

基于 CiteSpace 的陈皮知识图谱可视化分析

刘晓爽^{1,2,3}, 唐占明^{1,2,3}, 李慧君^{1,2,3}, 张文生^{1,2,3*}

1. 北京师范大学 天然药物教育部工程研究中心, 北京 100088

2. 北京师范大学 中药资源保护与利用北京市重点实验室, 北京 100875

3. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室珠海基地, 广东 珠海 519087

摘要: **目的** 通过文献计量学软件 CiteSpace 对陈皮的研究现状及热点进行可视化分析, 探索近年来全球学者在陈皮研究领域的科研协作态势, 梳理其研究热点的动态变化, 为未来的研究方向提供参考。**方法** 系统检索中国知网 (CNKI) 和 Web of Science 数据库关于陈皮的相关文献, 使用 CiteSpace 软件对研究作者、研究机构及关键词等方面进行可视化展示, 对陈皮的研究现状及发展趋势进行分析。**结果** 经过筛选, 最终纳入与陈皮相关的中文文献 497 篇, 其中关注广陈皮的文献 123 篇; 与陈皮相关的英文文献 276 篇。文献作者分析显示成都中医药大学刘友平是陈皮研究发文量最多的作者, 研究机构发文量最多的是成都中医药大学, 存在以成都中医药大学、无限极 (中国) 有限公司-华南农业大学、中山大学等机构为核心的 3 大机构合作群, 对广陈皮的研究合作关系密切; 文献关键词分析显示陈皮的研究内容主要集中在化学成分、药理作用和质量评价等方面, 其中如何保证陈皮的品质和安全是目前的研究热点。**结论** 陈皮研究目前仍在持续发展阶段, 广陈皮作为道地药材其重要性不可忽视, 未来相关领域的研究可围绕陈皮道地性研究、产地溯源研究和功效物质基础研究。此外, 陈皮的陈化研究对于实现陈皮产业的高质量发展也具有重要的研究价值。

关键词: 陈皮; 广陈皮; CiteSpace; 文献计量学; 可视化分析

中图分类号: R282.71; G350 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)14-4836-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.14.020

Visual analysis of knowledge graph of *Citri Reticulatae Pericarpium* based on CiteSpace

LIU Xiaoshuang^{1,2,3}, TANG Zhanming^{1,2,3}, LI Huijun^{1,2,3}, ZHANG Wensheng^{1,2,3}

1. Engineering Research Center of Natural Medicine, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100088, China

2. Beijing Key Laboratory of Protection and Utilization of Traditional Chinese Medicine, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3. Zhuhai Branch of State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China

Abstract: Objective To visualize and analyze the research status and hotspots of Chenpi (*Citri Reticulatae Pericarpium*) by the bibliometric software CiteSpace, so as to explore the research collaboration trend of global scholars in the field of *Citri Reticulatae Pericarpium* in recent years, sort out the dynamic changes of research hotspots, and provide reference for future research directions. **Methods** The relevant literatures on *Citri Reticulatae Pericarpium* were systematically extracted from CNKI database and Web of Science database. CiteSpace software was used to visualize the research authors, institutions and keywords, and analyze the research status and development trend of *Citri Reticulatae Pericarpium*. **Results** A total of 497 valid domestic literatures related to *Citri Reticulatae Pericarpium* were finally included, including 123 literatures related to Guangchenpi (pericarp of *Citrus reticulata* 'Chachi' from Guangdong Xinhui) and 276 valid English literatures related to *Citri Reticulatae Pericarpium*. The analysis results of literature authors and institutions showed that LIU Youping from Chengdu University of Traditional Chinese Medicine had the largest number of papers on

收稿日期: 2023-11-13

基金项目: 粤澳科技创新联合资助专题 (广东省科学技术厅) “新会陈皮有机种植关键技术研究” (2023A0505020013); 广东省普通高校重点研究领域专项 “南药产业资源标准化信息化支持技术研究” (2021ZDZX2053); 北京师范大学地理科学学部本研一体学生培养计划资助

作者简介: 刘晓爽 (2000—), 女 (满族), 硕士研究生, 研究方向为中药资源。E-mail: 202221051184@mail.bnu.edu.cn

***通信作者:** 张文生, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药资源与药理研究。E-mail: zws@bnu.edu.cn

Citri Reticulatae Pericarpium, and the largest number of papers published by research institutions was Chengdu University of Traditional Chinese Medicine. There were three major institutional cooperation groups with Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Infinitus China-South China Agricultural University, Sun Yat-sen University and other institutions as the core, which were more closely related to the research cooperation of Guangchenpi. Literature keyword analysis showed that the research content of *Citri Reticulatae Pericarpium* mainly focuses on chemical composition, pharmacological action and quality evaluation, among which how to ensure the quality and safety of *Citri Reticulatae Pericarpium* is the current research hotspot. **Conclusion** The research on *Citri Reticulatae Pericarpium* is still in the stage of sustainable development. The importance of Guangchenpi as a genuine medicinal material cannot be ignored. In the future, the research in related fields can focus on the following aspects: the study of the authentic genuineness of *Citri Reticulatae Pericarpium*, the study of the origin traceability, and the study of the functional material basis. In addition, the research on the aging of *Citri Reticulatae Pericarpium* also has important research value for realizing the high-quality development of the industry.

Key words: *Citri Reticulatae Pericarpium*; Guangchenpi; CiteSpace; bibliometrics; visual analysis

陈皮是芸香科植物橘 *Citrus reticulata* Blanco 及其栽培变种的干燥成熟果皮^[1], 是我国著名的传统中药。陈皮的化学成分以黄酮类为主, 还含有有机酸、柠檬苦素、生物碱类及挥发油等^[2-5], 具有调节胃肠平滑肌运动^[6]、促进消化液分泌^[7]、祛痰平喘^[8]、抗肺纤维化^[9], 调节血脂、保护心肌、抗动脉粥样硬化^[10-12], 保护神经系统^[13]、抗炎^[14]、抗氧化^[15]、抗肿瘤^[16]等作用, 同时也被广泛作为茶饮和调料使用。广陈皮是陈皮中的上品, 主要来源于柑橘的栽培变种茶枝柑 *Citrus reticulata* ‘Chachi’ 的干燥成熟果皮^[17], 主产于广东新会。广陈皮是岭南著名的道地药材, 具有极高的食用和药用价值, 被历代名医所推崇, 其被列为广东省岭南中药材立法保护品种、广东十大道地中药材之一和广东三宝之一^[18]。根据《中国药典》2020 年版一部^[1]的收录, 陈皮在药材中被分为陈皮和广陈皮, 在性状上可以明确区分^[19]。

目前研究陈皮的中英文文献数以千计, 以广陈皮作为研究对象的中文文献也达上百篇, 上述研究涉及到中药学、化学、生物学、农学和经济学等多个领域, 但目前关于其文献计量学统计分析尚未见报道。系统梳理陈皮(广陈皮)相关文献, 分析研究热点和现状, 对于深入了解该药材的资源现状、化学成分、药理作用、临床应用以及产品研发都具有重要意义。本研究挖掘陈皮研究的热点和发展趋势、发现研究空白和未来发展方向, 从而促进陈皮研究的发展和创新。

1 数据来源与检索

本研究从 CNKI 数据库检索中文文献, 检索策略: 篇名或关键词为“陈皮”, 检索时段为建库至 2022 年 9 月 19 日, 来源为核心期刊, 共检索出文献 541 篇, 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, 最终纳入文

献 497 篇。在此基础上, 进一步检索有关“广陈皮”的文献, 检索策略: 篇名或关键词为“广陈皮” OR “新会陈皮” OR “茶枝柑” OR “大红柑” OR “新会柑”, 处理方法同上, 共检索出文献 143 篇, 最终纳入文献 123 篇。

英文文献来源于 Web of Science 核心合集数据库, 按主题词“*Citri Reticulatae Pericarpium*” OR “dried tangerine peel” OR “Chenpi” OR “*Citrus reticulata* ‘Chachi’” 进行检索, 发表年份设置为所有年份(1990—2022 年)。对所得文献进行整理, 选择文献类型为 article 和 review, 去除与陈皮研究无关文献, 最后纳入文献 276 篇, 将相关文献题录导入 CiteSpace 软件以供构建知识图谱。

