

基于 CiteSpace 科学知识图谱分析石榴皮研究现状及热点

唐 荣¹, 魏 欣¹, 马 江¹, 刘昌孝^{1,2*}, 何 新^{1*}

1. 广东药科大学中药学院, 广东 广州 510006

2. 天津药物研究院, 天津 300462

摘要: 目的 通过文献计量学软件 CiteSpace 对石榴皮的研究现状及热点进行可视化分析, 为国内突破石榴皮研究瓶颈和发现研究新思路提供参考。方法 基于中国知网数据库和 Web of Science 数据库进行文献检索, 时间限定为 2002 年 1 月 1 日—2022 年 11 月 20 日, 共纳入 3447 篇符合标准的文献, 对年发文量, 国家(地区)、机构、作者合作网络, 关键词共现、聚类、突现词, 英文文献共被引进行分析。结果 石榴皮研究中文文献发文量增长平缓, 英文文献发文量增长快速, 国内外对于石榴皮研究的热度不同。发文最多的 3 个国家是印度、中国、伊朗, 国内主要的研究机构有新疆医科大学、陕西师范大学、武汉大学、武汉大学人民医院, 国外主要的研究机构有伊斯兰阿扎德大学(Islamic Azad University)、沙特阿拉伯国王大学(King Saud University)等。国内外主要的核心作者有周文宏、高晓黎、Opara Umezurike Linus 等。国内研究内容主要集中在化学成分和药理作用方面, 国外主要研究集中于石榴皮作为食品添加剂方面。结论 抑菌、抗动脉粥样硬化、治疗结肠炎、抗肿瘤等药理作用机制的研究以及安石榴苷、鞣花酸等化学成分的提取和纯化是国内研究需要突破的瓶颈。作为食品添加剂的口感优化和毒理学研究以及纺织物染色的应用是今后石榴皮研究的新方向。

关键词: 石榴皮; CiteSpace; 文献计量学; 科学知识图; 可视化分析; 安石榴苷; 鞣花酸

中图分类号: R284; R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2023)12-3949-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.12.021

Research status and hotspot of *Granati Pericarpium* based on CiteSpace scientific knowledge graph analysis

TANG Rong¹, WEI Xin¹, MA Jiang¹, LIU Chang-xiao^{1,2}, HE Xin¹

1. School of Chinese Materia Medica, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China

2. Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300462, China

Abstract: Objective The research status and hotspots of Shiliupi (*Granati Pericarpium*, pomegranate peel) were analyzed visually through the bibliometric software CiteSpace, so as to provide reference for breaking through the bottleneck of *Granati Pericarpium* research and finding new research ideas in China. **Methods** Literature retrieval was conducted based on CNKI database and Web of Science database, and the time was limited to January 1, 2002 to November 20, 2022. A total of 3447 literatures that met the criteria were included. The annual number of published papers, countries (regions), institutions, author cooperation network, keyword co-occurrence, clustering, emergent words, and co-citation of English literature were analyzed. **Results** The number of Chinese articles on *Granati Pericarpium* research was increased slowly, while the number of English articles was increased rapidly. The popularity of *Granati Pericarpium* research at home and abroad was different. The top three countries with the most publications were India, China and Iran. The main research institutions at home and abroad included Xinjiang Medical University, Shaanxi Normal University, Wuhan University, Renmin Hospital of Wuhan University, Islamic Azad University, King Saud University, etc. The main core authors at home and abroad include Zhou Wen-hong, Gao Xiao-li, Opara Umezurike Linus, etc. The main research content in China was chemical composition and pharmacological effect, and the main research in foreign countries was *Granati Pericarpium* as food additive.

收稿日期: 2023-04-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(82174209)

作者简介: 唐 荣(1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向为中药药效评价与应用研究。E-mail: t981286847@163.com

*通信作者: 刘昌孝, 中国工程院院士, 主要从事药物代谢与药动学研究。E-mail: liuchangxiao@163.com

何 新, 教授, 博士生导师, 主要从事中药药理与中药药动学研究。Tel: (020)39352880 E-mail: hexintn@163.com

Conclusion The bottleneck of domestic research needs to be broken through was the research on the pharmacological mechanisms of antibacterial, anti-atherosclerosis, colitis treatment, and antitumor, as well as the extraction and purification of the chemical components such as anpomegranin and ellagic acid. The new directions of research were taste optimization and toxicology of pomegranate peel as a food additive, as well as textile dyeing application.

Key words: *Granati Pericarpium*; CiteSpace; bibliometrics; scientific knowledge graph; visual analysis; anpomegranin; ellagic acid

《中国药典》2020 年版一部中石榴皮 *Granati Pericarpium* 为石榴科植物石榴 *Punica granatum* L. 的干燥果皮。其性温，味酸、涩，归大肠经，功效为涩肠止泻、止血、驱虫，用于久泻、久痢、便血、脱肛、崩漏、带下、虫积腹痛^[1]。石榴皮治病自古就有记载，唐代的《本草拾遗》记载石榴皮“主蛔虫”^[2]；宋代的《太平圣惠方》载有石榴皮散（石榴皮、龙骨、诃梨勒）治疗“赤白痢，日夜行数不减”^[3]；明代的《本草纲目》记载石榴皮主治泻痢不止^[4]。近年来，国外对于石榴皮的研究热度远超国内。

CiteSpace 是陈超美教授开发的一款信息可视化科学知识图谱软件，整合了数学思维、视觉思维、哲学思维，可以高效率地总结某研究领域的进展，并且发现该领域的研究热点^[5]。相较于其他文献计量学软件，CiteSpace 的优势在于能够对热点进行探测并且能够通过时间线解读研究热点在时间上的变化。本研究运用 CiteSpace 软件对中国知网（CNKI）和 Web of Science（WOS）数据库中的中英文文献进行了归纳总结，对发文量，国家（地区）、机构、作者合作网络，关键词共现、聚类、突现词，英文文献共被引进行可视化分析，解读当下的石榴皮研究现状并且发现研究热点，为国内突破石榴皮研究瓶颈和发现研究新思路提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源及检索策略

中文文献来源于 CNKI 数据库。检索方法：主题“石榴皮”，检索时间为 2002 年 1 月 1 日—2022 年 11 月 20 日，共检索到 2204 条结果，通过筛选排除不相关内容及会议、新闻、报纸等文献，排除重复文献，最终纳入 1586 篇中文文献。英文文献来源于 WOS 核心数据库。检索方法：主题“pomegranate peel OR *Granati Pericarpium* OR pomegranaterind”，检索时间为 2002 年 1 月 1 日—2022 年 11 月 20 日，共检索到 1888 篇文献，选择文献类型为 article 和 review，筛除不相关内容及会议等文献，经过排除重复文献，最终纳入 1861 篇文献。

