analysis

DENG Qing-yue¹, LYU Fang¹, DONG Ying¹, YAO Jian-ling¹, SHAN Dong-jie¹, ZHU Yan-hua², LI Xian-xian¹, HE Ying-yu¹, SONG Ruo-lan¹, SHE Gai-mei¹

1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

2. Zaokang GojiBerry Limited Company, Zhongwei 750001, China

Abstract: Objective To explore the research history and future development trends about *Lycium barbarum* polysaccharides, bibliometric methods and technologies were applied to both the Chinese and the English literature about them. **Methods** The literatures on *L. barbarum* polysaccharides from the CNKI database and Web of Science (WOS) core collection database were collected and sorted out. To analyze and visualize the number of publications, authors, published institutions, country, published journals, funding funds, keywords and literature citation frequency, we used Bibliometrix package in the R language environment, VOSviewer and CiteSpace software in the Java environment. According to the visualization results, the research status and future development trend of *L. barbarum* polysaccharides were discussed. **Results** A total of 1152 Chinese and English documents were retrieved, 876 in Chinese and 276 in English. In 2018, the total number of Chinese and English publications was the highest at 93; Luo Qiong had great influence in the field due to her largest publications; Among the published institutions. Ningxia Medical University published the most papers, with a total of 203 Chinese and English articles, ranking first. The country that studied *L. barbarum* polysaccharides is mainly China, and foreign countries have little research in this area. The Chinese and English journals that contain articles on *L. barbarum* polysaccharides most are *Food Science* and *International Journal of Biological Macromolecules* and the funding for *L. barbarum*

收稿日期：2022-09-14

作者简介：邓清月（2000—），女，硕士研究生，研究方向为中药化学。E-mail: deng134340@163.com

*通信作者：折改梅（1976—），博士生导师，研究员，研究方向为中（民族）药药效成分和新药创制研究。

Tel: (010)53912129 E-mail: shegaiimei@126.com

polysaccharides research mainly came from the National Natural Science Foundation of China. Keyword analysis showed that the research hotspots of *L. barbarum* polysaccharides in recent years are mainly in the aspects of gut microbiota and antioxidant activities. And the most cited literature was mainly about hypoglycemic and hypolipidemic. **Conclusions** The annual publication volume of *L. barbarum* polysaccharides showed an increasing trend. With the support of the National Natural Science Foundation of China and local funds, researchers from universities and scientific research institutions headed by Ningxia Medical University have carried out a lot of research on *L. barbarum* polysaccharides. The research hotspots of *L. barbarum* polysaccharides focus on gut microbiota, oxidative stress, apoptosis, autophagy, etc. It is predicted that future research hotspots will mainly focus on the mechanism and specific pathways between the physiological activities and gut microbiota of *L. barbarum* polysaccharides.

Key words: *Lycium barbarum* polysaccharides; bibliometric; VOSviewer; Bibliometrix; CiteSpace; visual analysis; research hotspots

多糖是一种天然的大分子聚合物，易溶于水，广泛存在于植物、动物、真菌体内。近年来，随着对多糖研究的不断深入，发现多糖具有抗氧化、抗肿瘤、降血糖等多种生理活性^[1]，如黄芪多糖具有增强免疫力、抗肿瘤、保护心血管、调节血压等活性^[2]；灵芝多糖具有免疫调节、降血糖、调血脂、抗肿瘤、保护肠道黏膜等活性^[3]；石斛多糖具有调节免疫、抗肿瘤、抗炎等活性^[4]。枸杞子 *Lycii Fructus* 是中国传统的滋补药，首载于《神农本草经》，列为上品，具有滋补肝肾、益精明目的功效^[5]，现代研究表明枸杞子具有降血糖、调血脂、抗肿瘤、抗氧化、调节免疫、保护视网膜细胞等多种功效^[6]。同时枸杞子作为一种常见的药食同源之品被广泛运用于饮食、保健和养生中。枸杞子在传统药用中多采用水煎煮的方式。枸杞多糖是枸杞子水煎煮的主要物质组成，占枸杞子质量的 2%~4%^[7-8]。枸杞多糖主要由葡萄糖、果糖、半乳糖、阿拉伯糖等单糖组成^[9-11]，并且具有抗氧化、抗衰老、抗糖尿病、神经保护、免疫调节、保护肝脏等功效^[12-13]，在食品与药品领域具有巨大的发展潜力^[14]。

文献计量学是一门利用词汇分析、引文分析、共词分析等手段，对文档属性及其相关过程进行计量的学科。对某一领域进行文献计量学分析，可以有助于了解研究中的关系、作者、团队的学术影响等信息，从而对未来的研究方向提供参考^[15]。随着信息时代的来临，与跨学科研究日益增多，文献计量学的研究方法在医药、环境、经济、教育等领域得到新的应用研究。现代文献计量学并不局限于传统的方式，不断发展成为利用计算机软件对数据库中的文献进行网络计量学分析。近期利用计算机操作的 Bibliometrix、VOSviewer、CiteSpace 等文献计量学软件应运而生^[15-16]。

本研究使用文献计量学的方法，收集中国知网 (CNKI) 与 Web of Science (WOS) 数据库中枸杞多

糖的相关文献，运用 VOSviewer、Bibliometrix、CiteSpace 可视化软件对枸杞多糖的发文量、文献作者、发文机构、国家、期刊、资助基金、关键词及文献被引频次与贡献进行分析，从而对枸杞多糖的发展历史进行回顾，进而对枸杞多糖的研究热点及未来发展趋势进行预测，以期后续团队研究枸杞多糖、枸杞子提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源

数据来自 CNKI 和 WOS 数据库。在 CNKI 中设置检索条件为“关键词 (精确)”，检索词选定“枸杞多糖”，学术期刊来源选择“EI 数据库”“CSCD”“CSSCI”，共检索出学术期刊论文与学位论文 999 篇。在 WOS 数据库中设置检索条件为“Author Keywords”，检索式：AK=*Lycium barbarum* AND polysaccharide；AK = goji berry AND polysaccharide；AK = Chinese wolfberry AND polysaccharide；AK = wolfberry polysaccharide；AK = *Lycii fructus* AND polysaccharide，共检索出英文文献 278 篇。

1.2 纳入标准

中医药领域的枸杞多糖研究相关文献。

1.3 排除标准

重复文献；会议论文、科技成果、图书等文献；与中医药领域研究无关的文献，如畜牧业、农业等文献。

1.4 研究方法

相关软件包括 R (4.1.2)、Java (17)、Microsoft Excel (2019)、CiteSpace (6.1.R1)、VOSviewer (1.6.18)、Bibliometrix。