2 研究方法

CiteSpace 软件是一款应用 Java 语言开发的信息可视化软件, 其主要基于共引分析理论(co-citation)和寻径网络算法(pathFinder)等, 对特定领域的文献进行计量, 从而显示出该研究领域的热点、发展趋势和新动态等^[20], 科学有效又简单易用, 且具有丰富美观的可视化效果, 因此在国内外信息科学领域得到了广泛的应用^[21]。本研究通过 CiteSpace 软件对陈皮研究相关中、英文文献的研究机构、期刊、作者和关键词进行分析, 绘制可视化网络图谱, 宏观展示国内外关于陈皮的研究热点和发展趋势, 为陈皮后续的研究方向提供参考依据。

将纳入的中文文献题录以“Refworks”格式导出, 英文文献题录以“其他”格式导出, 以“download_*.txt”命名后导入 CiteSpace 6.1 R6 进行格式转化、分析。时间分区(time slicing): 中文文献 1992—2022 年, 英文文献 2000—2022 年; 时间切片(years per slice)为 1 年; 主题词来源(term source)默认全选; 节点类型中作者、机构、关键词:

阈值 (top N per slice) = 50, 并对关键词采用寻径剪裁算法 (pathfinder)、修剪切片网络 (pruning sliced networks) 和修剪合并网络 (pruning the merged network) 算法进行修剪使图谱更加清晰。

3 数据可视化

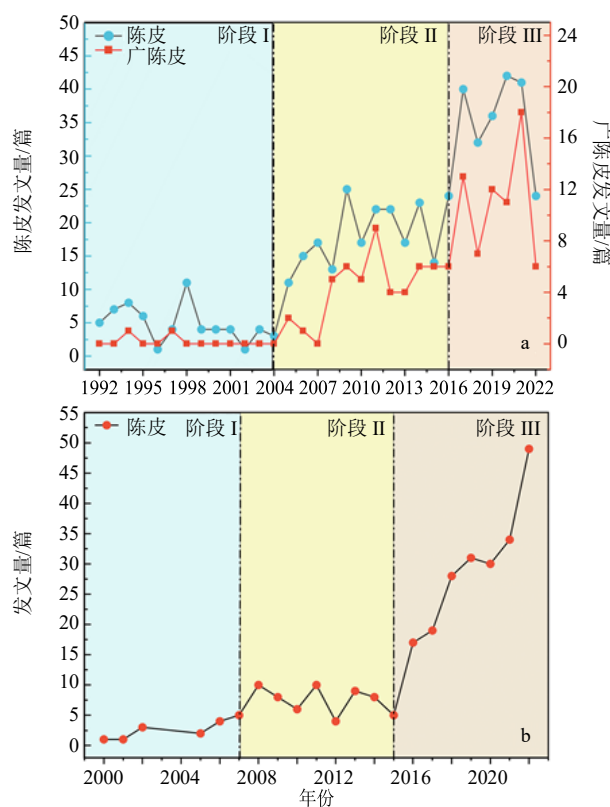
根据各设置参数, 对纳入的 497 篇陈皮中文文献、123 篇广陈皮中文文献和 276 篇英文文献进行发文趋势分析、作者合作网络分析、机构合作网络分析, 以及关键词的共现分析、聚类分析及突现分析, 绘制陈皮研究进展的知识图谱, 并基于软件提示, 结合人工文献阅读和信息整合对图谱信息进行深入分析。

4 结果

4.1 文献发表分析

年度发文量是评价该领域发展进程的一项重要评判指标。近 30 年陈皮中、英文文献与广陈皮中文文献的年度发文趋势如图 1 所示。陈皮与广陈皮中文文献的年发文量变化趋势相似, 可分为 3 个阶段: 中文文献首次出现在 1992 年, 为《中国中西医结合杂志》发表的“口服陈皮液致消化道穿孔死亡 1 例”^[22]; 之后经历了平缓变化期 (1992—2004 年)、稳定增长期 (2005—2016 年) 和波动上升期 (2017—2022 年)。在陈皮研究的起步阶段, 研究较少、文献报道不多, 年发文量相对稳定, 年均发文量约 4 篇, 而广陈皮年均发文量仅为 1 篇; 在增长期 (2005—2016 年), 陈皮文献的发表数量增加, 平均每年 18 篇左右, 表明陈皮的研究越来越受到人们的重视, 广陈皮发文量也随之增加; 2017—2022 年为波动增长期, 陈皮的整体年发文量超过 20 篇, 2020 年陈皮发文量达到几十年来的最高值, 突破 42 篇, 广陈皮发文量在 2021 年达到最高峰, 为 18 篇, 表明这个阶段是陈皮现代研究的快速发展时期。

英文文献首次出现于 2000 年, *Chinese Journal of Analytical Chemistry* 发表的“Determination of the volatile oil of *Pericarpium Citri Reticulatae* with gas chromatography/mass spectrometry”^[23], 探索了一种气相色谱-质谱联用测定陈皮挥发油化学成分的方法。2000—2007 年发文量缓慢增加, 2008—2015 年发文量稳定波动在 7 篇, 2016 年是英文文献发文量的转折点, 发文量开始骤增, 到 2022 年发文量已达 49 篇。与陈皮中文文献的研究发展情况相比, 中文文献的研究早于英文文献 8 年, 中文文献的发文量总体高于英文发文量, 2004—2015 年是英文文献发



a-陈皮、广陈皮中文文献发文量年度分布; b-陈皮英文文献发文量年度分布。

a-annual distribution of Chinese literature of *Citri Reticulatae Pericarpium* and *Guangchenpi*; b-annual distribution of English literature of *Citri Reticulatae Pericarpium*.

图 1 陈皮、广陈皮研究中、英文文献发文量年度分布

Fig. 1 Annual distribution of Chinese and English literature of *Citri Reticulatae Pericarpium* and *Guangchenpi*

表的起步阶段, 而此时陈皮中文研究已经进入快速发展时期; 在 2020 年后中文发文量开始出现下降趋势, 此时的英文发文量迅速增加, 并高于中文文献发文量。说明近几年随着国际合作和交流的增加, 中医药逐步国际化, 越来越多涉及陈皮的研究和应用的英文文献发文量也逐渐增加。

4.2 作者合作网络分析

作者合作网络可以反映该研究领域的核心作者及其合作和互引关系, 每个节点代表 1 个作者, 节点间的连线和宽度分别代表合作关系和合作强度。纳入的 497 篇与“陈皮”相关的中文文献包括 1 666 名作者, 其中发表论文最多的作者是刘友平, 共 25 篇, 其次是陈鸿平 (23 篇) 和郑国栋 (12 篇) (表 1)。刘友平和陈鸿平是成都中医药大学的研究人员, 主要从事陈皮活性成分^[24-27]和鉴别模型研究^[28-29], 近年来尤其关注广陈皮表面微生物对陈化过程的影

表 1 1992—2022 年陈皮中文文献发文量前 10 的作者
Table 1 Top 10 authors in publication volume of Chinese literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* from 1992 to 2022

序号	陈皮		广陈皮	
	作者	发文量/篇	作者	发文量/篇
1	刘友平	25	郑国栋	12
2	陈鸿平	23	刘友平	11
3	郑国栋	12	陈鸿平	10
4	王福	11	杨得坡	10
5	杨得坡	11	蒋林	9
6	蒋林	9	黄庆华	8
7	杨武亮	9	王福	7
8	陈林	8	白卫东	6
9	杨宜婷	8	陈柏忠	6
10	曹庸	7	林乐维	6

响^[30-32]。来自广州医科大学的郑国栋主要在陈皮天然产物活性成分提取^[33]、测定方法^[34-37]以及广陈皮质量控制方法^[38]上进行了较为系统的研究。高发文量的作者之间通常有稳定的合作，对作者进行合作网络可视化分析，结果如图 2-A 所示，高发文量作者对陈皮的研究形成 3 个稳定的研究团队：以杨宜婷、曹庸和叶永树为代表的团队，主要研究方向是陈皮挥发油的萃取及特性分析^[39-40]，以杨得坡、郑国栋和蒋林等为代表的团队主要研究方向是陈皮中黄酮类成分的测定^[41-42]，以刘友平、陈鸿平和王福为代表的团队主要研究方向是陈皮的鉴别^[43]和化学成分的动态变化^[25,44]。

