DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251123001
引用格式: 秦媛媛, 张波, MORATA Antonio, 等. 低(脱)醇葡萄酒研究现状与发展趋势分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(7): 315–324.
QIN YY, ZHANG B, MORATA A, *et al*. Analysis of research status and development trends of low-alcohol and dealcoholized wines [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(7): 315–324. (in Chinese with English abstract).

低(脱)醇葡萄酒研究现状与发展趋势分析

秦媛媛[1], 张　波[1,2], MORATA Antonio[3], 马腾臻[1,2*]

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 兰州　730070; 2. 甘肃省葡萄酒产业技术研发中心, 兰州　730070; 3. 马德里理工大学高等农业工程技术学院, 马德里　28040)

摘　要: 目的　系统梳理低(脱)醇葡萄酒领域的研究现状、技术演进与发展趋势。**方法**　采用文献计量学方法, 对 1980—2025 年间中国知网和 Web of Science 核心合集数据库中的相关文献进行统计分析, 从发文量、国家/机构合作、研究热点等维度开展可视化研究, 并综述减压蒸馏法、旋转锥柱法、反渗透膜法、真空蒸馏法等主流脱醇技术的原理、特点及应用现状。**结果**　低(脱)醇葡萄酒领域发文量近年来呈显著增长趋势, 美国、西班牙为核心发文国家, 国际合作紧密, 最高科学研究委员会、网络生物医学研究中心、加州大学等为核心研究机构; 当前研究热点集中在酿造工艺与参数优化、风味品质与稳定性提升等方面, 传统热处理与新型膜技术脱醇各有优劣, 均难以兼顾乙醇脱除与香气保留的双重目标。**结论**　低(脱)醇葡萄酒契合健康消费趋势, 未来需围绕脱醇技术优化、风味品质调控、产品稳定性提升等方向开展研究, 本研究结果可为低(脱)醇葡萄酒产业高质量发展提供理论依据和技术支持。

关键词: 低醇葡萄酒; 脱醇葡萄酒; 脱醇技术; 文献计量

Analysis of research status and development trends of low-alcohol and dealcoholized wines

QIN Yuan-Yuan[1], ZHANG Bo[1,2], MORATA Antonio[3], MA Teng-Zhen[1,2*]

(1. *College of Food Science and Engineering*, *Gansu Agricultural University*, *Lanzhou* 730070, *China*; 2. *Research and Development Center of Wine Industry in Gansu Province*, *Lanzhou* 730070, *China*; 3. *Higher Technical School of Agricultural Engineering*, *Technical University of Madrid*, *Madrid* 28040, *Spain*)

ABSTRACT: Objective　To systematically sort out the research status, technological evolution and development trends in the field of low-alcohol and dealcoholized wines. **Methods**　Using bibliometric methods, a statistical analysis was conducted on relevant literature in the core collection databases of China national knowledge infrastructure and Web of Science from 1980 to 2025. Visual research was carried out from the dimensions of publication volume, national/institutional cooperation and research hotspots, and the principles, characteristics and

收稿日期: 2025-11-23
基金项目: 甘肃省高校教师创新基金项目(2024-A-055); 省级大学生创新训练计划项目(S202510733021, S202410733011); 甘肃省高校产业支撑计划项目(2026CYZC-040)
第一作者: 秦媛媛(2004—), 女, 主要研究方向为葡萄酒化学。E-mail: 776835658@qq.com
***通信作者:** 马腾臻(1989—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为葡萄酒、果酒风味化学。E-mail: matz@gsau.edu.cn

application status of mainstream dealcoholization technologies such as reduced pressure distillation, spinning cone column, reverse osmosis and vacuum distillation were reviewed. **Results** The number of publications in the field of low-alcohol and dealcoholized wines had shown a significant growth trend in recent years. The United States and Spain were the core publishing countries with close international cooperation, and institutions such as the Spanish National Research Council, the Center for Biomedical Research in Red and the University of California were the core research institutions. Current research hotspots focused on brewing technology and parameter optimization, flavor quality and stability improvement, *etc*. Both traditional thermal treatment and new membrane technology dealcoholization had their own advantages and disadvantages, and it was difficult to balance the dual goals of ethanol removal and aroma retention. **Conclusion** Low-alcohol and dealcoholized wines are in line with the health consumption trend. In the future, research should be carried out around dealcoholization technology optimization, flavor quality regulation, product stability improvement and other directions. The results of this study can provide theoretical basis and technical support for the high-quality development of the low-alcohol and dealcoholized wine industry.

KEY WORDS: low-alcohol wine; dealcoholized wine; dealcoholizing techniques; bibliometrics

0 引 言

低(脱)醇葡萄酒是指以新鲜葡萄或葡萄汁为原料，经全部或部分发酵后，通过特殊工艺处理，脱去部分或全部酒精而制成的葡萄酒。根据酒精度的不同，可将其分为低醇葡萄酒(酒精度 1.0%vo1~7.0%vol)和脱醇葡萄酒(酒精度 0.5%vo1~1.0%vol)[1−3]。这类产品在保留葡萄酒独特风味和营养成分的基础上，具有较低的酒精体积分数，更适合对酒精摄入量有限制的消费群体，同时也吸引了众多追求健康生活方式的消费人群[1−3]。

低(脱)醇葡萄酒的生产工艺包括提前采摘以控制原料含糖量、葡萄糖酶转化、提前终止发酵以及发酵结束后去除酒精等方法[2−5]。然而，在实际生产过程中，很难获得含糖量低、香气浓郁、口感协调的葡萄酒产品。此外，限制发酵或乙醇脱除也会影响葡萄酒的理化成分、酚类物质和挥发性香气物质，使得处理酒样呈现出与原酒样不同的香气和风格特征[4−6]，进而影响产品的感官品质和消费者的接受度[4]。这些关键技术瓶颈限制了低(脱)醇葡萄酒的高质量发展。

文献计量学是一门将文献数据与统计分析相结合的学科，其客观性和系统性等特点使其能够直观展现某领域的研究进展，构建关系图谱，总结演变规律，锁定研究热点，并预测未来发展趋势[7−9]。为此，本文以中国知网(China national knowledge infrastructure, CNKI)和科学引文索引数据库(Web of Science, WOS)核心合集数据库为主要数据集来源，运用文献计量学方法，系统分析了低(脱)醇葡萄酒相关研究的发文量、发文国家分布、机构、和关键词、、等信息。通过捕捉关键技术创新节点，量化评估主要科研机构的区域分布格局，并借助 Citespace 6.3.R1 和 VOSviewer 1.6.20 软件对所筛选的数据进行可视化分析。

此外，在对关键词进行深入发掘与分析的基础上，梳理和总结了减压蒸馏法、旋转锥柱法、反渗透法和真空蒸馏法等主流脱醇技术的原理、特点及应用现状，以及脱醇及限制发酵处理对低(脱)葡萄酒风味品质的影响，以期为低(脱)醇葡萄酒的生产实践与科学研究提供理论依据和技术支持。