将 xlsx 格式的原始数据用 Microsoft Excel 打开，对中英文文献的发文量、资助资金、发文期刊进行统计整理分析。在 Java 语言环境下运行文献计量学软件 VOSviewer 和 CiteSpace，在 R 语言环境下运

行 Bibliometrix, 将来自 CNKI 与 WOS 的原始数据按照相应格式导入相应的文献计量学软件中, 将作者、发文机构、发文国家、发文期刊、文献被引频次、关键词分别进行可视化, 并针对所获得的结果进行分析。

2 结果

2.1 发文趋势与发文期刊

中文文献中, 排除与中医药无关的文献 123 篇, 共筛选出 876 篇; 英文文献中, 排除 2 篇会议论文, 共筛选出 276 篇; 共纳入枸杞多糖相关文献 1152 篇。将中英文文献原始数据导入 Microsoft Excel,

对历年枸杞多糖的发文量与发文期刊进行统计并制作图表, 见图 1-a、b 和表 1。将导出的英文文献原始数据导入 Bibliometrix 中, 选择“Sources”项下“Source Dynamics”, 得到发文量排名前 5 的期刊的历年发文趋势图(图 1-c)。将导出的英文文献原始数据导入 VOSviewer 中, 选择“Bibliographic Coupling”项下的“Sources”对文献的发文期刊进行可视化分析, 设置期刊最小发文量为 3 篇, 得到 23 个节点, 表明共有 23 个期刊刊登了 3 篇及以上关于枸杞多糖的文章, 并以被引用频次作为指标, 得到图 1-d。

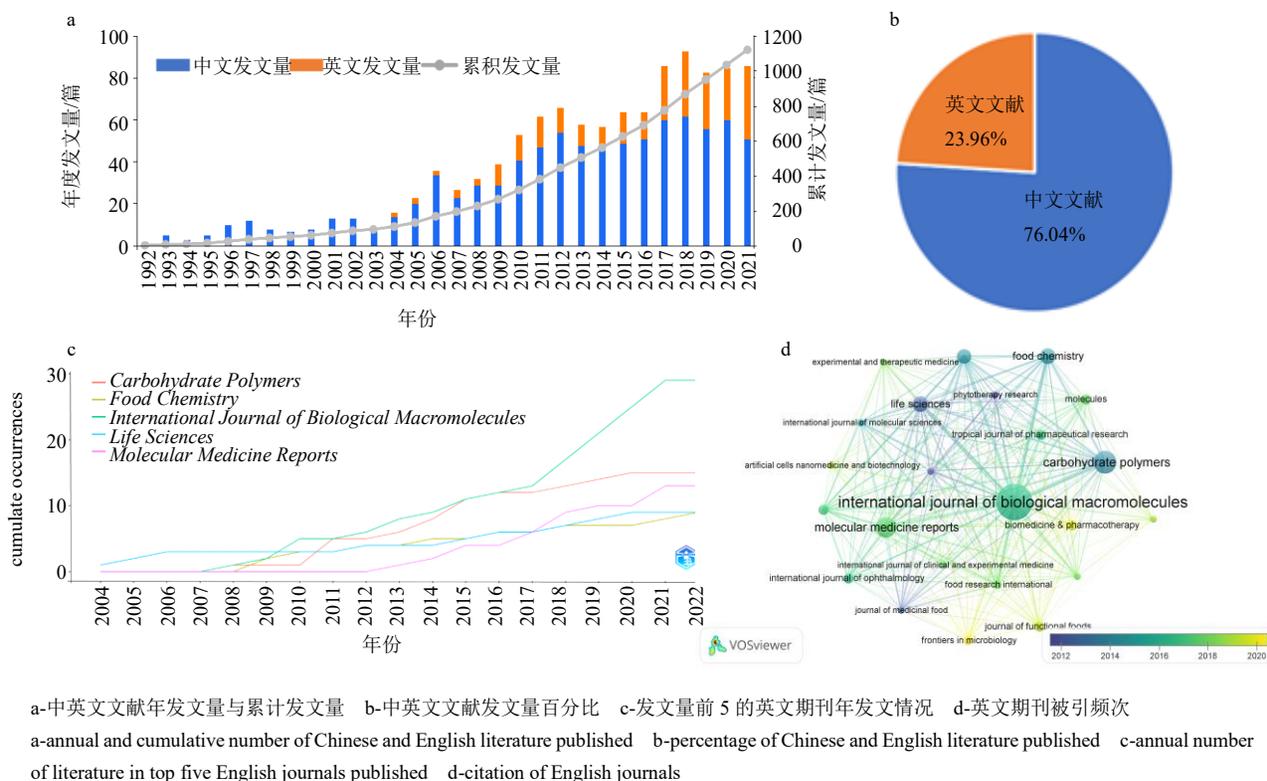


图 1 发文量与发文期刊

Fig. 1 Number of published literature and published journals

关于枸杞多糖的文献, 中文文献占总发文量的 76.04%, 最早发表于 1992 年; 英文文献占总发文量 23.96%, 最早发表于 2004 年。中文文献数量明显高于英文文献数量, 且中文研究早于英文研究。此外, 枸杞多糖的中英文文献发文量呈现上升趋势。2018 年中文发文量最高, 为 62 篇, 2021 年英文发文量最高, 为 41 篇; 2018 年, 枸杞多糖中英文总发文量最高, 共 93 篇。在 2004 年前, 中文发文量呈缓慢增长; 在 2004—2010 年, 中文发文量呈现波动势增长; 从 2010 年起, 关于枸杞多糖的中文文献明显

增多, 每年至少 40 篇。2004—2016 年, 英文发文量在 2009 年出现小增长后趋于稳定; 自 2017 年起, 关于枸杞多糖的英文文献明显增多, 每年至少 25 篇。这可能与 2016—2017 年我国先后颁布《“健康中国 2030”规划纲要》《中医药发展战略规划纲要(2016—2030 年)》《中国的中医药》白皮书和《中华人民共和国中医药法》等政策法规, 中医药事业进入新的历史发展时期有关^[7]。

