

## 基于文献计量学的药食同源多糖研究现状及发展动态分析

金明珠<sup>1,2</sup>, 王雅芝<sup>1,2</sup>, 宋冬雪<sup>1,2</sup>, 李 钧<sup>1,2</sup>, 汲晨锋<sup>1,2\*</sup>

1. 哈尔滨商业大学 药学院, 黑龙江 哈尔滨 150076

2. 抗肿瘤天然药物教育部工程研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150076

**摘要:** **目的** 通过文献计量学软件 CiteSpace 6.3.R1 对药食同源多糖的研究现状及发展动态进行可视化分析, 旨在分析近 10 年全球研究者在药食同源多糖研究领域的合作趋势, 并对其研究热点和发展趋势进行整理, 为深入探索药食同源多糖领域的学术价值和应用潜力提供有价值的参考。**方法** 基于中国学术期刊全文数据库 (CNKI)、万方数据库 (Wanfang Data)、维普生物医学数据库 (VIP) 和 Web of Science (WOS) 数据库进行药食同源多糖的相关文献检索, 采用 Excel 统计其发文量; 采用 CiteSpace 6.3.R1 软件对文献的作者、研究机构、关键词等方面进行知识图谱可视化分析。**结果** 经过筛选, 最终纳入与 4 种药食同源代表性多糖的中文文献 2 091 篇, 英文文献 658 篇; 药食同源多糖中文文献 675 篇, 英文文献 782 篇。药食同源多糖的研究发文数量均呈现出稳步增长的趋势。作者合作网络分析结果显示团队内部存在合作, 但机构之间合作较少, 存在跨省交流与跨国合作。**结论** 可视化分析表明免疫调节生物活性的研究以及多糖的提取和纯化技术方法是药食同源多糖目前的研究热点, 为后期药食同源多糖的研究及大健康产业发展壮大提供科学依据。

**关键词:** 药食同源; 多糖; 免疫调节; 提取纯化; 文献计量学; 可视化分析

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376(2025)08-2339-16

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2025.08.026

## Analysis of current situation and development trends of polysaccharides from food and medicinal sources based on bibliometrics

JIN Mingzhu<sup>1,2</sup>, WANG Yazhi<sup>1,2</sup>, SONG Dongxue<sup>1,2</sup>, LI Jun<sup>1,2</sup>, JI Chenfeng<sup>1,2</sup>

1. School of Pharmacy, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China

2. Engineering Research Center for Natural Anti-tumor Drugs, Ministry of Education, Harbin 150076, China

**Abstract: Objective** The research status and development trends of polysaccharides from food and medicine sources were analyzed visually through the bibliometric software CiteSpace 6.3.R1. The aim was to analyze the cooperation trends of global researchers in the field of polysaccharides from food and medicine sources in the past decade, and to sort out the research hotspots and development trends, providing valuable references for in-depth exploration of the academic value and application potential of polysaccharides from food and medicine sources. **Methods** Based on the CNKI, Wanfang, VIP databases and Web of Science (WOS) database, a literature search was conducted on medicinal food homology polysaccharides. The number of published papers was statistically analyzed using Excel. CiteSpace 6.3.R1 software was used to conduct a knowledge graph visualization analysis of the authors, research institutions, and keywords of the edible and medicinal polysaccharide literature. **Results** After screening, 2 091 Chinese literatures and 658 English literatures were included. There were 675 literatures in Chinese and 782 in English. The number of research papers on medicinal food homology polysaccharides showed a steady increasing trend. The results of the author's cooperation network analysis show that there is cooperation within the team, but there is less cooperation between institutions, and there is cross-provincial communication and transnational cooperation. **Conclusion** This paper visually analyzes the research status and development trends of homologous polysaccharides in medicine and food through bibliometrics software CiteSpace, aiming to analyze the cooperation trend of global researchers in the research field of homologous polysaccharides in medicine and food in recent years, and collate the change trend of

收稿日期: 2025-01-25

基金项目: 龙江科技英才春雁支持计划 (CYCX24009); 黑龙江省自然科学基金重点项目 (ZD2024H004); 黑龙江省双一流学科协同创新成果项目 (LJXCG2023-039); 哈尔滨市科技创新人才项目 (2022CXRC013); 2024 年度黑龙江省省属本科高校基本科研业务费项目资助 (2024-KYYWF-1031)

作者简介: 金明珠, 女, 硕士研究生, 研究方向为多糖的化学和药理。E-mail: 1650117508@qq.com

\*通信作者: 汲晨锋, 男, 研究员, 博士, 研究方向为多糖的化学和药理。E-mail: smilejcf001@sina.com

their research hotspots. It provides a valuable reference for further exploring the academic value and application potential of homologous polysaccharide in the field of medicine and food.

**Key words:** homology of medicine and food; polysaccharides; immune regulation; extraction and purification; bibliometrics; visual analysis

药食同源物质是指既可食用又可药用的中药材物质,近年来国家有关部门公布的《既是食品又是药品的物品名单》中共有 106 种“药食同源”物质。“健康中国”2030 战略中提出:健康服务业总规模将达到 16 万亿元<sup>[1]</sup>,并将大健康产业作为国民经济支柱性产业。而药食同源产业已成为大健康产业中潜力最大的未来产业,传统的食品和药品行业将逐渐融合,形成全新的健康产业生态。药食同源资源是我国传统饮食文化的重要组成,具有重要的历史意义与实用价值,在增强免疫力<sup>[2]</sup>、抗疲劳<sup>[3]</sup>、降血压<sup>[4]</sup>、降血糖<sup>[5]</sup>、抗氧化<sup>[6]</sup>等方面具有显著优势;其应用形式多样,主要分为功能性食品、保健食品两类。药食同源产业的发展不仅丰富了功能性食品及保健食品的市场,还为经典名方的现代化开发提供了新的途径和契机<sup>[7]</sup>,部分名方兼顾药食同源的食品属性和经典名方的疗效。牟文荣<sup>[8]</sup>研究发现,国家公布的首批古代经典名方中药中,应用频次 $\geq 10\%$ 的中药有 8 味,其中应用最高的是药食同源的甘草,应用频次达到 60%。此外,《可用于保健食品的物品名单》和新资源食品目录也收录了多种药食资源类物质,如人参(人工种植,5 年及以下)、短梗五加、枇杷叶等,并且在《可用于保健食品的物品名单》中以黄芪(515 次)和人参(494 次)为主要原料在保健食品中的使用频次较多<sup>[9]</sup>。在 106 种药食同源物质中,以甘味属性的数量和比例最多,而多糖是甘味药的主要化学成分之一,其作为药食同源中富含功能性的成分,具有显著的药理活性<sup>[10]</sup>,主要包括免疫调节、抗炎、降血糖、调血脂、调节肠道菌群等活性功能<sup>[11-14]</sup>,可作为功能活性成分围绕疾病预防和健康促进 2 大核心形成保健食品。

本研究应用 CiteSpace 6.3.R1 文献计量学软件分别对国内外近 10 年以来研究药食同源代表性多糖(黄芪多糖、茯苓多糖、人参多糖、甘草多糖)及药食同源多糖、保健食品多糖、功能性食品多糖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,全面梳理药食同源多糖类物质研究的基础状况及发展演化过程,挖掘药食同源多糖类物质研究热点并预测其发展趋势;旨

在为药食两用中药多糖的研究与开发提供理论基础和参考,以期为今后的开发和利用以及药食同源产业发展提供新思路,为提高人类健康提供有力的资源保障。

## 1 资料与方法

### 1.1 数据来源

中文文献来源于中国学术期刊全文数据库(CNKI)、万方数据库(Wanfang Data)、维普生物医学数据库(VIP)。设定检索式,主题词分别为“黄芪多糖”“茯苓多糖”“人参多糖”“甘草多糖”“药食同源多糖”“保健食品多糖”“功能性食品多糖”。检索时间为 2014 年 1 月 1 日—2024 年 6 月 30 日,检索语言限定为中文。

英文文献来源于 Web of Science (WOS) 数据库。设定检索式:主题词分别为“*Astragalus polysaccharides*”“*Poria cocos polysaccharides*”“*Ginseng polysaccharides*”“*Glycyrrhiza polysaccharides*”“*medicinal food homology polysaccharides*”“*nutraceuticals polysaccharides*”“*dietary supplements polysaccharides*”“*functional foods polysaccharides*”。检索时间限定为 2014 年 1 月 1 日—2024 年 6 月 30 日。文献类型选择 article OR review article,语言选择 English。

### 1.2 数据处理

通过筛选、排除重复发表文献以及与主题无关文献,如会议、论坛和新闻等,截至 2024 年 6 月 30 日,将初步检索所得文献以纯文本格式导出,利用文献管理软件 NoteExpress 进行数据筛选和合并去重,最终在 CNKI、VIP、Wanfang 数据库中筛选出药食同源代表性多糖文献 2 091 篇;药食同源多糖文献 675 篇。在 WOS 中筛选出药食同源代表性多糖文献 658 篇;药食同源多糖文献 782 篇。