1 数据来源与工具

本研究数据来源于 CNKI 和 WOS 核心合集数据库。具体检索过程如下：在 WOS 数据库中，选择时间跨度为所有年份，利用高级检索功能，输入检索式[ALL=(Dealcoholized Wine) OR ALL=(Low alcohol wines) OR ALL=(Non-alcoholic wine)]进行检索，共获得 3777 篇外文文献；在 CNKI 数据库中，以“低醇葡萄酒”和“脱醇葡萄酒”为主题词进行检索，共获得 95 篇相关中文文献。在数据筛选阶段，通过人工对比标题、作者、DOI 三重信息，剔除跨库重复文献，原始样本中包含会议摘要、专利、学位论文等非正式科研成果。

采用 Citespace 6.3.R1 和 VOSviewer 1.6.20 可视化处理软件分别对 WOS 数据库和 CNKI 数据进行可视化处理，使用 Excel 2021 对所得数据进行合并、统计、分析，并绘制相关图表。通过对文献的出版年份、国家、机构、作者、期刊和关键词等信息进行系统分析，深入探讨低(脱)醇葡萄酒研究的发展历程与趋势。然而，由于同一篇文献的作者可能来自不同国家，文献会被重复计入不同国家的数据中，这在一定程度上可能导致数据重合[10]。

2 基于文献计量的低(脱)醇葡萄酒研究发展趋势分析

2.1 年度发文分布分析

国内外低(脱)醇葡萄酒领域的年度发文分布如图 1 所

示。以 1980—2025 年为时间跨度，以每 5 年为一个时间段，将数据划分为 9 个阶段进行分析。结果表明，国外相关研究自 1980 年起陆续有文献报道，而国内研究则始于 1987 年。2001 年后，该领域文献发表量呈现显著上升趋势，特别是在 2008—2022 年期间，发文量的增长速度明显快于 1992—2007 年这一阶段。这一增长趋势表明，在社会需求、科技进步和社会发展的共同推动下，低(脱)醇葡萄酒领域的科研成果持续涌现，研究热度显著提升。

为进一步分析该领域的发展趋势，作者采用指数函数对相关主题文献的未来发表数量进行了预测。预测结果显示，文献发表数量预计将继续保持增长趋势，并有望达到新的峰值。这一结果不仅印证了低(脱)醇葡萄酒领域研究的持续发展潜力，也反映了其广阔的市场前景和研究价值。

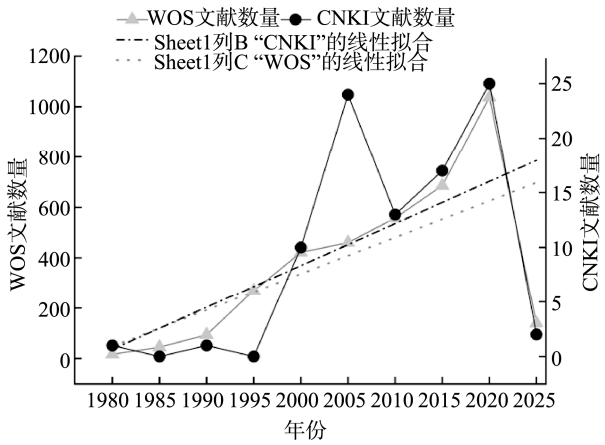


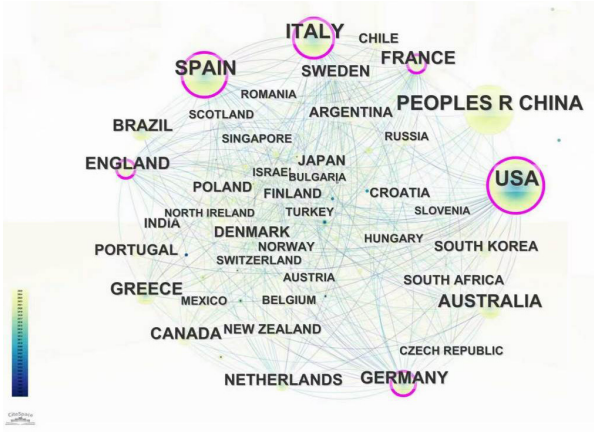
图 1　WOS 和 CNKI 年均发文量

Fig.1　Average annual publication volume of WOS and CNKI

2.2　地区分布分析

在 Citespace 6.3.R1 软件中，将 NodeTypes 设置为“Country”，对检索到的相关文献进行共现分析，结果如图 2 所示。在图谱中，节点的年轮环厚度与相应时间分区内的引文数量成正比，节点的大小反映了其在整体时间跨度内的被引用次数，节点间连线表示两者存在共同被引关系，节点及连线的颜色对应被引年份，连线的长短和粗细则反映了两者之间连结的强度，图谱中两个国家或机构节点间的连线表示它们共同出现在同一篇文献中，即视为存在合作关系[10]。

分析结果显示，共有 102 个国家(地区)发表了相关文献。从发文量来看，美国以 557 篇位居首位，其次是西班牙(506 篇)、意大利(410 篇)、澳大利亚(227 篇)、法国(219 篇)、德国(177 篇)、英国(160 篇)、希腊(152 篇)、巴西(125 篇)和加拿大(121 篇)。通过国家共现图不难看出，以美国为中心的合作网络具有很强的连接性。西班牙作为旧世界葡萄酒产区，其发文量位居世界第二，且西班牙、意大利、法国、美国、德国等国家之间的合作较为密切，其中美国节点的中心性最高(0.15)，意大利次之(0.14)，表明大多数国家与他们存在直接或间接的合作关系。相比之下，中国的中心性仅为 0.07，表明其在低(脱)醇葡萄酒领域的国际合作关系相对较弱。