由表 1 可知, 中文文献主要发表于《食品科学》(35 篇)、《时珍国医国药》(26 篇)、《营养学报》(24

表 1 发文量 top12 期刊
Table 1 Top12 journals in terms of publication volume

序号	中文期刊名称	发文量	英文期刊名称	发文量
1	食品科学	35	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	29
2	时珍国医国药	26	<i>Carbohydrate Polymers</i>	15
3	营养学报	24	<i>Molecular Medicine Reports</i>	13
4	食品研究与开发	22	<i>Food Chemistry</i>	9
5	食品工业科技	18	<i>Life Sciences</i>	9
6	中药材	14	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	8
7	中国老年学杂志	14	<i>Biomedicine & Pharmacotherapy</i>	5
8	食品科技	14	<i>International Journal of Ophthalmology</i>	5
9	中国公共卫生	13	<i>Journal of Functional Foods</i>	5
10	中草药	13	<i>Molecules</i>	5
11	中成药	10	<i>Neural Regeneration Research</i>	5
12	中国实验方剂学杂志	9	<i>Tropical Journal of Pharmaceutical Research</i>	5

篇)、《食品研究与开发》(22 篇)、《食品工业科技》(18 篇);英文文献主要发表于 *International Journal of Biological Macromolecules* (29 篇)、*Carbohydrate Polymers* (15 篇)、*Molecular Medicine Reports* (13 篇)、*Food Chemistry* (9 篇)、*Life Science* (9 篇)。可以发现,枸杞多糖的研究成果多发表在食品、中医药领域的期刊。以英文文献的发文期刊为例, *Food Chemistry* 于 2022 年收录 1 篇关于枸杞多糖的文章, *International Journal of Biological Macromolecules*、*Carbohydrate Polymers*、*Food Chemistry* 于 2021 年分别收录 4、3、1 篇枸杞多糖的文献(图 1-c)。此外,在 2017—2021 年, *International Journal of Biological Macromolecules* 以 4 篇/年的增长速度在 5 年中共收录枸杞多糖相关文献 16 篇。其中 *Food Chemistry*、*Life Science* 期刊所发表的关于枸杞多糖的文献平均被引频次最高(图 1-d)。

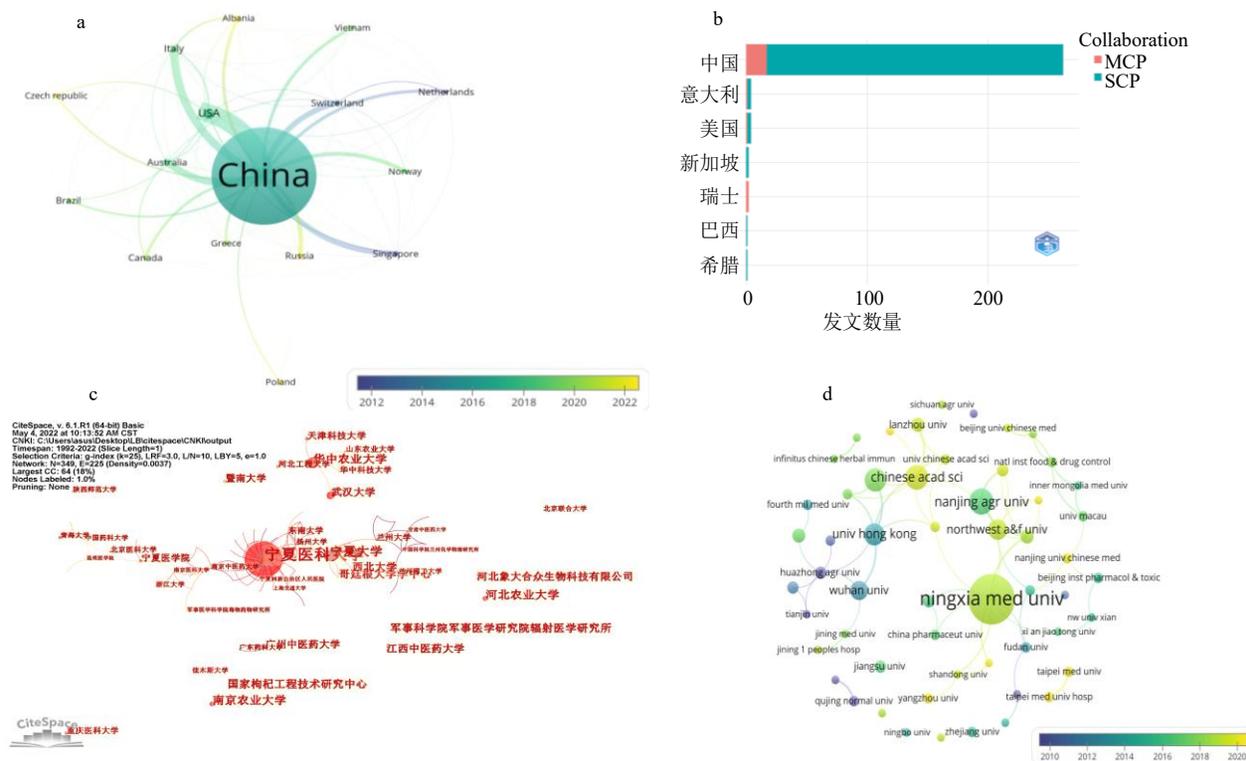
2.2 作者、发文机构、国家分析

将导出的中文文献导入 VOSviewer 中,选择“Co-authorship”项下的“Authors”对文献的作者进行分析,将中文文献原始数据导入 CiteSpace 中,选择“Institution”对文献的机构进行分析。其中,设置每位作者的最小发文量为 3 篇,得到 169 个节点,表明共有 169 位作者;设置每个机构的最小发文量为 4,得到 57 个节点,表明共有 57 个机构发文量在 4 篇及以上。

将导出的英文文献原始数据导入 VOSviewer 中,分别选择“Co-authorship”项下的“Authors”

“Organizations”“Countries”对文献的作者、机构、国家进行可视化分析。其中,设置每位作者最小发文量为 3 篇,得到 59 个节点,表明共有 59 位作者的发文量在 3 篇及以上;设置每个机构最小发文量为 3 篇,得到 55 个节点,表明共有 55 个机构的发文量在 3 篇及以上;设置每个国家的最小发文量为 1 篇,得到 16 个节点,表明共有 16 个国家发表了枸杞多糖的相关文献。将导出的英文文献原始数据导入 Bibliometrix 中,选择“Authors”项下“Corresponding Author’s Country”,得到图 2-b,发现通信作者来自 7 个国家。