纳入的 123 篇与“广陈皮”相关的中文文献包含作者 399 名，其中郑国栋、刘友平、陈鸿平和杨得坡等的发文量在 10 篇以上（表 1）。作者合作网络可视化分析结果表明，对广陈皮的研究主要分散

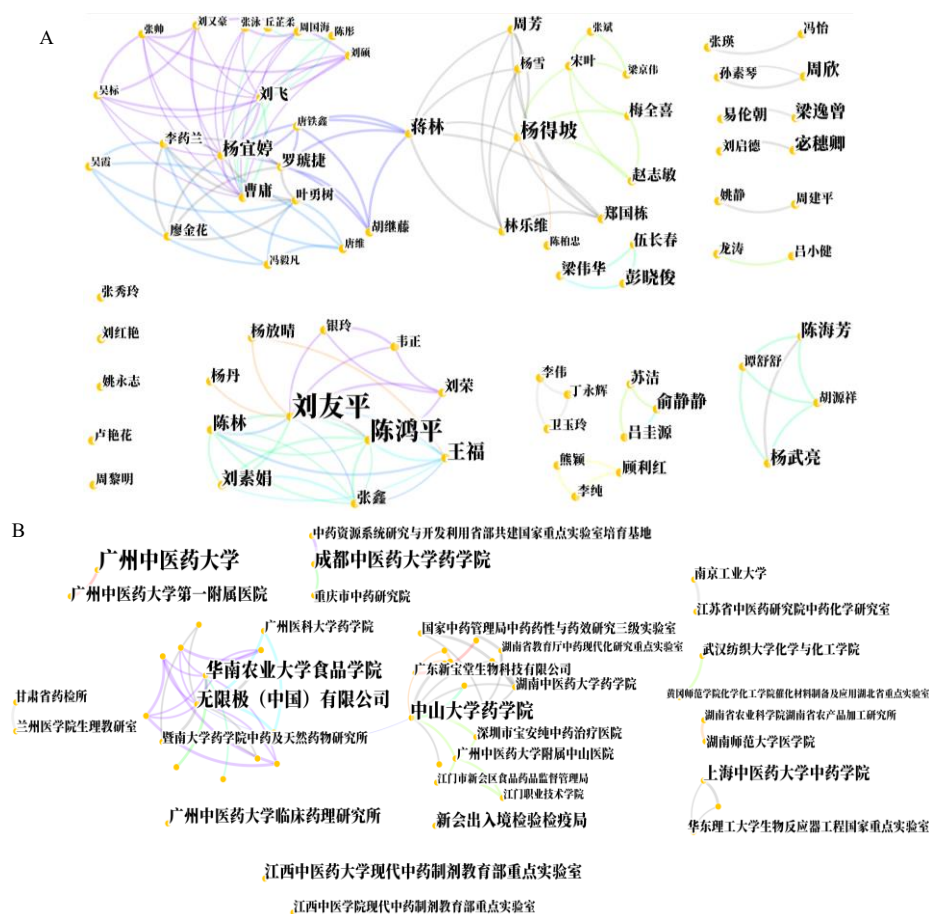


图 2 陈皮中文文献作者 (A) 及机构合作网络 (B)

Fig. 2 Cooperation network of authors (A) and institutions (B) in Chinese literature on *Citri Reticulatae Pericarpium*

为 5 个团队，且团队内部合作极为密切（图 3-A）。以杨得坡和郑国栋为核心的研究团队成员包括蒋

林、赵志敏、林乐维和梅全喜等，主要研究广陈皮中的黄酮类成分^[36,41-42]；以陈鸿平和刘友平为核心

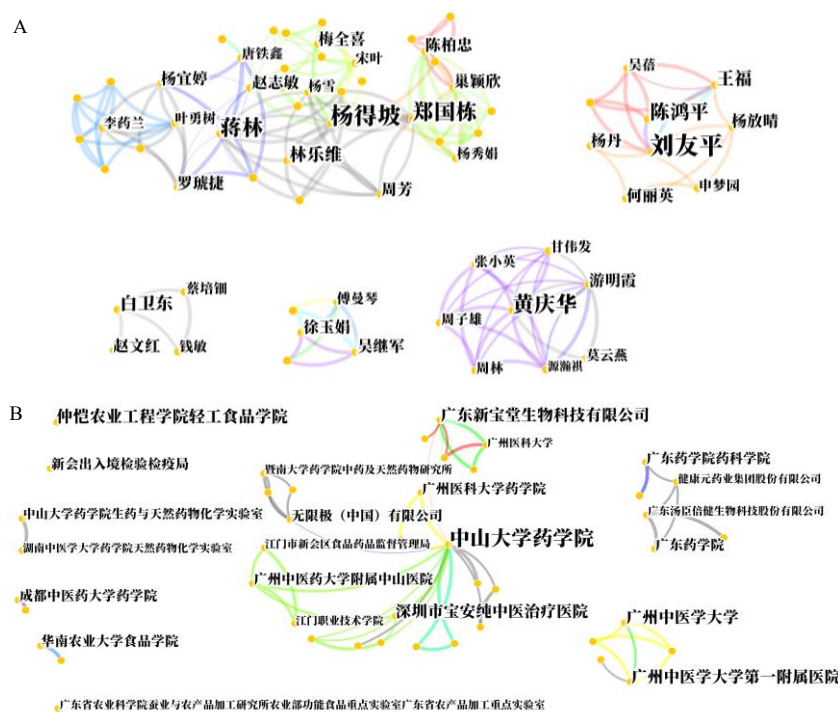


图 3 广陈皮中文文献作者 (A) 及机构 (B) 合作网络

Fig. 3 Cooperation network of authors (A) and institutions (B) in Chinese literature on Guangchenpi

的研究团队成员包括王福、杨放晴和杨丹等，主要研究广陈皮的定性鉴别^[24,29]、代谢组学分析^[45]和自然陈化^[30]；以黄庆华为核心的研究团队成员包括游明霞、莫云燕、周子雄等，主要研究新会陈皮中的挥发油^[46]、总黄酮和橙皮苷含量测定^[47]；以徐玉娟、吴继军和傅曼琴为核心的研究团队主要关注陈皮表面微生物及黄酮类物质^[48-50]的研究；白卫东、赵文红、钱敏和蔡培钿等主要关注新会陈皮中黄酮类化合物的提取工艺^[51]。

纳入的 276 篇英文文献包含作者 1 539 名，发文量前 10 位的作者见表 2。因陈皮研究的英文文献起步较晚，所以截至 2022 年 9 月，英文文献作者的发文量远低于中文作者。发文量最多的作者为 Liu Ehu，自 2013 年起共发表 9 篇，涉及陈皮中化学成分测定和生物活性如抗脂肪酶活性^[52]、抗炎^[53]和调血脂作用^[54-55]，以及陈皮的品种鉴别^[56-58]。

陈皮英文文献作者的合作网络可视化分析结果见图 4-A。结果表明，英文文献作者对陈皮的研究已经形成了一个合作紧密的大团队，其中 Zhang Lei 和 Zhang J 等更有影响力并且与其他人合作更频繁。根据关键词对英文文献作者进行聚类分析（图 5），模块值（modularity Q）=0.7772，平均轮廓值（silhouette S）=0.872，说明图谱的聚类效果明显，得到的聚类

表 2 2000—2022 年陈皮英文文献发文量前 10 的作者
Table 2 Top 10 authors in publication volume of English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* from 2000 to 2022

序号	作者	发文量/篇
1	Liu Ehu	9
2	Ho Chitang	8
3	Chen Gu	8
4	Huang Qingrong	7
5	Zhang Jing	7
6	Li Ping	6
7	Liu Youping	6
8	Xu Wen	6
9	Chen Hongping	5
10	Peng Wei	5

有效。从图谱来看，英文文献作者虽已形成一个大合作紧密的大团队，但可以细分为 8 个研究方向，即#0 柑橘果皮、#1 化学轮廓、#2 近红外光谱、#3 安培检测、#4 青皮、#5 橙皮素、#6 动脉粥样硬化和#7 质量评价。由此可见，英文文献主要关注陈皮的鉴别和质量评价研究（聚类#0、聚类#1、聚类#2、聚类#3、聚类#4 和聚类#7）；成分研究主要集中在橘皮素（聚类#5）；而临床应用主要关注动脉粥样硬化（聚类#6）。