注：左侧色条自下而上为 1995—2025 年时间刻度。图 3~4 同。

图 2　WOS 核心数据库主要国家及合作网络

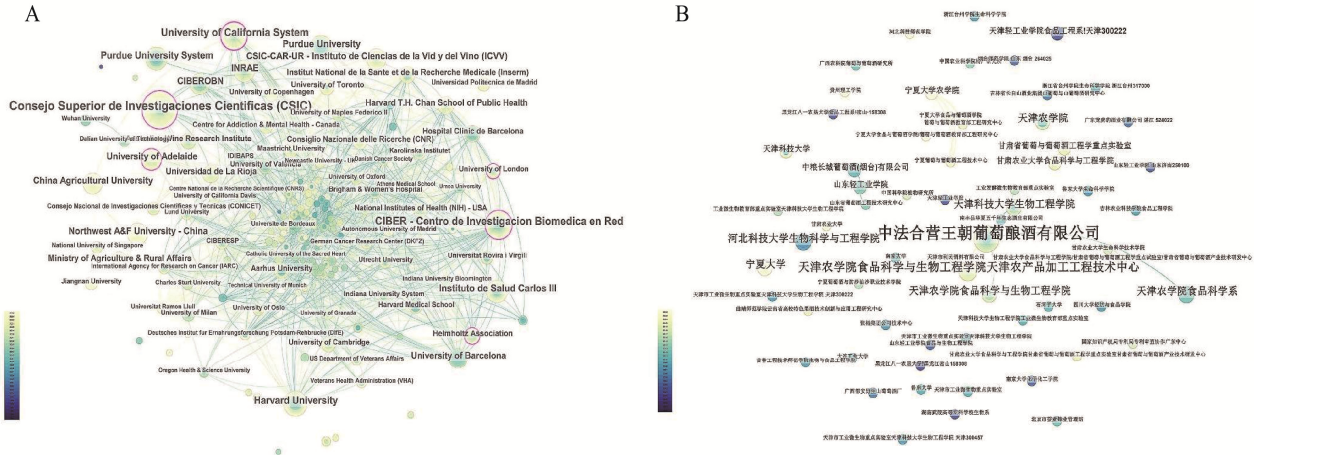
Fig.2　Main research countries and cooperation networks from WOS

2.3　研究机构分析

通过 Citespace 6.3.R1 分别对英文和中文文献的发文机构进行可视化分析。在分析中，将 NodeTypes 设置为“Institution”。对于 WOS 数据库，将聚类阈值(*K*)设置为 10，共现图中包含 224 个网络节点和 806 条连线，网络结构密度 0.0323，生成了 WOS 机构共现图(图 3A)。对于 CNKI 数据库，选择显示所有节点，共纳入 64 个网络节点和 18 条连线，网络结构密度为 0.0089，生成 CNKI 机构共现图(图 3B)。

结果显示，全世界共有 211 所机构参与了低(脱)醇葡萄酒领域的研究。如图 3A 所示，1994—2025 年间，WOS 数据库中最高科学研究委员会(西班牙)、网络生物医学研究中心(西班牙)、加州大学系统(美国)、哈佛大学(美国)、卡洛斯三世卫生学院(西班牙)、普渡大学(美国)等机构的出现频次较高，其中心度分别为 0.35、0.13、0.12 和 0.12。从发文量来看，最高科学研究委员会以 109 篇位居首位，其次是网络生物医学研究中心(60 篇)、加州大学系统(59 篇)和哈佛大学(44 篇)(表 1)。通过图 3 中的节点间连线分析可得，机构之间的合作非常紧密，尤其是相同地域的机构，其中最高科学研究委员会和网络生物医学研究中心的合作网络主要集中在 2010—2024 年。

与 WOS 数据库相比，CNKI 数据库中各主要机构的中心度差异较大，主要以天津农学院为合作网络中心，其中心度为 0.01，发文数量为 8 篇。此外，WOS 数据库中企业与科研院所之间的合作较为紧密，而 CNKI 数据库中的合作网络相对较弱，大多呈现独立分布。



注: A. WOS 数据库; B. CNKI 数据库。下同。

图 3 低(脱)醇葡萄酒研究主要发表机构及合作网络

Fig.3 Major research institutions and cooperation networks of low-alcohol and dealcoholized wines

表 1 主要机构发表文献量

Table 1 Number of publications by major institutions

编号	主要机构	所属国家	出版数
1	最高科学研究委员会	西班牙	109
2	网络生物医学研究中心	西班牙	60
3	加州大学系统	美国	59
4	哈佛大学	美国	44
5	卡洛斯三世卫生学院	西班牙	38
6	普渡大学	美国	36
7	法国国家农业食品与环境研究院	法国	35
8	西北农林科技大学	中国	32

2.4 作者分析

作者共现图能够反映该领域的核心作者及其合作网络关系。利用 Citespace 6.3.R1 对 WOS 和 CNKI 数据库分别进行可视化分析，设置 NodeTypes 为“Author”。对于 WOS 数据库，将聚类阈值(*K*)设置为 2，共现图中包含 183 个网络节点和 1050 条连线，生成 WOS 作者共现图(图 4A)；对于 CNKI 数据库，选择显示所有节点，共纳入 168 个网络节点和 343 条连线，生成了 CNKI 作者共现图(图 4B)。

在 WOS 数据库中，Koutinas. AA、Kanellaki. M、Estruch. Ramon、Gronbzek. M 和 Andres-acueva. Cristina 等作者作为中心点呈簇状分布，形成了 9 个协作集群,且合作关联紧密。在 CNKI 数据库中，崔艳、吕文、党国芳和韩舜愈等作者构成了主要网络中心，且在外部呈聚集分布，表明合作关系密切。

由图 5 可知, WOS 数据库中 Koutinas, Athanasios 在低(脱)醇葡萄酒领域的发文量最多，达 35 篇，其次是 Estruch,Ramon (28 篇)、Duan, Changqing (26 篇)、Mukamal, Kenneth (26 篇)和 Kourkoutas, Yiannis (22 篇)。在 CNKI 数据库中，崔艳与吕文以 9 篇的发文量并居首位。

2.5 期刊分析

通过对 WOS 和 CNKI 数据库的发文出版物进行分析，可以了解低(脱)醇葡萄酒研究领域的学术期刊分布情况，并详细展示主要期刊的论文发表数量。根据图 6 可知，在 WOS 数据库中，相关领域文献发表数量排名前 5 的期刊分别为《Food Chemistry》《Foods》《Nutrients》《Fermentation》和《Food Research International》，其主办国为瑞士、美国、荷兰等。在这些期刊中，《Food Chemistry》以 82 篇的发文量位居首位。在 CNKI 数据库中，发文量排名前 4 的期刊分别为《酿酒科技》(11 篇)、《酿酒》(8 篇)、《中外葡萄与葡萄酒》(8 篇)和《中国酿造》(7 篇)。从学科分布来看，相关研究主要涉及轻工业与手工业、化学工业和医学等领域，

反映了低(脱)醇葡萄酒研究的多学科交叉特点。

2.6　关键词分析

关键词是对文章核心的高度概括与凝练，其分析结果能够在一定程度上反映该领域的研究热点。本研究借助 VOSviewer 1.6.20 软件对 3777 篇 WOS 数据库论文和 95 篇 CNKI 数据库论文中的关键词进行可视化聚类分析，结果分别如图 7A 和图 7B 所示。

在英文关键词的可视化分析中，设置分析类型为共同出现(co-occurrence)，分析单位为所有关键词(all keywords)，计术方法为全计数(full counting)，最小出现频率为 5，最大连线数为 1100。经筛选后，WOS 数据库共提取 2013 个关键词，CNKI 数据库共提取 139 个关键词。关键词共现图谱中，节点大小表示关键词的出现频次，连线表示共现关系，颜色对应年份。