图 2-a 呈现了文献所有作者的国籍;图 2-b 显示通信作者的国籍及国际间的合作率, MCP 代表与其他国家作者合作发文的数量, SCP 代表同一国家作者合作发文的数量, MCP ratio 代表在相同国籍中国际合作发文量与发文总量的比值,在一定程度上能够反映国际合作情况。由图 2-a、b 可以发现,在枸杞多糖的相关文献中,中国发文量最多,为 262 篇,其中有 245 篇为国内合作发表, 17 篇为国际合作发表, MCP ratio 为 0.064 9,表明中国在研究枸杞多糖方面的国际合作较少,主要集中在国内合作;其次是美国,共参与发文量 11 篇,其中通信作者国籍为美国的文献共 4 篇;第 3 为意大利,共发文 4 篇,且通信作者均为意大利国籍。截至目前,在枸杞多糖国际合作研究方面,历年来中国与美国合作最多,共合作发文 8 篇。近 3 年间中国与俄罗斯、阿尔巴尼亚、波兰、捷克共和国在枸



a-国家发文合作图 b-通信作者国籍 c-中文文献发文机构共现 d-英文文献发文机构共现 MCP-与其他国家作者合作发文的数量 SCP-同一国家作者合作发文的数量
 a-network map of country cooperation b-corresponding author's country c-co-occurrence map of institutions in Chinese literature d-co-occurrence map of institutions in English literature MCP-number of articles co-authored with authors in other countries SCP-number of articles co-authored by authors in the same country

图 2 发文国家与发文机构共现图

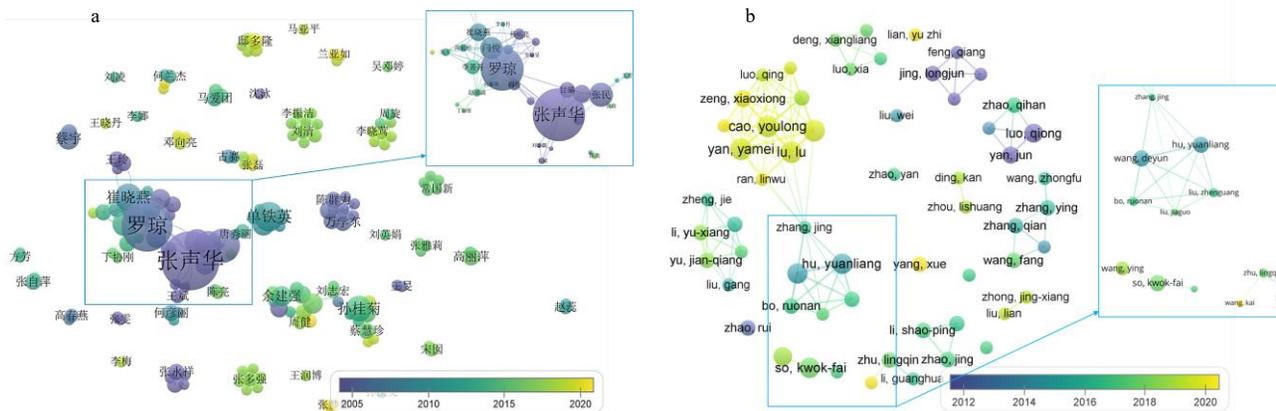
Fig. 2 Co-occurrence map of literature published by countries and institutions

杞多糖方面开展合作。结合图 2-a、b 分析可知，俄罗斯、阿尔巴尼亚、捷克共和国、越南等国枸杞多糖研究方面的文献并非独立研究发文，而是通过与中国进行国际间的合作研究发文。

根据图 2-c、d，枸杞多糖相关中文文献发文数量在 10 篇以上（包括 10 篇）的机构共有 22 个，其中发文最多的是宁夏医科大学（168 篇），此外，宁夏大学（60 篇）、河北农业大学（42 篇）、南京农业大学（42 篇）、华中农业大学（41 篇）、国家枸杞工程技术研究中心（34 篇）的发文量也名列前茅。英文文献发文数量在 10 篇以上（包括 10 篇）的机构共有 6 个，包括宁夏医科大学（35 篇）、南京农业大学（14 篇）、中国科学院（13 篇）等；形成了以宁夏医科大学为主体，南京农业大学、河北农业大学、中国科学院、宁夏大学、华中农业大学等多所高校、研究机构相互合作的研究环境。中英文文献发文总量最高的为宁夏医科大学，表明宁夏医科大学在枸杞多糖研究方面拥有强大的研究团队、深厚

的研究基础与足够的资金支持。另外，大量研究枸杞多糖的机构来自宁夏地区或与宁夏地区有合作，推测因为宁夏作为枸杞的道地产区，在枸杞的研究方面具有巨大优势。

由图 3-a 可知，枸杞多糖相关中文文献发文数量在 10 篇（包括 10 篇）以上的作者为 9 人，前 3 名分别为张声华（33 篇）、罗琼（27 篇）、张民（15 篇）。其中罗琼、张声华的研究团队人数较多且发文量高，且 2 个团队之间有合作。由图 3-b 可知，闫亚美、曹有龙、禄路等发表 8 篇枸杞多糖的相关文献且多为近 3 年发表，苏国辉（SoKwokfai）、王德云、胡元亮等发表了 7 篇枸杞多糖的相关文章。结合图 3-a、b 进行对比分析，罗琼的中英文发文总量最高，共 33 篇（中文 27 篇、英文 6 篇）；同时发现在不同时期，枸杞多糖的研究团队呈现变化趋势。近 3 年的研究团队中，发表中文的团队主要为邓向亮、兰亚如等小团队，而在英文文献中则显示曹有龙、闫亚美等的团队在



a-中文文献作者共现图谱 b-英文文献作者共现图谱
a-co-occurrence map of Chinese literature' authors b-co-occurrence map of English literature' authors

图3 发文作者共现图

Fig. 3 Co-occurrence graph of authors

近几年对枸杞多糖进行了大量研究，另外有杨雪、Lian Yuzhi、王凯等近3年也在发表英文文章。研究表明，不同团队在对研究结果的发表侧重点不同，有的团队着重在中文期刊发文，有的团队着重在英文期刊发文；团队发文总体呈现一种趋向性，研究团队主要先在中文期刊上发文，后在英文期刊上发文。

上述结果分析表明，中国科学家对枸杞多糖开展了大量研究，其中又以宁夏医科大学为首的高校、科研院所为主。

2.3 资助基金与文献被引频次

根据数据库导出的原始数据，导入 Microsoft Excel 进行统计分析，在 CNKI 与 WOS 数据库中，支持枸杞多糖研究的资金最多来自国家自然科学基金，其中中文文献 137 篇、英文文献 110 篇，表明国家自然科学基金委员会大力支持枸杞多糖的研究，从侧面表明枸杞多糖有继续研究的潜力。宁夏自然科学基金资助枸杞多糖研究并发文仅次于国家自然科学基金，其中中文文献 38 篇、英文文献 11