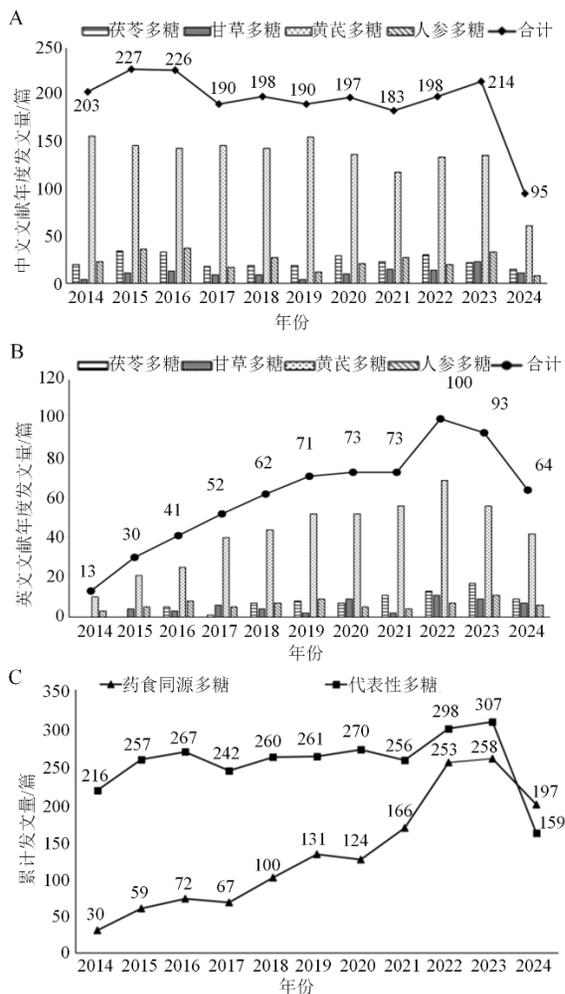
### 1.3 数据分析及可视化

利用 Excel 软件对文献年发文量进行详细分析,展示药食同源多糖研究的年度分布和变化趋势。为进一步揭示药食同源多糖的研究热点和前沿,将筛选后的文献导入 CiteSpace 6.3 R1 软件,绘制药食同源多糖研究进展的知识图谱,并对图谱信息进行深入分析。

## 2 结果分析

### 2.1 发文量分析

年度发文量是评价该领域发展进程的一项重要评判指标。研究表明采用 CiteSpace 6.3 R1 软件对国内外药食同源多糖方面的研究进行系统梳理后,有关“药食同源”和“药食两用”的中文文献数量总体呈上升趋势<sup>[15]</sup>。近 10 年 4 种药食同源代表性多糖中、英文文献的年度发文趋势如图 1 所示。中文文献总体趋势可以分为 2 个阶段(图 1-A):波动上升期(2014—2016 年和 2021—2023 年)及波



A-代表性多糖中文文献年度发文量分布; B-代表性多糖英文文献年度发文量分布; C-药食同源多糖与代表性多糖累计发文量分布。

A-annual publication of Chinese literature on representative polysaccharides; B-annual publication of English literature on representative polysaccharides; C-distribution of cumulative number of papers on medicinal food homology polysaccharides and representative polysaccharides.

图 1 中、英文文献年度发文量分布图

Fig. 1 Annual publication distribution of Chinese and English literature

动期(2017—2021 年)。2015 年《中医药健康服务发展规划(2015—2020 年)》指出,要充分利用中医药“防病治病”的特点,将“推动中医养生保健”列为重要工作内容<sup>[16]</sup>。因此药食同源等中医药健康产业进入快速发展期,在此期间发文数量逐年上升。

在 WOS 数据库中中英文文献年发文趋势图展示了 4 种药食同源多糖的研究发文数量均呈现出稳步增长的趋势(图 1-B、C)。药食同源代表性多糖国内外文献在过去几年中经历了从波动增长到逐渐下降的过程,这种趋势变化与药食同源多糖发文趋势一致。

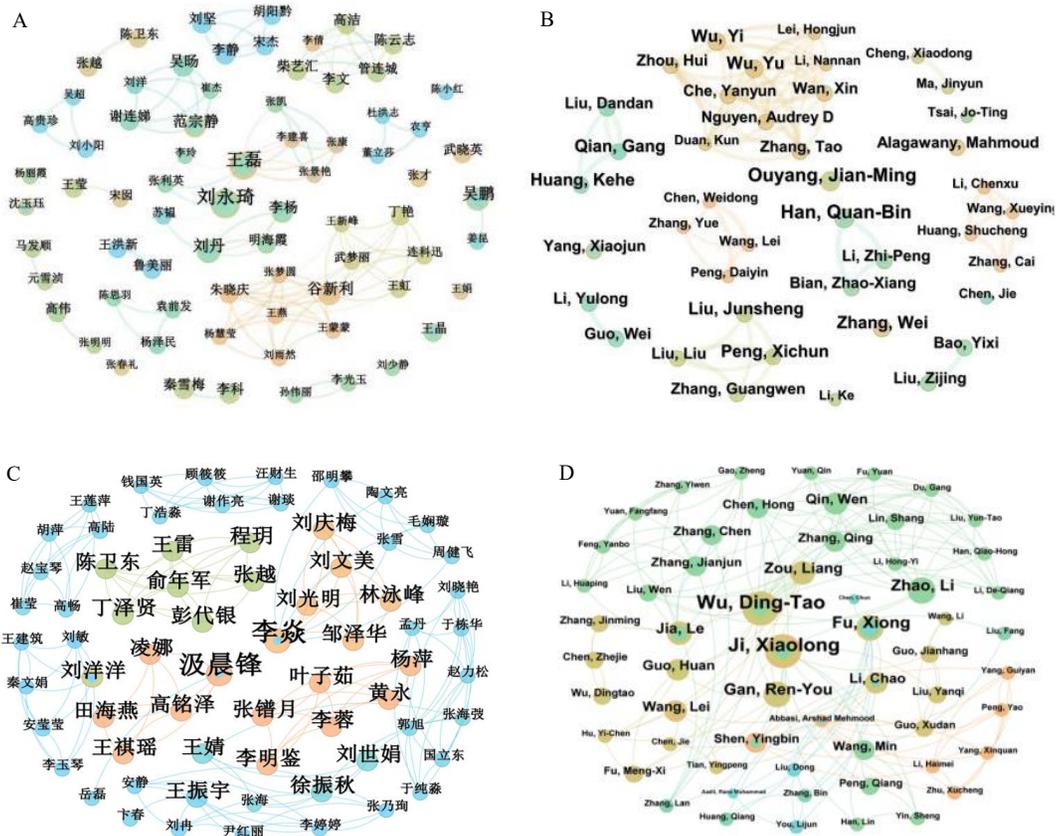
### 2.2 作者合作网络分析

图 2 结果均显示作者之间存在交流合作并且形成了研究团队,团队内部存在合作。药食同源代表性多糖相关中文文献中发表论文最多的作者是刘永琦,其次是王磊(图 2-A,表 1),其与张景艳、李建喜形成的团队主要研究多糖对免疫细胞的形态和功能的影响<sup>[17]</sup>。而以范宗静、吴旻等为代表的研究团队主要研究多糖对心肌再灌注损伤的保护作用<sup>[18]</sup>。药食同源多糖相关中文文献中以李焱和汲晨锋为频次最高的中心人物(图 2-C),其中以汲晨锋、凌娜等为代表的研究团队主要研究多糖的化学结构与分离纯化、其药理活性及作用机制以及药食同源资源的综合开发。

药食同源代表性多糖相关英文文献中, Han Quanbin 作为图中频次最高的中心人物(图 2-B,表 1),与 Bian Zhaoxiang、Li Zhipeng 形成的团队主要研究方向是黄芪多糖抗肿瘤有效的途径与机制<sup>[19]</sup>;图中还出现了国际作者如 Nguyen Audrey D 和 Tsai Joting,这表明“药食同源多糖”的研究已经跨越了国界,吸引了全球范围内的学者参与。药食同源多糖相关英文文献中以 Ji Xiaolong、Wu Dingtao 为频次最高的中心人物(图 2-B),其中以 Ji Xiaolong 为中心的研究团队主要研究多糖的化学结构分析与功能研究。

### 2.3 机构合作网络分析

对药食同源多糖研究相关中文文献的核心机构进行合作网络关系分析(图 3-A、C)可以发现,机构间合作关系较为分散,图 3-A 存在以甘肃中医药大学、山西大学中医药现代研究中心、中国科学院过程工程研究所等机构为核心的 3 大机构合作群,其他机构间的联系和合作较少。由于近年来国家大力发展“药食同源”产业,大力扩展药食同源



A、B-代表性多糖中文及英文文献作者合作网络；C、D-药食同源多糖中文及英文文献作者合作网络。

A, B-Co-authorship networks of representative polysaccharides in Chinese and English literature; C, D-Co-authorship networks of medicinal food homology polysaccharides in Chinese and English literature.

图 2 中文文献作者及英文文献作者合作网络

Fig. 2 Cooperative network established between Chinese and English authors

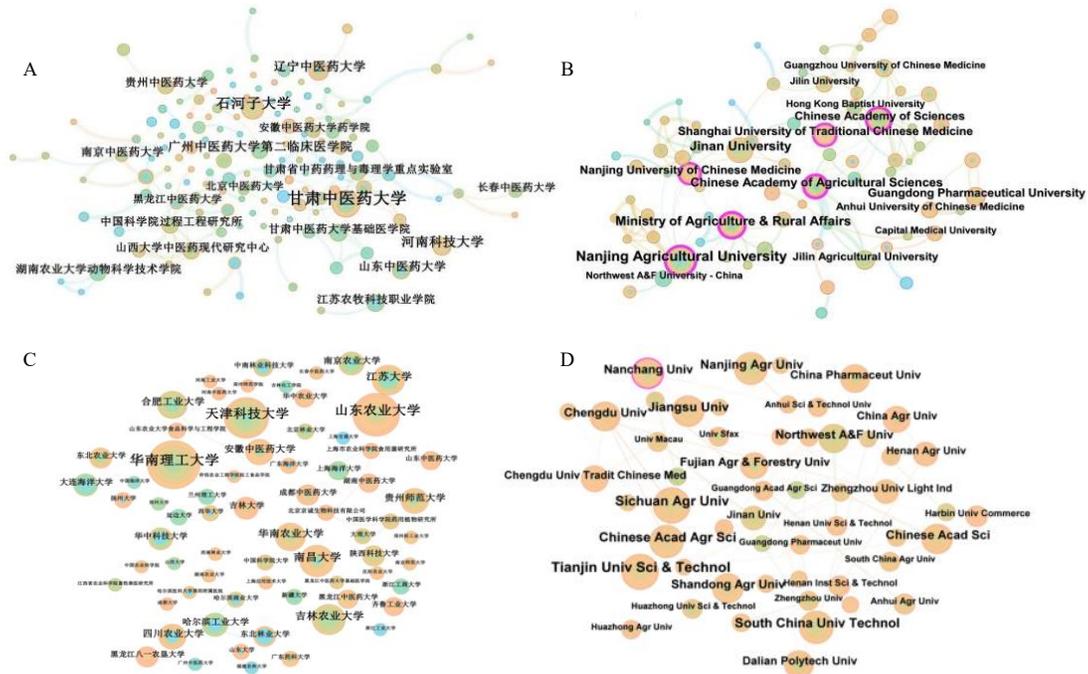
表 1 药食同源代表性多糖中、英文文献发文量前 10 的作者

Table 1 Top 10 author of Chinese and English literature publications on representative polysaccharides with medicinal food homology polysaccharides