1.2 数据处理

CNKI 中的文献以 Refwork 格式导出，WOS 中的文献以纯文本格式导出，导入 CiteSpace 6.1.R4 (64bit) Advanced 进行格式转化、除重、分析。时间分区（time slicing）：2002—2022 年；时间节点（years per slice）：1 年；主题词来源（term source）：主题、摘要、关键词；阈值（top N per slice）=25，并采用 pathfinder 算法对图谱进行简化。

2 结果与分析

2.1 发文趋势

分析相关论文的年度分布情况，从一定程度上能观察到该学科的发展速度、动态及成熟程度^[6]。2002—2022 年 CNKI 和 WOS 中石榴皮的年发文量见图 1。近 20 年国内外年发文总数整体呈上升趋势，2017 年后上升速度加快，说明石榴皮的研究受到了更多学者的关注；2022 年发文量出现下降，可能是因为 2017—2021 年研究趋于阶段性的饱和，需要在目前的研究方向有一定突破。WOS 中石榴皮的年发文量在 2016 年首次超过了 CNKI，并且在之后的几年呈现出相反的发展趋势，说明国内对于石榴皮研究的关注度正在逐渐减少，而国外的关注度却在逐年增加。

2.2 国家（地区）、机构和作者分析

2.2.1 国家（地区）合作网络 WOS 数据库分析显

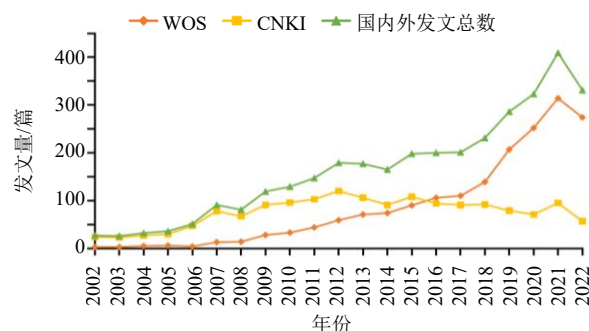


图 1 2002—2022 年国内外石榴皮研究年发文量

Fig. 1 Annual number of publications on *Granati Pericarpium* at home and abroad from 2002 to 2022

示,全球共有 90 个国家(地区)参与石榴皮研究,发文量排名前 10 的国家及其中介中心性数值见图 2。发文量最多的国家是印度,其次是中国和伊朗,这可能与石榴的产地有关,石榴原产地为伊朗,而印度与伊朗地理位置较近,中国则是因为汉代张骞对石榴进行了大量引种,其果皮作为收涩药被广泛使用。

国家(地区)合作网络包含 90 个节点,432 条连线,密度为 0.1079,见图 3。节点的大小表示国家(地区)发表文献的数量,节点越大发文量越多;不同颜色的年轮代表发表文献的年份,年轮的宽度则代表不同年份发表文献的数量,年轮越宽代表该年份发文量越多;最外边的紫色年轮表示中介中心性,中介中心性大于 0.1 称为关键节点;连线的颜色代表国家(地区)首次合作的年份,粗细代表合作的频次。

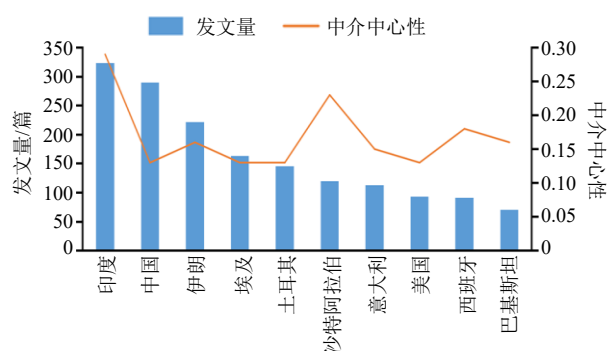


图 2 石榴皮研究发文量排名前 10 的国家及中介中心性
Fig. 2 Top 10 countries and intermediate centrality in number of publications of *Granati Pericarpium* research

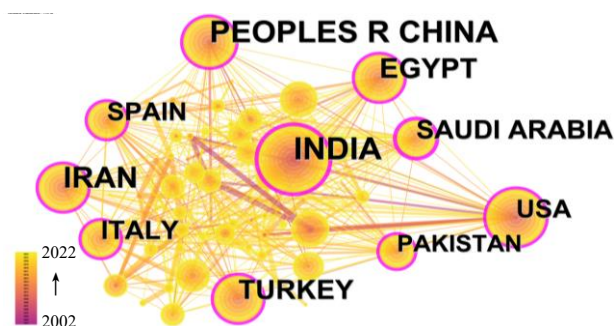


图 3 石榴皮研究国家(地区)合作网络
Fig. 3 National (regional) cooperation network in *Granati Pericarpium* research

印度的发文量和中介中心性在国家(地区)合作网络中均排在第 1 位;中国的发文量排第 2 位,但是中介中心性排第 10 位;沙特阿拉伯发文量虽然较低,但是中介中心性仅次于印度,排在第 2。结果表明印度在国家(地区)合作网络中有着巨大

的影响力,建议国内学者在注重发文数量的同时应该注重研究的质量。

2.2.2 机构合作网络 CNKI 中发文量前 10 的机构见表 1。发文最多的是新疆医科大学(72 篇),其次是陕西师范大学(51 篇)、武汉大学人民医院(36 篇)、武汉大学(36 篇)。机构合作网络包含 584 个节点,241 条连线,密度为 0.0012,见图 4。结果表明各机构间合作较少,发文最多的新疆医科大学仅限于与新疆省内的机构合作,陕西师范大学、武汉大学和武汉大学人民医院发文较多,也鲜有与其他机构合作。石榴皮是外来物种,由汉代张骞通过丝绸之路将石榴从伊朗引种回国内,而丝绸之路北、中、南 3 道均途径新疆,由此石榴在新疆开始了大规模的种植。新疆各族人民在与自然灾害和疾病长期斗争的过程中,形成了以花、果实、种子等入药的习惯^[7],其中石榴皮有中药和民族药的双重身份,在新疆地区被广泛使用。新疆医科大学是新疆唯一一所省部共建的医学高等院校,有研究中医药的中医学院和民族药的维吾尔医学院,在发展中医药与新疆民族药的道路上有着重要作用,因此新疆医科大学走在了国内石榴皮研究的前沿。各机构应该打破地域的限制,增强合作才能更好的推动领域发展。