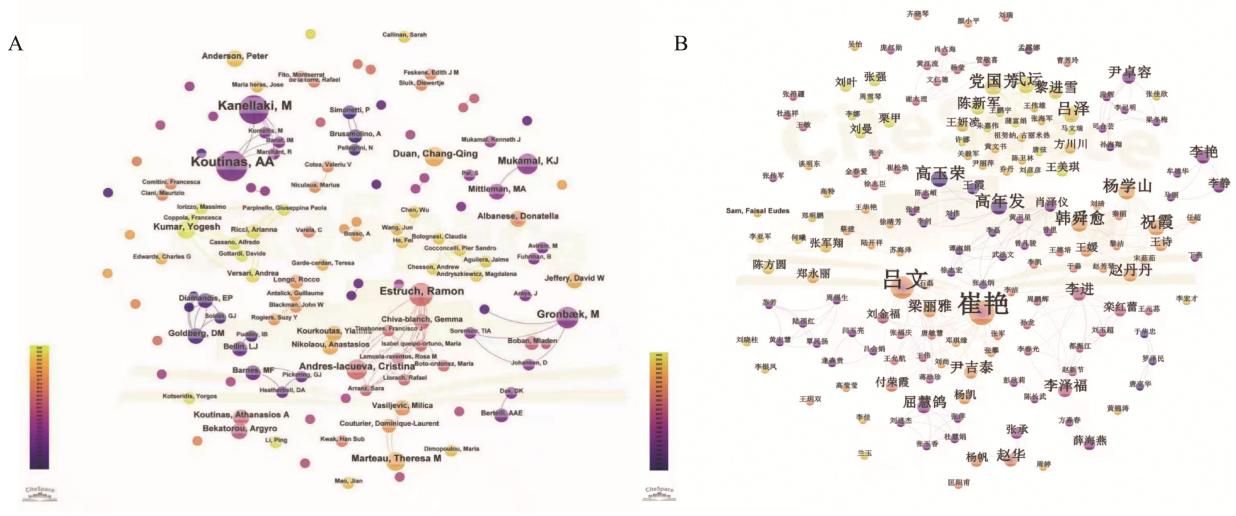


图 4　数据库文献作者合作关系共现图

Fig.4　Co-occurrence diagrams of author partnership in the database

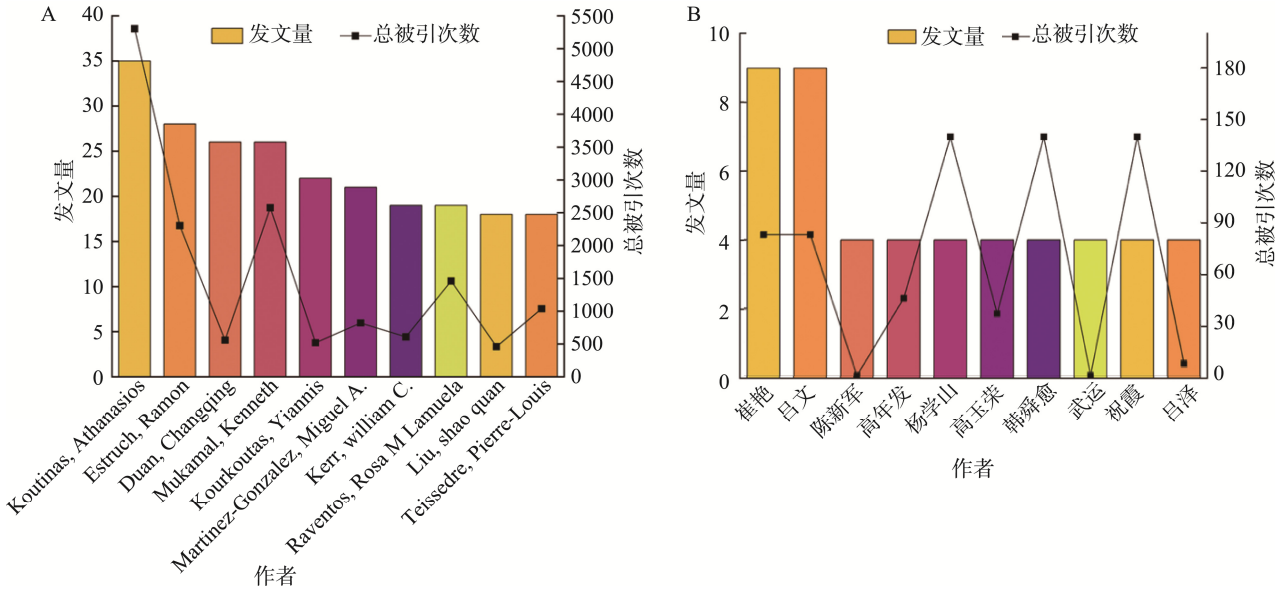


图 5　低(脱)醇葡萄酒相关文献前 10 位作者发文量及总被引次数

Fig.5　Number of papers published and total citations of top 10 authors of low-alcohol and dealcoholized wines

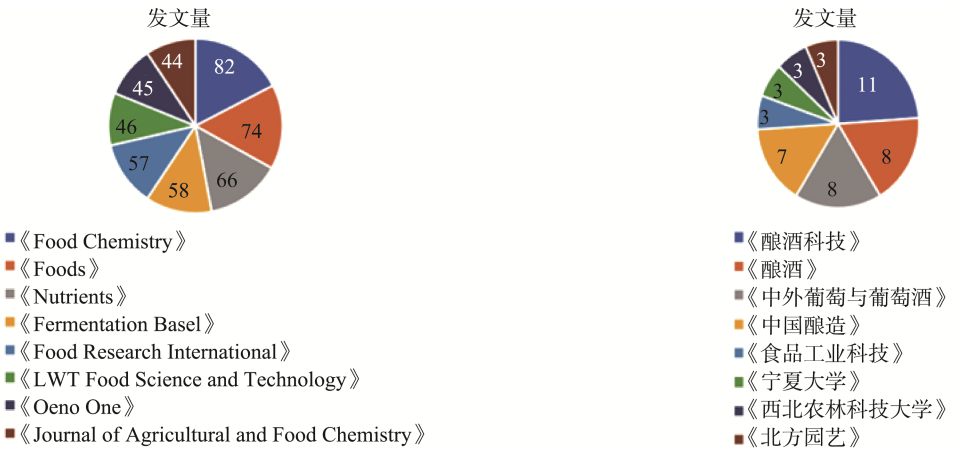


图 6 数据库高文献产出量的中英文期刊及发文量

Fig.6 Chinese and English Journals with high literature output in the database and their publication volume

