

国内外辣味科学研究的文献计量分析

贺宇玉¹, 曾子逸¹, 王 卉¹, 陈可先^{2*}

¹浙江工商大学统计与数学学院 杭州 310018

²浙江工商大学食品与生物工程学院 杭州 310018)

摘要 辣椒属植物如辣椒不仅具有独特的辣味,其组分如辣椒素类物质还具有诸多药理作用。为了更直观地把握辣味科学研究领域的现状和主要学术脉络,本文以 Web of Science 核心数据库中共 13 389 篇文献作为数据源,从辣味科学研究文献数量、国家/期刊/学术机构/作者的影响力和研究热点等角度出发,借助文献计量学方法,运用 VOSviewer 软件、CiteSpace 软件、MATLAB 软件和 Origin 软件等统计分析工具,对 2010—2020 年期间全球辣味科学研究进行分析。结果表明,辣味科学研究不仅涉及食品科学和药理学等传统领域,还涉及植物科学、神经科学、毒理学和生物化学与分子生物学等众多领域,其中生物化学与分子生物学、药理学和神经科学是近 10 年的研究热点。美国在辣味科学研究领域的发文总量最多,中国和日本等国家紧随其后。中国年发文量增速较快,发文 TOP20 作者占比和论文整体的 H 指数均较大,而篇均引用次数低于美国和德国等国家。不同国家学术机构或作者间的合作已成为一种常态,主要涉及上述热点领域。本文通过关键词跃分析,明确突跃强度最强、持续突跃时间最长和近年来的主要突跃关键词。分析结果对食品科学、化学、药理学和分子生物学等领域的学者整体把握辣味科学研究方向、发展趋势和热点具有重要的指导意义,也为辣味产业的决策提供理论依据。

关键词 生命科学; 辣味; 辣椒素; 文献计量分析; 科学引文索引

文章编号 1009-7848(2022)01-0424-15 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.01.045

辣椒属(*Capsicum*)是茄目茄科下的一个属。辣椒属植物如辣椒等具有独特的辣味,不仅可增强食欲,还具有极高的食用与药用价值,因而备受消费者喜欢^[1]。大量研究证实,它们的辣味主要来源于辣椒素类物质,如辣椒素、二氢辣椒素和高二氢辣椒素,其可由香草胺和脂肪酸脱水制得。这些膳食组分本身具有独特风味和健康益处,如抗肿瘤^[2]、镇痛^[3]和抗肥胖^[4]等药理和生理作用,因而引起食品企业和制药企业的极大关注。

迄今为止,辣椒属植物和辣椒素类物质辣味的研究主要集中在以下几个方面:1)从辣椒属植物或相关食品复杂基质中提取、分离和测定辣味物质成分^[5],或研究辣椒属植物果实在成熟过程中产生的辣味物质的含量分布,或辣味食品加工过

程中的辣味物质含量的变化情况^[6];2)动态评价在其它食物成分刺激下或其它味觉影响下辣味物质的辣味^[7];3)从生物与化学角度用实验与理论模拟方法剖析辣味呈味机制^[1,8-12],并指导化学家从食物中鉴定或分离出低含量和结构不稳定的新型辣椒素类物质^[11]。这些研究为合理设计具有合适辣味的食品配方和合适药效的药物配方提供了科学理论依据。基于辣椒属植物和辣椒素类物质的辣味科学研究,在食品工业、生物医药等领域具有极高的商业和医学价值,具有良好的发展前景。然而,通过文献查阅,辣味科学研究不只局限于食品与医药领域,还涉及植物学、行为、医学和化学等领域,且目前尚未有文献进行总结与系统分析。

文献计量学作为情报学和文献学的重要学科分支,是借助统计学等计量方法,辅以大数据分析 with 数据处理,探讨某学科领域动态变化特征的一门科学,目前已有许多应用。大量文献报道了食品领域^[13-17]的文献计量学分析,涉及中外食品科学研究趋势分析、食品科学高被引论文的分析、食品安全认知分析、食品废物回收分析等。文献计量学方法也常用于药物^[18]、环境治理^[19]、代谢组学^[20]等领域,如 Eck 等^[21]用文献计量学方法报道近 20 年来

收稿日期: 2021-01-19

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(562018Y-5983);国家市场监督管理总局科技计划项目(2019MK117);浙江省新苗人才计划项目(2019R408028);四川省川菜发展研究中心项目(CC20Z12)

作者简介: 贺宇玉(2001—),女,本科生

通信作者: 陈可先 E-mail: kxchem@zjgsu.edu.cn

全球范围内辣木叶的研究趋势,为深入研究与开发辣木叶提供新思路 and 科学依据。

本文对近 10 年辣味科学研究开展了基于权威学术数据库的文献计量分析。分析结果将有助于分析与了解辣味科学论文的国际发展态势以及中国在全球所处的位置,把握该领域的研究热点和前沿,为后续的辣味科学研究和辣味产业发展提供文献参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于科睿唯安(Clariivate Analytics)的 Web of Science(简称 WOS)核心合集七大索引数据库。文章检索时间范围为 2010—2020 年,其中数据收集的截止日期为 2020 年 5 月 24 日。文章检索的关键词为“capsaicin” or “piperanine” or “piperine” or “paradol” or “gingerol” or “pungency” or “spicy” or “pungent” or “capsaicinoid” or “capsicum” or “chili”,并在检索获得文献的基础上,排除以下主题的无关文章(environmental sciences ecology, water resources, social issues, construction building technology, government law, education educational research, automation control systems, information science library science, communication, business economics and fisheries)。最后,共计 13 389 篇文献用于本文文献计量分析。由于麻味和辣味的英文单词均可表达为 pungency,因此文献中有少数麻味文献。

1.2 统计方法

利用 WOS 网站自带的检索结果分析功能以及 VOSviewer 和 CiteSpace 等软件的可视化分析工具,对所收集的辣味科学研究文献从时间、国家/地区、主要作者、重要研究机构、文献被引次数、来源期刊、研究热点及相关性等多个方面进行了统计分析,并对相关要素进行关联度的系统分析。其中,WOS 检索结果可直接在网页中查看、调用与分析。VOSviewer 软件^[2]的具体操作步骤如下:先将各方面辣味科学研究信息从 WOS 网站导出成 TXT 格式文件,再根据研究对象,选择合适的数据分类和单元进行数据分析处理,生成所需

可视化图形并导出,部分辅以 Excel 制作相关柱状图等内容。CiteSpace 软件的具体操作步骤如下:将上述 TXT 格式文件导入 CiteSpace 软件中除重,并对相似关键词进行合并,处理完数据后进行关键词突现分析,最后生成关键词突现词图谱。由于本文处理的文献较多,难免会有一些不足,敬请读者批评指正。

2 结果与分析

2.1 文献数量逐年变化趋势分析

2010—2020 年期间,辣味科学研究领域的文献发表情况如图 1 所示。从图中可以看出,该领域的文献发表总量整体呈上升趋势,其中 2012、2015 和 2017 三年有小幅下降,在 2013—2017 年间,发展较为稳定,同时近两年来增幅明显,发展势头良好,且 2019 年增幅最大,这表明辣味科学研究的热度正不断上升,具有较大的发展趋势。

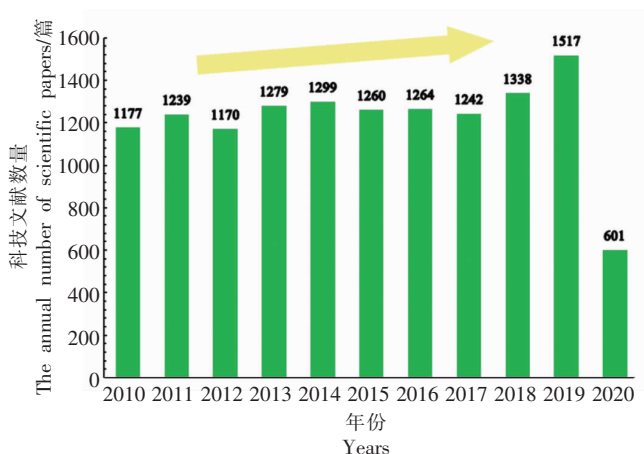


图 1 辣味科学研究发文量年变化情况

Fig.1 The annual change of the number of scientific papers in the field of pungent science