WOS 中发文量前 10 的机构见表 1。发文最多的 3 个机构分别来自伊朗的伊斯兰阿扎德大学(Islamic Azad University)(44 篇)、沙特阿拉伯的沙特阿拉伯国王大学(King Saud University)(41 篇)、中国的陕西师范大学(25 篇)。WOS 中机构合作网络包含 635 个节点,715 条连线,密度为 0.0036,见图 5。图谱密度高于国内的机构,表明国外的机构合作更加紧密。

2.2.3 作者合作网络 根据普赖斯定律^[8],计算出核心作者。CNKI 中的 1586 篇文献共包含作者 723 位,发文最多的作者是周文宏(39 篇),核心作者发文量则应 ≥ 5 (4.68)篇,共计 50 位。发文量排名前 10 位的作者见表 2。作者合作网络包含 723 个节点,710 条连线,密度为 0.0027,见图 6。以核心作者周本宏为主的团队已经形成,2005 年左右开始研究至今,从未间断,研究的内容从早期的化学成分逐渐转变为中后期的药理作用^[9-10]。核心作者高晓黎的团队也已经基本形成,以新疆省内石榴皮的化学成分和药理作用研究为主^[11-12]。

WOS 中的 1861 篇文献共包含作者 676 位,发文最多的作者是 Opara Umezuruike Linus(21 篇),

表 1 CNKI 和 WOS 中石榴皮发文量排名前 10 的研究机构

序号	CNKI		WOS		
	机构	发文量	机构	国家	发文量
1	新疆医科大学	72	Islamic Azad University	伊朗	44
2	陕西师范大学	51	King Saud University	沙特阿拉伯	41
3	武汉大学人民医院	36	陕西师范大学 (Shaanxi Normal University)	中国	25
4	武汉大学	36	Taif University	沙特阿拉伯	23
5	西北农林科技大学	35	Indian Inst Technol	印度	23
6	湖南中医药大学	18	University Calif Davis	美国	22
7	西华大学生物工程学院	11	University Tehran	伊朗	21
8	枣庄学院生命科学院	11	Shiraz University	伊朗	19
9	四川大学轻纺与食品学院	10	Aristotle University Thessaloniki	希腊	17
10	北京化工大学	10	Cairo University	埃及	16

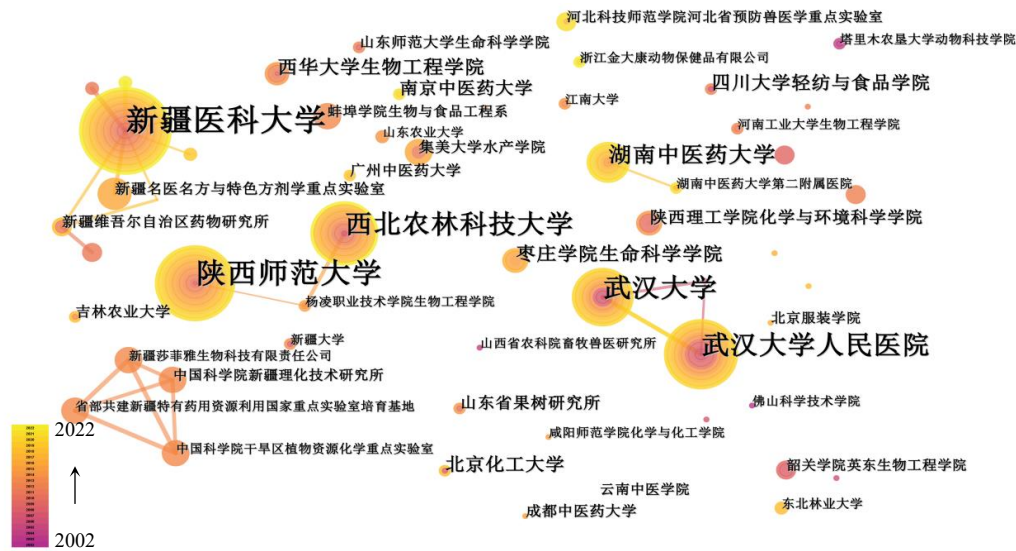


图 4 CNKI 中石榴皮研究机构合作网络

Fig. 4 Cooperation network of *Granati Pericarpium* research institutions in CNKI

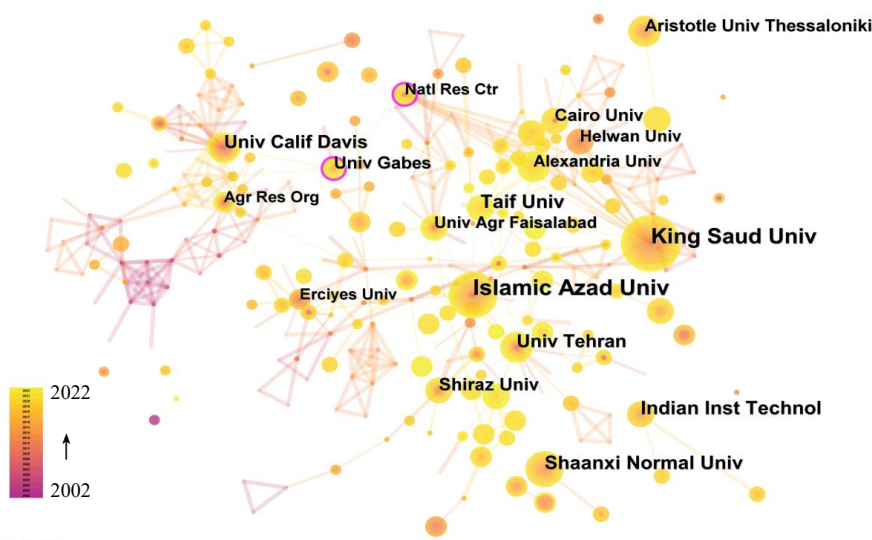


图 5 WOS 中石榴皮研究机构合作网络

Fig. 5 Cooperation network of *Granati Pericarpium* research institutions in WOS



图 6 CNKI 中石榴皮研究作者合作网络

Fig. 6 Author cooperative network of *Granati Pericarpium* research in CNKI

表 2 CNKI 中发文前 10 的作者和 WOS 中发文前 14 的作者

Table 2 Top 10 authors in CNKI and top 14 authors in WOS

序号	CNKI		WOS	
	作者	发文量	作者	发文量
1	周本宏	39	Opara Umezuruike Linus	21
2	高晓黎	25	Fawole Olaniyi Amos	13
3	张立华	17	Savikin Katarina	12
4	李建科	13	Amir Rachel	11
5	朱明芳	10	Li Jianke	11
6	刘刚	10	Holland Doron	9
7	刘利林	9	Al-quraishy Saleh	8
8	吴玥	8	Jankovic Teodora	8
9	焦士蓉	8	Goula Athanasia M	8
10	田莉	8	Kumar Nishant	7
11			Tian Li	7
12			Zdunic Gordana	7
13			Moneim Ahmed E Abdel	7
14			Conte Amalia	7