序号	中文文献		英文文献	
	作者	发文量/篇	作者	发文量/篇
1	刘永琦	17	Han Quanbin	6
2	王磊	14	Ouyang Jianming	6
3	吴鹏	10	Huang Kehe	5
4	刘丹	10	Liu Junsheng	5
5	范宗静	9	Peng Xichun	5
6	谷新利	9	Qian Gang	5
7	吴旻	8	Wu Yi	5
8	李杨	8	Wu Yu	5
9	刘坚	7	Zhang Wei	5
10	李科	7	Alagawany Mahmoud	4

中药材栽培区域因素的影响，大部分有合作网络的机构主要位于不同地区，跨省份的机构间合作相对

较多。药食同源代表性多糖中文文献发文量前 10 的机构见表 2。



A、B-代表性多糖中文及英文文献机构合作网络；C、D-药食同源多糖中文及英文文献机构合作网络。

A, B-Cooperative networks of representative polysaccharides in Chinese and English literature; C, D-Cooperative networks of medicinal food homology polysaccharides in Chinese and English literature.

图 3 中文文献机构及英文文献机构合作网络

Fig. 3 Cooperative network of Chinese and English literature institutions

表 2 药食同源代表性多糖中、英文文献发文量前 10 的机构

Table 2 Top 10 institutions in both Chinese and English literature published on representative polysaccharides with medicinal food homology polysaccharides

序号	中文文献		英文文献	
	机构	发文量/篇	机构	发文量/篇
1	甘肃中医药大学	27	Nanjing Agricultural University	28
2	石河子大学	17	Jinan University	19
3	河南科技大学	13	Ministry of Agriculture & Rural Affairs	18
4	广州中医药大学第二临床医学院	12	Chinese Academy of Agricultural Sciences	15
5	山东中医药大学	9	Chinese Academy of Sciences	13
6	山西大学中医药现代研究中心	8	Nanjing University of Chinese Medicine	13
7	贵州中医药大学	8	Shanghai University of Traditional Chinese Medicine	13
8	中国科学院过程工程研究所	7	Guangdong Pharmaceutical University	13
9	安徽中医药大学药学院	7	Jilin Agricultural University	12
10	甘肃中医药大学基础医学院	7	Anhui University of Chinese Medicine	9

图 3-B、D 中农业农村部作为图中的显著节点之一，在此领域的研究中占据了重要地位。药食同源代表性多糖英文文献发文量前 10 的机构见表 2。目前，中药农业成为大健康产业发展的突破口，中医药可持续健康发展更需要中药农业作为基础支撑。此外，英文文献机构的合作网络可视化分析表示图谱密度低于国内的机构，表明相较而言国内的

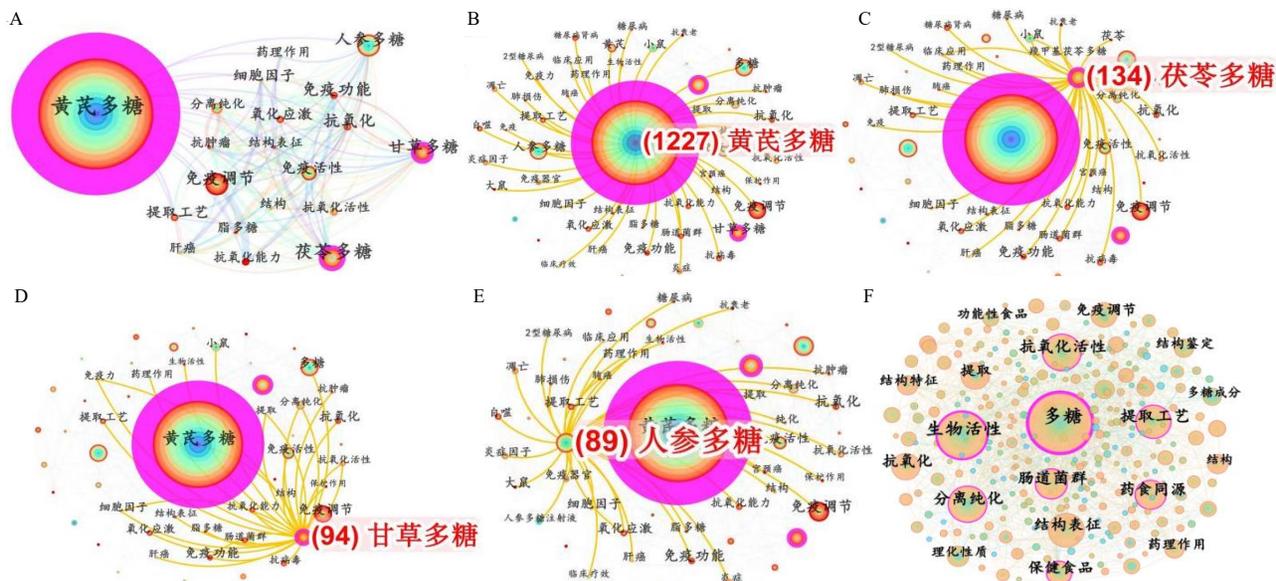
机构合作更加紧密。中国科学院及其下属机构（如中国科学院、中国农业科学院）作为中国的顶级科研机构，为行业的发展提供了强有力的科技支撑。其中国家食药同源产业科技创新联盟于 2017 年由中国农业科学院农产品加工研究所牵头成立，加快推进我国食药同源产业持续健康发展，最终全面助力乡村振兴，有力提升传统中医药的国际影响力。

### 2.4 关键词共现分析

中文文献关键词共现图分为 4 种药食同源代表性多糖合并关键词共现图 (图 4-A) 及其各自的关键词共现图 (图 4-B~E)。结合药食同源多糖关键词共现图 (图 4-F), 可看出药食同源多糖在多个应用领域均有研究, 如糖尿病、抗衰老、临床应用、生物活性、免疫调节、药理作用等, 体现了其在医药领域的广泛研究和应用 (表 3)。其中“糖尿病”和“抗衰老”说明药食同源多糖对糖尿病及其并发症有预防和治疗作用, 以及其在延缓衰老过程中的作用机制方面有研究。“抗肿瘤”证明药食同源多糖

在临床癌症治疗领域发挥作用。“抗氧化”和“免疫功能”和“免疫调节”表明药食同源多糖在抗氧化应激和调节免疫功能方面的重要作用, 且这些功能对于保护细胞免受损伤、增强机体抵抗力具有重要意义。药食同源多糖作为药食同源中药材的主要活性成分之一, 具有广泛的生物活性和药理作用, “提取”“提取工艺”“分离纯化”等关键词说明药食同源多糖的提取分离纯化工艺对其临床应用和科学研究具有重要意义。

对英文文献进行关键词共现分析, 结果表明, 如表 4 及图 7-A~G 所示, gut microbiota (肠道



A: 代表性多糖合并关键词共现图; B~E: 代表性多糖各自的关键词共现图; F: 药食同源多糖关键词共现图。

A-Co-occurrence network visualization of representative polysaccharides; B-E-Respective keyword co-occurrence network for representative polysaccharides; F-Co-occurrence network analysis of medicinal food homologous polysaccharides.

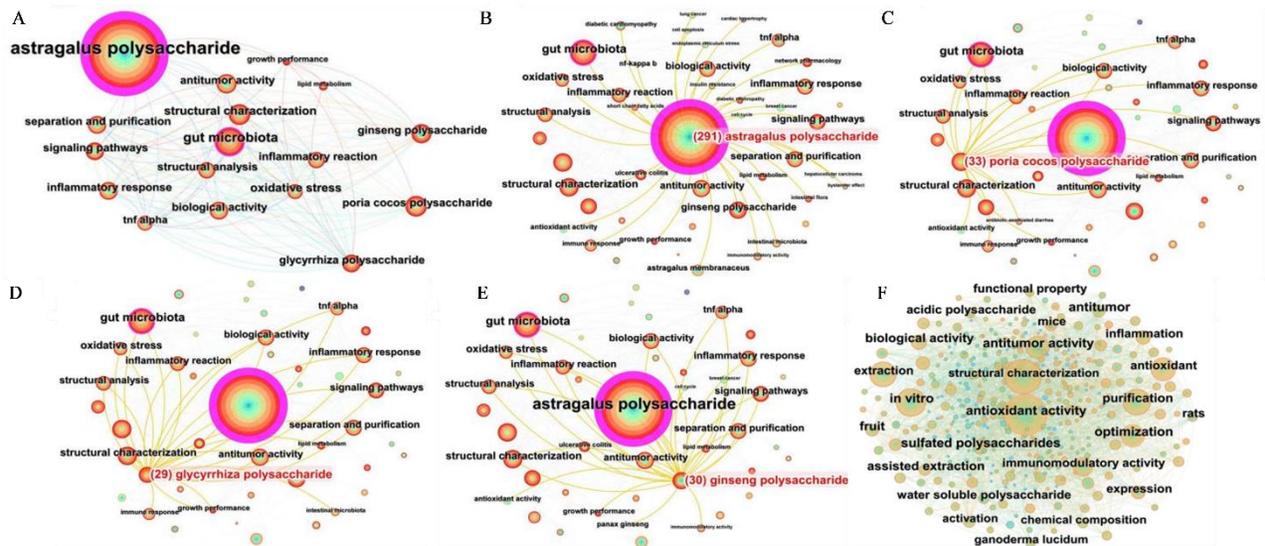
图 4 中文关键词共现图

Fig. 4 Chinese keyword co-occurrence network map

表 3 药食同源代表性多糖中文文献排名前 20 的关键词

Table 3 Top 20 key words in Chinese literature for representative polysaccharides of medicinal food homologous polysaccharides