篇。除此之外，湖北、江苏、广东等省市在枸杞多糖研究方面给予资金支持，见表 2。

将英文文献原始数据导入 Bibliometrix 进行可视化分析，分别选择“Documents”项下的“Most Local Cited Documents”与“Most Global Cited Documents”，得到相应的统计数据。“Most Local Cited Documents”表示在导出数据中被引用最多的文献，表示在该领域的影响；“Most Global Cited Documents”表示在 WOS 数据库中被引用最多的文献，表示在所有领域的影响。由表 3 可知，有 7 篇文献均列于“Most Local Cited Documents”与“Most Global Cited Documents”的前 10。其中罗琼于 2004 年发表于 Life Sciences 期刊的文献“Hypoglycemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity of fruit extracts from *Lycium barbarum*”，在本地被引频次与全球被引频次均为最高。上述结果表明，在枸杞多糖的研究领域该文献具有较大影响力。可能原因是该文献主要研究了枸杞子水提液、粗多糖、纯化多糖的降血糖、调血

表 2 中英文文献基金资助情况 (前 7)

Table 2 Funding situation of Chinese and English literature foundation (top seven)

序号	中文文献基金名称	数量	英文文献基金名称	数量
1	国家自然科学基金	137	National Natural Science Foundation of China	110
2	宁夏自然科学基金	38	Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions	12
3	湖北省自然科学基金	16	Ningxia Natural Science Foundation	11
4	国家科技支撑	13	Fundamental Research Funds for The Central Universities	9
5	广东省自然科学基金	12	China Postdoctoral Science Foundation	8
6	国家重点研发计划	9	National Key Research and Development Program of China	6
7	中央高校基本科研业务费	9	Pilot Project by Ningxia Academy of Agriculture And Forestry Science	5

表 3 文献被引频次 (前 10)

Table 3 Citations of documents (top 10)

序号	Most Local Cited Documents			Most Global Cited Documents		
	题目	期刊	被引频次	题目	期刊	被引频次
1	Hypoglycemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity of fruit extracts from <i>Lycium barbarum</i>	<i>Life Sciences</i>	62	Hypoglycemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity of fruit extracts from <i>Lycium barbarum</i>	<i>Life Sciences</i>	319
2	Immunomodulation and antitumor activity by a polysaccharide-protein complex from <i>Lycium barbarum</i>	<i>International Immunopharmacology</i>	55	A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of <i>Lycium barbarum</i> fruit (Goji)	<i>Food Research International</i>	309
3	Effect of <i>Lycium barbarum</i> polysaccharide on human hepatoma QGY7703 cells: Inhibition of proliferation and induction of apoptosis	<i>Life Sciences</i>	40	Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from <i>Lycium barbarum</i> L. and evaluation of antioxidant activity	<i>Food Chemistry</i>	245
4	Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from <i>Lycium barbarum</i> L.	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	38	Immunomodulation and antitumor activity by a polysaccharide-protein complex from <i>Lycium barbarum</i>	<i>International Immunopharmacology</i>	208
5	Effect of the <i>Lycium barbarum</i> polysaccharides on age-related oxidative stress in aged mice	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	36	Effect of the <i>Lycium barbarum</i> polysaccharides on age-related oxidative stress in aged mice	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	207
6	A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of <i>Lycium barbarum</i> fruit (Goji)	<i>Food Research International</i>	35	Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from <i>Lycium barbarum</i> L.	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	173
7	<i>Lycium barbarum</i> polysaccharides: Extraction, purification, structural characterisation and evidence about hypoglycaemic and hypolipidaemic effects. A review	<i>Food Chemistry</i>	30	Evaluation of antioxidant activity of the polysaccharides extracted from <i>Lycium barbarum</i> fruits <i>in vitro</i>	<i>European Polymer Journal</i>	145
8	The effect of <i>Lycium barbarum</i> polysaccharide on alcohol-induced oxidative stress in rats	<i>Molecules</i>	29	Characterization and hypoglycemic effect of a polysaccharide extracted from the fruit of <i>Lycium barbarum</i> L.	<i>Carbohydrate Polymers</i>	139
9	<i>Lycium barbarum</i> polysaccharides: Protective effects against heat-induced damage of rat testes and H ₂ O ₂ -induced DNA damage in mouse testicular cells and beneficial effect on sexual behavior and reproductive function of hemicastrated rats	<i>Life Sciences</i>	27	Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from <i>Lycium barbarum</i> Linnaeus	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	137
10	Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from <i>Lycium barbarum</i> Linnaeus	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	27	Optimization of extraction technology of the <i>Lycium barbarum</i> polysaccharides by Box-Behnken statistical design	<i>Carbohydrate Polymers</i>	134

脂与抗氧化活性^[18], 能够为枸杞多糖在糖尿病、脂质代谢、抗氧化等方面提供参考。但该文未深入阐述枸杞多糖降血糖、调血脂的作用机制。后期研究团队在此基础上, 发现枸杞多糖通过促进葡萄糖转运体 4 (glucose transporter 4, GLUT4) 的激活与

易位, 降低血清胰岛素、白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 水平, 缓解胰岛素抵抗; 同时促进胰岛 β 细胞分泌胰岛素, 促进葡萄糖代谢降低高血糖^[19], 见图 4。