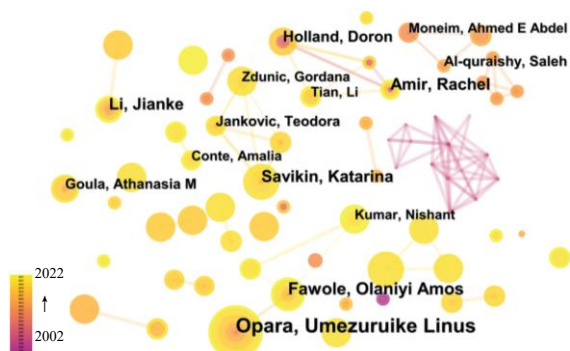


图 7 WOS 中石榴皮研究作者合作网络图

Fig. 7 Author cooperative network of *Granati Pericarpium* research in WOS

核心作者发文量应 ≥ 4 (3.43) 篇, 核心作者共计 66 位。发文量排名前 14 位的作者见表 2。作者合作网络包含 676 个节点, 818 条连线, 密度为 0.003 6, 见图 7。核心作者 Opara Umezuruike Linus 的团队主要研究方向为石榴皮的抗菌、抗氧化作用^[13]。国内作者李建科、田莉发不仅发表了较多中文文献, 也发表了较多英文文献, 表明这 2 位作者在石榴皮的研究上比较活跃。

2.3 关键词共现分析

关键词是对文献内容高度的概括, 能够使读者快速了解文献研究的主题。CtieSpace 通过对数据库中石榴皮研究文献的关键词进行提取, 形成

关键词共现图谱, 能够直观地反映该领域的研究主题。

CNKI 中石榴皮文献关键词共现图谱由 588 个节点组成, 见图 8, 排名前 20 的关键词见表 3。通过对关键词进行分析, 研究最多的是化学成分 (多酚、鞣花酸、安石榴苷、没食子酸、鞣质、总黄酮、提取工艺、纯化), 其次是抗氧化、抑菌等药理作用的研究, 最后是染色的应用。

WOS 中石榴皮的文献关键词共现图谱有 363 个节点组成, 见图 9, 排名前的 20 关键词见表 4。与中文数据库不同, WOS 中研究最多的是食品的抗氧化 (anti-oxidant activity、anti-oxidant、oxidativestress、



图 8 CNKI 中石榴皮研究关键词共现图谱
Fig. 8 Keywords cooccurrence map of *Granati Pericarpium* research in CNKI

shelf life), 其次是化学成分 (extract、phenolic compound、ellagic acid、polyphenol), 最后是抑菌的研究。

英文文献数量 (1861 篇) 大于中文文献数量 (1586), 但是英文文献关键词数量更少且排名前 20 的关键词频次普遍偏高, 从关键词的角度说明英文文献的研究主题更加集中。

2.4 关键词聚类及时间线分析

在关键词共现图谱的基础上对关键词进行聚类和时间线分析, 能够更加清晰地展示该领域的研究现状及热点。

将 CNKI 中的 588 个关键词利用对数似然法

表 3 CNKI 中石榴皮研究关键词共现分析

Table 3 Keyword co-occurrence analysis of *Granati Pericarpium* research in CNKI

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	石榴皮	521	11	鞣质	30
2	中草药	119	12	总黄酮	29
3	石榴	103	13	染色	27
4	多酚	81	14	抑菌作用	27
5	鞣花酸	75	15	化学成分	27
6	安石榴苷	67	16	提取工艺	26
7	抗氧化	64	17	抑菌	25
8	提取	59	18	纯化	23
9	中药	52	19	抑菌活性	19
10	没食子酸	42	20	石榴汁	15

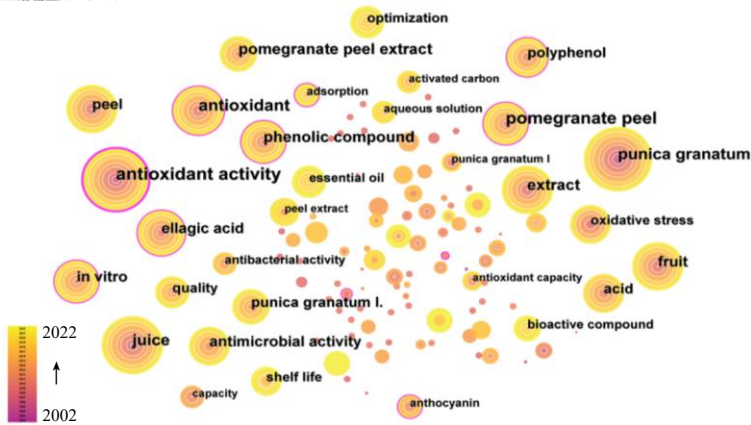


图 9 WOS 中石榴皮研究关键词共现图谱
Fig. 9 Keywords cooccurrence map of *Granati Pericarpium* research in WOS

(logarithmic likelihood method, LLR) 进行聚类, 共生成聚类 12 个, 见图 10。聚类模块值 (Q) = 0.730 9 ($Q > 0.3$), 平均轮廓值 (S) = 0.936 3 ($S > 0.7$), 说明聚类是高效率令人信服的。聚类#2 (抑

菌)、聚类#4 (产后汗出)、聚类#7 (抗菌机理)、聚类#9 (巴比妥)、聚类#10 (收涩药)、聚类#11 (腹泻) 是药理学方面的研究; 聚类#0 (化学成分)、聚类#1 (超声提取)、聚类#5 (质量控制) 是质量评价

表 4 WOS 中石榴皮研究关键词共现分析

Table 4 Keyword co-occurrence analysis of *Granati Pericarpium* research in WOS

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	anti-oxidant activity	407	11	fruit	158
2	pomegranate peel	351	12	antimicrobial activity	158
3	anti-oxidant	256	13	ellagic acid	148
4	juice	214	14	polyphenol	123
5	punica granatum	211	15	acid	122
6	extract	199	16	punica granatum l.	120
7	phenolic compound	198	17	quality	99
8	pomegranate peel extract	190	18	shelf life	90
9	<i>in vitro</i>	162	19	optimization	89
10	peel	160	20	oxidative stress	87