序号	关键词	频次	中心性	序号	关键词	频次	中心性
1	黄芪多糖	1 227	0.22	11	大鼠	56	0.15
2	茯苓多糖	134	0.07	12	氧化应激	49	0.13
3	多糖	131	0.19	13	提取工艺	45	0.15
4	甘草多糖	94	0.16	14	小鼠	45	0.22
5	免疫调节	94	0.31	15	凋亡	45	0.14
6	人参多糖	89	0.14	16	免疫活性	44	0.26
7	免疫功能	87	0.13	17	抗肿瘤	43	0.02
8	茯苓	64	0.03	18	分离纯化	40	0.03
9	黄芪	62	0.16	19	细胞因子	35	0.26
10	抗氧化	59	0.15	20	抗氧化活性	34	0.24



A-代表性多糖合并关键词共现图；B~E-代表性多糖各自的关键词共现图；F-药食同源多糖关键词共现图。

A-Co-occurrence network visualization of representative polysaccharides; B-E-Respective keyword co-occurrence network for representative polysaccharides; F-Co-occurrence network analysis of medicinal food homologous polysaccharides.

图 5 英文关键词共现图

Fig. 5 English keyword co-occurrence network map

表 4 药食同源代表性多糖英文文献排名前 20 的关键词

Table 4 Top 20 key words in English literature of representative polysaccharides with medicinal food homology polysaccharides

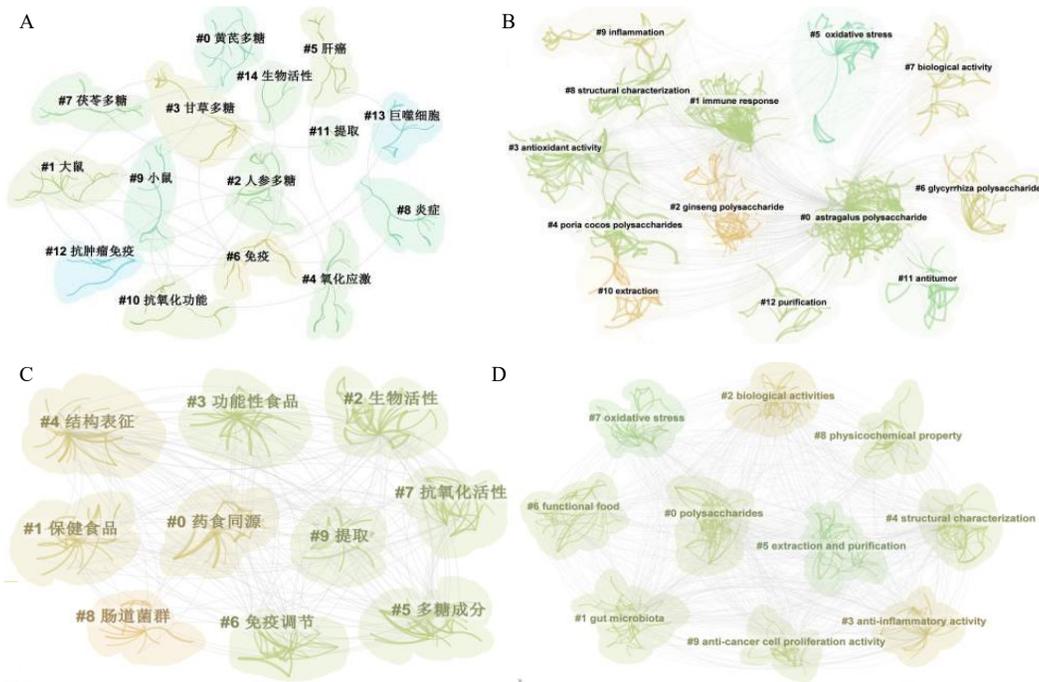
序号	关键词	频次	中心性	序号	关键词	频次	中心性
1	<i>Astragalus polysaccharide</i>	291	1.12	11	separation and purification	28	0
2	gut microbiota	57	0.11	12	biological activity	28	0
3	oxidative stress	39	0.06	13	inflammatory reaction	27	0.02
4	structural characterization	34	0.04	14	structural analysis	26	0.02
5	<i>Poria cocos polysaccharide</i>	33	0.06	15	TNF- $\alpha$	24	0
6	<i>Ginseng polysaccharide</i>	30	0.10	16	<i>Poria cocos</i>	18	0.04
7	signaling pathways	30	0.01	17	<i>Astragalus membranaceus</i>	14	0.08
8	<i>Glycyrrhiza polysaccharide</i>	29	0.05	18	antioxidant activity	12	0.04
9	antitumor activity	29	0	19	NF- $\kappa$ B	11	0
10	inflammatory response	29	0.15	20	<i>Panax ginseng</i>	10	0.03

菌群)作为人体健康的重要调节因子,其与多糖的相互作用成为近年来研究的热点。oxidative stress(氧化应激)、biological activity(生物活性)等关键词的高频出现,进一步表明药食同源植物因其天然、安全且具有营养保健作用,对于预防和治疗多种疾病具有重要意义。structural characterization(结构表征)、separation and purification(分离纯化)等关键词表明多糖的分离纯化是获取高质量研究材料的基础,而结构表征和分析则是揭示其生物活性和作用机制的关键。signaling pathways(信号通路)、核因子- $\kappa$ B(NF- $\kappa$ B)等关键词的出现,揭示了多糖

可能通过调控特定信号通路来发挥其生物活性。antitumor activity(抗肿瘤活性)、antioxidant activity(抗氧化活性)等关键词表明,多糖在抗氧化和抗肿瘤方面也具有显著的研究价值和应用潜力。这些不仅有助于揭示多糖的作用机制,也为药食同源多糖在医药、食品等领域的应用提供了理论基础和实验依据。

## 2.5 关键词聚类分析

结合图 6 展示出的 2014—2024 年药食同源代表性多糖及药食同源多糖的中文及英文研究按文献聚集度形成的聚类(去除相同名字和节点太少的聚



A~B-代表性多糖中文及英文文献关键词聚类网络分析；C~D-药食同源多糖中文及英文文献关键词聚类网络分析。

A-B-Cluster network analysis of keywords in representative polysaccharides Chinese and English literature; C-D-Cluster network analysis of keywords in medicinal food homology polysaccharides Chinese and English literature.

图 6 中、英文文献的关键词聚类网络分析

Fig. 6 Key words cluster network analysis of Chinese and English literature

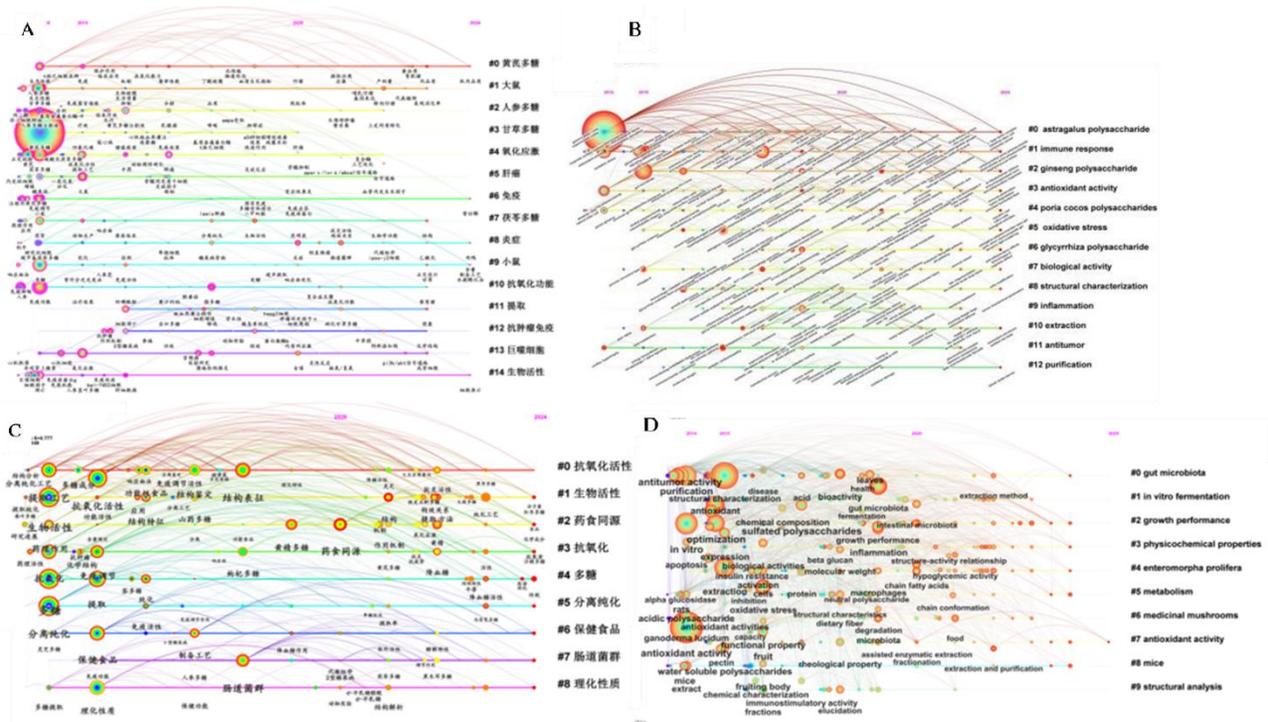
类)。药食同源多糖研究的主要热点领域有 3 个方面：1) 药食同源多糖生物活性研究，包括免疫调节、抗氧化、肠道菌群调控等研究方向以及炎症 (inflammation)。2) 药食同源多糖的临床应用，包括免疫调节治疗，如肿瘤辅助治疗、放疗/化疗不良反应缓解；神经保护与衰老 (阿尔茨海默病、帕金森病等) 以及代谢性疾病干预 (2 型糖尿病、非酒精性脂肪肝等) 也为药食同源多糖的临床应用方向，其中包括癌症 (cancer)、信号通路 (signaling pathways)、细胞凋亡 (apoptosis) 等关键词。3) 药食同源多糖的提取工艺，包括结构特征 (structural characterization)、提取 (extraction)、纯化 (purification) 等内容。提取工艺研究是连接药食同源多糖基础研究与实际应用的关键桥梁，直接决定其能否从实验室成果转化安全有效的功能性产品或药品。