近 10 年来,世界各国有关于辣味科学研究的论文发表量及其逐年增长率分别见表 1 与表 2。由表可见,美国共有 2 993 篇(22.354%)处于领先地位,中国则以 2 226 篇(16.626%)位列第二,随后依次是日本(7.529%)、韩国(7.528%)、印度(7.416%)等亚洲国家。在论文逐年发表量上,美国仍处于第一,其次为中国、日本、韩国和印度,由此可以推测亚洲地区在辣味科学研究方面具有诸

如历史因素、风俗习惯等优势。中国、印度、巴西和意大利等国家的文献发表量有明显增长趋势,美国、日本、韩国和英国等国家的发文量则呈现下降趋势。其中我国相关发文量自2010到2015年稳定增长,2016至2017年略微下降,2018年开始回

增,且在2019年出现巨幅增长,可见国内辣味科学研究正在以良好的势头加速发展。从世界范围看,2019年也是辣味科学研究快速发展的一年,可见辣味科学研究已获全球科学家的广泛关注。

表1 2010—2020年期间主要国家辣味科学研究发文量的逐年变化趋势(篇)

Table 1 The annual trend in the number of the scientific papers published by the main countries in the field of pungent science between 2010 and 2020 (papers)

| 国家 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 各国文献总量 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| 美国 | 311 | 329 | 287 | 295 | 300 | 278 | 268 | 267 | 268 | 293 | 97 | 2 993 |
| 中国 | 120 | 124 | 163 | 194 | 215 | 236 | 231 | 222 | 229 | 328 | 164 | 2 226 |
| 日本 | 114 | 101 | 108 | 102 | 97 | 89 | 87 | 104 | 91 | 88 | 27 | 1 008 |
| 韩国 | 104 | 92 | 114 | 94 | 119 | 95 | 98 | 89 | 88 | 82 | 32 | 1 007 |
| 印度 | 69 | 82 | 82 | 89 | 89 | 98 | 101 | 102 | 103 | 122 | 56 | 993 |
| 巴西 | 57 | 73 | 53 | 65 | 79 | 72 | 56 | 77 | 92 | 106 | 38 | 768 |
| 德国 | 61 | 74 | 64 | 65 | 68 | 70 | 78 | 59 | 84 | 67 | 20 | 710 |
| 英格兰 | 59 | 56 | 47 | 70 | 56 | 46 | 53 | 56 | 58 | 62 | 17 | 580 |
| 西班牙 | 54 | 68 | 47 | 49 | 53 | 55 | 56 | 53 | 60 | 58 | 26 | 579 |
| 意大利 | 48 | 46 | 49 | 54 | 50 | 49 | 65 | 52 | 55 | 78 | 24 | 570 |
| 墨西哥 | 26 | 29 | 36 | 35 | 38 | 45 | 38 | 44 | 59 | 77 | 25 | 452 |
| 加拿大 | 34 | 30 | 32 | 35 | 34 | 38 | 36 | 41 | 33 | 37 | 23 | 373 |
| 法国 | 40 | 30 | 24 | 33 | 30 | 30 | 31 | 31 | 34 | 31 | 22 | 336 |
| 澳大利亚 | 20 | 29 | 33 | 35 | 29 | 32 | 38 | 33 | 29 | 36 | 7 | 321 |
| 英国 | 38 | 42 | 29 | 44 | 35 | 25 | 24 | 28 | 21 | 27 | 5 | 318 |
| 土耳其 | 25 | 27 | 18 | 27 | 23 | 35 | 29 | 35 | 30 | 33 | 20 | 302 |
| 伊朗 | 6 | 10 | 12 | 15 | 13 | 20 | 24 | 26 | 46 | 47 | 7 | 226 |
| 波兰 | 17 | 20 | 24 | 16 | 20 | 25 | 21 | 21 | 26 | 17 | 13 | 220 |
| 荷兰 | 18 | 19 | 17 | 15 | 25 | 15 | 22 | 20 | 21 | 20 | 12 | 204 |
| 巴基斯坦 | 11 | 19 | 10 | 17 | 11 | 12 | 10 | 25 | 30 | 37 | 14 | 196 |
| 匈牙利 | 19 | 18 | 17 | 22 | 16 | 19 | 24 | 15 | 16 | 12 | 8 | 186 |
| …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… |
| 全球文献年总量 | 1 177 | 1 239 | 1 170 | 1 279 | 1 299 | 1 260 | 1 264 | 1 245 | 1 338 | 1 517 | 601 | 13 389 |

表2 2010—2020年期间主要国家辣味科学研究发文量的年增长率(%)

Table 2 The annual growth rate of the number of the scientific papers published by the main countries in the field of pungent science between 2010 and 2020 (%)

| 国家 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|----|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| 美国 | 5.79 | -12.77 | 2.79 | 1.69 | -7.33 | -3.60 | -0.37 | 0.37 | 9.33 |
| 中国 | 3.33 | 31.45 | 19.02 | 10.82 | 9.77 | -2.12 | -3.90 | 3.15 | 43.23 |
| 日本 | -11.40 | 6.93 | -5.56 | -4.90 | -8.25 | -2.25 | 19.54 | -12.50 | -3.30 |
| 韩国 | -11.54 | 23.91 | -17.54 | 26.60 | -20.17 | 3.16 | -9.18 | -1.12 | -6.82 |
| 印度 | 18.84 | 0.00 | 8.54 | 0.00 | 10.11 | 3.06 | 0.99 | 0.98 | 18.45 |
| 巴西 | 28.07 | -27.40 | 22.64 | 21.54 | -8.86 | -22.22 | 37.50 | 19.48 | 15.22 |

(续表 2)

| 国家 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 德国 | 21.31 | -13.51 | 1.56 | 4.62 | 2.94 | 11.43 | -24.36 | 42.37 | -20.24 |
| 英格兰 | -5.08 | -16.07 | 48.94 | -20.00 | -17.86 | 15.22 | 5.66 | 3.57 | 6.90 |
| 西班牙 | 25.93 | -30.88 | 4.26 | 8.16 | 3.77 | 1.82 | -5.36 | 13.21 | -3.33 |
| 意大利 | -4.17 | 6.52 | 10.20 | -7.41 | -2.00 | 32.65 | -20.00 | 5.77 | 41.82 |
| 墨西哥 | 11.54 | 24.14 | -2.78 | 8.57 | 18.42 | -15.56 | 15.79 | 34.09 | 30.51 |
| 加拿大 | -11.76 | 6.67 | 9.38 | -2.86 | 11.76 | -5.26 | 13.89 | -19.51 | 12.12 |
| 法国 | -25.00 | -20.00 | 37.50 | -9.09 | 0.00 | 3.33 | 0.00 | 9.68 | -8.82 |
| 澳大利亚 | 45.00 | 13.79 | 6.06 | -17.14 | 10.34 | 18.75 | -13.16 | -12.12 | 24.14 |
| 英国 | 10.53 | -30.95 | 51.72 | -20.45 | -28.57 | -4.00 | 16.67 | -25.00 | 28.57 |
| 土耳其 | 8.00 | -33.33 | 50.00 | -14.81 | 52.17 | -17.14 | 20.69 | -14.29 | 10.00 |
| 伊朗 | 66.67 | 20.00 | 25.00 | -13.33 | 53.85 | 20.00 | 8.33 | 76.92 | 2.17 |
| 波兰 | 17.65 | 20.00 | -33.33 | 25.00 | 25.00 | -16.00 | 0.00 | 23.81 | -34.62 |
| 荷兰 | 5.56 | -10.53 | -11.76 | 66.67 | -40.00 | 46.67 | -9.09 | 5.00 | -4.76 |
| 巴基斯坦 | 72.73 | -47.37 | 70.00 | -35.29 | 9.09 | -16.67 | 150.00 | 20.00 | 23.33 |
| 匈牙利 | -5.26 | -5.56 | 29.41 | -27.27 | 18.75 | 26.32 | -37.50 | 6.67 | -25.00 |

发文量 TOP20 的学术机构见表 3。由表可见, 发文量前 20 的学术机构多数位于美国, 如加州大学戴维斯分校、匹兹堡大学和约翰斯·霍普金斯大学。发文量最多的学术机构为首尔大学, 以 186 篇文献高居第 1, 还有高丽大学、庆北大学、庆熙大学三所大学发表论文量分别排名第 2、第 5 和第 10。可见韩国和美国的一些学术机构在辣味科学研究领域有着一定的影响力。中国科学院和中国医科大学分别位列第 9 和第 17, 可见我国学术机