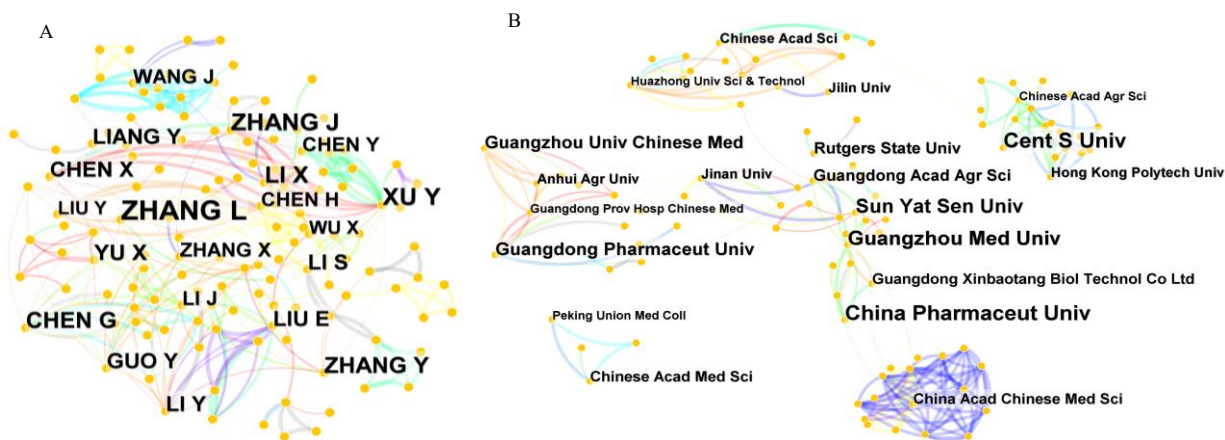


图 4 陈皮英文文献作者 (A) 及机构 (B) 合作网络

Fig. 4 Cooperation network of authors (A) and institutions (B) in English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium*

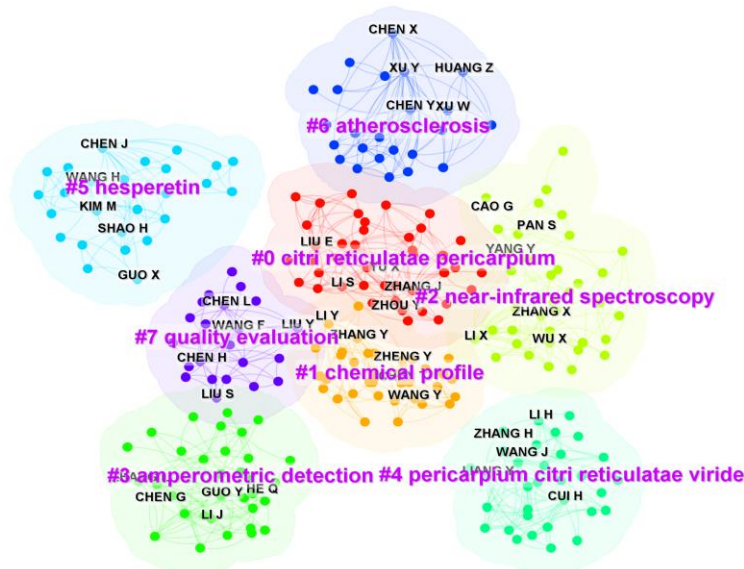


图 5 陈皮研究英文文献作者的聚类网络

Fig. 5 Clustering network of authors in English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* research

4.3 机构合作网络分析

497 篇陈皮中文文献中发文量排名前 10 的研究机构见表 3。从机构发表文献数量来看，成都中医药大学和广州中医药大学位居首位，发表文献 37 篇；其次是华南农业大学、江西中医药大学，分别有 26 和 24 篇文献。就节点度数而言，无限极（中国）有限公司的值最高，表明该机构的研究产出数量和合作程度较高，其次为中山大学药学院和华南农业大学食品学院。

对陈皮研究中文文献发表机构合作网络进行可视化分析，共获得节点数 468 个，连线 252 条。图谱密度（density）较低，为 0.002 3，表明机构间合作关系较为分散（图 2-B），存在以成都中医药大学、无

限极（中国）有限公司-华南农业大学、中山大学等机构为核心的 3 大机构合作群，其他机构间的联系和合作较少。受地理位置因素影响，大部分合作群中的机构主要位于同一地区，常表现为高校及其附属医院间的合作，如广州中医药大学与广州中医药大学第一附属医院，跨省份的机构间合作相对较少。

对广陈皮的研究而言，多产机构大多是位于广东省内的院校或企业，其中广州中医药大学、中山大学、广东药科大学和成都中医药大学 4 所的发文量较高，超过 10 篇，分别为 18、17、16 和 13 篇（表 3），这些大学大多坐落于广东省内，深耕本地，因此更有可能对广陈皮有更全面和深入的研究。且广陈皮研究中文文献发表机构间的合作较为紧密，

表 3 1992—2022 年陈皮中文文献发文量前 10 的机构

Table 3 Top 10 institutions in publication volume of Chinese literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* from 1992 to 2022

序号	陈皮		广陈皮	
	机构	发文量/篇	机构	发文量/篇
1	成都中医药大学	37	广州中医药大学	18
2	广州中医药大学	37	中山大学	17
3	华南农业大学	26	广东药科大学	16
4	江西中医药大学	24	成都中医药大学	13
5	广东药科大学	18	华南农业大学	9
6	中山大学	18	广州医科大学	9
7	广州医科大学	10	广东新宝堂生物科技有限公司	6
8	中国医学科学院	9	广州中医药大学第一附属医院	6
9	湖南中医药大学	9	仲恺农业工程学院	5
10	无限极(中国)有限公司	9	无限极(中国)有限公司	4

图谱密度为 0.010 8, 最为典型的是以中山大学药学院为核心的合作网络(图 3-B), 表明中山大学在广陈皮研究领域具有较大的影响力和实力, 广东新宝堂生物科技有限公司、无限极(中国)有限公司、深圳市宝安纯中医治疗医院、广州中医药大学附属中山医院、广州医科大学等机构是其重要的合作伙伴, 这些机构之间的紧密合作有望推动广陈皮研究领域的发展。

陈皮英文文献发文量排名前 10 的研究机构见表 4。Central South University (中南大学)、China Pharmaceutical University (中国药科大学) 和 Guangzhou Medical University (广州医科大学) 的英文发文量较高, 分别为 18、16 和 16 篇。对陈皮研究英文文献发表机构合作网络进行可视化分析(图 4-B), 共获得节点数 260 个, 连线 335 条。图谱密度为 0.009 9, 可以看出英文文献的机构间合作关系相对分散。其中广州医科大学、中国药科大学和广东新宝堂生物科技有限公司之间联系密切, 开展了广泛合作, 并且发表了较多的英文论文。中国科学院、华中科技大学和吉林大学也保持着稳定的合作关系, 同样地, 中南大学、香港理工大学和中国农业科学院之间也保持着频繁的学术交流, 有助于对陈皮进行科学研究和中港两地科技交流合作。

4.4 关键词聚类分析

对关键词进行聚类分析, 得到关键词聚类知识图谱。图 6 展示出了 1992—2022 年 9 月陈皮的中文研究按文献聚集度形成的 10 个聚类(去除相同名字和节点太少的聚类)。由此归纳出陈皮研究的主要热点领域有 3 个: (1) 陈皮化学成分研究, 包括

表 4 2000—2022 年陈皮英文文献发文量前 10 的机构

Table 4 Top 10 institutions in publication volume of English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* from 2000 to 2022

序号	机构	发文量/篇
1	Central South University	18
2	China Pharmaceutical University	16
3	Guangzhou Medical University	16
4	Sun Yat Sen University	14
5	Guangzhou University of Chinese Medicine	13
6	Guangdong Pharmaceutical University	11
7	Rutgers State University New Brunswick	11
8	Chengdu University of Traditional Chinese Medicine	10
9	Ministry of Agriculture Rural Affairs	10
10	South China University of Technology	9