综上所述，药食同源多糖的研究领域广泛且深入，涵盖了从基础成分研究到临床应用、从动物实验到细胞层面的多个方面。由于多糖中含有大量的杂质，会影响多糖的结构和活性，最终影响产品的质量。因此，药食同源多糖的提取纯化、结构特征

逐渐得到了广泛的研究<sup>[20]</sup>。未来，随着研究的不断深入和技术的不断发展，药食同源多糖在医药、保健、农业等领域的应用前景将更加广阔。

### 2.6 关键词时间线分析

中文文献中药食同源多糖的关键词时间线图主要包含 3 个时间段的关键词 (图 7-A、C)，早期阶段：主要集中在多糖的提取分离、基本生物学功能 (如抗氧化、保护作用) 的研究。多糖的提取分离方法的优化以及在不同疾病中的治疗作用逐渐成为研究热点。有研究表明黄芪多糖通过 MAPK 和 NF-κB 信号通路参与免疫调节治疗支气管哮喘<sup>[21]</sup>。中期阶段：逐渐转向多糖的免疫调节活性以及在临床疾病 (如肿瘤、哮喘等) 中的治疗作用及其机制探索，研究重点从单一成分转向活性验证。例如甘草多糖具有明显的抗病毒及提高免疫力的活性，能增强人体免疫力，针对心肌缺血/再灌注损伤<sup>[22]</sup>、炎症损伤<sup>[23]</sup>的作用机制研究和在治疗中的应用，体现了其独特的研究价值。近期突现“构效关系”“肠道菌群调节”“抗肿瘤机制”“药食同源产品开发”，体现从基础向应用和机制研究的深化，同时也更加注重多糖与分子机制的结合，如信号通路、基因表达



A~B-代表性多糖中文及英文文献关键词时间线图谱；C~D-药食同源多糖中文及英文文献关键词时间线图谱。  
A-B-Timeline of keywords in Chinese and English literature on representative polysaccharides; C-D-Timeline of keywords in Chinese and English literature on medicinal food homology polysaccharides.

图 7 中、英文文献的关键词时间线图谱分析

Fig. 7 Analysis of keyword timeline graph of Chinese and English literature

等方面的研究。

英文文献中药食同源多糖的关键词时间线图包含 2 个时间段的关键词(图 7-B、D)，早期阶段：不同药食同源植物中的多糖成分因其独特的生物活性及其分子机制而受到广泛关注。近期逐渐开展多糖提取分离纯化技术方面及生物活性方面的研究，关键词突现“肠道微生物群”“临床试验”，体现跨学科整合与转化医学趋势。这些研究有助于进一步揭示多糖的作用机制，并为其在药物开发中的应用提供更为详尽的理论依据。

### 2.7 关键词突现分析

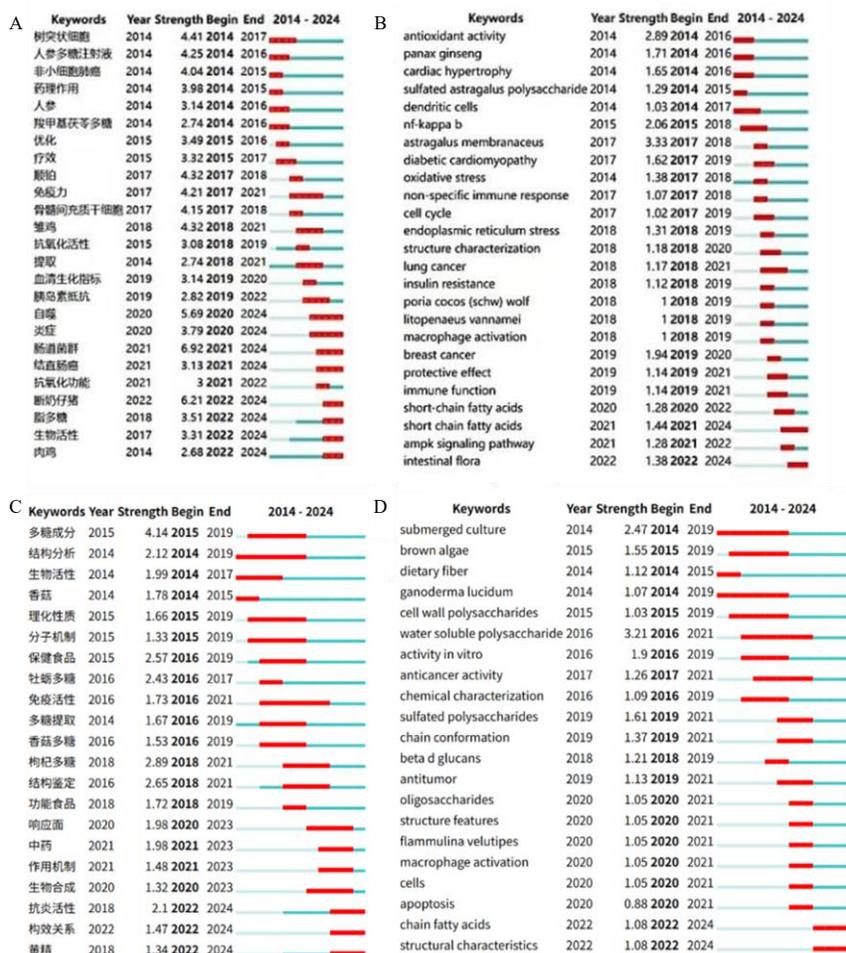
对药食同源多糖的中文文献关键词突现进行分析，见图 8-A、C。结果显示早期的研究热点主要涉及提取工艺、药物配方或治疗方案的改进，旨在提高药食同源多糖的利用效率和治疗效果；其中免疫力也作为早期研究热点中关注的热点，与多糖增强免疫力、抗肿瘤等药理活性密切相关。此外，近年来研究热点集中于肠道菌群、炎症、构效关系、生物活性、功能食品开发等。其中大多数研究人员认为癌症(如结肠直肠癌)与肠道炎症引起的炎症微环境有关<sup>[24]</sup>，并且目前常用脂多糖(LPS)刺激仔

猪或肉鸡<sup>[25]</sup>，建立免疫应激模型，进而探讨免疫应激对仔猪或肉鸡肠道形态、微生物菌群及免疫生物活性的影响。对药食同源多糖的英文文献关键词突现进行分析，见图 8-B、D。结果显示，近几年的研究热点则集中在“短链脂肪酸(short-chain fatty acids/short chain fatty acids)”和“肠道菌群(intestinal flora)”等关键词。其中短链脂肪酸是肠道菌群代谢的重要产物之一，与多种疾病的发生和发展密切相关。近年来，随着对肠道菌群研究的深入，短链脂肪酸在药食同源多糖研究中的地位逐渐提升。

### 2.8 药食同源多糖专利分析

近年来，随着药食同源健康产业的发展，药食同源多糖相关的专利变得越来越丰富，本研究利用数据挖掘和数据可视化技术对药食同源多糖专利的类型及国内外专利申请数据进行分析(2000—2024 年)，结果见图 9、10。

利用中国知网数据库得知中国的药食同源多糖产业经历了发展前期 1992—2003 年、快速发展期 2004—2013 年、稳定发展期 2014 年至今。发展前期主要是对药食同源多糖的基础研究和初步技术探索，开始关注多糖的提取、分离和纯化技术。



A~B-代表性多糖中文及英文文献关键词突现分析; C~D-药食同源多糖中文及英文文献关键词突现分析。

A-B-Key words outburst analysis in Chinese and English literature on representative polysaccharides; C-D-Key words outburst analysis in Chinese and English literature on medicinal food homology polysaccharides.

图 8 中、英文文献的关键词突现分析

Fig. 8 Analysis of key words emergence in Chinese and English literature

随着一些研究成果的出现,市场对药食同源多糖的保健功能有了初步认知;由于提取工艺不断改进和创新以及消费者对健康的关注度不断提高,快速发展期的药食同源多糖专利的数量呈现快速上升的趋势,并且市场需求也迅速增长。同时,相关部门出台了一系列支持中医药和保健品行业发展的政策,为药食同源多糖产业的发展提供了政策保障。稳定发展期的专利有下降的趋势,但是除了传统的保健品和功能性食品领域,药食同源多糖在药品、化妆品、生物材料等领域的应用也逐渐受到关注<sup>[26]</sup>。并且国家对中医药和大健康产业的支持力度不断加大,出台了一系列鼓励创新、加强监管的政策,为药食同源多糖产业的发展提供了良好的政策环境。目前,该产业的创新活力不断增强,越来越多的企业

和科研机构开始重视药食同源多糖的研发与应用。

### 3 讨论

“药食同源”思想是我国优秀传统文化和医药宝库的重要组成部分,蕴含了丰富的传统医药文化和健康保健知识<sup>[27-29]</sup>。《黄帝内经》<sup>[30]</sup>中描述:“五谷、五畜、五果、五菜,用之充饥,则谓之食,以其疗病,则谓之药”,这是对药食两用者定义最明确的记载。随着社会生活水平的提高、亚健康人群的日益增多以及“健康中国”战略的提出,药食同源中药材备受关注和重视,已被广泛用于食品及保健食品行业,对保障人体健康具有重要作用<sup>[31]</sup>。中药多以食疗、食补和药膳等形式应用于养生保健,或利用食物的药用价值进行防病治病。