构在辣味科学研究领域与其它国家学术机构间还有一定的距离。然而, 排名靠前的学术机构如首尔大学和加利福尼亚大学戴维斯分校的总体发文量却有下降趋势, 高丽大学、匹兹堡大学、庆北大学等则相对平稳, 而伊朗的马什哈德医科大学的发文量从 2018 年起呈现出稳定的快速增长。另外, 意大利国家研究委员会、庆熙大学、中国医科大学以及中国科学院也呈现较好的增长趋势。

表 3 2010—2020 年期间主要机构辣味科学研究年发文量变化趋势(篇)

Table 3 The annual change trend in the number of the scientific papers published by the main organizations in the field of pungent science between 2010 and 2020 (papers)

| 机构 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 总量 | 所属国家 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 首尔大学 | 20 | 18 | 22 | 25 | 23 | 15 | 17 | 13 | 12 | 13 | 8 | 186 | 韩国 |
| 加州大学戴维斯分校 | 6 | 8 | 5 | 8 | 13 | 11 | 4 | 8 | 6 | 2 | 1 | 72 | 美国 |
| 高丽大学 | 4 | 2 | 8 | 5 | 7 | 8 | 4 | 7 | 5 | 4 | 0 | 54 | 韩国 |
| 匹兹堡大学 | 6 | 5 | 11 | 5 | 3 | 6 | 3 | 1 | 4 | 7 | 1 | 52 | 美国 |
| 庆北大学 | 9 | 1 | 6 | 4 | 7 | 4 | 3 | 6 | 4 | 5 | 2 | 51 | 韩国 |
| 约翰斯·霍普金斯大学 | 6 | 7 | 2 | 3 | 6 | 2 | 6 | 4 | 3 | 7 | 3 | 49 | 美国 |
| 马什哈德医科大学 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 5 | 14 | 19 | 1 | 49 | 伊朗 |
| 圣保罗大学 | 3 | 5 | 2 | 5 | 5 | 10 | 3 | 2 | 4 | 6 | 0 | 45 | 巴西 |
| 中国科学院 | 3 | 2 | 2 | 5 | 2 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 44 | 中国 |
| 伦敦国王学院 | 3 | 3 | 4 | 6 | 2 | 7 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 40 | 英国 |
| 佛罗里达州立大学 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 6 | 4 | 5 | 2 | 8 | 0 | 40 | 美国 |

(续表 3)

| 机构 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 总量 | 所属国家 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 京都大学 | 3 | 3 | 2 | 2 | 6 | 6 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 39 | 日本 |
| 意大利国家研究委员会 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 0 | 34 | 意大利 |
| 奥胡斯大学 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 1 | 33 | 丹麦 |
| 庆熙大学 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 5 | 4 | 0 | 28 | 韩国 |
| 日本国立自然科学研究机构 | 3 | 2 | 5 | 2 | 0 | 1 | 3 | 5 | 2 | 1 | 0 | 24 | 日本 |
| 中国医科大学 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 4 | 1 | 2 | 8 | 0 | 23 | 中国 |
| 哈佛大学 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 22 | 美国 |
| 杜克大学 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 5 | 4 | 0 | 3 | 1 | 20 | 美国 |
| 威斯康星大学 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 18 | 美国 |
| 总计 | 90 | 77 | 88 | 87 | 91 | 102 | 85 | 86 | 81 | 109 | 27 | 923 | |

表 4 展示了辣味科学研究发文量前 12 的学术期刊。由表可见,近十年里开源期刊《Plos One》报道的辣味科学研究科学的文献量最多,高达 268 篇,平均每年刊文量将近 30 篇,这些文章主题以医学类为主,主要报道癌症等疾病治疗方面的辣味科学研究。发文量第 2、3 和 4 的分别为《Food Chemistry》、《Pain》和《Journal of Agricultural and Food Chemistry》等学术期刊。《Food Chemistry》和《Journal of Agricultural and Food Chemistry》两本期刊侧重于报道食品化学、生物化

学、植物科学、食品安全、食品感官科学、食品营养等食品科学相关的研究论文。《Pain》期刊主要报道了麻醉学和神经学方面的辣味科学研究。《Scientia Horticulturae》期刊主要报道了植物有关的辣味科学研究。从表 4 可以看出,发文量靠前的这些期刊主要报道植物研究、食品科学、生物学、医学、药理学领域的辣味科学研究。因此,辣味科学研究绝不仅仅局限于食品科学领域,其在医学和生物学等诸多领域也有着重要的应用。

表 4 2010—2020 年期间代表性学术期刊在辣味科学研究发文量的逐年变化趋势(篇)

Table 4 The annual change trend in the number of the scientific papers published in the typical journals in the field of pungent science between 2010 and 2020 (papers)

| 期刊 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 总量 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 《Plos One》 | 10 | 22 | 34 | 46 | 50 | 37 | 21 | 18 | 20 | 10 | 0 | 268 |
| 《Food Chemistry》 | 17 | 22 | 19 | 22 | 19 | 15 | 25 | 22 | 22 | 23 | 15 | 221 |
| 《Pain》 | 28 | 29 | 23 | 17 | 19 | 20 | 16 | 3 | 15 | 11 | 6 | 187 |
| 《Journal of Agricultural and Food Chemistry》 | 29 | 15 | 16 | 19 | 21 | 13 | 16 | 13 | 18 | 12 | 5 | 177 |
| 《Scientia Horticulturae》 | 7 | 9 | 13 | 14 | 12 | 11 | 12 | 9 | 9 | 15 | 14 | 125 |
| 《Scientia Horticulturae Amsterdam》 | 6 | 9 | 13 | 14 | 12 | 11 | 12 | 9 | 9 | 15 | 14 | 124 |
| 《European Journal of Pharmacology》 | 16 | 12 | 13 | 20 | 8 | 9 | 4 | 9 | 7 | 7 | 3 | 108 |
| 《Scientific Reports》 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 18 | 27 | 26 | 23 | 15 | 0 | 112 |
| 《Molecular Pain》 | 11 | 18 | 9 | 13 | 10 | 7 | 9 | 6 | 7 | 6 | 3 | 99 |
| 《Neuroscience》 | 18 | 7 | 18 | 7 | 8 | 10 | 10 | 7 | 3 | 4 | 2 | 94 |

2.2 国家、作者和文章的影响力分析

在文献计量分析中,除了发文情况,被引用情况也是衡量某一领域研究重要性的一个重要指标,这一指标主要由 H 指数来表示。H 指数为“高

引用次数”,能够比较准确地反映一个人的学术成就影响力,其定义为一个人的至多有 H 篇论文分别被引用了至少 H 次,还可应用于一个国家、一个机构或一篇论文。从表 5 可以看出,根据 Web of

Science 统计的不同国家的 H 指数显示,美国的 H 指数达到了 100,总被引频次也高达 70 681 次,在所分析的数据中遥遥领先。英格兰和德国的篇均被引频次较高,可见其国际学术影响力较高,尤其是英格兰的 H 指数达到了 64,仅次于美国,位于世界第二。中国的总被引频次位居世界第二,然而篇均被引频次较低,说明在辣味科学研究领域,中国的发文量较多,然而均篇引用次数并不高。在 H 指数排行前十的国家中,英国、西班牙、韩国、印度和巴西五国的 H 指数相对较低(<50)。

在文献的影响力方面,论文被引用率是衡量科研文献被他人认可程度的标志之一。表 6 显示了被引用频次前十的文章。这 10 篇影响力较强的文章中,有 2 篇出版于神经科学与神经学研究领域影响力最高的《柳叶刀》系列期刊上。

这 10 篇文章中有 6 篇文章都与疼痛学相关。马里兰大学医学院的 Hochberg 等^[22]发表的文章《American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee》属于骨科领域,而奥胡斯大学的 Finnerup 等^[23]发表的文章《Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: A systematic review and meta-analysis》、圣康丁昂伊夫利纳-凡尔赛大学的 Attal 等^[24]发表的文章《EFNS guidelines on the pharmacological treatment of neuropathic pain: 2010 Revision》、罗切斯特大学的 Dworkin 等^[25]发表的文章《Recommendations for the pharmacological management of neuropathic pain: An overview and literature update》及加州大学旧金山分校的 Julius 等^[26]发表的文章《TRP channels and pain》属于神经科学与疼痛学领域。加利福尼亚大学 Cao E H 等的工作主要涉及生物物理学领域,得克萨斯大学安德森癌症中心 Gupta S C 等的研究主要关注药理学领域。

在被引次数前 10 的文章中,石勒苏益格-荷尔斯泰因大学的 Baron R 参与了其中 4 篇辣味科学也研究的工作。奥尔胡斯大学的 Finnerup N B、赫尔辛基大学医学的 Haanpää M、奥斯陆大学国家医院的 Hansson P、罗切斯特大学的 Dworkin R H 和伦敦帝国理工学院的 Rice A S 分别参与了