#1 川陈皮素、#2 挥发油、#4 橙皮苷、#5 含量测定、#6 黄酮、#9 提取等聚类, 这些研究主要关注陈皮中活性成分的提取、分离和测定, 以及它们的生物活性, 如抗肿瘤、调脂等。(2) 产地和品种的影响, 包括了#3 广陈皮、#7 新会陈皮。不同产地和品种的陈皮中化学成分和药理活性之间的差异是近年来越来越受到关注的一个研究方向, 广陈皮作为陈皮中的上品, 已成为近年来的研究热点。(3) 抗氧化作用, 该聚类主要关注陈皮中黄酮类化合物的抗氧化活性, 包括干燥方式^[59]、年份^[60]、提取^[61-63]和发酵工艺^[64-65]对陈皮抗氧化性的影响。

广陈皮中文研究根据关键词也可分为 3 类(图 7): #2 黄酮、#3 总黄酮和#5 川陈皮素等聚类涉及到广陈皮中的化学成分与药理作用, 这些研究主要关注广陈皮中活性成分的提取、分离和测定, 以

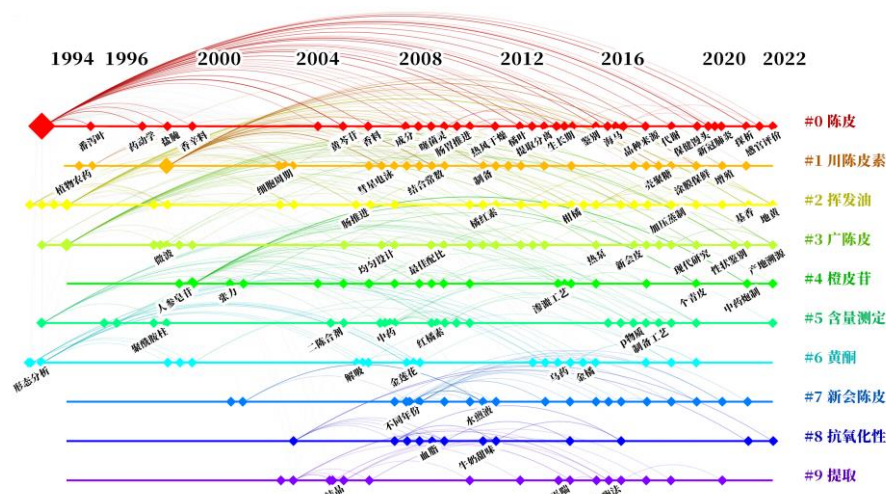


图 6 陈皮中文文献的关键词时间线图

Fig. 6 Keywords timeline map of Chinese literature on *Citri Reticulatae Pericarpium*

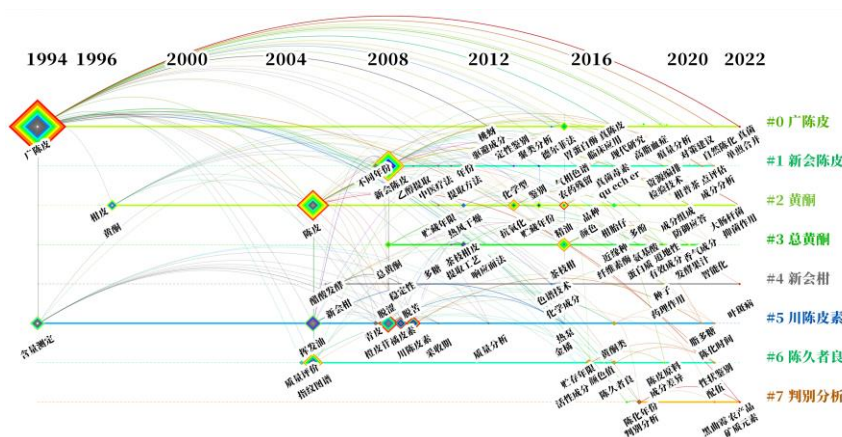


图 7 广陈皮中文文献的关键词时间线图

Fig. 7 Keywords timeline map of Chinese literature on Guangchenpi

及它们的生物活性和药理作用，如抗氧化、抗炎、抑菌等。#1 新会陈皮、#4 新会柑、#6 陈久良者等聚类涉及到广陈皮的产地鉴别与质量评价，这些研究关注广陈皮的化学成分和药理活性随时间的动态变化，从不同角度为陈皮“陈久者良”提供了科学依据。聚类#7 主要涉及到广陈皮中的化学

成分分析方法，这些研究主要关注使用各种分析方法鉴别广陈皮中的化学成分，以及如何建立高效、准确的分析方法。

对陈皮的英文研究关键词进行聚类分析，可以归纳为以下几个热点领域（图 8）。(1) 化学成分与药理作用：citrus peel、*Citri Reticulatae Pericarpium*

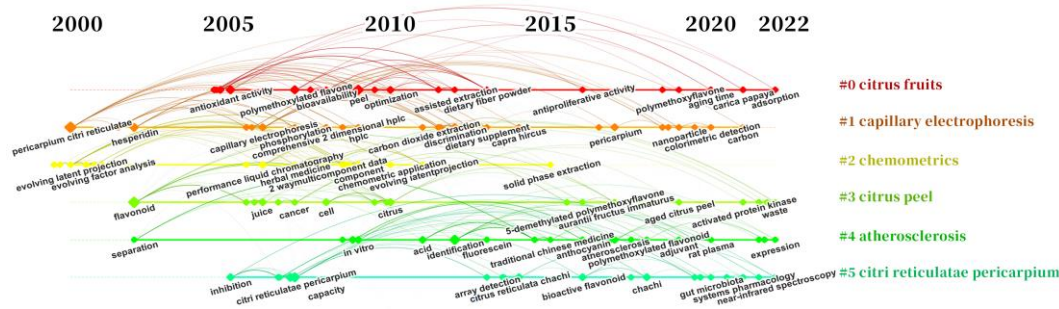


图 8 陈皮英文文献的关键词时间线图

Fig. 8 Keywords timeline map of English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium*

等聚类涉及到陈皮的化学成分和药理作用；(2) 色谱电泳技术: capillary electrophoresis 聚类主要关注使用色谱电泳技术对陈皮中的化学成分进行分离和鉴定。(3) 多元统计分析: chemometrics 聚类, 这些研究主要对陈皮中的化学成分和药理活性进行多元统计分析, 如聚类分析、主成分分析和判别分析等。(4) atherosclerosis 聚类则涉及到陈皮在预防和治疗动脉粥样硬化方面的应用和机制。

除关键词的聚类信息外, 时间线图谱基于关键词聚类结果绘制关键词时间线图, 可以直观展现所有聚类出现的时间跨度及聚类间的联系, 了解陈皮的研究发展历程, 从而了解陈皮领域研究主题的时间变化。#0 (陈皮)、#2 (挥发油)、#3 (广陈皮) 研究时间跨度最长, 这几个领域的研究持续受到关注。

4.5 关键词突现分析

关键词突现是指关键词在较短时间内使用频次显著增加, 通过对关键词进行突现分析可以明确某一时间段内的研究重点与热点, 判断研究的发展动向与前沿研究。突变的开始时间和结束时间分别用“begin”和“end”表示, “strength”表示关键词突变强度, 强度越高表示该关键词的影响力越大。陈皮研究中文献关键词突现分析见图 9。从突现强度看, 排名前 5 的依次为橙皮苷 (陈皮苷、橙皮甙)、橘皮素、多糖、分子对接和含量测定, 表明对陈皮的研究偏重于其有效成分, 特别是对其主要生物活性成分橙皮苷的研究。

从研究的时间轴看, 在 2009 年以前, 研究重点集中于不同年份陈皮的化学成分和功效差异研究, 此时关注陈皮中的主要药效成分橙皮苷。自 2009 年开始, 成分研究的重点转向了多糖、辛弗林、橘皮素 (红橘素、橘皮素为同一个物质的不同名称) 和橙皮苷等成分的含量测定, 这表明在研究中对陈皮的关注点逐渐从单一的成分分析转向了更为综合的质量评价和营养成分研究。自 2016 年以来, 对陈皮的研究更多地关注于陈皮的农药残留问题、抗氧化作用以及使用分子生物学手段如分子对接技术等进行研究。这可能反映了在过去几年中, 随着消费者对药材质量安全和天然活性成分的需求增加, 越来越多的研究开始关注如何提高陈皮的品质和保证其安全。分子生物学手段如分子对接技术等也为研究提供了新的工具和方法, 因此越来越多的研究开始关注这些新技术的应用。