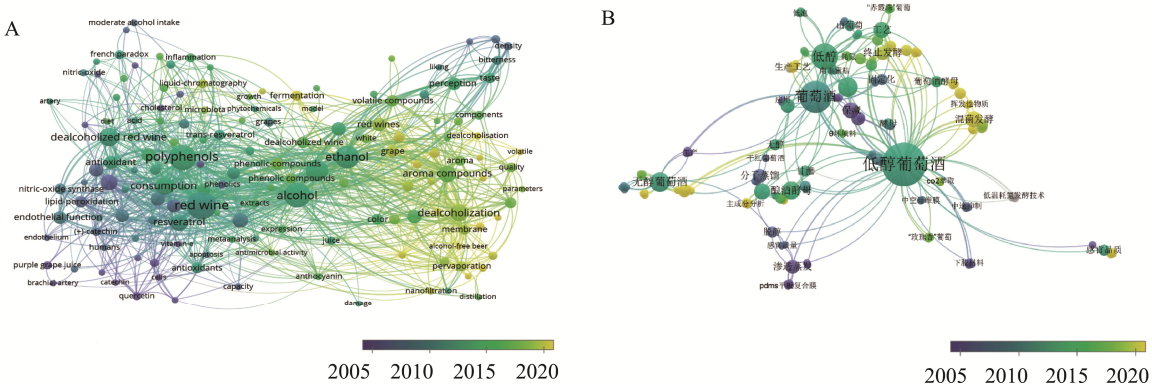


图 7 数据库关键词共现及聚类分析

Fig.7 Keyword co-occurrence and cluster analysis of the database

除无醇葡萄酒、dealcoholized wine、葡萄、葡萄酒和 low alcohol wines 等搜索关键词外，历年来出现频率较高的关键词还包括 polyphenols、ethanol、liquid-chromatography、分子蒸馏(molecular distillation)、气相色谱-质谱仪(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)、冷冻浓缩和香气成分等。

3 研究热点分析

通过对低(脱)醇葡萄酒相关文献进行计量学分析，结合关键词共现图谱，发现该领域当前研究主要包括：(1)葡萄酒脱醇工艺与参数优化；(2)脱醇处理对葡萄酒风味品质的影响；(3)脱醇处理对葡萄酒理化成分与稳定性的影响。下文将对以上热点内容进行具体分析。

3.1 葡萄酒脱醇工艺与参数优化

低(脱)醇葡萄酒的工业化生产工艺包括热处理、膜分离、吸附与限制发酵，但任何单一技术均无法同时满足“乙醇精准脱除”与“香气零损失”的双重目标。这也是关键词共现网络中“aroma loss、polyphenol loss、scale-up”等长期高频出现的主要原因[11−14]。传统热处理脱醇法(蒸馏、分子蒸馏、旋转锥柱等)具有处理速度快、连续化程度高等优点，却易造成萜烯、酯类等关键香气组分的大量散失，导致风味减弱。反渗透膜法(reverse osmosis, RO)可在 20~30 °C 下实现乙醇和水的分离，香气保留率较传统热处理脱醇法更高，但浓差极化导致多酚、多糖被截留，使酒体较瘦弱。超临界 CO_2 萃取虽有少量应用，但本质仍属相平衡分离，且设备需承受≥80 bar 的高压，工业化生产门槛高。吸附法(如多孔树脂、硅胶)虽能生产出品质较好的酒液，却难以实现大规模生产；限制发酵法(如选择低成熟度的葡萄原料，酶法降低发酵糖含量、提前终止发酵、筛选特殊酵母等)虽能获得酒精度较低的产品，但往往存在香气不足、风格受限以及技术瓶颈等问题[15−16]。基于此，本文主要围绕已实现产业化生产的减压蒸馏、真空蒸馏、旋转锥柱与反渗透 4 种技术进行探讨。

3.1.1 减压蒸馏法

减压蒸馏法(reduced pressure distillation, RPD)是目前国内外广泛使用的脱醇技术之一[16]，强调在低压、低温条件下促进乙醇挥发，降低热效应对酒产生的负面影响。其

核心原理是利用离心式真空蒸馏设备, 在减压条件下将乙醇的沸点降低至约 45 ℃, 从而最大限度地降低“低沸点乙醇”与“热敏性葡萄酒香气”之间的工艺矛盾, 实现乙醇的高效去除[2]。通过热法和非热法的结合, 该技术不仅缩短了处理时间, 还降低了操作温度, 从而有效改善了葡萄酒的香气品质[2,17]。也因此被广泛应用于无醇果酒的生产中[18–19]。然而, 由于该工艺需要加热, 在脱除乙醇的同时, 不可避免地会损失部分易挥发的香气组分。

3.1.2　真空蒸馏法

真空蒸馏法(vacuum distillation, VD)是一种在真空状态下对葡萄酒进行蒸馏去除乙醇的技术。与 RPD 技术相比, 该技术不仅能够降低能耗, 有效降低了高温对葡萄酒中酚类物质[20]、单宁和风味化合物的影响, 还在最大程度上保留了葡萄酒原有的风味和香气物质[21]。

尽管 VD 法在乙醇去除方面表现出色, 但其应用仍存在一定局限性。首先, 该方法需要特殊设备来维持真空状态, 导致成本较高; 其次, 在蒸馏过程中, 部分挥发性香气物质也会随之散失, 从而影响最终产品的香气与风味[22]。基于上述局限性, VD 法可通过双效、极低温等工艺提升技术或与膜分离、旋转锥柱等技术协同使用, 提升应用效果[17]。

3.1.3　旋转锥柱法

旋转锥柱法(spinning cone column, SCC)是一种薄膜旋转锥真空蒸馏设备, 广泛应用于蒸汽汽提领域, 能够有效地从液体物料中提取香气成分[23–24]。该技术最初在澳大利亚被用于低醇葡萄酒的生产, 其工艺流程包括低温蒸发完成发酵的葡萄酒以去除乙醇, 同时将香气成分单独收集于容器中, 最后将脱醇后的葡萄酒与收集的香气重新混合[16]。SCC 的独特优势在于能够根据新产品开发不同需求或不同地区的味觉偏好, 对香气成分进行选择性提取, 其设计更适于处理传统香气回收装置无法处理的物料, 且具有物料停留时间短、操作温度低的特点[25–26]。此外, 通过该设备回收的乙醇浓度较高, 可直接进行利用, 同时亦适用于葡萄酒酒精度的微调降度[25–27]。然而, 与 RPD 及 VD 法相比, 该技术的主要局限性在于设备购置及使用过程中的较高成本[28]。

3.1.4　反渗透膜法

RO 是一种基于膜分离技术的脱醇方法。其原理是水和乙醇作为小分子物质能够通过孔径微小的反渗透膜, 而色素、单宁和风味化合物等分子较大的物质则被截留; 随后, 对透过膜的水和乙醇混合物进行蒸馏, 以分离酒精和水, 最后将分离出的水与截留的色素、单宁和风味化合物重新结合, 从而得到脱醇葡萄酒[6]。