表 5 2010—2020 年期间辣味科学论文被引用次数前十的国家

Table 5 The top ten countries whose paper citations was highest in the field of pungent science

| between 2010 and 2020 | | | |
|-----------------------|--------|--------|---------|
| 国家 | 总被引频次 | 篇均被引频次 | H-index |
| 美国 | 71 205 | 21.66 | 99 |
| 中国 | 23 431 | 11.77 | 57 |
| 英国 | 21 088 | 14.61 | 49 |
| 印度 | 12 262 | 11.71 | 46 |
| 日本 | 14 321 | 14.11 | 50 |
| 韩国 | 12 691 | 12.75 | 48 |
| 巴西 | 8 200 | 11.04 | 40 |
| 德国 | 15 493 | 22.10 | 54 |
| 英格兰 | 16 742 | 28.82 | 64 |
| 西班牙 | 9 361 | 16.34 | 48 |

其中 2 篇辣味科学研究的工作。与此同时,这 10 篇研究工作大都由欧美国家的科研人员跨国合作完成,由此可见,许多国家在辣味科学研究领域间开展了较多合作研究。

科研文献发文量也能反映某一国家、机构或个人在辣味科学研究领域的影响力。根据 Web of Science 数据库的显示(表 7),2010—2020 年期间在辣味研究领域发文量最多的科学家是首尔大学的 Lee J,其撰写的相关文献总量达到了 100 篇,排名第 2 的科学家是内蒙古农业大学 Zhang Y,它们都专注于生物化学方面的辣味科学研究,而生物化学也一直是生命科学领域研究的热点。发文量排名第 3 与第 4 的科学家分别为东南大学 Wang Y 和华中科技大学 Wang J,后者主要侧重于化学与材料科学方面的辣味科学研究。由表可见,发文量前 10 的作者中,有 6 名科学家来自中国,占了极高的比例,可见部分我国科学家在辣味科学研究领域的科研成果具有较大的影响力。

2.3 国家、学术机构、期刊及作者间的相关性分析

2.3.1 国家间合作的相关性分析 被 SCI 核心数据库收录的论文数量和被引用频次可一定程度上体现国家在辣味科学研究领域的科研实力和影响力。因此,以 SCI 源核心数据库中获取的论文数据

表6 2010—2020年期间被引次数前十的辣味科学研究论文

Table 6 The top ten citations of the papers in the field of pungent science between 2010 and 2020

| 标题 | 作者 | 来源出版物 | 总被引用频次 | 年均被引频次 |
|--|---|--|--------|--------|
| American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee | Hochberg MC, Altman RD, April KT, Benkhalti M, Guyatt G, McGowan J, Towheed T, Welch V, Wells G, Tugwell P | Arthritis Care & Research. 2012, 64(4): 465–474 | 1 425 | 178.13 |
| Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: A systematic review and meta-analysis | Finnerup NB, Attal N, Haroutounian S, McNicol E, Baron R, Dworkin RH, Gilron I, Haanpaa M, Hansson P, Jensen TS, Kamerman PR, Lund K, Moore A, Raja SN, Rice ASC, Rowbotham M, Sena E, Siddall P, Smith BH, Wallace M | Lancet Neurology. 2015, 14(2): 162–173 | 1 056 | 176.00 |
| EFNS guidelines on the pharmacological treatment of neuropathic pain: 2010 Revision | Attal N, Cruccu G, Baron R, Haanpää M, Hansson P, Jensen TS, Nurmikko T | European Journal of Neurology. 2010, 17(9): 1113–E88 | 940 | 94.00 |
| Recommendations for the pharmacological management of neuropathic pain: An overview and literature update | Dworkin RH, O'Connor AB, Audette J, Baron R, Gourlay GK, Haanpaa ML, Kent JL, Krane EJ, LeBel AA, Levy RM, Mackey SC, Mayer J, Miaskowski C, Raja SN, Rice ASC, Schmader KE, Stacey B, Stanos S, Treede RD, Turk DC, Walco GA, Wells CD | Mayo Clinic Proceedings. 2010, 85(3): S3–S14 | 731 | 73.10 |
| Neuropathic pain: Diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment | Baron R, Binder A, Wasner G | Lancet Neurology. 2010, 9(8): 807–819 | 687 | 68.70 |
| The evidence for pharmacological treatment of neuropathic pain | Finnerup NB, Sindrup SH, Jensen TS | Pain. 2010, 150(3): 573–581 | 590 | 59.00 |
| TRPV1 structures in distinct conformations reveal activation mechanisms | Cao EH, Liao MF, Cheng YF, Julius D | Nature. 2013, 504(7478): 113–118 | 493 | 70.43 |
| Regulation of survival, proliferation, invasion, angiogenesis, and metastasis of tumor cells through modulation of inflammatory pathways by nutraceuticals | Gupta SC, Kim JH, Prasad S, Aggarwal BB | Cancer and Metastasis Reviews. 2010, 29(3): 405–434 | 461 | 46.10 |
| TRP channels and pain | Julius D | Annual Review of Cell and Developmental Biology. 2014, 29: 355–384 | 461 | 65.86 |
| Recruited brown adipose tissue as an antiobesity agent in humans | Yoneshiro T, Aita S, Matsushita M, Kayahara T, Kameya T, Kawai Y, Iwanaga T, Saito M | Journal of Clinical Investigation. 2013, 123(8): 3404–3408 | 441 | 63.00 |
| The transient receptor potential family of ion channels | Nilius B, Owsianik G | Genome Biology. 2011, 12(3): 218–228 | 372 | 41.33 |

表 7 2010—2020 年期间辣味科学研究方面发文量前十的作者

Table 7 The top 10 authors with the many papers in the field of pungent science between 2010 and 2020

| 作者 | 相关文献 | 机构 | 国家 |
|----------------------|------|----------|----|
| Lee Jeewoo | 100 | 首尔大学 | 韩国 |
| Zhang Yang | 80 | 内蒙古农业大学 | 中国 |
| Wang Yuan | 79 | 东南大学 | 中国 |
| Wang Juan | 66 | 华中科技大学 | 中国 |
| Li Ying | 55 | 香港城市大学 | 中国 |
| Liu Yang | 55 | 慕尼黑工业大学 | 德国 |
| Tominaga Mitsutoshi | 55 | 顺天堂大学 | 日本 |
| Lee Jong-Ho | 54 | 首尔大学 | 韩国 |
| Li Jing | 54 | 东北农业大学 | 中国 |
| Sahebkar Amirhossein | 54 | 马什哈德大学医学 | 伊朗 |

为分析研究对象,采用 VOSviewer 软件对 2010—2020 年期间辣味科学研究论文数量和被引用频次等进行了可视化分析总结。

首先用 VOSviewer 软件做出辣味科学研究领域国家间合作的关系图。绘制关系图时,在 SCI 核心数据库论文的基础上,限制最大共同作者论文数上限为 25 篇,最小发文数为 40 篇,一共筛选出 46 个国家,以保证国家影响力的可靠性和合作关系的客观性。所制的图中,圆圈的大小反映该国家发表的论文数量和该国家在辣味科学研究领域的活跃程度,不同颜色代表不同的合作群组。圆圈与

圆圈之间的连线反映了国家之间在辣味科学研究领域的合作密切程度,距离越小,连线越粗,说明国家间的合作越紧密。

国家间合作的关系图见图 2。美国、中国、日本、韩国、意大利、巴西、德国和印度等国家的发文量较多,可见上述国家在辣味科学研究领域较为活跃。与此同时,各国间合作较为紧密,共同致力于辣味科学研究的发展。其中美国、日本、韩国与中国等国家间的辣味科学研究合作较为密切,具体体现在合作发文量、学者间紧密沟通交流等方面。