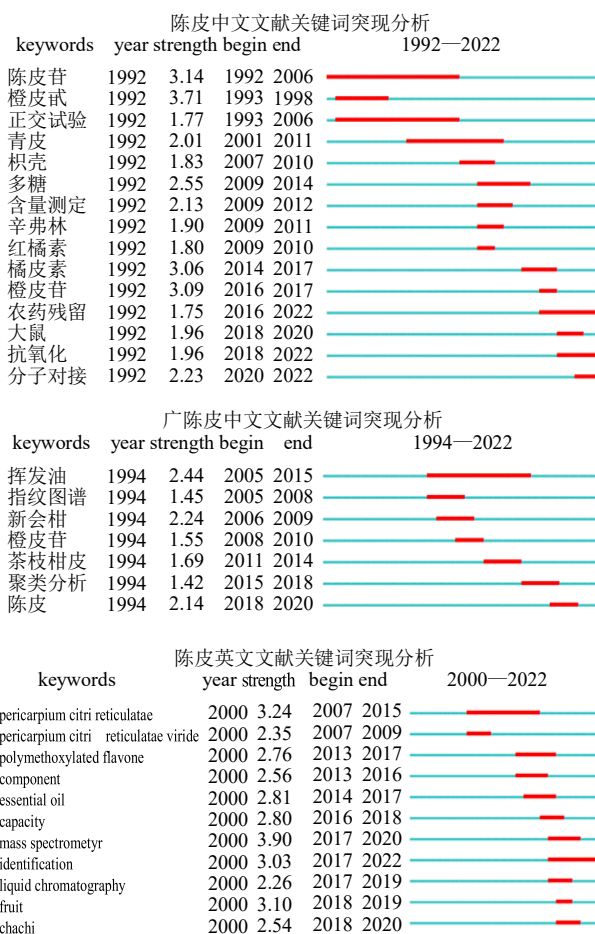


图 9 陈皮、广陈皮中英文文献关键词突现分析

Fig. 9 Emergence analysis of keywords in Chinese and English literature on *Citri Reticulatae Pericarpium* and *Guangchenpi*

广陈皮中文文献关键词突现分析见图 9。因广陈皮的挥发油含量高, 含有多种化学成分, 具有重要的药用和营养保健作用, 因此挥发油成分在很长时间内都是其研究热点之一, 研究历时较久 (2005—2015 年)。此外, 对广陈皮的鉴别也是一大关注点, 鉴别方式由建立指纹图谱发展为聚类分析, 从而更好地对陈皮的化学成分进行分类和分析, 提供更加详细、全面的信息。

陈皮英文文献关键词突现分析见图 9。结果表明, 英文文献中对陈皮的研究热点逐步由成分含量测定转变为鉴别。2016 年以前, 对陈皮研究的关键词为多甲氧基黄酮、精油, 主要针对陈皮中活性成分的基础研究; 2016 年后陈皮研究的关键词转变为质谱分析、识别、液相色谱法和茶枝柑, 研究者们将更多的关注点放在陈皮药材的分析和鉴定上。

5 讨论

陈皮为常用中药,在《中国药典》2020 年版一部中,其项下单列广陈皮,含量限度为“含橙皮苷不得少于 1.75%;含川陈皮素和橘皮素的总量,不得少于 0.40%”,反映了陈皮和广陈皮在化学成分上的差异。广陈皮作为岭南道地药材,其药用价值不言而喻。本研究基于文献计量学的方法,针对陈皮和广陈皮梳理了近 30 年来全球学者研究陈皮的热点前沿及科研协作的整体情况,并分析了该领域里具有较强影响力的研究机构和学术团体。目前的研究经历了缓慢上升期和波动性增长期,近几年受到了国内外广泛关注,与其“药食两用”的价值密不可分。基于上述分析,有关陈皮(广陈皮)产地、陈化与功效成分等问题仍需深入研究。

5.1 道地性研究

广陈皮是陈皮的道地药材,广陈皮中又以产自新会的陈皮最为道地。道地性是药材和环境长期相互作用形成的结果,生境特征是影响其品质的重要外在因素。目前围绕着广陈皮道地环境的研究主要集中在产地土壤环境评价和适宜性分析等方面,对广陈皮品质形成的关键环境因子以及这些因子如何影响药用成分的合成和积累的生物学机制仍缺乏系统认识,制约了广陈皮的资源再生和规模化繁育。Su 等^[66]采用植物转录组、代谢组以及宏基因组等多组学方法,揭示了广陈皮道地产区特殊的土壤微生物组成促进了广陈皮活性成分单萜合成和积累的生物学机制,明确了土壤因子在药材道地性形成过程中的重要地位,提供了对广陈皮土壤生境特征与品质之间关联性的深刻理解。然而,除土壤因素外,其他环境因子如气候、水质乃至生态系统互动等,也在广陈皮的品质形成中发挥重要作用。因此,未来要进一步加强环境因素与陈皮品质的关联性研究,从而全面理解陈皮(广陈皮)道地性形成的科学内涵。

5.2 产地溯源研究

目前陈皮尤其是广陈皮市场上“以次充好”“以假乱真”现象时有发生,严重损害了消费者的权益。因此,有必要加强陈皮产地溯源和真伪鉴别研究。虽然已有很多研究利用色谱、光谱等技术对广陈皮与普通陈皮中的有机代谢成分进行对比分析^[36,67-69],为陈皮的产地溯源提供了较好的参考依据,但是在加工和贮藏过程中,一些可用于产地溯源和确证的成分极易受到干扰而损失,导致在

利用此技术进行陈皮产地追溯时出现有效信息丢失和溯源效果不佳的问题^[70]。目前对于陈皮产地溯源的研究仍比较薄弱,需要进一步加强相关的研究。

近年来,多种现代分析技术已经应用于各类中药材的产地溯源,为中药产地溯源、真伪鉴别和品质评价等提供了一定的技术支持,如稳定同位素质谱技术^[71-72]、遗传组学^[73-74]和人工智能识别^[75]等。尽管这些现代分析技术在中药材产地溯源和真伪鉴别方面取得了显著进展,但单一技术往往难以满足复杂的中药材鉴别需求。因此,未来可通过整合多种分析技术,结合大数据和人工智能等技术,建立智能识别系统,实现对陈皮的全方位、多层次的溯源和鉴别,为陈皮产地溯源、真伪鉴别和品质评价等提供更加全面、准确和高效的解决方案,从而促进陈皮产业的高质量发展。

5.3 药效物质基础研究

目前对陈皮的化学成分进行了大量研究,然而,这些成分与其功效的相关关系仍不明确。药用植物的功效成分合成是一个系统过程,受物种遗传调控、产地气候、土壤养分、根系微生物等多维因素的影响。其中,与活性成分合成高度相关的基因的表达是决定药用植物质量的内在因素。然而,目前关于陈皮(广陈皮)次生代谢途径调控机制研究较少,同时其重要活性成分合成途径存在明显的前体物质代谢分流现象,因此,明确广陈皮活性成分生物合成的关键基因,可在应用层面上筛选核心种质资源,去劣保优,维持药用植物优良品种的稳定,同时为进一步开展生物合成酶的催化机制研究,实现中药活性成分的体外高效制备提供实验依据。

现有研究对陈皮单一活性成分的抗炎、抗氧化作用有较好的研究,但是不能反映陈皮整体在抗炎和抗氧化的情况,将挥发油与黄酮类成分结合整体体现陈皮多成分、多靶点的药效研究还属空白。同时目前关于陈皮的“谱-效”关系仍较为有限,主要局限于脂溶性成分和水提物的“谱-效”关系的初步识别,有必要更深入地探讨来自不同产地和陈化时间陈皮的药效活性成分变化规律,从整体上研究其生物学活性的“谱-效”关系。

5.4 陈化研究

陈皮的陈化仓储过程对于其质量和药效至关重要。中药陈化过程复杂,伴随物理因素(光照、温度和湿度等)、化学因素(氧气和臭氧等)、生物因素(微生物、酶等)等影响,导致挥发性成分散失,