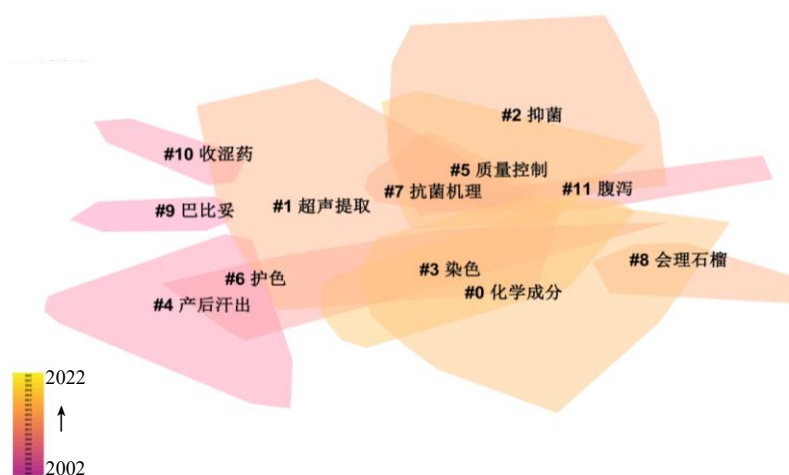


图 10 CNKI 中石榴皮研究关键词聚类图

Fig. 10 Keywords cluster map of *Granati Pericarpium* research in CNKI

及化学成分方面的研究；聚类#3（染色）、聚类#6（护色）是有关纺织方面的研究；聚类#8（会理石榴）为石榴品种方面的研究。对聚类的时间线进行分析，见图 11。聚类#0（化学成分）、聚类#1（超声提取）、聚类#2（抑菌）时间跨度长且发文量也比较多，可以作为长期研究方向；聚类#3（染色）、聚类#5（质量控制）、聚类#7（抗菌机理）时间跨度长但发文量较少，有必要进行深入的研究。

将 WOS 中的 363 个关键词利用 LLR 进行聚类，共生成聚类 11 个，见图 12。 $Q=0.7214$ ($Q>0.3$)， $S=0.8988$ ($S>0.7$)，说明聚类是高效率令人信服的。聚类#0（anti-oxidant activity）、聚类#1（cd-1 mice）、聚类#2（solid-state culture）、聚类#3（using on-line biochemical detection）、聚类#4（metalloproteinase-1 production）、聚类#5（diabetic

patient）、聚类#7（antibacterial activities）、聚类#8（pharmacokinetics）为药理学方面的研究；聚类#6（chicken patties）为食品方面的研究；聚类#9（nature dyeing）为染色方面的研究；聚类#10（dye-sensitized solar cell）是有关染料敏化太阳能电池方面的研究。从聚类时间线（图 13）可知，有关药理学研究的聚类比较多，但是没有连续性，聚类#0（anti-oxidant activity）抗氧化方面的研究发文量多，持续时间长。

2.5 关键词突现分析

CiteSpace 的关键词突现探测功能能分析短期内产生巨大变化的关键词，还能够展示该关键词的起止年份以及突变强度，可以从关键词的角度获取过去和现在的研究热点^[14]。

对 CNKI 中的文献进行关键词分析，得到 24 个突现关键词，见图 14。2017 年之前石榴皮主要集中在



图 11 CNKI 中石榴皮研究关键词聚类时间线图

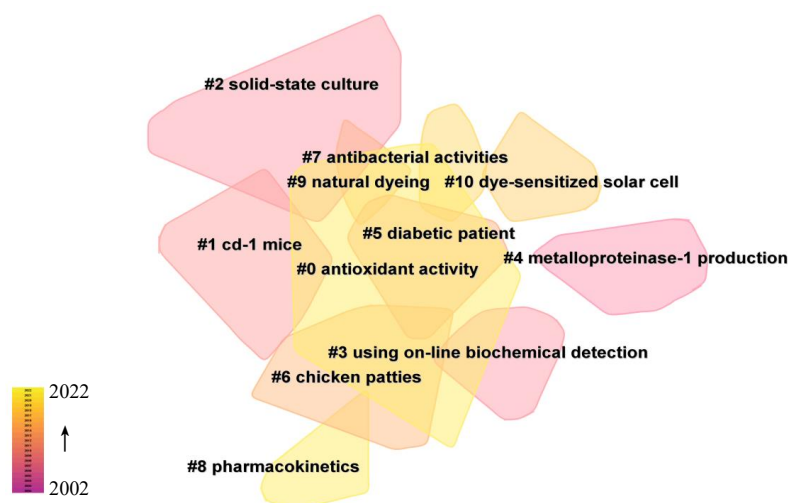
Fig. 11 Keywords clustering time graph of *Granati Pericarpium* research in CNKI

图 12 WOS 中石榴皮研究关键词聚类图

Fig. 12 Keywords cluster map of *Granati Pericarpium* research in WOS

在化学成分和药理作用, 2017 年后出现了天然染料和保鲜等关键词, 表明石榴皮的研究方向正在发生变化。2019—2022 年的突现关键词是大肠杆菌和数据挖掘, 说明国内对于石榴皮抑菌的研究已经变得更加具体了, 数据挖掘代表当下的研究方法的多样性, 形成了多领域的交叉研究。

对 WOS 中的文献进行关键词分析, 得到 22 个突现关键词, 见图 15。2019—2022 年 WOS 中有 6 个突现关键词, 分别是 aqueous solution、pomegranate peel extract、bioactive compound、peel extract、optimization、shelf life, 主要跟化学成分研究和食品保质期有关。

2.6 文献共被引分析

普赖斯提出一个领域的共被引文献可以概念化为研究基础, 从研究基础可以了解研究的前沿^[5]。

对 WOS 中的文献进行共被引分析, 相似的共被引文献聚为一类, 结果见图 16。 $Q=0.8155$ ($Q>0.3$), $S=0.9169$ ($S>0.7$), 说明聚类是高效率令人信服的。共被引文献频次前 10 多来自聚类#0 (bioactive compound)、聚类#1 (anti-oxidant capacity), 见表 5, 结果表明国外的研究热点为生物活性成分和抗氧化能力。有 4 篇为综述性文献, 被引频次最高的是“Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features”^[15], 主要概述了石榴皮在食品中的应



图 13 WOS 中石榴皮研究关键词聚类时间线图

Fig. 13 Keywords clustering time graph of *Granati Pericarpium* research in WOS

Top 24 keywords with the strongest citation bursts				
keywords	year	strength	begin end	2000—2022
单宁	2003	3.41	2007 2011	
稳定性	2007	3.28	2007 2011	
石榴汁	2003	4.94	2008 2009	
大鼠	2009	3.37	2009 2013	
质量标准	2011	3.24	2011 2015	
鞣花酸	2005	4.92	2012 2017	
多酚	2006	4.30	2012 2016	
多糖	2012	3.70	2012 2015	
抑菌作用	2006	3.46	2012 2015	
抑制作用	2012	3.33	2012 2017	
研究进展	2007	3.23	2012 2015	
石榴籽	2003	3.23	2012 2015	
总多酚	2009	3.10	2012 2017	
安石榴苷	2006	11.91	2013 2020	
生物活性	2006	3.36	2013 2017	
化学成分	2002	3.36	2015 2017	
生物膜	2016	3.62	2016 2017	
染色	2004	4.31	2017 2022	
痤疮	2018	6.82	2018 2022	
天然染料	2004	5.38	2018 2020	
果胶	2007	3.85	2018 2020	
保鲜	2013	3.45	2018 2019	
大肠杆菌	2003	3.77	2020 2022	
数据挖掘	2020	3.27	2020 2022	