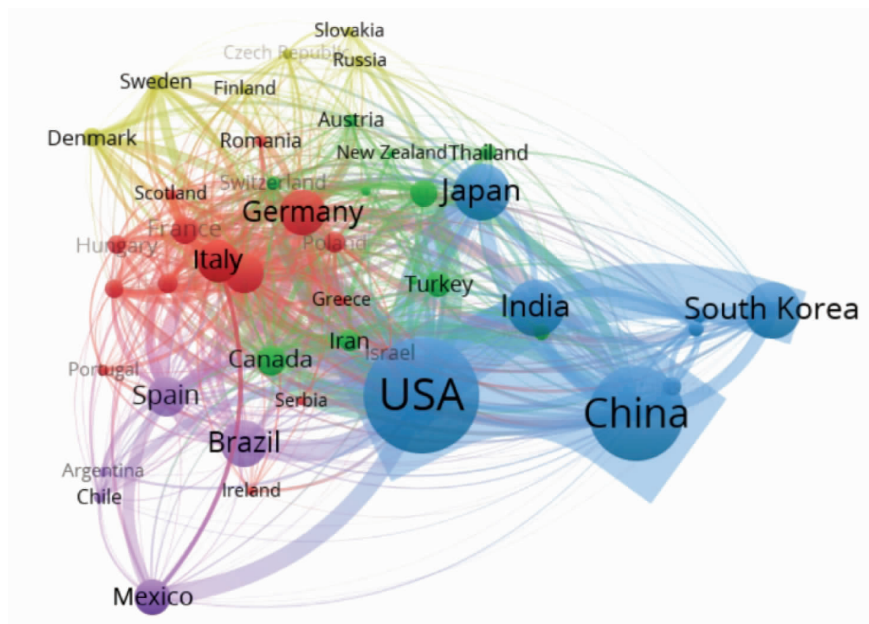


图 2 2010—2020 年期间辣味科学研究论文的国家间合作关系图

Fig.2 The plot in the cooperation between the countries in the field of pungent science between 2010 and 2020

2.3.2 作者间合作的相关性分析 绘制作者间合作关系图时,在 SCI 源核心数据库的基础上,限制最大共同作者上限为 15,最小发文数为 8 篇,一共筛选出 363 位作者,以保证作者的代表性和反映作者间联系的有效性。在该关系图中,不同圆圈颜色反映不同合作组群,图中的节点反映该作者的发文数,连线反映作者间的联系情况,其中一个节点上的连线越多,说明该作者与其他作者联系越频繁,由此还可以间接反映出作者所属国家、机构间的联系情况。由图 3 可知,日本国立自然科学学院的 Tominaga M 发文量较多,然而与其他作者间的合作较少。首尔大学的 Kang B-C 发文量较

多,且与其他作者合作较频繁,如与新墨西哥州立大学 Bosland P W,其合作撰写的文章集中于遗传学及农学方面^[27]。比利时鲁汶大学的 Nilius B 与中国陆军军医大学的 Li L 等作者均有较多的合作关系,他们的合作研究主要集中于心血管系统(高血压)领域^[28]。辣味科学研究领域的主要作者中,匈牙利佩奇大学的 Helyes Z 与 Bartho L 合作较为密切,其合作领域主要为生物化学与分子生物学^[29]。在生物化学与分子生物学领域,北京大学的 Wang J 与 Wang Y 之间也存在紧密的合作关系^[30]。

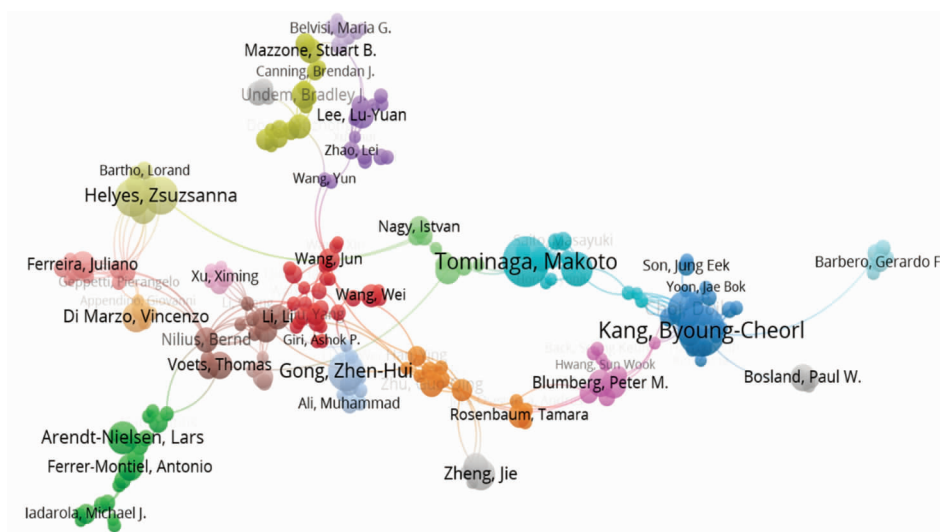


图 3 2010—2020 年辣味科学研究不同国家作者间的合作关系图

Fig.3 The plot in the cooperation between the authors of the different countries in the field of pungent science between 2010 and 2020

2.3.3 辣味科学领域期刊间相互引用情况的分析

期刊论文的发文章量是反映辣味科学研究领域活跃度的重要指标之一。通过分析 SCI 源核心期刊的发文章量和期刊间相互引用关系的程度,可以了解辣味科学研究领域的主要期刊及其相互关系。因此,本文分析了期刊间的相互引用情况,通过 VOSviewer 软件进行可视化,直观呈现期刊的影响力,为学者提供期刊参考。

绘制期刊相互引用关系图时,在 SCI 源核心数据库的基础上,限制最小发文章量为 24 篇。由图 4 可知,期刊间互相引用情况十分普遍,其中《Food Chemistry》、《Plos One》和《Pain》的发文章量最大,列

于前三(图 4)。《Food Chemistry》的论文被《Journal of the Science of Food and Agriculture》和《Journal of Chromatography A》等期刊论文引用较多。《Plos One》的论文被《European Journal of Pharmacology》等期刊论文引用。在辣味科学研究领域中,疼痛研究相关的期刊论文,不仅出现在《Pain》中,也在《Lancet Neurology》和《Mayo Clinic Proceedings》等期刊或会议论文集集中均有报道。由图 4 期刊的名字上可以看出,辣味科学研究涉及了食品科学、药理学、植物学、分析化学、分子科学、生理学和医药化学等诸多领域。

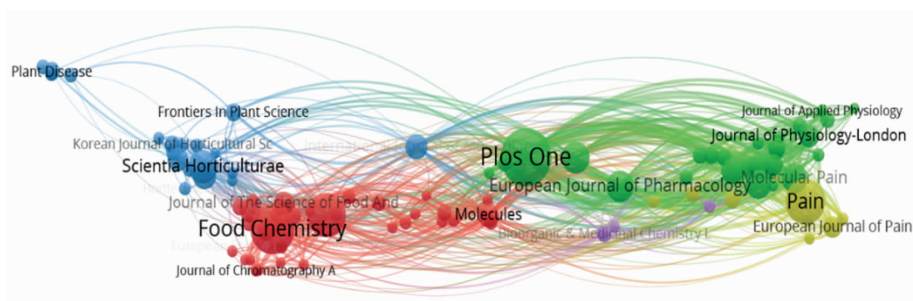


图 4 2010—2020 年期间辣味科学研究主要学术期刊相互引用的关系图

Fig.4 The mutual citation plot of the main journals in the field of pungent science between 2010 and 2020

2.3.4 学术机构间合作的相关性分析 学术机构的发文情况和合作情况，可以反映该机构在辣味科学研究领域的影响力，也反映了该学术研究的当前热点。绘制学术机构间的合作关系图时，在 SCI 源核心数据库的基础上，限制最大共同作者上限为 15 人，最小发文数为 35 篇，一共筛选出 109 个学术机构，因此所筛选的机构具有一定的

代表性。其中首尔大学发文量最大，同时与梨花女子大学等多个学术机构间有合作关系，它在辣味科学研究领域的主要研究内容为生物化学与分子生物学、药理与药学和食品科学等方面，可间接地反映当前全球辣味科学研究的热点和方向。由图 5 可知，其它学术机构间的合作也较为紧密。

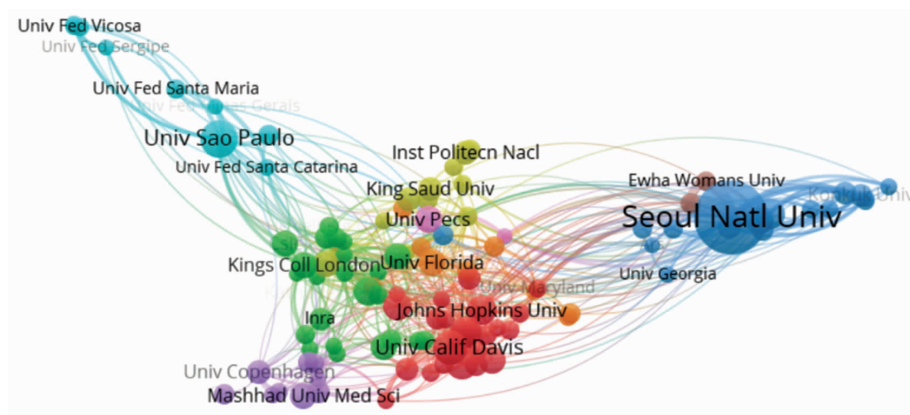


图 5 2010—2020 年期间辣味科学研究主要学术机构间的合作关系图

Fig.5 The plot in the cooperation between the main organizations in the field of pungent science between 2010 and 2020