并在氧气、微生物和酶等介导下发生化合物降解反应、氧化反应和聚合反应等，致使陈化中药的药效物质及功效发生改变。一些学者试图通过陈皮陈化过程中化学成分变化和药理作用强弱阐明“陈久者良”的观点，但结果却不尽相同，使“陈久者良”的科学内涵仍未明晰。

在此背景下，王福等^[44]以陈化过程中陈皮表面微生物为研究切入点，首次发现黑曲霉相关代谢酶的变化促进了陈皮黄酮类物质的增加。然而，目前对陈皮陈化的机制研究仍非常薄弱，对陈皮在储存过程中各种主要和微量代谢物的化学变化的系统分析仍不清楚，陈化后陈皮的有效成分比例升高与药理功效的增强还需要深入研究。未来的研究应该致力于明晰陈皮陈化条件与陈化机制之间的关系，为“陈久者良”的观点提供更具科学性的解释。

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: 199-200.
- [2] Zou J M, Wang J J, Ye W L, *et al.* *Citri Reticulatae Pericarpium* (Chenpi): A multi-efficacy pericarp in treating cardiovascular diseases [J]. *Biomed Pharmacother*, 2022, 154: 113626.
- [3] Zheng G D, Chao Y X, Liu M S, *et al.* Evaluation of dynamic changes in the bioactive components in *Citri Reticulatae Pericarpium* (*Citrus reticulata* ‘Chachi’) under different harvesting and drying conditions [J]. *J Sci Food Agric*, 2021, 101(8): 3280-3289.
- [4] Yu X Y, Chen X C, Li Y T, *et al.* Effect of drying methods on volatile compounds of *Citrus reticulata* Ponkan and Chachi peels as characterized by GC-MS and GC-IMS [J]. *Foods*, 2022, 11(17): 2662.
- [5] Zheng G D, Liu M S, Chao Y X, *et al.* Identification of lipophilic components in *Citri Reticulatae Pericarpium* cultivars by supercritical CO₂ fluid extraction with ultra-high-performance liquid chromatography-Q exactive orbitrap tandem mass spectrometry [J]. *J Sep Sci*, 2020, 43(17): 3421-3440.
- [6] Ni J N, Guo Y Y, Chang N W, *et al.* Effect of *N*-methyltyramine on the regulation of adrenergic receptors via enzymatic epinephrine synthesis for the treatment of gastrointestinal disorders [J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 111: 1393-1398.
- [7] Li A, Wang N, Li N, *et al.* Modulation effect of Chenpi extract on gut microbiota in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice [J]. *J Food Biochem*, 2021, 45(4): e13541.
- [8] Fu M Q, Zou B, An K J, *et al.* Anti-asthmatic activity of alkaloid compounds from *Pericarpium Citri Reticulatae* (*Citrus reticulata* ‘Chachi’) [J]. *Food Funct*, 2019, 10(2): 903-911.
- [9] Liu T T, Xu P L, Qi S S, *et al.* Network pharmacology-based mechanistic investigation of Jinshui Huanxian formula acting on idiopathic pulmonary fibrosis [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021: 8634705.
- [10] 俞静静, 杜宇忠, 苏洁, 等. 陈皮对高胆固醇血症大鼠的预防作用及其机制 [J]. *中成药*, 2021, 43(11): 2982-2988.
- [11] Liang P L, Chen X L, Gong M J, *et al.* Guang Chenpi (the pericarp of *Citrus reticulata* Blanco’s cultivars ‘Chachi’) inhibits macrophage-derived foam cell formation [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 293: 115328.
- [12] Liu W T, Cheng L P, Li X F, *et al.* Short-term pretreatment of naringin isolated from *Citrus wilsonii* Tanaka attenuates rat myocardial ischemia/reperfusion injury [J]. *Naunyn Schmiedeberg Arch Pharmacol*, 2022, 395(9): 1047-1059.
- [13] Zhang X Y, Zhu Z J, Ren S P, *et al.* Metabolomic navigated *Citrus* waste repurposing to restore amino acids disorder in neural lesion [J]. *Food Chem*, 2022, 387: 132933.
- [14] Lee J A, Shin M R, Park H J, *et al.* *Scutellariae Radix* and *citri reticulatae pericarpium* mixture regulate PPAR γ /RXR signaling in reflux esophagitis [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 6969241.
- [15] Abou Baker D H, Ibrahim B M M, Abdel-Latif Y, *et al.* Biochemical and pharmacological prospects of *Citrus sinensis* peel [J]. *Heliyon*, 2022, 8(8): e09979.
- [16] Onuma W, Asai D, Tomono S, *et al.* Anticarcinogenic effects of dried *Citrus* peel in colon carcinogenesis due to inhibition of oxidative stress [J]. *Nutr Cancer*, 2017, 69(6): 855-861.
- [17] 靳士英, 靳朴, 刘淑婷. 广东省立法保护的岭南道地药材 (二) [J]. *现代医院*, 2017, 17(3): 431-432.
- [18] 郑小吉, 詹晓如, 王小平. 陈皮道地性研究近况 [J]. *江西中医药*, 2008, 39(7): 71-72.
- [19] 梅全喜, 林慧, 宋叶, 等. 广陈皮的药理作用与临床研究进展 [J]. *中国医院用药评价与分析*, 2019, 19(8): 899-902.
- [20] 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.
- [21] Chen C M. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2004, 101(Suppl 1): 5303-5310.
- [22] 丁林章, 黄顺贤. 口服陈皮液致消化道穿孔死亡 1 例 [J]. *中国中西医结合杂志*, 1992, 12(3): 156.
- [23] Gong F, Liang Y Z, Song Y Q. Determination of the