RO 因其对葡萄酒的风味品质影响相对较小, 成为目前应用最广泛的葡萄酒脱醇技术之一。然而, 该方法也存在一些局限性: 首先, RO 脱醇过程中需要向酒中不断添加水分, 这与部分国家或地区的法规相悖; 其次, 脱醇过程中部分香气成分会随乙醇渗出, 从而影响脱醇葡萄酒品质[29]; 此外, 脱醇所得透过液为含有大量水分的低浓度乙醇溶液[3], 这为后续乙醇的回收利用带来困难, 增加了回收成本[30–33]。

3.2　脱醇处理对葡萄酒风味品质的影响

葡萄酒的风味品质由色泽参数、香气物质和感官品质 3 个关键因素共同决定。在低(脱)醇葡萄酒的生产过程中, 不同脱醇方法对葡萄酒颜色、香气和口感的保留或改变呈现出不同特点, 进而对葡萄酒的风味品质产生复杂影响。

3.2.1　色泽参数

葡萄酒的色泽主要由花色苷等呈色物质决定, 因此脱醇过程中花色苷的保留程度直接影响葡萄酒的颜色表现。不同脱醇方法也会影响所得葡萄酒的色泽参数。在限制发酵法中, 发酵时间较短, 花色苷浸出量有限, 所得葡萄酒颜色较浅[34–35](P<0.05), 但提前终止发酵对白葡萄酒颜色的影响并不显著[35](P>0.05)。在物理脱醇法中, 热处理法(如常压蒸馏法)可能导致花色苷降解或变性, 使颜色变浅或出现不良色泽变化[36]; 相比之下, SCC 和分子蒸馏法对颜色的影响较小, 能够较好地保留葡萄酒的色泽[16–25]。

3.2.2　香气物质

香气是葡萄酒品质的重要指标, 按来源分为品种香、发酵香和陈酿香, 按照官能团分为醇类、酯类、酸类、羰基类、萜烯类和酚类物质等, 在低(脱)醇葡萄酒生产过程中, 不同脱醇方法对香气成分的影响不同。

限制发酵法通过控制发酵条件限制酒精的生成, 但由于发酵过程受限, 一些关键香气化合物(如酯类和醇类)的生成量可能不足, 导致所得低(脱)醇葡萄酒的香气较弱, 缺乏复杂性和浓郁度[37](P<0.05)。部分物理脱醇法中, 所需的操作温度较高, 对挥发性香气的破坏尤为显著(P<0.05), 可能导致酯类和萜烯类化合物大量损失, 使葡萄酒香气变弱, 并可能产生蒸煮味或焦糊味[30]。

膜法处理(如 RO 和渗透蒸发膜)通过物理分离作用去除酒精, 尽管脱醇过程中挥发性物质损失相对较少, 但处理后的葡萄酒香气往往不如原酒浓郁(P<0.05), 这可能与脱醇过程中一些低分子量挥发性化合物(如醇类和酸类)的损失有关[30]。SAM 等[37]最近研究表明, 反渗透膜压力对赤霞珠无醇葡萄酒的香气保留和感官特性具有显著影响(P<0.05), 在较低压力下, 葡萄酒的果香和花香能够得到较好保留。李记明等[38]研究发现, 渗透蒸发法所生产的低醇葡萄酒香气变弱, 口味变淡, 需要进一步勾兑调配和进行相应的风味修饰(P<0.05)。SCC 法和分子蒸馏法可通过冷阱装置捕捉香气成分并回添到葡萄酒中, 使葡萄酒香气更加浓郁和协调, 可在一定程度上改善香气不足的问题, 提升葡萄酒香气的强度和复杂性[5]。

3.2.3 感官品质

葡萄酒的口感由酸、甜、咸、苦等基本味觉构成，这些味觉主要来源于葡萄酒中的酸类、糖类、醇类、酚类等呈味物质[39]。乙醇作为葡萄酒中除水外含量最高的物质，其甜味、热感和苛性感对葡萄酒的口感至关重要，它能平衡葡萄酒中的酸味或涩味，使口感更为协调。然而，在低(脱)醇葡萄酒的生产过程中，乙醇含量降低对葡萄酒口感影响尤为显著[40−41](P<0.05)。

限制发酵法所得葡萄酒的残糖含量往往较高，口感偏甜，这种高残糖含量不仅会掩盖葡萄酒中其他呈味物质的风味，导致葡萄酒缺乏醇厚感和复杂性；同时，由于发酵过程受限，一些关键呈味物质(乙醇和部分有机酸)的生成也会受到影响[42]。在物理脱醇法中，乙醇的脱除会使葡萄酒的酸味和涩味因缺乏乙醇的协调而更为明显[43](P<0.05)；此外，热处理法和膜渗透法可能使葡萄酒的风味物质损失，并改变酒体口感。

由于乙醇含量的降低，脱醇后葡萄酒的圆润感和协调性会显著减弱(P<0.05)，导致酸味和涩味更加突出[34]，这种变化主要源于乙醇在葡萄酒口感平衡中的关键作用[42,44]。此外，风味物质的降低也会使葡萄酒的香气和口感的复杂性下降，整体风味变得平淡。因此，低(脱)醇葡萄酒在后期调配时，需要特别注意酸味与涩味的平衡。例如，通过添加适量的糖、有机酸(酒石酸或柠檬酸)或单宁，调整葡萄酒的甜度、酸度和涩感，使其更加接近传统葡萄酒的风味品质[5]。

3.3 脱醇处理对葡萄酒理化指标与稳定性的影响

3.3.1 理化指标

葡萄酒的理化指标主要包括酒精度、还原糖、总酸、挥发酸、总酚、pH 和干浸出物等，不同脱醇技术对上述指标的影响存在明显差异。还原糖作为葡萄酒中重要的甜味来源，其含量在不同脱醇技术中表现各异。RPD 脱醇对还原糖含量影响相对较小，RO 脱醇对糖含量影响较大，这可能与部分小分子还原糖流失或被稀释有关[45]。

总酸含量也是影响葡萄酒口感的重要指标。RPD 脱醇所得葡萄酒的总酸含量略有提高，但对整体口感影响不大；分子蒸馏法脱醇过程中，总酸含量可能会有所变化，但可以通过后期调配进行调整。挥发酸作为评价葡萄酒健康状况的重要指标[46]，其含量在脱醇过程中也会受到一定影响[21]。pH 对葡萄酒的稳定性和口感有显著影响(P<0.01)，在脱醇过程中，其变化通常不明显，但需要通过后期调配进行微调，以确保葡萄酒的稳定性和口感平衡。