2.4 2010—2020 年期间全球辣味科学研究热点的分析

图 6 为 2010—2020 年期间辣味科学研究在不同学科领域发文情况的可视化图。由于学科有交叉，通过比较图 1 和图 6 可知，图中各领域/方向的论文数量有交叉重叠。由图可见，辣味科学研究发文占比相对较高的领域主要为生物化学与分子生物学、药理与药理学、神经科学、植物科学、遗传学、细胞生物学、农业、生理学、行为科学、食品科技、病理学、科学技术其它主题、毒理学、化学、营养与饮食和免疫学等。

2010—2020 年期间生物化学与分子生物学和药理与药理学在所有领域中的比重均分别稳居第一与第二，是辣味科学研究领域的主要热点。神经科学的比重虽较大，但其比重先大后小，发文量有递减趋势，变化规律与细胞生物学类似。植物科学比重基本保持不变。科学技术其它主题的比重先小后大，呈缓慢递增态势。肿瘤学、解剖形态学、医学和心血管系统等多个领域的比重基本保持不变。在不考虑 2020 年数据的情况下，2013 年发文量最多，2019 年最少(图 6)。结合图 1 可以发现，2019 年的发文量比较大，2018 年和 2013 年的发

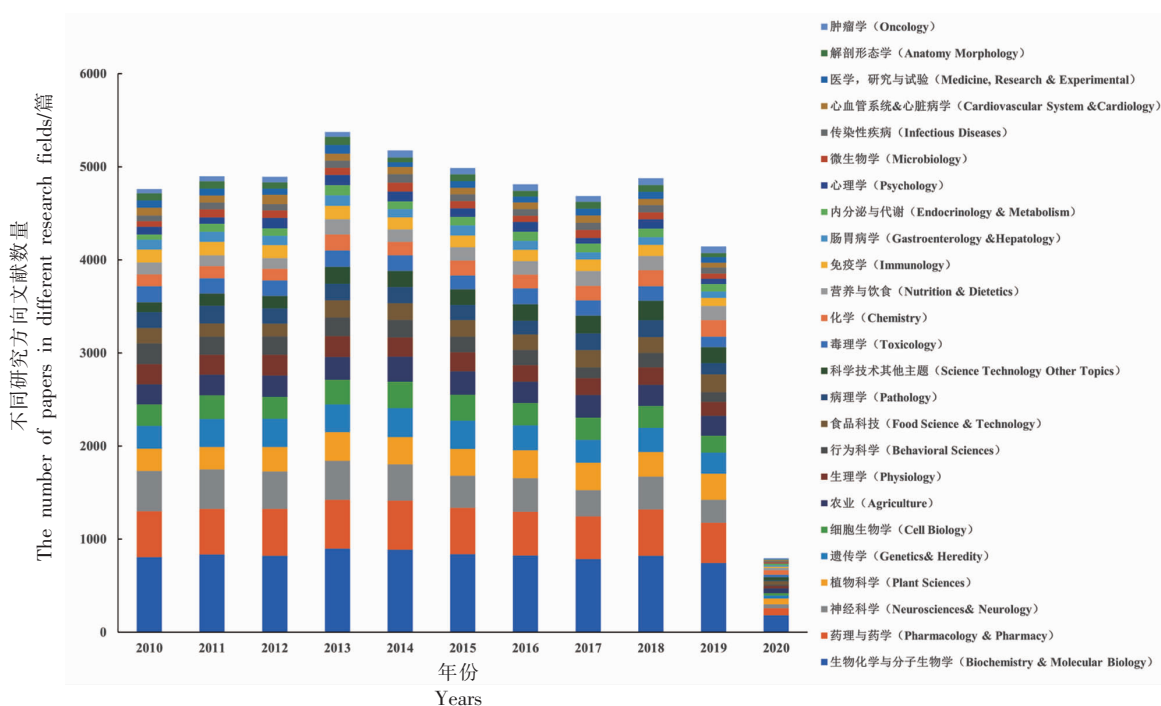


图6 2010—2020年期间辣味科学研究不同领域发文量的柱状图

Fig.6 The histogram of the number of papers in the different fields of the pungent science between 2010 and 2020

文量相当。2019年辣味科学研究的论文在各领域之间的重叠度下降较为明显。

将辣味科学研究不同领域的年发文量分别除以各领域的文献总数,得到比例趋势图(图7)。由于2020年的发文量还不明确,因此其不包含于以下讨论中。由图可知,同期不同领域相比,总体发文量占比第一和第二的领域是生物化学及分子生物学和药理与药学领域,其近年来的年发文量占比变化幅度不明显,年发文量占比大都分别维持在0.12和0.07左右。相比之下,其它学科有较大变化,比如总体发文量占比排名第三的神经科学领域的年发文量占比从0.063跌落至0.04;生理学领域年发文量占比由0.032跌落至0.024;行为科学领域的年发文量占比也由0.032跌落至0.017。虽然这些领域年发文量占比有下降的情况,但其总体发文量占比总数较大,为近十年来的研究热点。此外,植物科学、科学技术其它主题和化学领域年发文量占比则有明显提升,提升比重分别约为0.01,0.012和0.01。由此趋势看,在研究领域的演进方面,近年来,神经科学、生理学、行为科学领域虽仍是辣味科学研究的热点,但有一定

的下降趋势,而植物科学、科学技术其它主题、化学领域及其它非热点领域也有了一定的发展趋势。

2.5 2010—2020年期间全球辣味科学研究关键词的突现分析

图8为2010—2020年期间辣味科学研究关键词的突现词图谱。以下内容采用Citespace软件的突现分析功能实现,其可以提炼关键词,并通过关键词的突变情况多角度来清晰展示出学科相关主题的发展趋势。

从突现出现的年份进行分析,vanilloid receptor(香草醛受体)、gene related peptide(基因相关肽)、nociception(伤害性感受)、substance p(神经肽P物质)、hyperalgesia(痛觉过敏)、spice(辣)和neuron(神经元)等关键词方面的研究开始的较早,都在2010年甚至更早就出现了突现,这些领域的辣味研究是相对较早受到关注的主题,已有大量的文献报道了相关的研究成果。

从突现强度进行分析,vanilloid receptor(香草醛受体)以41.5699的突现强度位列第一,紧随其后的有stress(应激)、gene related peptide(基因相