图 14 CNKI 中石榴皮研究突现关键词

Fig. 14 Emergent keywords of *Granati Pericarpium* research in CNKI

用, 包括食品防腐剂、稳定剂、补充剂、益生元和
质量增强剂, 建议应在毒理学和感官方面加强研究。
此文中介中心性为 0.25, 连接了聚类#0 和聚类#1,
在一定程度上推动了这 2 个聚类的发展与联系, 使
研究方向由“bioactive compound”发展为了“anti-
oxidant capacity”。“Phenolic compounds as beneficial
phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.)
peel: A review”^[16]对石榴皮的化学成分进行了综述,
“Pomegranate peel and fruit extracts: A review of
potential anti-inflammatory and anti-infective effects”

Top 22 keywords with the strongest citation bursts					
keywords	year	strength	begin end	2000—2022	
lipid peroxidation	2002	9.50	2002 2013		
inhibition	2002	7.41	2002 2014		
punica granatum peel	2003	6.52	2003 2010		
pomegranate juice	2004	7.86	2004 2013		
medicinal plant	2008	6.66	2008 2012		
capacity	2006	13.40	2010 2016		
ellagitannin	2008	8.57	2010 2016		
pomegranate	2007	7.44	2010 2015		
cancer	2002	7.03	2010 2016		
anti-oxidant capacity	2003	6.65	2011 2013		
cultivar	2006	7.93	2013 2017		
natural dye	2014	9.37	2014 2016		
antibacterial activity	2003	12.58	2015 2019		
anthocyanin	2008	6.79	2015 2017		
growth	2011	8.10	2017 2019		
essential oil	2018	9.47	2018 2022		
aqueous solution	2010	14.97	2019 2022		
pomegranate peel extract	2003	7.76	2019 2020		
bioactive compound	2008	16.09	2020 2022		
peel extract	2012	12.54	2020 2022		
optimization	2016	10.82	2020 2022		
shelf life	2015	7.58	2020 2022		

图 15 WOS 中石榴皮研究突发关键词

Fig. 15 Emergent keywords of *Granati Pericarpium* research in WOS

和“*Punica granatum* (pomegranate) and its potential
for prevention and treatment of inflammation and
cancer”主要是对石榴皮药理作用进行了综述, 除了
研究比较多的抗氧化、抗菌, 还对癌症和毒理方面
进行了总结^[15,17]; 其余 6 篇是实验性论文, 有关药
理作用和化学成分方面的研究。

通过共被引文献聚类时间线图 (图 17), 可以
清楚地了解该领域的演化路径。在 2005 年前主要
是对石榴皮药理作用的研究, 2006—2015 年主要是
对石榴皮化学成分的研究, 2016 年后有关石榴皮食
品抗氧化的研究激增, 这也很好地解释了 2017 年

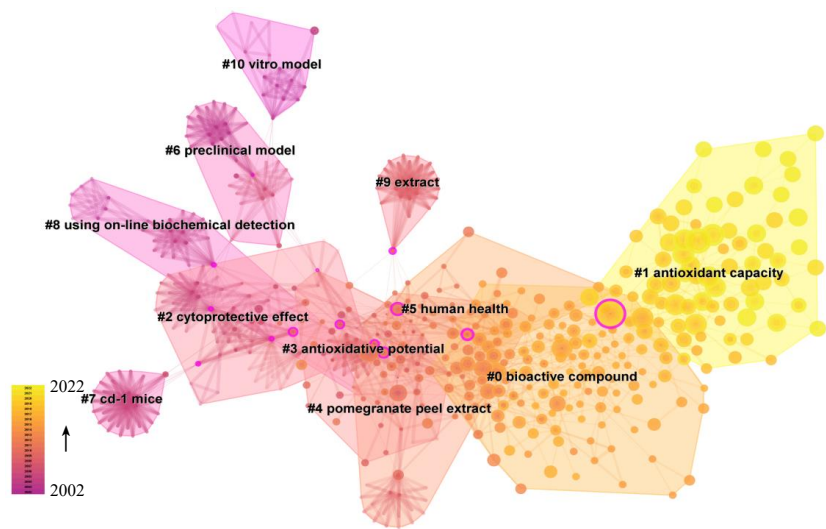


图 16 WOS 中石榴皮研究共被引文献聚类图

Fig. 16 Cluster map of co-cited literature on *Granati Pericarpium* research in WOS

表 5 WOS 中石榴皮研究共被引频次前 10 的文献

Table 5 Top 10 literatures co-citation frequency for *Granati Pericarpium* research research in WOS

序号	标题	发表年份	被引频次	中介中心性	聚类
1	Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features	2015	113	0.25	#1
2	Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (<i>Punica granatum</i> L.) peel: A review	2018	97	0.03	#1
3	Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of pomegranate peels, juice and seeds	2018	62	0.01	#1
4	Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts as affected by cultivar	2017	58	0.01	#1
5	Pomegranate peel and fruit extracts: A review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects	2012	54	0.04	#0
6	Assessment of polyphenolic profile and antibacterial activity of pomegranate peel (<i>Punica granatum</i>) flour obtained from co-product of juice extraction	2016	52	0.04	#1
7	Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (<i>Punica granatum</i> L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MS ⁿ	2011	50	0.06	#0
8	Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranate peel of Malas variety: Punicalagin and hydroxybenzoic acids	2016	47	0.02	#1
9	Antimicrobial and antioxidant features of 'Gabsi' pomegranate peel extracts	2018	46	0.01	#1
10	<i>Punica granatum</i> (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer	2007	46	0.05	#2

后国外发文量快速增长的原因。

3 讨论

3.1 研究现状

从发文量、国家（地区）、机构、作者来看，国内外石榴皮研究存在较大的差异。国内发文量过于平缓，发文量较多，而在国际上的影响力较小；国

外发文量在 2017 年后实现了快速上升，印度、伊朗等国发文较多且影响力较大。国内出现了以新疆医科大学、陕西师范大学、武汉大学人民医院、武汉大学为主的核心机构，也出现了以周本宏、高晓黎为主的核心作者，这些核心机构和作者集中在西北和武汉地区，但是这些机构和作者未能打破合作壁