- volatile oil of *Pericarpium Citri Reticulatae* with gas chromatography/mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2000, 28: 860-864.
- [24] 王福, 李丹, 吴蓓, 等. 广陈皮外观性状与活性成分变化的相关性研究 [J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(3): 761-763.
- [25] 张鑫, 刘素娟, 王智磊, 等. 模拟加速试验研究陈皮挥发性成分与黄酮类成分动态变化规律 [J]. *天然产物研究与开发*, 2016, 28(11): 1752-1757.
- [26] 王坚, 陈鸿平, 刘友平, 等. 不同贮藏年限新会陈皮挥发油成分动态变化规律研究 [J]. *时珍国医国药*, 2013, 24(12): 2831-2834.
- [27] 赵玮珊, 黄伟, 王晓宇, 等. 陈皮及青皮药材中辛弗林含量比较研究 [J]. *时珍国医国药*, 2011, 22(4): 900-901.
- [28] 李旻, 陈美君, 潘欢欢, 等. 基于颜色客观化的陈皮药材鉴别 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2016, 22(18): 31-34.
- [29] 闫珂巍, 王福, 梅国荣, 等. 基于近红外光谱技术快速定性鉴别广陈皮模型的建立 [J]. *中草药*, 2015, 46(20): 3096-3099.
- [30] 陈林, 吴蓓, 陈鸿平, 等. 不同年份标准仓储广陈皮表面微生物的分布 [J]. *中国食品学报*, 2022, 22(3): 281-287.
- [31] 杨放晴, 何丽英, 杨丹, 等. 基于高通量测序技术分析不同地区自然陈化广陈皮表面微生物群落多样性 [J]. *中国酿造*, 2021, 40(9): 31-36.
- [32] 杨丹, 徐双美, 熊素琴, 等. 黑曲霉对不同陈化年份广陈皮黄酮类成分的影响 [J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(1): 492-495.
- [33] 罗璇捷, 杨宜婷, 黄寿根, 等. 超声提取法与索氏提取法提取陈皮黄酮类有效成分的分析比较 [J]. *中药材*, 2016, 39(2): 371-374.
- [34] 周芳, 郑国栋, 蒋林, 等. 薄层扫描法同时测定广陈皮中三种黄酮化合物的含量 [J]. *中药材*, 2009, 32(6): 911-913.
- [35] 杨秀娟, 巢颖欣, 蔡轶, 等. 新会陈皮化学成分的综合分析测定研究 [J]. *中国医院药学杂志*, 2019, 39(4): 348-352.
- [36] 罗璇捷, 杨宜婷, 李晓伟, 等. 11 个品种来源陈皮中多甲氧基黄酮的测定 [J]. *中成药*, 2017, 39(3): 565-569.
- [37] 郑国栋, 蒋林, 杨得坡, 等. HPLC 法同时测定不同产地广陈皮中 5 种活性黄酮成分 [J]. *中草药*, 2010, 41(4): 652-655.
- [38] 梁奕尧, 陈柏忠, 杨玉华, 等. 《中国药典》2020 版陈皮质量标准修订的研究 [J]. *中国医院药学杂志*, 2022, 42(2): 142-146.
- [39] 周国海, 苗建银, 刘飞, 等. 陈皮挥发油的低温连续相变萃取及特性分析 [J]. *现代食品科技*, 2013, 29(12): 2931-2936.
- [40] 黄景晟, 张帅, 刘飞, 等. 超临界 CO₂ 萃取陈皮挥发油及其化学成分分析 [J]. *现代食品科技*, 2013, 29(8): 1961-1966.
- [41] 郑国栋, 蒋林, 杨雪, 等. 不同贮藏年限广陈皮黄酮类成分的变化规律研究 [J]. *中成药*, 2010, 32(6): 977-980.
- [42] 郑国栋, 周芳, 蒋林, 等. 高速逆流色谱分离制备广陈皮中多甲氧基黄酮类成分的研究 [J]. *中草药*, 2010, 41(1): 52-55.
- [43] 李峰庆, 王福, 杨放晴, 等. 利用 UHPLC-ESI-MS/MS 法测定川陈皮与其混伪品中的黄酮类成分 [J]. *天然产物研究与开发*, 2020, 32(8): 1324-1330.
- [44] 王福, 张鑫, 卢俊宇, 等. 陈皮“陈久者良”之黄酮类成分增加原因探究 [J]. *中国中药杂志*, 2015, 40(24): 4890-4896.
- [45] 吴蓓, 申梦园, 陈鸿平, 等. 基于代谢组学的广陈皮治疗脾虚痰湿证大鼠模型的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2022, 47(15): 4136-4147.
- [46] 周欣, 黄庆华, 莫云燕, 等. GC/MS 对不同年份新会陈皮挥发油的分析 [J]. *中药材*, 2009, 32(1): 24-26.
- [47] 林林, 林子夏, 莫云燕, 等. 不同年份新会陈皮总黄酮及橙皮苷含量动态分析 [J]. *时珍国医国药*, 2008, 19(6): 1432-1433.
- [48] 傅曼琴, 陈玉婷, 吴继军, 等. 陈皮表面微生物及其转化黄酮类物质的研究进展 [J]. *现代食品科技*, 2022, 38(4): 282-291.
- [49] 肖更生, 万利秀, 徐玉娟, 等. 柑橘皮黄酮降血糖作用的研究 [J]. *现代食品科技*, 2013, 29(4): 698-701.
- [50] 傅曼琴, 肖更生, 吴继军, 等. 广陈皮促消化功能物质基础的研究 [J]. *中国食品学报*, 2018, 18(1): 56-64.
- [51] 白卫东, 钱敏, 蔡培钿, 等. 新会陈皮中黄酮类化合物提取工艺的研究 [J]. *广东农业科学*, 2009, 36(9): 129-132.
- [52] Zeng S L, Li S Z, Lai C J, *et al.* Evaluation of anti-lipase activity and bioactive flavonoids in the *Citri Reticulatae Pericarpium* from different harvest time [J]. *Phytomedicine*, 2018, 43: 103-109.
- [53] Duan L, Dou L L, Yu K Y, *et al.* Polymethoxyflavones in peel of *Citrus reticulata* ‘Chachi’ and their biological activities [J]. *Food Chem*, 2017, 234: 254-261.
- [54] Xiao P T, Kuang Y J, Liu S Y, *et al.* The antihyperlipidemic equivalent combinatorial components from peel of *Citrus reticulata* ‘Chachi’ [J]. *J Food Drug Anal*, 2022, 30(1): 77-87.
- [55] Gao Z, Wang Z Y, Guo Y, *et al.* Enrichment of polymethoxyflavones from *Citrus reticulata* ‘Chachi’ peels and their hypolipidemic effect [J]. *J Chromatogr B*

- Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2019, 1124: 226-232.
- [56] Duan L, Guo L, Dou L L, *et al.* Discrimination of *Citrus reticulata* Blanco and *Citrus reticulata* ‘Chachi’ by gas chromatograph-mass spectrometry based metabolomics approach [J]. *Food Chem*, 2016, 212: 123-127.
- [57] Li S Z, Guan X M, Gao Z, *et al.* A simple method to discriminate Guangchenpi and Chenpi by high-performance thin-layer chromatography and high-performance liquid chromatography based on analysis of dimethyl anthranilate [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2019, 1126/1127: 121736.
- [58] Li S Z, Zeng S L, Wu Y, *et al.* Cultivar differentiation of *Citri Reticulatae Pericarpium* by a combination of hierarchical three-step filtering metabolomics analysis, DNA barcoding and electronic nose [J]. *Anal Chim Acta*, 2019, 1056: 62-69.
- [59] 余祥英, 郑佳楠, 陈晓纯, 等. 不同干燥方式对陈皮中 7 种黄酮含量及抗氧化性的影响 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(7): 2075-2083.
- [60] 刘丽娜, 徐玉娟, 肖更生, 等. 不同年份陈皮黄酮成分分析及抗氧化活性评价 [J]. 南方农业学报, 2020, 51(3): 623-629.
- [61] 何露, 胡璐曼, 邓健善, 等. 陈皮黄酮提取工艺优化及抗氧化活性检测 [J]. 基因组学与应用生物学, 2021, 40(3): 1316-1323.
- [62] 赵翊, 李红良, 赵琳. 陈皮中抗氧化成分的提取工艺研究 [J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(1): 24-26.
- [63] 黄智, 肖南. 超声与微波辅助提取陈皮中橙皮苷及其抗氧化性研究 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 250-255.
- [64] 杨丹, 杨放晴, 燕娜娜, 等. 黑曲霉发酵对陈皮黄酮类成分及抗氧化活性的影响 [J]. 食品科技, 2019, 44(12): 23-27.
- [65] 段志芳, 张少平, 付莉, 等. 枯草芽孢杆菌发酵陈皮对其提取物抗氧化活性的影响 [J]. 食品科技, 2018, 43(5): 259-264.
- [66] Su J M, Wang Y Y, Bai M, *et al.* Soil conditions and the plant microbiome boost the accumulation of monoterpenes in the fruit of *Citrus reticulata* ‘Chachi’ [J]. *Microbiome*, 2023, 11(1): 61.
- [67] 周欣, 孙素琴, 黄庆华. FTIR 对不同产地陈皮的鉴别研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(12): 2453-2455.
- [68] 宋玉鹏, 陈海芳, 谭舒舒, 等. 不同陈皮来源药材中橙皮苷、川陈皮素、橘皮素和辛弗林的含量比较 [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(9): 2061-2064.
- [69] 余梅, 李尚科, 杨菲, 等. 基于近红外光谱技术与优化光谱预处理的陈皮产地鉴别研究 [J]. 分析测试学报, 2021, 40(1): 65-71.
- [70] 卢诗扬, 张雷蕾, 潘家荣, 等. 特色农产品产地溯源技术研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(14): 4849-4855.
- [71] 钟慧怡, 黄海波, 陈玉娥, 等. 基于稳定同位素比值的阳春砂产地判别分析 [J]. 广州中医药大学学报, 2021, 38(10): 2224-2230.
- [72] 张文丽, 吴浩, 梅宇晨, 等. 基于稳定同位素技术的竹节参产地识别研究 [J]. 中草药, 2020, 51(23): 6070-6076.
- [73] 王馨, 尹光耀, 张志飞, 等. 北柴胡特异 DNA 条形码筛选及种质资源鉴定 [J]. 中草药, 2023, 54(17): 5703-5715.
- [74] Wang W, Tian W, Liao W, *et al.* Identifying Chinese herbal medicine by image with three deep CNNs [A] // Proceedings of the 5th International Conference on Control Engineering and Artificial Intelligence [C]. New York: Association for Computing Machinery, 2021: 1-8.
- [75] 王红洁, 王科, 余水祥, 等. 基于 Group-Lasso 天麻品质形成关键因子的分析 [J]. 中草药, 2023, 54(13): 4278-4285.

[责任编辑 潘明佳]