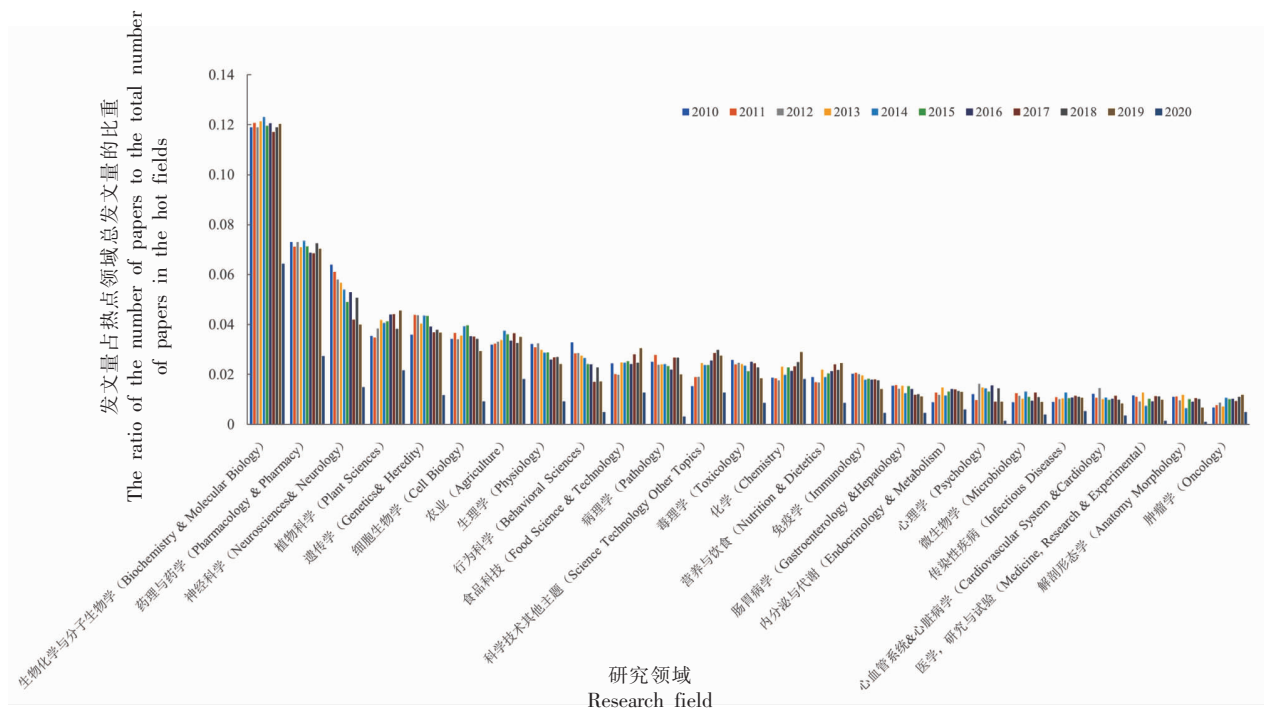


图 7 2010—2020 年期间辣味科学研究不同领域发文量占热点领域总发文量比的柱状图

Fig.7 The ratio histogram of the number of papers in the different pungent science fields to the total number of papers in the hot fields between 2010 and 2020

关肽)和 nociception(伤害性感受)等,突现强度分别为 40.5432、39.5892 和 38.6251。可以推断这些主题的研究受到广泛关注,是这十年来研究发展的重要方向,有极大的研究价值。

从突现持续时间进行分析,food(食物)以持续突现时间 6 年位列第一,紧随其后的有 nociception(伤害性感受)、substance p(神经肽 P 物质)、hyperalgesia(痛觉过敏)和 extract(提取)均保持 5 年连续突现时间。可见以上主题的研究受到较长时间的关注,是辣味科学研究的主要领域。相比于其它突现较短的研究领域,这些领域的研究可能更具有社会意义,比如辣味与痛觉相关的研究在神经科学和药理学上具有重要的临床意义。

从近年来突现情况分析,extract(提取)、stress(应激)、capsaicinoid(辣椒素类物质)和 antioxidant activity(抗氧化活性)4 个主题在近几年呈现持续突现,是当前研究的热点领域,值得关注。其中 stress(应激)有着极高的突现强度,其强度高达 40.5432,从 2017 年开始发展至今,是非常值得在当下继续展开研究的主题。

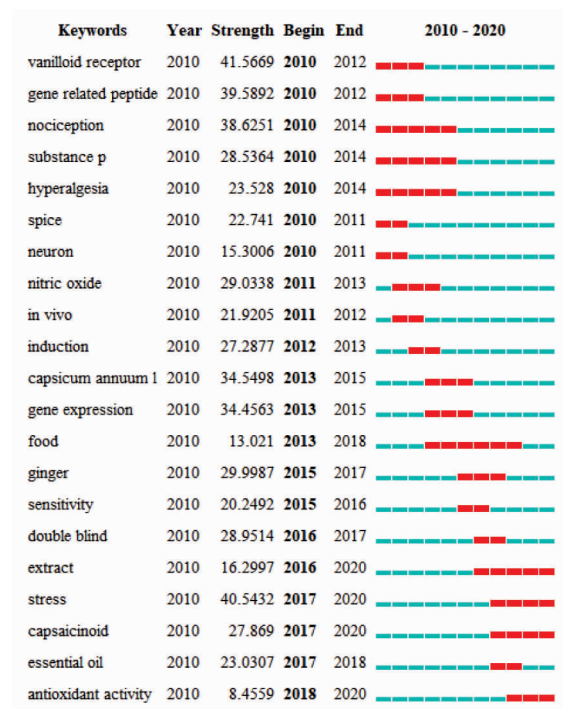


图 8 2010—2020 年期间辣味科学研究的关键词突现词图谱

Fig.8 The jump keywords map of the pungent science study between 2010 and 2020

3 结论

本文以辣味科学研究领域的文献为数据源,对2010—2020年WOS核心数据库收录的相关文献进行了计量分析。分析结果表明:全球科学家比较重视辣味科学研究领域,年发文量相对稳定,2017年后增幅较大。10年时间里,从发文量来看,表现强劲的国家主要为美国、中国、日本、韩国和印度。从发文的影响力看,美国的总被引频次和篇均引用次数最高,中国的总被引频次位居第二,而篇均引用次数有待提高。从发文量TOP20的学术机构来看,表现强劲的学术机构主要为加州大学戴维斯分校、匹兹堡大学、约翰斯·霍普金斯大学、高丽大学、庆北大学和庆熙大学等。中国科学院和中国医科大学也入围其中,其发文量增长迅速。从发表的学术期刊来看,发文量较大的期刊主要是《Plos One》、《Food Chemistry》、《Pain》、《Journal of Agricultural and Food Chemistry》和《European Journal of Pharmacology》等,说明辣味科学研究依然大量涉及食品科学、药理学等传统领域。从单篇论文引用率来看, TOP10论文中有6篇论文围绕疼痛机制与治疗有关主题,部分还涉及辣味受体等研究,且国际合作是其典型特征。从个人发文量来看,在TOP10作者中,首尔大学的Lee J发文量最大;我国科学家占了5席,对辣味科学研究领域具有较大的贡献和影响力。从研究热点分析,辣味科学研究还涉及植物科学、神经科学、毒理学和生物化学与分子生物学等,其中生物化学与分子生物学、药理学和神经科学是近年来的主要研究热点,而且交叉学科是研究的主流趋势。结合关键词突现分析, vanilloid receptor(香草醛受体)、stress(应激)、gene related peptide(基因相关肽)和 nociception(伤害性感受)等关键词突跃强度最强; food(食物)、nociception(伤害性感受)、substance p(神经肽P物质)和 hyperalgesia(痛觉过敏)等关键词持续突跃时间最长; extract(提取)、stress(应激)、capsaicinoid(辣椒素类物质)和 antioxidant activity(抗氧化活性)等为近年来的突跃关键词。此外,通过对主要的国家、学术机构和作者间合作情况进行了相关性分析,发现合作研究是辣味科学研究中的主要特征,主要涉及遗传与遗传学、农学、心血管疾病领域、生理学领域和生

物化学与分子生物学领域的研究。

通过本文的计量分析及其可视化研究,我国在保持发文数量的情况下应更注重原创研究来引领全球辣味科学研究的前沿,除了侧重食品科学等传统领域的研究外,更应推动交叉学科研究的发展,加强国际合作以提高研究成果的影响力,多维度地解决辣味科学研究领域的众多共性科学问题。本研究有助于了解辣味科学研究的现状和未来发展趋势,帮助学者跟踪领域动态,聚焦研究热点,也对食品、医药和植物学等领域的深入研究具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- [1] YANG F, ZHENG J. Understand spiciness: Mechanism of TRPV1 channel activation by capsaicin[J]. *Protein Cell*, 2017, 8(3): 169-177.
- [2] XU S C, ZHANG L, CHENG X, et al. Capsaicin inhibits the metastasis of human papillary thyroid carcinoma BCPAP cells through the modulation of the TRPV1 channel[J]. *Food Funct*, 2018, 9(1): 344-354.
- [3] MAIHOFNER C, HESKAMP M L. Prospective, non-interventional study on the tolerability and analgesic effectiveness over 12 weeks after a single application of capsaicin 8% cutaneous patch in 1044 patients with peripheral neuropathic pain: First results of the QUEPP study[J]. *Curr Med Res Opin*, 2013, 29(6): 673-683.
- [4] WESTERTERP -PLANTENGA M, SMEETS A, LEJEUNE M P G. Sensory and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake[J]. *Int J Obesity*, 2005, 29(6): 682-688.
- [5] MONAGO -MARAÑA O, GUZMÁN -BECERRA M, DE LA PEÑA A M, et al. Determination of pungency in spicy food by means of excitation-emission fluorescence coupled with second-order chemometric calibration[J]. *J Food Compos Anal*, 2018, 67: 10-18.
- [6] SWEAT K G, BROATCH J, BORROR C, et al. Variability in capsaicinoid content and Scoville heat ratings of commercially grown Jalapeño, Habanero and Bhut Jolokia peppers[J]. *Food Chem*, 2016, 210: 606-612.