随着中国中医药信息学会于 2021 年 5 月 12 日

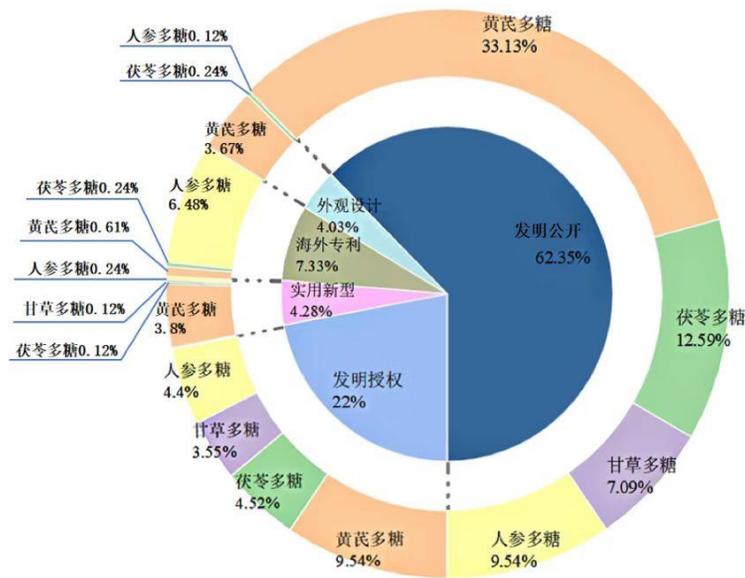


图 9 2000—2024 年药食同源多糖专利类型

Fig. 9 Types of patent concerning homologous polysaccharides in medicine and food from 2000 to 2024

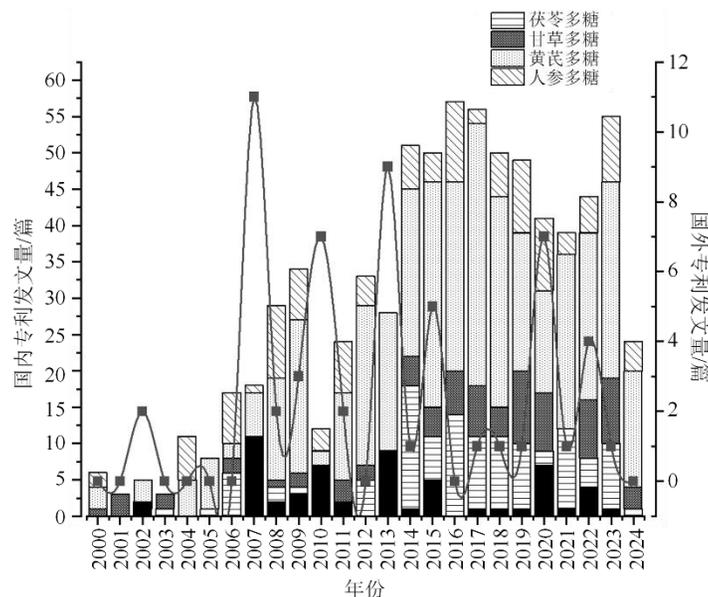


图 10 药食同源多糖 2000—2024 年国内外专利申请量

Fig. 10 Number of patent applications concerning homologous polysaccharides in medicine and food in China and abroad from 2000 to 2024

发布关于实施《药食同源健康管理行动指南（2021—2030）》的通知，再次迎来发文数量的高峰，并为健康中国战略和健康中国行动做出贡献。目前，从药食同源植物中提取的活性多糖正成为药食同源植物领域研究的热点。本研究整理了 2014—2024 年药食同源多糖相关的中、英文文献，并将中、英文文献采用文献计量学的方法，使用

CiteSpace-6.3 R1 软件对药食同源多糖 10 年间的文献进行了分析，直观地展现了药食同源多糖的现有研究成果以及当前的研究热点，归纳发现其在免疫调节、提取工艺等领域是目前药食同源多糖研究热点。

### 3.1 基于中医基础理论的药食同源多糖免疫调节的研究现状

《神农本草经》序录中有云：“药有酸咸甘苦辛

五味,又有寒热温凉四气”。本研究选取的 4 种药食同源代表性多糖所属中药材(黄芪、茯苓、人参与甘草)味甘,主要归脾、肺两经。甘“能补、能和、能缓”,即具有补益、和中、调和药性和缓急止痛的作用<sup>[32]</sup>;多用于治正气虚弱之证<sup>[33]</sup>,对治疗、预防疾病及养生具有作用<sup>[34]</sup>。在中医理论中,增强免疫力的核心,在于扶助正气,调和阴阳,使身体达到一种动态的平衡状态。而当机体免疫系统发生紊乱时,便会引发各种疾病的发生,如炎症、肿瘤、糖尿病、肝肾等疾病<sup>[35]</sup>。

药食同源中药多糖作为一种提高机体免疫力的生物反应调节剂,可以在免疫器官、细胞免疫、体液免疫、肠道免疫等不同方面发挥作用。如茯苓多糖可通过调节体液免疫和细胞免疫来增强免疫,治疗免疫缺陷性疾病如:复发性流产小鼠妊娠不良<sup>[36-38]</sup>。对于肠道黏膜损伤疾病,茯苓多糖可通过调节结肠内 T 淋巴细胞亚群的平衡,降低异常免疫反应的程度促进烫伤大鼠肠黏膜屏障的修复<sup>[39]</sup>。

**3.1.1 抗肿瘤作用** 中医药抗肿瘤的主要治则是“补气扶正”。药食同源物质具有丰富的活性生物成分,能够通过“祛邪毒补正气”而有效对抗肿瘤,并以补益类中药为主要代表,如人参、黄芪等<sup>[40]</sup>。截至目前,国家公布的 106 种药食同源物质中具有抗肿瘤作用的物质高达 94 种。其中药食同源多糖具有低毒性、高效、多途径、不良反应小等优点,与药物联用后有协同效应,可成为潜在的抗癌辅助药物。如黄芪多糖可通过介导 NF- $\kappa$ B 信号通路、增强人血  $\gamma$  $\delta$ T 细胞抑制肺癌细胞增殖作用<sup>[41]</sup>;茯苓多糖对乳腺癌、肝癌细胞、胃腺癌等有抑制作用,可改善化疗后的不良反应<sup>[42]</sup>。除此之外,药食同源多糖可以改善机体的抗氧化能力,临床上主要用于治疗癌症和炎症。

**3.1.2 抗氧化作用** 在生物系统中,氧化应激是由活性氧的产生和消耗不平衡引起的<sup>[43]</sup>,因此在中医整体观、辨证论治下,可以使用药食同源中药多糖维持机体阴阳平衡-氧化应激状态平衡<sup>[6]</sup>。天然或人工合成抗氧化剂均能保护生物体减少过量自由基和活性氧引起的氧化损伤,但人工合成抗氧化剂可能存在未知的不良反应<sup>[44]</sup>,而药食同源植物多糖是一种潜在的抗氧化剂。研究表明,从桔梗、甘草、黄芪、蒲公英、灵芝、葛根和砂仁等药食同源植物中提取的多糖均具有良好的抗氧化活性<sup>[4]</sup>,如甘草粗多糖有明显的清除羟基自由基和抑制脂质过氧

化作用<sup>[45]</sup>。

**3.1.3 调节肠道菌群作用** 肠道微生态与中医学都强调机体平衡是人体健康的根本,良好的肠道菌群平衡与人体健康密切相关<sup>[46]</sup>,现代研究表明代谢性疾病、溃疡性结肠炎、抑郁、肥胖等多种疾病均与肠道菌群失调有关<sup>[47]</sup>。而药食同源物质大多具“补益”属性,其功能成分可调节肠道菌群,增强免疫<sup>[48]</sup>。多糖作为药食同源物质的主要成分,具有很好的益生元的作用,可以调节肠道菌群的多样性,改善胃肠道功能<sup>[49]</sup>。

### 3.2 提取及纯化工艺的研究现状

对目前已公布的药食同源物质进行分类统计显示,有 95%的药材属于植物类药材,其余的为动物类药材<sup>[50]</sup>。不同的药食同源植物来源、不同使用部位和制备方法都会影响多糖的结构特征,生物活性也会表现出差异<sup>[51]</sup>。多糖提取方法有热水浸提法、酶解提取法、亚临界萃取法、半仿生提取法等。为了提高效率,确保多糖质量,进一步开发了多种方法组合使用的提取工艺,微波和超声等方式是提取工艺中最常见的辅助手段。因此,药食同源多糖的提取应综合考虑提取的得率和质量、设备条件、成本、环保等多方面的因素。

### 3.3 药食同源多糖研究不足之处

药食同源多糖作为中医药发展不可分割的一部分,药食同源产业已成为中医药发展的有力抓手。本研究直观反映出药食同源类多糖研究的现状与未来发展趋势,也提示和总结了目前该研究领域存在的一些薄弱环节和不足之处。

#### 3.3.1 药食同源多糖活性成分基础研究不足

(1) 药食同源物质含有多种活性成分如多糖、黄酮及皂苷等,其中从药食同源植物中提取的活性多糖是目前药食同源领域研究的热点。药食同源植物多糖提取方法的差异对其得率和结构影响显著,而现有的药食同源植物多糖的提取纯化技术效率偏低、不适合工业化生产。

(2) 药食同源多糖结构复杂,目前对其结构的解析仍不够全面和准确。例如,多糖糖苷键的类型、取代基位置及种类以及对多糖构象的结构解析方法尚未完全建立,难以深入阐明多糖的构效关系。因此,建立一套从样品预处理、分析方法选择到数据处理的标准流程,收集不同药食同源多糖的结构信息构建数据库,对多糖结构的解析具有重要意义。