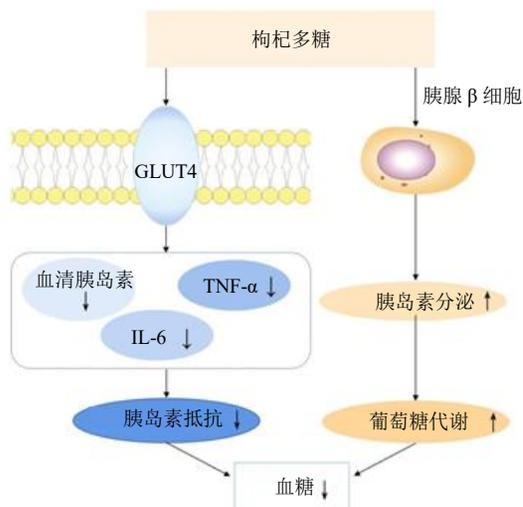


图4 枸杞多糖降血糖机制

Fig. 4 Mechanisms of hypoglycemic by *L. barbarum* polysaccharides

2.4 关键词共现分析

将中英文文献的原始数据导入 VOSviewer 中进行分析，中文文献选择“Co-occurrence”项下的“Keywords”，英文文献选择“Co-occurrence”项下的“Author Keywords”，对不同表达形式但意义相同的关键词进行合并，中文关键词出现的最小频次设置为 5 次。中文文献得到 106 个节点的可视化图，其中，枸杞多糖出现的频次最高，为 714 次。高频词汇主要有枸杞子（110 次）、抗氧化（71 次）、多糖（51 次）、细胞凋亡”（47 次）、氧化应激（44 次）、凋亡（29 次）、提取（24 次）等。英文关键词出现的最小频次设置为 3 次，英文文献得到 63 个节点的可视化图。其中，出现频次大于 10 的关键词共有 8 个，分别为 *Lycium barbarum* polysaccharides（189 次）、*Lycium barbarum*（73 次）、polysaccharides（63 次）、oxidative stress（27 次）、antioxidant activity（26 次）、apoptosis（24 次）、gut microbiota（15 次）、immunomodulatory activity（11 次）。由图 5-a 可知，枸杞多糖相关中文文献近 3 年的研究热点主要为肠道菌群、有氧运动、炎症、非酒精性脂肪肝、自噬等方面。由图 5-b 可知，枸杞多糖相关英文文献近 3 年的研究热点主要为肠道菌群、益生元、肥胖、自噬、骨关节炎、纳米硒等方面。结合图 5-a、b，发现枸杞多糖中外研究热点大致相似，目前集中于肠道菌群、炎症、自噬等方面。

将英文文献原始数据导入 Bibliometrix 中，选择“Conceptual Structure”项下的“Thematic Map”，

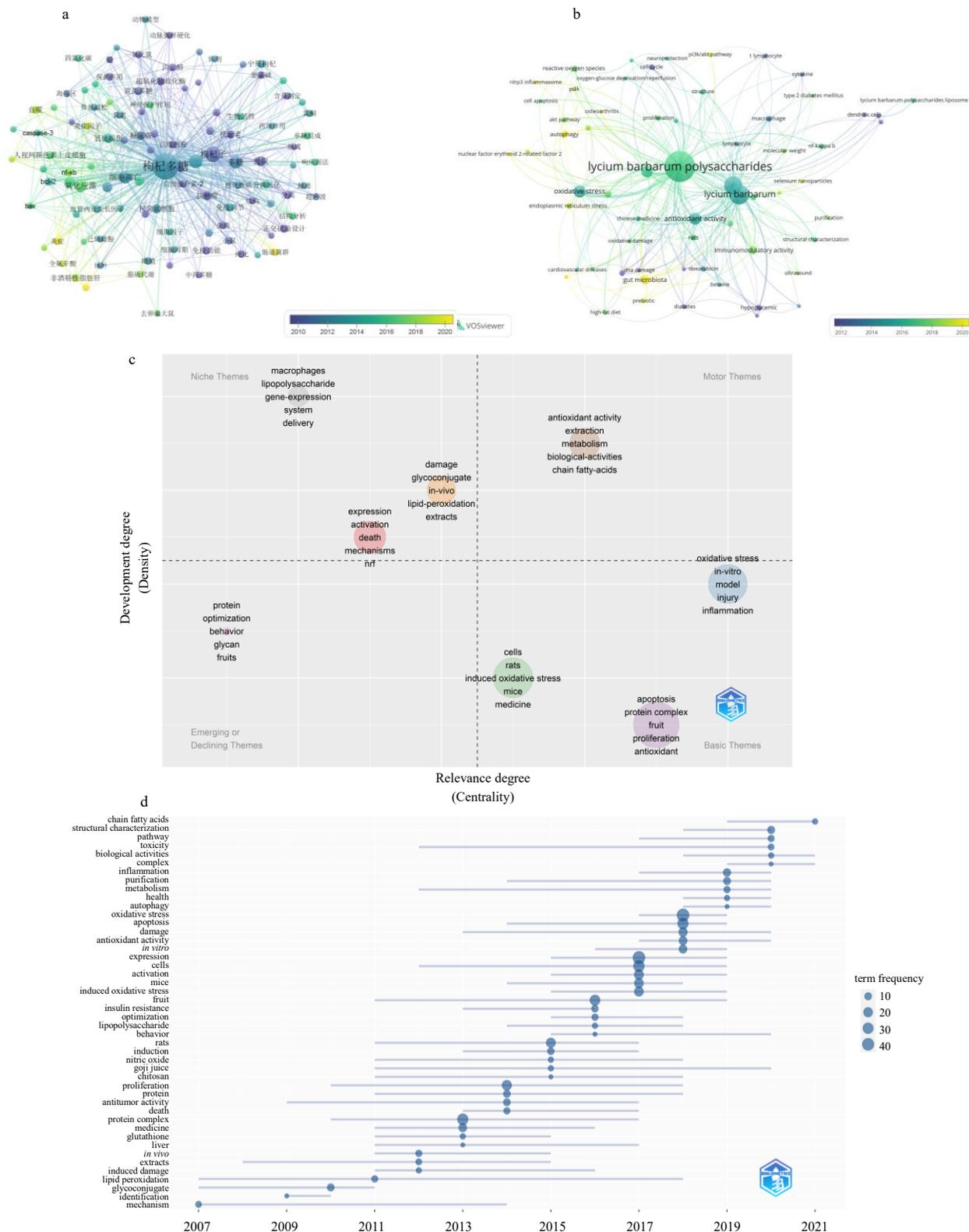
得到图 5-c。选择“Documents”项下的“Trend Topics”，得到图 5-d。图 5-c 中，Motor Themes 表示发展良好和重要的研究领域的结构主题，Niche Themes 表示非常专业但较为边缘化的主题，Emerging or Declining Themes 表示刚出现或即将消失的主题，Basic Themes 表示重要但未完善的主题，一般为基础、横向研究^[20]。其中，生理活性、抗氧化活性、提取、代谢、链式脂肪酸在 Motor Themes 象限中，表明枸杞多糖在这些方面的研究具有可观的发展潜力。由图 5-d 可知，近 3 年的研究热点集中于链式脂肪酸、结构表征、作用通路、毒性、生理活性、纯化等方面。

3 讨论

枸杞多糖是传统中药枸杞子的重要有效成分之一，在中国有大量的研究团队对其进行研究并发表相关研究成果。为多方面收集枸杞多糖相关文献进行文献计量学分析以获得枸杞多糖在国内与国际的研究现状及研究热点，原始数据中同时纳入 CNKI 数据库的中文文献与 WOS 数据库的英文文献，未对文献发表时间进行限制并纳入中文学位论文。CNKI 是世界上最大的、连续动态更新的中文学术期刊全文数据库，在数据库收录情况、引用文献与被引用情况、导出信息等方面比万方数据库、维普数据库等更加精细全面^[21-22]。同时将中文文献来源限制为具有严格选刊标准^[21]的 EI、北大核心、CSCD、CSSCI 收录期刊。WOS 是全球最大、覆盖学科最多的综合信息资源检索数据库，相比 EI 数据库更侧重工程领域、SciFinder 数据库更侧重化学领域，WOS 收录的文献更加综合全面^[23]。