- [7] KAWASAKI H, SEKIZAKI Y, HIROTA M, et al. Analysis of binary taste-taste interactions of MSG, lactic acid, and NaCl by temporal dominance of sensations[J]. *Food Qual Prefer*, 2016, 52: 1-10.
- [8] CALIXTO J B, KASSUYA C A, ANDRÉ E, et al. Contribution of natural products to the discovery of the transient receptor potential (TRP) channels family and their functions[J]. *Pharmacol Ther*, 2005, 106: 179-208.
- [9] YANG F, XIAO X, CHENG W, et al. Structural mechanism underlying capsaicin binding and activation of the TRPV1 ion channel[J]. *Nat Chem Biol*, 2015, 11(7): 518-524.
- [10] YANG F, XIAO X, LEE B H, et al. The conformational wave in capsaicin activation of transient receptor potential vanilloid 1 ion channel[J]. *Nature Commun*, 2018, 9: 2879.
- [11] CHEN K, FENG L, FENG S, et al. Multiple quantitative structure-pungency correlations of capsaicinoids[J]. *Food Chem*, 2019, 283: 611-620.
- [12] CHEN K, QIAN Y, GE Z, et al. Molecular basis and potential applications of capsaicinoids and capsinoids against the elongation of etiolated wheat (*Triticum aestivum* L.) coleoptiles in foods [J]. *Food Chem*, 2019, 301: 125229.
- [13] 毛太田, 何玉花, 李勇, 等. 基于文献计量的食品安全溯源研究热点与趋势分析[J]. *科技情报研究*, 2020, 2(3): 48-59.
- MAO T T, HE Y H, LI Y, et al. Research hotspots and trend analysis of food safety traceability based on bibliometrics[J]. *Sci Inf Res*, 2020, 2(3): 48-59.
- [14] 王利红, 蔡玮玮, 张笑, 等. 食品废物的研究回顾与展望——基于 Web of Science 数据库的文献计量分析[J]. *环境科学与技术*, 2013, 36(8): 49-53.
- WANG L H, CAI W W, ZHANG X, et al. Review and prospect of food waste research——A bibliometric analysis based on Web of Science database[J]. *Environ Sci Technol*, 2013, 36(8): 49-53.
- [15] 刘彬, 陈柳. 食品科学高被引论文计量分析[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(5): 308-318.
- LIU B, CHEN L. A bibliometric study on highly cited papers of food science [J]. *J Chin Institute Food Sci Technol*, 2020, 20(5): 308-318.
- [16] 王晶. 基于文献计量分析的我国食品安全认知研究现状与发展趋势[J]. *北京财贸职业学院学报*, 2018, 34(4): 30-35.
- WANG J. The research status and development trend of food safety cognition in China based on the bibliometric analysis[J]. *J Beijing Coll Finance Commerce*, 2018, 34(4): 30-35.
- [17] 郑江平, 程焕, 傅天珍, 等. 从文献计量看中外食品科学研究[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(11): 253-267.
- ZHENG J P, CHENG H, FU T Z, et al. Food science research at home and abroad from the perspective of Bibliometrics[J]. *J Chin Institute Food Sci Technol*, 2018, 18(11): 253-267.
- [18] 费文婷, 王林元, 王淳, 等. 基于 Web of Science 的外来药物辣木叶文献计量可视化[J]. *世界中医药*, 2019, 14(1): 96-103.
- FEI W T, WANG L Y, WANG C, et al. Bibliometric and visual analysis of overseas medicine *Moringa Oleifera* leaves based on Web of Science[J]. *World Chin Med*, 2019, 14(1): 96-103.
- [19] 胡远妹, 周俊, 刘海龙, 等. 基于 Web of Science 对土壤重金属污染修复研究的计量分析[J]. *土壤学报*, 2018, 55(3): 707-720.
- HU Y M, ZHOU J, LIU H L, et al. Bibliometric analysis of studies on remediation of heavy metals contaminated soils based on Web of Science[J]. *Acta Pedologica Sinica*. 2018, 55(3): 707-720.
- [20] 吴寿鹏, 朱乐亭, 赵志刚, 等. 基于 Web of Science 的代谢组学文献计量分析[J]. *药物流行病学杂志*, 2017, 26(9): 647-652.
- WU S P, ZHU L T, ZHAO Z G, et al. Bibliometric analysis of metabolomics/metabonomics literature based on Web of Science database[J]. *Chin J Pharmacoepidemiol*, 2017, 26(9): 647-652.
- [21] ECK N J V, WALTMAN L. Citation-based clustering of publications using CitNet Explorer and VOSviewer[J]. *Scientometrics*, 2017, 111(2): 1053-1070.
- [22] HOCHBERG M C, ALTMAN R D, APRIL K T, et al. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee[J]. *Arthritis Care Res*, 2012, 64(4): 465-474.
- [23] FINNERUP N B, ATTAL N, HAROUTOUNIAN S, et al. Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: A systematic review and meta-analysis [J].

- Lancet Neurol, 2015, 14(2): 162–173.
- [24] ATTAL N, CRUCCU G, BARON R, et al. EFNS guidelines on pharmacological treatment of neuropathic pain[J]. Eur J Neurol, 2010, 17(9): 1113–1169.
- [25] DWORKIN R H, O'CONNOR A B, AUDETTE J, et al. Recommendations for the pharmacological management of neuropathic pain: An overview and literature update[J]. Mayo Clin Proc, 2010, 85(3): S3–S14.
- [26] JULIUS D. TRP Channels and Pain[J]. Annu Rev Cell Dev Biol, 2014, 29: 355–384.
- [27] BARCHENGER D W, SAID J I, ZHANG Y, et al. Genome-wide identification of chile pepper pentapeptide repeat domains provides insight into fertility restoration[J]. J Am Soc Hortic Sci, 2018, 6(143): 418–429.
- [28] LI L, FEI W, XING W, et al. Transient receptor potential vanilloid 1 activation by dietary capsaicin promotes urinary sodium excretion by inhibiting epithelial sodium channel α subunit-Mediated sodium reabsorption[J]. Hypertension, 2014, 64: 397–404.
- [29] HORVÁTH G, KEMÉNY Á, BARTHÓ L, et al. Effects of some natural carotenoids on TRPA1- and TRPV1-induced neurogenic inflammatory processes *in vivo* in the mouse skin[J]. J Mol Neurosci, 2015, 1(56): 21–113.
- [30] HU F, LIU H, SU D, et al. Transient receptor potential vanilloid 1 activation by dietary capsaicin promotes urinary sodium excretion by inhibiting epithelial sodium channel alpha subunit-mediated sodium reabsorption[J]. FASEB J, 2019, 1(33): 668–682.

Bibliometric Analysis of the Pungent Scientific Research from China and Foreign Countries

He Yuyu¹, Zeng Ziyi¹, Wang Hui¹, Chen Kexian^{2*}

¹School of Statistics and Mathematics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018

²School of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018

Abstract Capsicum plants such as chili peppers not only have unique pungent flavor, but also have many pharmacological effects owing to their components such as capsaicinoids. In order to know the correct research progress and the main academic context in the field of pungent science, a total number of 13 389 papers from the Web of Science core databases were conducted as the data sources to analyze the global research on the pungent science from 2010 to 2020 by using the statistical analysis tools like VOSviewer software, CiteSpace software, MATLAB software and Origin software, with the help of bibliometrics methods, where the factors like the number of research papers, the influence of countries/ journals/ academic institutions/ authors, and the research hotspots were considered. The results showed that the pungent science study not only involves the traditional fields such as food science and pharmacology, but also includes the fields like plant science, neuroscience, toxicology, biochemistry and molecular biology, among which biochemistry and molecular biology, pharmacology and neuroscience are the main research hotspots in recent ten years. The United States has the largest number of papers published in the concerned field, followed by China and Japan. The annual number of papers published by Chinese scientists has increased rapidly, the proportion of Chinese scientists in the top 20 scientists in the field is quite high, and the overall H index of papers published by Chinese scientists is large, but the number of citations per paper is some what lower than that of some countries like United States and Germany. The cooperation between academic institutions or scientists in different countries has become a norm, which mainly include the above-mentioned hot fields. In addition, the keywords with the strongest jump intensity and the longest jump duration were explored through related analysis, along with the main jump keywords in recent years. This paper would guide the scholars in the fields of food science, chemistry, pharmacology and molecular biology to fast grasp the research direction, development trend and hot spots of pungent science study, and also provide the theoretical basis for the strategic decision of the pungent industry.

Keywords life science; pungency; capsaicin; bibliometrics; science citation index