(3) 虽然已知药食同源类多糖具有多种生物活

性,但多糖的药动学研究不够深入,许多靶点的分子机制还需要进一步探索。大多数研究停留在体外细胞实验或动物模型上,在后续研究中,应根据药食同源多糖的预期功能和适用人群,选择合适的研究对象,着重设计开展临床试验,全面评估药食同源多糖的长期效果和潜在不良反应。

(4)多糖是公认的天然、优质的免疫调节剂,但多糖并非单一作用于某个免疫细胞,而是通过激活多个免疫细胞,发挥免疫调节作用。然而,药食同源多糖基于这些不同免疫机制之间的相互作用尚未研究清楚。

**3.3.2 药食同源多糖质量评价体系不健全** 一方面,目前对于药食同源类多糖的质量控制缺乏统一、规范、全面的标准。不同产地、品种、批次的药食同源原料中多糖的含量、组成和活性存在较大差异,市场上尚无一套权威的质量检测方法和标准来准确评估多糖的质量,导致产品质量参差不齐,难以保证其安全性和有效性。

另一方面,现有的多糖生物活性评价方法主要依赖体外实验和动物实验,这些模型与人体真实的生理环境和病理状态存在较大差距,实验结果难以准确反映多糖在人体中的实际功效。此外,对于多糖的活性评价指标和方法也不够标准化和规范化,缺乏对多糖长期服用安全性和有效性的评估。

**3.3.3 药食同源多糖缺少传承与创新** 在中医理论指导下,研究药食同源多糖在食疗药膳中的应用,例如在《食疗本草》中记载的药食两用物质达 260 种,全面记载了食性、食宜、食忌和食方。在《太平圣惠方》中收录了 170 剂药膳,以粥、饼、茶等形式出现,可医治病症 30 余种。但目前不仅对药食同源多糖的性味归经、功效的中医理论阐释不够深入,而且在现代药食同源产业中,大量传统记载的药食两用物质未得到充分开发,其独特的功效和价值未能在现代产品中得以体现,造成了宝贵传统知识资源的闲置和浪费。

**3.3.4 药食同源多糖产品开发利用的研究有待完善** 在药食同源市场中,以多糖提取物为主要原料的产品稀缺,反映出企业和科研机构在产品创新方面缺乏积极性和能力。现有的产品形式较为单一,无法满足消费者多样化的需求,也难以跟上现代健康产业快速发展的步伐,限制了药食同源产业的市场竞争力和发展潜力。

此外,产品开发过程中对于药食同源多糖长期

服用的安全性研究也存在不足。尤其是在复合产品中,多种多糖以及其他成分的相互作用可能产生的潜在风险尚未得到充分评估。因此,产品开发利用前应该开展药食同源多糖产品的长期安全性研究,特别是对复合产品的研究。

综上所述,我国“药食同源”产业的发展有着不同于其他国家的独有特点,应充分利用得天独厚的资源优势 and 发挥中医理论的优势,挖掘“药食同源”物质基础,加大“药食同源”新产品的科研投入,提高产品的技术含量,并且完善药食同源产业的发展体系,打造中国特色的“药食同源”品牌,助推我国新兴大健康产业健康发展。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 杨慧. 健康中国战略背景下医疗健康产业的发展现状及变革趋势分析 [J]. 中国产经, 2023(11): 117-119.  
Yang H. Analysis on the development status and reform trend of medical and health industry under the background of healthy China strategy [J]. Chin Ind Econ, 2023(11): 117-119.
- [2] 邓钰文, 欧阳琳, 王珊, 等. 黄精药食同源价值研究进展 [J]. 湖南中医药大学学报, 2024, 44(5): 912-920.  
Deng Y W, Ouyang L, Wang S, et al. Research progress on homology value of Huangjing (*Polygonati Rhizoma*) as both medicine and food [J]. J Hunan Univ Chin Med, 2024, 44(5): 912-920.
- [3] 刘嘉宁, 国旭祺, 李明哲, 等. 基于药食同源的复方制剂抗疲劳效果评价 [J]. 营养学报, 2022, 44(4): 326-331.  
Liu J N, Guo X Q, Li M Z, et al. Evaluation of anti-fatigue effect of compound preparations based on medicinal and edible homology [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2022, 44(04): 326-331.
- [4] 贡航, 胡闭月, 奚婧, 等. 药食同源代茶饮对高血压的辅助治疗效果研究 [J]. 中国医药导报, 2020, 17(4): 189-192, 197.  
Y H, Hu B Y, Xi J, et al. Study on the effect of homology of medicine and food generation of tea on the adjuvant therapy of hypertension [J]. China Med Her, 2020, 17(4): 189-192, 197.
- [5] 谭敏华, 李小妮, 于立梅, 等. 20 种药食同源材料的双功能活性及饮料工艺研究 [J]. 食品科技, 2021, 46(5): 93-98.  
Tan M H, Li X N, Yu L M, et al. Research on the dual-functional activities and beverage preparation process of 20 medicinal and edible homologous materials [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(5): 93-98.

- [6] 陈保祯, 陈芳, 朱建平, 等. 药食同源中药调控氧化应激防治冠心病的研究进展 [J]. 中草药, 2022, 53(17): 5582-5592.  
Chen Y Z, Chen F, Zhu J P, et al. Research progress on the prevention and treatment of coronary heart disease by medicinal and edible homologous traditional Chinese medicines through regulating oxidative stress [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2022, 53(17): 5582-5592.
- [7] 嵇晶, 张云羽, 王令充, 等. 基于经典名方的药食同源大健康产品开发应用探讨 [J]. 南京中医药大学学报, 2023, 39(9): 961-966.  
Ji J, Zhang Y Y, Wang L C, et al. Discussion on the development and application of homologous food and medicine health products based on classic famous prescriptions [J]. J Nanjing Univ Chin Med, 2023, 39(9): 961-966.
- [8] 牟文荣, 张童童, 裴莉昕, 等. 药食同源类中药开发应用探讨 [J]. 中医学报, 2023, 38(3): 673-678.  
Mu W R, Zhang T T, Pei L X, et al. Discussion on the development and application of medicinal and edible homologous traditional Chinese medicines [J]. Acta Chin Med, 2023, 38(3): 673-678.
- [9] 束云, 刘长喜, 李连达. 中国已获批准的保健食品现状分析 [J]. 现代保健, 2006(8): 81-90.  
Shu Y, Liu C X, Li L D. Analysis on the current situation of approved health foods in China [J]. Modern Health, 2006(8): 81-90.
- [10] 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.  
Duan C C, Zhao W X, Lv Q, et al. Research progress on the pharmacological effects of medicinal and edible homologous traditional Chinese medicine polysaccharides in functional health foods [J]. World Sci Technol-Modern Tradit Chin Med, 2022, 24(10): 3844-3850.
- [11] Liu Y N, Huang Y J, Zhu R Y, et al. Structural elucidation approaches in carbohydrates: A comprehensive review on techniques and future trends [J]. Food Chem, 2023, 400: 134118.
- [12] Guo Q B, Xiao X Y, Lu L F, et al. Polyphenol-polysaccharide complex: Preparation, characterization, and potential utilization in food and health [J]. Annu Rev Food Sci Technol, 2022, 13: 59-87.
- [13] 安小雯, 李帅, 王玲玲, 等. 我国药食同源物质保健食品的发展现状及对策研究 [J]. 中国果菜, 2024, 44(5): 15-19, 72.  
An X W, Li S, Wang L L, et al. Research on the development status and countermeasures of health foods of medicinal and edible homologous substances in China [J]. China Fruit Veget, 2024, 44(5): 15-19, 72.
- [14] 许梦粤, 曾长立, 王红波. 药食同源植物多糖提取方法、结构解析和生物活性研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2023, 44(19): 216-224.  
Xu M Y, Zeng C L, Wang H B. Research progress on extraction methods, structural analysis and biological activities of plant polysaccharides from medicinal and edible homologous materials [J]. Food Res Develop, 2023, 44(19): 216-224.
- [15] 史艳财, 王博, 邓丽丽, 等. 基于文献可视化分析的我国药食同源研究进展 [J]. 广西科学院学报, 2023, 39(1): 11-26.  
Shi Y C, Wang B, Deng L L, et al. Research progress on medicine and food homology in China based on literature visualization analysis [J]. J Guangxi Acad Sci, 2023, 39(1): 11-26.
- [16] 康力, 葛瑞宏, 周良, 等. 我国药食同源产业发展问题解析及综合发展建议 [J]. 生命科学, 2024, 36(8): 981-990.  
Kang L, Ge R H, Zhou L, et al. Analysis of development problems and comprehensive development suggestions for the medicine and food homology industry in China [J]. Life Sci, 2024, 36(8): 981-990.
- [17] 边亚彬, 张景艳, 王磊, 等. 黄芪多糖对树突状细胞形态和功能影响研究进展 [J]. 动物医学进展, 2016, 37(4): 86-89.  
Bian Y B, Zhang J Y, Wang L, et al. Progress on effects of *Astragalus* polysaccharides on morphology and function of dendritic cells [J]. Prog Vet Med, 2016, 37(4): 86-89.
- [18] 范宗静, 谢连娣, 崔杰, 等. 黄芪多糖后处理通过抑制线粒体损伤介导的凋亡保护心肌缺血再灌注损伤 [J]. 辽宁中医杂志, 2018, 45(7): 1357-1360.  
Fan Z J, Xie L D, Cui J, et al. APS post-treatment protects against myocardial ischemia/reperfusion injury by inhibiting mitochondrial damage-mediated apoptosis [J]. Liaoning J Tradit Chin Med, 2018, 45(7): 1357-1360.
- [19] Wei W, Li Z P, Bian Z X, et al. *Astragalus* polysaccharide RAP induces macrophage phenotype polarization to M1 via the Notch signaling pathway [J]. Molecules, 2019, 24(10): 2016.
- [20] Li L, Xie J C, Zhang Z M, et al. Recent advances in medicinal and edible homologous plant polysaccharides: Preparation, structure and prevention and treatment of diabetes [J]. Int J Biol Macromol, 2024, 258: 128873.
- [21] 陈曦, 施京红, 吴守振. 黄芪多糖在支气管哮喘中的免疫调节作用和相关机制的研究进展 [J]. 中国医药导报, 2023, 20(31): 56-59.