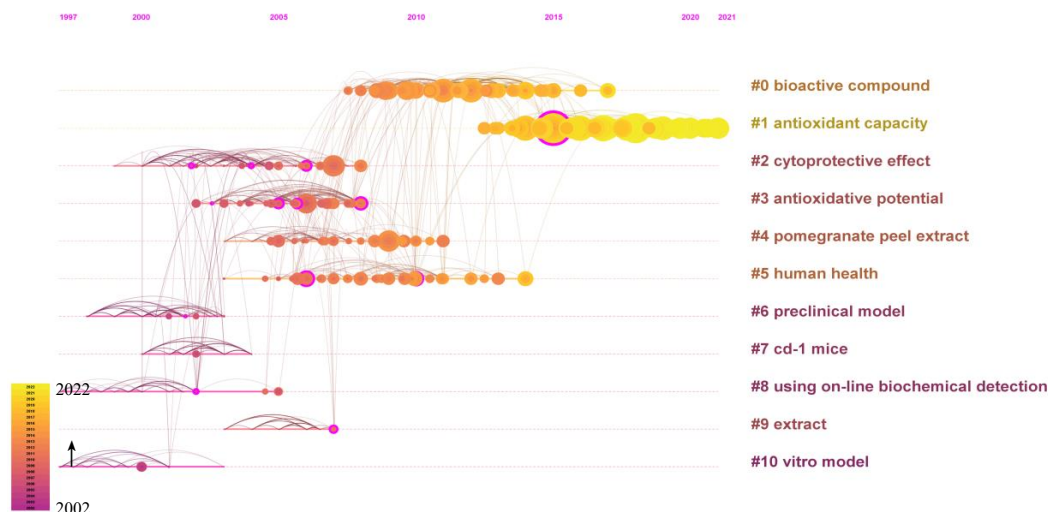


图 17 WOS 中石榴皮研究共被引文献聚类时间线图

Fig. 17 Keywords clustering time graph of co-cited literature on *Granati Pericarpium* research in WOS

垒，从一定程度上限制了国内石榴皮研究的发展。

从关键词和文献共被引分析来看，国内外研究也存在明显的不同。从研究方向来说，国内侧重于药理和化学成分方面的研究，国外侧重于食品抗氧化方面的研究；从时间跨度来说，国内研究开始时间早，持续时间长，但是研究分散，未能在研究方向上实现重大突破；国外早期研究相对较少，但是在 2017 年后研究增多，主要是有关食品添加剂方面的研究。

3.2 研究热点与趋势

3.2.1 数据挖掘 中文关键词显示数据挖掘是 2022 年的研究热点，数据挖掘能够探索隐藏在文献中的信息，特点是高效、全面。石榴皮的研究经过快速发展，近 20 年的中英文文献已经高达 3000 余篇，人工已经很难在短时间处理这些信息，数据挖掘能够辅助研究者对这些数据进行收集并且客观处理，研究者可以运用专业知识进行解读。王俊月^[18]通过数据挖掘发现卢传坚治疗寻常银屑病石榴皮的用药频率位列第 1，王禹^[19]发现尤昭玲教授治疗子宫腺肌病常使用石榴皮，与传统中医认为的石榴皮具有涩肠止泻、止血、驱虫的功效有一定区别，这给石榴皮的研究提供了新的思路。

3.2.2 大肠杆菌 中文关键词显示 2019 年之后石榴皮对大肠杆菌的抑制作用研究出现了激增，是因为石榴皮具有广谱抗菌作用^[20]。研究证实石榴皮提取物对大肠杆菌的抑制作用较强，大肠杆菌作为人类肠道的正常寄居菌，对人类健康至关重要，研究者对石榴皮抑制大肠杆菌的关注度提高^[21-22]。阅读文献发现在此之前研究者主要是研究石榴皮对大肠杆

菌的抑制效果，之后出现了对抑菌机制的探索，如范高福等^[23]通过网络药理学探究石榴皮抑制大肠杆菌的作用机制，后续研究可以在理论上用实验进行验证。目前对于大肠杆菌病的治疗主要是抗生素类药物，而此类药物容易导致大肠杆菌的耐药性，对石榴皮抑制大肠杆菌的机制进一步研究，能够为大肠杆菌病的治疗提供一种新的途径。

3.2.3 化学成分 关键词显示多酚、鞣花酸、安石榴苷、没食子酸、鞣质、总黄酮、提取工艺、纯化等是石榴皮化学成分研究的重点。石榴皮中多酚含量最高，是主要的生物活性成分，安石榴苷是其中含量最高的多酚类物质，化学性质不稳定，应用难度大^[24]。鞣花酸的结构简单稳定，成为理想的应用产物，但是面临提取和水解的效率低、溶解纯化难度大等问题，限制鞣花酸发展的根本原因在于其溶解性^[25]。目前还存在没有对石榴皮中多酚检测的标准、制备方法过于单一等问题。化学成分的研究主题较多，但是对于提取、纯化、应用上的难点研究不够深入，这既是需要解决的问题，也是未来研究的趋势。

3.2.4 食品添加剂 英文关键词和英文共被引文献均表明石榴皮在食品添加剂方面的应用是国外目前研究的热点。石榴皮作为食品添加剂可改善食物的纤维、总酚和黄酮类等成分的含量^[26-27]；石榴皮中含有酚类和黄酮类等生物活性物质，具有较高的抗氧化和抗菌作用，果皮的高抗氧化活性能防止自由基的形成，特别是在脂肪食品方面^[28-30]。此外，由于石榴皮具有抗菌潜力，易腐食品中酵母菌、霉菌

和细菌等微生物的生长将被延缓^[31-33]。食品安全是石榴皮应用于食品不可忽略的问题,越来越多的学者开始关注石榴皮毒理学的研究。石榴皮因其含有鞣质,口感上存在涩味,优化石榴皮应用于食品后的口感也开始慢慢被重视。

3.2.5 染色 石榴皮中含有天然色素,具有较好的生物可降解性和环境相容性,在纺织领域的应用越来越广泛^[34]。经石榴皮色素提取液染色的毛织物和丝织物具有防紫外线性能^[35]。石榴皮色素作为纺织物的染色剂有着天然的优势,色素的提取和染色的工艺研究将变得越来越重要。

4 存在问题与展望

石榴皮是我国的传统中药,也是新疆地区特色的民族药,在临床和实验研究中均取得了一些成果,但仍存在以下问题:①当前石榴皮的研究涉及质量、品种、成分、药理等方面的研究,但是各个方向不成系统,研究的深度不够。②缺少成果转化,石榴皮相关的药品、产品较少,科研成果的转化有待进一步提高。③对于药理作用的机制研究不足,关于抗菌和治疗动脉粥样硬化、结肠炎、癌症方面的研究缺少对机制的探讨。