总酚含量对葡萄酒的颜色和收敛性具有重要影响。RPD 所得脱醇酒的总酚含量相对较高[47]，这有助于葡萄酒色泽和风味的保留；而分子蒸馏法所得脱醇酒的总酚含量会有所变化[48−49]，但通过优化工艺可以减少酚类物质的损失；渗透蒸发法生产的低醇葡萄酒中挥发酸、总酸、色度、总酚、主要矿质元素等均有不同程度的降低[38]。干浸出物作为衡量葡萄酒浓度和厚重感的重要指标，其含量也会受到脱醇技术的影响[48]。

3.3.2 稳定性

葡萄酒稳定性影响葡萄酒从贮存、运输到货架期间颜色、口感和香气的平衡，及葡萄酒的营养、健康与安全[50−52]，同时，葡萄酒的生物稳定性受果实中的苹果酸、酒石酸、柠檬酸、草酸和琥珀酸等有机酸影响，它们对葡萄酒的组成、稳定性和感官品质至关重要[53]。

与化学稳定性相比，生物稳定性是低(脱)醇葡萄酒面临的更主要问题。由于酒精含量较低，低(脱)醇葡萄酒更容易受到微生物污染[51]。为提高低(脱)醇葡萄酒微生物稳定性，可以采用低温储存、增加二氧化硫等抑菌剂的添加量、巴氏杀菌、超声波等处理的方式[51,54−55]。此外，鉴于市场上已出现为快速改善口感而非法添加甜味剂、甘油甚至药物衍生物的案例[56]，可以通过构建葡萄酒风味掺伪预警数据库，实现未知添加物的非靶向捕捉，为生物稳定性以外的“化学真实性”提供技术保障。

4 结论

本研究采用 VOSviewer 1.6.20 和 Citespace 6.3.R1 软件，对 WOS 和 CNKI 数据库中 1980—2025 年间的文献进行可视化分析。结果显示，低(脱)醇葡萄酒研究领域呈现出明显的国际化特征和区域差异。2010 年后，国内外对该领域的研究快速增长。从发文量来看，美国位居首位，其次是西班牙和意大利，其中西班牙在国际间合作交流方面表现较为突出；研究主体主要集中在 CSIC 与加州大学等知名大学和研究机构；就作者而言，Koutinas. AA、Kanellaki. M、Estruch R、Gronbzek M 和崔艳等作者的发文量较高。在 WOS 数据库中，相关文献主要发表在《Food Chemistry》《Foods》《Nutrients》《Fermentation》和《Food Research International》等期刊中，而中文期刊则以《酿酒科技》《酿酒》《中外葡萄与葡萄酒》和《中国酿造》为主。

历年高频关键词包括 polyphenols、ethanol、liquid-chromatography、分子蒸馏、GC-MS、冷冻浓缩和香气成分等。基于关键词分析表明，现阶段研究主要集中在 RPD、VD、SCC、RO 等酿造工艺及参数优化，脱醇及限制发酵处理对葡萄酒色泽参数、香气物质和感官品质的影响，以及对葡萄酒理化成分和稳定性的影响等方面。

近年来，国产葡萄酒产销量连年下滑，市场占有量受到进口产品及其他替代产品的不断冲击，在此背景下，低(脱)醇葡萄酒凭借“减酒精不减风味”的特点，契合健康消费与微醺经济的双重风口，有望成为推动葡萄酒产业转型升级的新增长点。未来，应围绕低(脱)醇葡萄酒生产关键技术，统筹葡萄原料品种选育、栽培处理、采收期控制、酿造工艺、物理脱醇技术、酶法或微生物学脱醇等方法，降低脱醇或限制发酵处理对葡萄酒风味品质的不良影响，同时提高酒样的生物稳定性，推动低(脱)醇葡萄酒产业高质

量发展。

参考文献

[1] 尹卓容. 低醇(无醇)葡萄酒的生产[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(6): 50–52.
YIN ZR. Production of low-alcohol and dealcoholized wine [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2002(6): 50–52.

[2] 赵华, 张承, 伍丹. 无醇葡萄酒研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2008(1): 59–63.
ZHAO H, ZHANG C, WU D. Research progress on dealcoholized wine [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2008(1): 59–63.

[3] PIORNOS JA, KOUSSISSI E, BALAGIANNIS DP, *et al*. Alcohol-free and low-alcohol beers: Aroma chemistry and sensory characteristics [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2023, 22(1): 233–259.

[4] SAM FE, MA TZ, SALIFU R, *et al.* Techniques for dealcoholization of wines: Their impact on wine phenolic composition, volatile composition, and sensory characteristics [J]. Foods, 2021, 10(10): 2498.

[5] 郑永丽, 张军翔. 低(无)醇葡萄酒研发进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(7): 12–16.
ZHENG YL, ZHANG JX. Research and development progress of low- and non-alcohol wine [J]. China Brewing, 2021, 40(7): 12–16.

[6] GIL M, ESTÉVEZ S, KONTOUDAKIS N, *et al*. Influence of partial dealcoholization by reverse osmosis on red wine composition and sensory characteristics [J]. European Food Research and Technology, 2013, 237(4): 481–488.

[7] DONTHU N, KUMAR S, MUKHERJEE D, *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines [J]. Journal of Business Research, 2021, 133: 285–296.

[8] MUKHERJEE D, LIM WM, KUMAR S, *et al*. Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research [J]. Journal of Business Research, 2022, 148: 101–115.

[9] FAN D, BRESLIN D, CALLAHAN JL, *et al*. Advancing literature review methodology through rigour, generativity, scope and transparency [J]. International Journal of Management Reviews, 2022, 24(2): 171–180.

[10] 李嘉宁, 张予林, 吕毅, 等. 基于文献计量学的葡萄酒中铜研究进展分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(16): 470–479.
LI JN, ZHANG YL, LV Y, *et al.* Progress on copper in wine: A bibliometric analysis [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(16): 470–479.

[11] 赵建保. CiteSpace 可视化流程与分析范式研究[J]. 知识经济, 2014(16): 105–107
ZHAO JB. CiteSpace visualization workflow and analysis paradigm [J]. Knowledge Economy, 2014(16): 105–107.

[12] 吕泽. 基于渗透汽化膜分离技术的脱醇葡萄酒、葡萄烈酒品质及安全性分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
LV Z. Quality and safety of dealcoholized wine and grape spirit based on pervaporation membrane separation technology [D]. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2022.

[13] ARTERO A, ARTERO A, TARÍN JJ, *et al*. The impact of moderate wine consumption on health [J]. Maturitas, 2015(1): 3–13.

[14] SNOPEK L, MLCEK J, SOCHOROVA L, *et al*. Contribution of red wine consumption to human health protection [J]. Molecules, 2018(7): 1684–1684.

[15] MARIA MARGALLO, RUBÉN ALDACO, ALBERT BARCELÓ, *et al*. Life cycle assessment of technologies for partial dealcoholisation of wines [J]. Sustainable Production and Consumption, 2015, 2: 29–39.