- Chen X, Shi J H, Wu S Z. Research progress on the immune regulation function and mechanism of astragalus polysaccharides in bronchial asthma [J]. *China Med Her*, 2023, 20(31): 56-59.
- [22] 万涛, 罗柏涛, 唐今尧, 等. 甘草多糖对心肌缺血/再灌注损伤大鼠的影响及作用机制 [J]. *中国老年学杂志*, 2024, 44(16): 4018-4022.
- Wan T, Luo B T, Tang J Y, et al. Effect of *Glycyrrhiza* polysaccharide on myocardial ischemia/reperfusion injury in rats and its mechanism [J]. *Chin J Gerontol*, 2024, 44(16): 4018-4022.
- [23] 苏瑞军, 杨琳雪, 唐瑜, 等. 甘草多糖对 LPS 诱导的 A549 细胞炎症损伤的拮抗作用研究 [J]. *太原师范学院学报 (自然科学版)*, 2024, 23(2): 58-63.
- Su R J, Yang L X, Tang Y, et al. Antagonistic effect of *Glycyrrhiza* polysaccharides on LPS-induced inflammation damage in A549 cells [J]. *J Taiyuan Norm Univ Nat Sci Ed*, 2024, 23(2): 58-63.
- [24] 郭美璇, 林宇星, 蔡梦圆, 等. 中医药调控肿瘤相关巨噬细胞在结直肠癌中的研究进展 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(22): 279-288.
- Guo M X, Lin Y X, Cai M Y, et al. Research progress on the regulation of tumor-associated macrophages by traditional Chinese medicine in colorectal cancer [J]. *Chin J Exp Traditl Med Form*, 2024, 30(22): 279-288.
- [25] Yu J Y, Zheng C B, Zheng J, et al. Development of intestinal injury and restoration of weaned piglets under chronic immune stress [J]. *Antioxidants (Basel)*, 2022, 11(11): 2215.
- [26] 王瑞, 王景媛, 郭敏, 等. 杜仲多糖的提取分离纯化、结构特征及其药理活性研究进展 [J]. *中草药*, 2024, 55(4): 1075-1088.
- Wang R, Wang J Y, Guo M, et al. Research progress on extraction, isolation, purification, structural features, and pharmacological activity of *Eucommia ulmoides* polysaccharides [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2024, 55(4): 1075-1088.
- [27] 黄璐琦, 何春年, 马培, 等. 我国药食两用物品产业发展战略思考 [J]. *中国工程科学*, 2022, 24(6): 81-87.
- Huang L Q, He C N, Ma P, et al. Strategic thinking on the development of food-medicine industry [J]. *Strateg Study CAE*, 2022, 24(6): 81-87.
- [28] Liu H B, Wang Y F, Huang J L, et al. Analysis on patents of health care products with substances of medicine food homology in China [J]. *Chin Herb Med*, 2024, 16(3): 412-421.
- [29] 田琦, 汤旗, 陈钧, 等. 食药同源健脾开胃物质及其成方制剂研究与应用进展 [J]. *中草药*, 2024, 55(6): 2101-2112.
- Tian Q, Tang Q, Chen J, et al. Research and application progress on food and medicine homologous substances and their preparations for invigorating spleen and stomach [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2024, 55(6): 2101-2112.
- [30] 田代华整理. 黄帝内经素问 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 46-52.
- Tian D H, Compiled. *Huangdi Neijing Suwen* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005: 46-52.
- [31] 贾慧杰. 我国药食同源的发展与应用概况分析 [J]. *现代食品*, 2022, 28(4): 33-35.
- Jia H J. Analysis on the development and application of homology of medicine and food in China [J]. *Mod Food*, 2022, 28(4): 33-35.
- [32] 王世晖, 王月华, 王维峰. 药食两用中药性味归经总结分析 [J]. *实用医技杂志*, 2019, 26(4): 500-502.
- Wang S H, Wang Y H, Wang W F. Summary and analysis of the nature and taste of traditional Chinese medicine for both medicine and food [J]. *J Pract Med Tech*, 2019, 26(4): 500-502.
- [33] 占永立. 中药的四气五味 [J]. *中华肾病研究电子杂志*, 2018, 7(4): 148-150.
- Zhan Y L. The four properties and five flavors of traditional Chinese medicines [J]. *Chin J Kidney Dis Investig Electron Ed*, 2018, 7(4): 148-150.
- [34] 唐雪阳, 谢果珍, 周融融, 等. 药食同源的发展与应用概况 [J]. *中国现代中药*, 2020, 22(9): 1428-1433.
- Tang X Y, Xie G Z, Zhou R R, et al. Development and application of "one root of medicine and food" [J]. *Mod Chin Med*, 2020, 22(9): 1428-1433.
- [35] 张艳, 周淑如, 韩仕阳, 等. 人参皂苷对免疫功能的调节作用及机制 [J]. *江苏大学学报 (医学版)*, 2023, 33(5): 455-460.
- Zhang Y, Zhou S R, Han S Y, et al. Regulatory effect and mechanism of ginsenosides on immune function [J]. *J Jiangsu Univ (Medicine Edition)*, 2023, 33(5): 455-460.
- [36] 蒲秀兰, 林美斯, 罗锐锋, 等. PPs 在免疫相关肠病中的病理机制及中药多糖的调控作用 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2021, 27(4): 216-224.
- Pu X L, Lin M S, Luo R F, et al. Pathological mechanism of PPs in immune-related enteropathy and regulatory effect of traditional Chinese medicine polysaccharides [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2021, 27(4): 216-224.
- [37] 叶彬彬, 黄维洁. 茯苓多糖对复发性流产小鼠细胞免疫及妊娠结局的影响 [J]. *中国计划生育学杂志*, 2020, 28(11): 1736-1741.
- Ye B B, Huang W J. Effect of *Poria cocos* polysaccharides on cellular immunity and pregnancy outcome in mice with

- recurrent abortion [J]. Chin J Family Plan, 2020, 28(11): 1736-1741.
- [38] Tu Y J, Luo X Y, Liu D, et al. Extracts of *Poria cocos* improve functional dyspepsia via regulating brain-gut peptides, immunity and repairing of gastrointestinal mucosa [J]. Phytomedicine, 2022, 95: 153875.
- [39] Xie L M, Shen M Y, Hong Y Z, et al. Chemical modifications of polysaccharides and their anti-tumor activities [J]. Carbohydr Polym, 2020, 229: 115436.
- [40] 高玮, 李若兰, 曾婧辉, 等. 药食同源物质及其非营养素在肺癌防治中的研究进展 [J]. 护理研究, 2024, 38(10): 1741-1746.
- Gao W, Li R L, Zeng J H, et al. Research progress on medicinal food homology and non-nutrient components in the prevention and treatment of lung cancer [J]. Chin Nurs Res, 2024, 38(10): 1741-1746.
- [41] Wu C Y, Ke Y, Zeng Y F, et al. Anticancer activity of astragalus polysaccharide in human non-small cell lung cancer cells [J]. Cancer Cell Int, 2017, 17: 115.
- [42] 魏科, 陈勇超, 周家豪, 等. 茯苓多糖辅助抗肿瘤及免疫调节作用研究 [J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(10): 4937-4940.
- WEI K, CHEN Y C, ZHOU J H, et al. Study on the adjuvant anti-lung cancer and immunomodulatory effects of *Poria cocos* polysaccharides [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2020, 35(10): 4937-4940.
- [43] He Y N, Chen Z J, Nie X, et al. Recent advances in polysaccharides from edible and medicinal *Polygonati Rhizoma*: From bench to market [J]. Int J Biol Macromol, 2022, 195: 102-116.
- [44] Xu N, Ren Z Z, Zhang J J, et al. Antioxidant and anti-hyperlipidemic effects of mycelia zinc polysaccharides by *Pleurotus eryngii* var. *tuoliensis* [J]. Int J Biol Macromol, 2017, 95: 204-214.
- [45] Wang Y G, Zhang X, Ma X Q, et al. Study on the kinetic model, thermodynamic and physicochemical properties of Glycyrrhiza polysaccharide by ultrasonic assisted extraction [J]. Ultrason Sonochem, 2019, 51: 249-257.
- [46] 王梦婕. 药食同源中药-肠道菌群-疾病关系数据库的构建及应用 [D]. 成都: 成都大学, 2024.
- Wang M J. Construction and application of the database on the relationship among medicinal and edible homologous traditional Chinese medicines, intestinal flora and diseases [D]. Chengdu: Chengdu University, 2024.
- [47] Winter G, Hart R A, Charlesworth R P G, et al. Gut microbiome and depression: What we know and what we need to know [J]. Rev Neurosci, 2018, 29(6): 629-643.
- [48] Shen L, Ji H F. Bidirectional interactions between dietary curcumin and gut microbiota [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2019, 59(18): 2896-2902.
- [49] 陈丽华, 单雅慧, 管咏梅, 等. 药食同源物质改善胃肠道功能作用的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(4): 480-487.
- Chen L H, Shan Y H, Guan Y M, et al. Research progress on the effect of medicinal and edible homologous substances on improving gastrointestinal function [J]. Sci Technol Food Industry, 2023, 44(4): 480-487.
- [50] 杨明翰, 梁政亭, 葛亮, 等. 药食同源历史源流及其药性规律研究 [J]. 中国民族民间医药, 2022, 31(22): 11-16.
- Yang M H, Liang Z T, Ge L, et al. Study on history of development and laws of herbal property about homology of medicine and food [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2022, 31(22): 11-16.
- [51] Zhang Y J, Zhang Y, Taha A A, et al. Subcritical water extraction of bioactive components from ginseng roots (*Panax ginseng* C.A. Mey) [J]. Ind Crops Prod, 2018, 117: 118-127.

[责任编辑 齐静雯]