有关石榴皮药理作用机制的研究,国内已经有了大量的实践经验和物质基础研究作为支撑,药理作用机制的研究在未来一定能够取得较大的突破,但是临床和药理研究时间周期长、投入大,这是亟待解决的问题。石榴皮作为食品添加剂的研究是国内学者可以借鉴的一个方面,其果皮的产量远高于用量,常被作为废弃物,而将其作为食品添加剂,能够有效减少石榴皮的浪费,并且能够产生经济价值,对于药理和临床研究起到促进作用,两者相互结合、相辅相成,在食品和药品方面能同时给人民的健康提供保障。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 98.
- [2] 陈藏器. 本草拾遗 [M]. 安徽: 皖南医学院科研科, 1983: 170.
- [3] 王怀隐. 太平圣惠方(上下册) [M]. 校点本. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 1253.
- [4] 李时珍. 本草纲目 [M]. 北京: 线装书局, 2019: 12.
- [5] 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.
- [6] 朱长菊. 2000—2011 年 SCI 收录我国食品科学研究论文的文献计量分析 [J]. 食品科学, 2013, 34(19): 386-389.
- [7] 杨明翰, 梁政亭, 盛萍. 新疆民族药的开发研究与前景展望 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(17): 227-236.
- [8] 宗淑萍. 基于普赖斯定律和综合指数法的核心著者测评: 以《中国科技期刊研究》为例 [J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27(12): 1310-1314.
- [9] 周本宏, 吴振华, 刘春, 等. 高效液相色谱法测定石榴皮中鞣花酸的含量 [J]. 广东药学院学报, 2005, 21(6): 693-694.
- [10] 李巧玲, 周静, 吴玥, 等. 石榴皮鞣质对被动型 Heymann 肾炎大鼠肾组织足细胞 nephrin 和 podocin 表达的影响 [J]. 中国药理学杂志, 2021, 56(5): 351-358.
- [11] 常占瑛, 刘桂花, 古丽巴合尔·卡吾力, 等. 响应面优化石榴皮安石榴苷提取工艺及其抗氧化活性研究 [J]. 食品研究与开发, 2020, 41(22): 100-107.
- [12] 常占瑛, 刘桂花, 陈雪珊, 等. 新疆不同产地石榴皮品种优选 [J]. 西北药学杂志, 2015, 30(4): 358-361.
- [13] Magangana T P, Makunga N P, Fawole O A, et al. Processing factors affecting the phytochemical and nutritional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel waste: A review [J]. *Molecules*, 2020, 25(20): 4690.
- [14] 张勇. 我国高校阅读推广研究演进路径、热点与趋势分析 [J]. 图书馆工作与研究, 2020(8): 87-97.
- [15] Akhtar S, Ismail T, Fraternal D, et al. Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features [J]. *Food Chem*, 2015, 174: 417-425.
- [16] Singh B, Singh J P, Kaur A, et al. Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review [J]. *Food Chem*, 2018, 261: 75-86.
- [17] Ephraim P, Robert A. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer [J]. *J Ethnopharmacol*, 2007, 109(2): 177-206.
- [18] 王俊月. 基于数据挖掘的卢传坚教授治疗寻常型银屑病外洗方药物配伍规律研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2019.
- [19] 王禹. 基于数据挖掘探讨尤昭玲教授治疗子宫腺肌病的用药规律 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2021.
- [20] 徐云凤, 赵胜娟, 费鹏, 等. 石榴皮提取物的抑菌作用及应用研究进展 [J]. 食品与机械, 2021, 37(2): 215-219.
- [21] Yang Q N, Wang L F, Gao J X, et al. Tannin-rich fraction from pomegranate rind inhibits quorum sensing in *Chromobacterium violaceum* and biofilm formation in *Escherichia coli* [J]. *Foodborne Pathog Dis*, 2016, 13(1): 28-35.
- [22] Bakkiyaraj D, Nandhini J R, Malathy B, et al. The anti-

- biofilm potential of pomegranate (*Punica granatum* L.) extract against human bacterial and fungal pathogens [J]. *Biofouling*, 2013, 29(8): 929-937.
- [23] 范高福, 胥振国, 戴若萌, 等. 基于网络药理学研究石榴皮抗菌作用机制 [J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(1): 48-54.
- [24] 牛若惠, 常占瑛, 热娜·吉恩斯, 等. 石榴皮提取液中安石榴苷的稳定性研究 [J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(6): 95-101.
- [25] 屈艳君, 王文慧, 曹家南, 等. 鞣花酸的制备及应用研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2022, 28(6): 39-45.
- [26] Altunkaya A, Hedegaard R V, Brimer L, *et al.* Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder [J]. *Food Funct*, 2013, 4(5): 722-727.
- [27] Ibrahim A, Awad S, El-Sayed M. Impact of pomegranate peel as prebiotic in bio-yoghurt [J]. *Br Food J*, 2020, 122(9): 2911-2926.
- [28] Panza O, Conte A, Alessandro Del Nobile M. Zero-waste approach applied to pomegranates for prolonging fish burger shelf life [J]. *Foods*, 2022, 11(4): 551.
- [29] Kumar N, Pratibha, Neeraj, *et al.* Effect of chitosan-pullulan composite edible coating functionalized with pomegranate peel extract on the shelf life of mango (*Mangifera indica*) [J]. *Coatings*, 2021, 11(7): 764.
- [30] Panza O, Conte A, Alessandro Del Nobile M. Pomegranate by-products as natural preservative to prolong the shelf life of breaded cod stick [J]. *Molecules*, 2021, 26(8): 2385.
- [31] Lacivita V, Marziliano M, Alessandro Del Nobile M, *et al.* Artisanal fresh filled pasta with pomegranate peels as natural preservative [J]. *LWT*, 2022, 172: 114209.
- [32] Öztürk F, Gündüz H, Sürengil G. Effects of alginate based coatings with pomegranate peel extract on the microbial quality of mackerel fillets [J]. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2018, 24(4): 445-452.
- [33] Basiri S, Shekarforoush S S, Aminlari M, *et al.* Influence of combined vacuum packaging and pomegranate peel extract on shelf life and overall quality of Pacific white shrimp (*Peneus vannamei*) during refrigerated storage [J]. *Iran J Vet Res*, 2014, 15(1): 23-29.
- [34] 武利利, 刘秋果, 康慧琪, 等. 石榴皮色素的提取及其在棉织物染色上的应用 [J]. 国际纺织导报, 2022, 50(1): 24-28.
- [35] 吴国辉, 王利娅. 天然石榴皮提取液在羊毛织物染色及功能设计中的应用 [J]. 上海纺织科技, 2019, 47(9): 39-41.

[责任编辑 潘明佳]