VOSviewer 在关键词的 overlay visualization 中，采用关键词出现的平均时间作为参数进行可视化分析，该方法能够反映短时间内枸杞多糖研究热点。该方法仅能反映均值情况，在研究热点的分析中具有一定的局限性。故本研究在 VOSviewer 的基础上，引入 Bibliometrix 分析工具，在关键词方面加入关键词演化图、关键词热点预测图对枸杞多糖的研究历史、变化趋势、未来热点进行多方位的分析验证，以获得更加可靠、具有参考意义的结果。

在图 5-a、b 中，均显示在 2016—2018 年枸杞多糖研究热点在提取与结构表征等方面。图 5-c、d 也显示提取与结构表征是目前研究热点之一，具有继续发展的潜力。目前，枸杞多糖的常用提取方法为热水提取、微波提取、超声提取、酶辅助提取等。



a-中文文献关键词共现 b-英文文献关键词共现 c-英文文献关键词图 d-英文文献关键词热点趋势
 a-network map of keywords in Chinese literature b-network map of keywords in English literature c-thematic map in English literature d-trend topics in English literature

图5 关键词共现图

Fig. 5 Co-occurrence graph of keywords

随着技术的发展,新的提取方法如超临界流体提取法、超声强化亚临界水提取法^[13]、高速剪切技术^[24]、超高压辅助复合酶提取法^[25]也开始运用于枸杞多糖的提取。多糖在进行结构表征前,还需要进行分离纯化等实验过程。纯化之前需进行脱色与除蛋白操作。目前脱色主要采用双氧水脱色法、离子交换法、活性炭吸附法、大孔树脂吸附法等;除蛋白主要采用 Sevag 法、三氯乙酸法、十六烷基三甲基氯化铵法^[26]。枸杞多糖的纯化多采用双水相萃取法、三相萃取法、滤膜辅助法、色谱纯化法^[26-27]。其中色谱纯化法中可采用二乙胺基乙基(DEAE)-纤维素柱色谱、DEAE-阴离子交换柱色谱、Sephadex 柱色谱^[28-29]等。枸杞多糖主要由葡萄糖、果糖、半乳糖、阿拉伯糖、鼠李糖、甘露糖、木糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸等^[9-11,30]通过(1→3)-β-Galp、(1→4)-β-Galp、(1→6)-β-Galp、(1→6)-α-葡聚糖、(1→4)-α-多聚半乳糖醛酸等糖苷键进行连接而成^[4]。高效凝胶色谱、高效液相色谱、气相色谱、高效凝胶排阻色谱、高效薄层色谱、凝胶电泳、红外光谱、核磁共振谱、气相色谱-质谱联用^[13,30]等技术现多运用于枸杞多糖的结构表征。

由图 5-a、b 可知,枸杞多糖的肠道菌群研究为 2018—2022 年的研究热点之一;在图 5-c 中的 Motor Theme 象限,短链脂肪酸为重要且发展良好的主题;在图 5-d 中预测 2022 年的热点为短链脂肪酸,短链脂肪酸是肠道菌群的主要代谢物之一。多篇文献表明,枸杞多糖主要通过增加肠道菌群多样性与促进菌群代谢物短链脂肪酸产生,在糖尿病、肥胖、免疫、炎症等多方面发挥治疗作用。Lu 等^[31]研究发现,枸杞多糖通过调节拟杆菌、蓝细菌的丰度,增加双歧杆菌、乳酸菌的丰度,降低循环内毒素、TNF-α 水平,增加肠道黏膜完整性;通过降低厚壁菌、软壁菌的丰度,调节葡萄糖代谢紊乱,降低致病菌脱硫酸菌的丰度改善糖尿病的炎症。Yang 等^[19]研究发现,枸杞多糖通过降低厚壁菌门与拟杆菌门比值,促进菌群代谢短链脂肪酸的产生,抑制脂质生成,改善肥胖。Gao 等^[32]研究发现,枸杞多糖通过增加普雷沃氏菌、丁酸梭菌的丰度,促进丁酸盐的产生进而促进肝脏脂质代谢,降低疣微菌、肠球菌的丰度,减少脂多糖的产生,降低肝脏炎症,从而缓解非酒精性肝损伤。Wang 等^[33]研究发现,枸杞多糖通过增加乳酸杆菌、拟杆菌、普雷沃氏菌的丰度,降低毛螺菌、瘤胃球菌、肠杆菌等致病菌的丰度来调

节免疫活性。目前,已证实枸杞多糖可通过调节肠道菌群对人体发挥治疗作用,但关于枸杞多糖与肠道菌群的研究有限,其作用途径与相关通路等仍待进一步深入研究^[34]。以上皆表明目前已围绕枸杞多糖与肠道菌群开展了相关研究,今后肠道菌群仍将作为枸杞多糖的研究热点之一。

本研究存在以下不足:在发文作者的共现图谱中,主要反映作者发文量及近 3 年作者的发文情况,而 VOSviewer 中作者发文时间采用发文时间平均值对其进行可视化呈现,仅能够反映较短研究周期内的情况。对于长期开展枸杞研究的学者如苏国辉院士,则不能准确反映其研究概况。通过在 WOS 中以枸杞多糖作为主题词与苏国辉院士作为作者共检索到 50 篇文献,可以看出苏国辉院士开展了较多的枸杞多糖相关研究。而在本研究中苏国辉院士仅出现 7 篇文献的原因为最初检索条件设置为作者关键词。在前期工作中,笔者分别以枸杞多糖作为主题词和作者关键词进行检索,发现通过主题词检索到的部分文献与枸杞多糖的相关性较低,通过作者关键词检索到的文献与枸杞多糖的相关性较高,却存在部分相关研究文献被过滤掉的情况,本研究选择作者关键词进行检索在后续研究中需探索弥补主题词与作者关键词检索存在不足的新检索方式。

4 结论

本研究采用文献计量学的技术对枸杞多糖的研究概况进行统计与可视化分析。目前枸杞多糖的研究处于较为繁荣的时期,国内以宁夏医科大学为首的研究人员对其展开了研究;在国际上,90%以上关于枸杞多糖的研究均由我国研究人员开展或与其他国家合作开展,表明我国在枸杞多糖的研究方面处于核心领先地位。目前的研究热度主要集中在肠道菌群、氧化应激、细胞凋亡、细胞自噬等方面,推测未来研究热点将主要围绕枸杞多糖生理活性与肠道菌群之间的作用机制及具体通路展开。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Yu Y. Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 183: 91-101.
- [2] 马艳春, 胡建辉, 吴文轩, 等. 黄芪化学成分及药理作用研究进展 [J]. *中医药学报*, 2022, 50(4): 92-95.
- [3] Lu J H, He R J, Sun P L, et al. Molecular mechanisms of bioactive polysaccharides from *Ganoderma lucidum* (Lingzhi), a review [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 150:

- 765-774.
- [4] Li X, Wang X H, Wang Y, *et al.* A systematic review on polysaccharides from *Dendrobium* genus: Recent advances in the preparation, structural characterization, bioactive molecular mechanisms, and applications [J]. *Am J Chin Med*, 2022, 50(2): 471-509.
- [5] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 260.
- [6] Kulczyński B, Gramza-Michałowska A. Goji berry (*Lycium barbarum*): Composition and health effects—A review [J]. *Pol J Food Nutr Sci*, 2016, 66(2): 67-75.
- [7] 颜东妹, 王宁丽, 刘笑笑, 等. 微波消解-离子色谱法测定枸杞多糖的含量及组成 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(4): 1065-1072.
- [8] 孙红梅, 李振, 彭喜春, 等. 不同产地枸杞子中多糖含量的比较研究 [J]. 中国食物与营养, 2021, 27(3): 58-61.
- [9] Huang R R, Wu E H, Deng X L. Potential of *Lycium barbarum* polysaccharide for the control of glucose and lipid metabolism disorders: A review [J]. *Int J Food Prop*, 2022, 25(1): 673-680.
- [10] Liu W. Structure characterization, chemical and enzymatic degradation, and chain conformation of an acidic polysaccharide from *Lycium barbarum* L. [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 147: 114-124.
- [11] 王梓轩, 李娅琦, 柳国霞, 等. 高效阴离子交换色谱-脉冲安培检测法测定枸杞多糖的单糖及糖醛酸组成 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(10): 6082-6085.
- [12] 吴伟, 薛姝婧, 朱玲勤, 等. 枸杞多糖通过抗氧化及抗凋亡作用对过氧化氢致血管内皮细胞损伤的保护作用研究 [J]. 时珍国医国药, 2019, 30(5): 1047-1049.
- [13] Tian X J, Liang T S, Liu Y L, *et al.* Extraction, structural characterization, and biological functions of *Lycium barbarum* polysaccharides: A review [J]. *Biomolecules*, 2019, 9(9): 389.
- [14] Jin M L, Huang Q S, Zhao K, *et al.* Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from *Lycium barbarum* L. [J]. *Int J Biol Macromol*, 2013, 54: 16-23.
- [15] Thelwall M. Bibliometrics to webometrics [J]. *J Inf Sci*, 2008, 34(4): 605-621.
- [16] Aria M, Cuccurullo C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis [J]. *J Informetr*, 2017, 11(4): 959-975.
- [17] 张芳, 吴昌键, 张霞, 等. 基于 Web of Science 文献计量分析的宁夏枸杞研究现状和发展态势 [J]. 中草药, 2022, 53(16): 5128-5141.
- [18] Luo Q. Hypoglycemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity of fruit extracts from *Lycium barbarum* [J]. *Life Sci*, 2004, 76(2): 137-149.
- [19] Yang M, Yin Y X, Wang F, *et al.* Supplementation with *Lycium barbarum* polysaccharides reduce obesity in high-fat diet-fed mice by modulation of gut microbiota [J]. *Front Microbiol*, 2021, 12: 719967.
- [20] Mühl D D, de Oliveira L. A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0 [J]. *Heliyon*, 2022, 8(5): e09369.
- [21] 王桂梅. 中国知网与万方中文医学期刊数据库比较研究 [J]. 图书情报导刊, 2016, 1(9): 123-126.
- [22] 任丽娟. 国内五种引文数据库的比较研究 [J]. 情报科学, 2005, 23(3): 401-405.
- [23] 李曦. 三大外文数据库用户检索体验的比较分析 [A] // 2017 年陕西省科学技术情报学会学术年会论文集 [C]. 西安: 陕西省科学技术情报学会, 2017: 64-68.
- [24] 杜津昊, 刘建飞, 刘晓风, 等. 高速剪切技术辅助提取枸杞多糖工艺 [J]. 食品工业, 2017, 38(3): 128-132.
- [25] 罗志锋, 陆思名, 黎攀, 等. 遗传算法优化超高压辅助复合酶提取枸杞多糖工艺及其抗炎活性研究 [J]. 粮食与油脂, 2021, 34(1): 114-122.
- [26] 娜日苏, 孔维雪. 枸杞多糖的纯化与生理功能的研究进展 [J]. 中药材, 2019, 42(3): 704-707.
- [27] 文沛瑶, 杜梦扬, 吉文丽. 三相萃取法纯化枸杞多糖 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 131-135.
- [28] 邱树磊, 胡国柱, 陈玉库, 等. 枸杞多糖的提取纯化及体内外抗氧化活性研究 [J]. 动物医学进展, 2021, 42(10): 56-61.
- [29] 缪凤. 枸杞多糖酶提、分离纯化及抗氧化和免疫活性研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- [30] 叶兴乾, 周声怡, 姚舒婷, 等. 枸杞多糖的提取方式、结构及生物活性研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(6): 292-300.
- [31] Lu H X. Inulin and *Lycium barbarum* polysaccharides ameliorate diabetes by enhancing gut barrier via modulating gut microbiota and activating gut mucosal TLR2⁺ intraepithelial $\gamma\delta$ T cells in rats [J]. *J Funct Foods*, 2021, 79: 104407.
- [32] Gao L L, Ma J M, Fan Y N, *et al.* *Lycium barbarum* polysaccharide combined with aerobic exercise ameliorated nonalcoholic fatty liver disease through restoring gut microbiota, intestinal barrier and inhibiting hepatic inflammation [J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 183: 1379-1392.
- [33] Wang Y, Sun M Y, Jin H Y, *et al.* Effects of *Lycium barbarum* polysaccharides on immunity and the gut microbiota in cyclophosphamide-induced immunosuppressed mice [J]. *Front Microbiol*, 2021, 12: 701566.
- [34] 王莹. 枸杞多糖的分离纯化及基于对肠道菌群调节的免疫作用机制研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2020.

[责任编辑 潘明佳]