[16] 郑永丽. 低醇葡萄酒的脱醇工艺及产品研发[D]. 银川: 宁夏大学, 2021.
ZHENG YL. Dealcoholization technology and product development of low-alcohol wine [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2021.

[17] 刘子强, 高海富, 刘雅庆, 等. 膜蒸馏过程能耗优化研究进展:从核心组件创新到系统工艺集成[J]. 水处理技术, 2025, 51(10): 28–36, 42.
LIU ZQ, GAO HF, LIU YQ, *et al*. Energy-consumption optimization of membrane distillation: From component innovation to system integration [J]. Technology of Water Treatment, 2025, 51(10): 28–36, 42.

[18] 高年发, 陈志頔, 张健. 无醇葡萄酒的研制[J]. 酿酒科技, 2006(11): 193–196.
GAO NF, CHEN ZD, ZHANG J. Development of non-alcoholic wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2006(11): 193–196.

[19] 孙尤海, 陈海昌, 鄂文杰. 无醇果酒及制法: 中国, CN1092885C [P]. 1993-12-29.
SUN YH, CHEN HC, E WJ. Non-alcoholic fruit wine and its preparation method: China, CN1092885C [P]. 1993-12-29.

[20] 史晶晶. 高温对赤霞珠香气物质积累及其相关合成基因表达的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2025.
SHI JJ. Effects of high temperature on aroma accumulation and related biosynthetic gene expression in Cabernet Sauvignon [D]. Yanglin: Northwest A&F University, 2025.

[21] OOTTA S, GUAITA M, PETROZZIELLO M, *et al*. Comparison of the physicochemical and volatile composition of wine fractions obtained by two different dealcoholization techniques [J]. Food Chemistry, 2017, 221: 1–10.

[22] 梁乘榜, 张风杰, 吴霏霏, 等. 果实香气研究进展[J]. 北方园艺, 2013(9): 211–215.
LIANG CB, ZHANG FJ, WU FF, *et al*. Research progress on fruit aroma [J]. Northern Horticulture, 2013(9): 211–215.

[23] SYKES SJ, CASIMIR DJ, PRINCE RGH. Recent advances in spinning cone column technology [J]. Food Australian Journal of CAFTA & AST, 1992, 44(10): 462–464.

[24] PYLE L. Processed foods with natural flavour: The use of novel recovery technology [J]. Nutrition & Food Science, 1994, 94(1): 12–14.

[25] 余汉谋, 姜兴涛, 肖海鸿. 旋转锥体柱技术及其在食品和香精香料行业中的应用进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(24): 372–375.
YU HM, JIANG XT, XIAO HH. Progress on spinning cone column technology and its applications in food and flavor industry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(24): 372–375.

[26] 高阳, 赵生, 许式强, 等. 龙井茶挥发油的旋转锥体柱提取及其应用研究[J]. 食品工业, 2015, 36(5): 120–124.
GAO Y, ZHAO S, XU SQ, *et al.* Extraction of Longjing tea volatile oil by spinning cone column and its application [J]. The Food Industry, 2015, 36(5): 120–124.

[27] SKELLIOS DA, LIN A. Spinning cone column (SCC) technology for low-alcohol beverages [J]. Beverage Industry, 2015, 18(2): 45–48.

[28] 屈慧鸽. 国外对低醇葡萄酒的研究[J]. 酿酒, 2003(3): 50–53.
QU HG. Overseas research on low-alcohol wine [J]. Liquor Making, 2003(3): 50–53.

[29] PHAM DT, STOCKDALE VJ, WOLLAN D, *et al.* Compositional consequences of partial dealcoholization of red wine by reverse osmosis-evaporative perstraction [J]. Molecules, 2019, 24(7): 1404.

[30] SAM FE, MA TZ, LIANG YH, *et al.* Comparison between membrane and thermal dealcoholization methods: Their impact on the chemical parameters, volatile composition, and sensory characteristics of wines [J]. Membranes, 2021, 11(12): 957.

[31] MA TZ, SAM FE, DOM AD, *et al.* Contribution of edible flowers on the

aroma profile of dealcoholized Pinot Noir rose wine [J]. LWT, 2022, 170: 114034.

[32] SAM FE, MA TZ, WANG J, *et al.* Aroma improvement of dealcoholized Merlot red wine using edible flowers [J]. Food Chemistry, 2023, 404(Pt B): 134711.

[33] MA TZ, SAM FE. Floral infusions: Elevating the bouquet of non-alcoholic Chardonnay wine beverage [J]. Food Chemistry: X, 2024, 24: 102015.

[34] 王媛, 祝霞, 杨学山, 等. 混菌发酵对美乐低醇桃红葡萄酒香气的影响[J]. 核农学报, 2018, 32(11): 2195–2207.
WANG Y, ZHU X, YANG XS, *et al.* Effect of mixed fermentation on aroma of low-alcohol Merlot rosé wine [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(11): 2195–2207.

[35] SAMOTICHA J, WOJDYŁO A, CHMIELEWSKA J, *et al*. Effect of different yeast strains and temperature of fermentation on basic enological parameters, polyphenols and volatile compounds of Aurore white wine [J]. Foods, 2019, 8(12): 599.

[36] RIBÉREAU-GAYON P, GLORIES Y, MAUJEAN A, *et al.* Handbook of enology, volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments [M]. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2006.

[37] SAM FE, CHEN XL, LI GY, *et al.* Aroma retention and sensory characteristics of low- and no-alcohol wines: Influence of reverse osmosis pressure and ethanol concentration [J]. Journal of Food Science, 2025, 90(5): e70253.

[38] 李记明, 司合芸, 尹卓容, 等. 渗透蒸发生产低醇葡萄酒的工艺研究[J]. 食品科学, 2007(2): 379–381.
LI JM, SI HY, YIN ZR, *et al*. Study on pervaporation process for low-alcohol wine production [J]. Food Science, 2007, 28(2): 379–381.

[39] 康文怀, 李华, 江涛, 等. 微氧对葡萄酒品质影响的研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2005(4): 49–51.
KANG WH, LI H, JIANG T, *et al*. Research progress on the effect of micro-oxygenation on wine quality [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2005(4): 49–51.

[40] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
LI H. Wine tasting science [M]. Beijing: Science Press, 2006.

[41] 张承. 低醇葡萄酒生产工艺的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
ZHANG C. Study on production technology of low-alcohol wine [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2009.

[42] 陈双. 中国黄酒挥发性组分及香气特征研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
CHEN S. Study on volatile components and aroma characteristics of Chinese rice wine [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.

[43] 孙平, 吕晓玲, 张民, 等. 食品添加剂[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2020.
SUN P, LV XL, ZHANG M, *et al*. Food additives [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2020.

[44] 苏洁, 张军翔. 葡萄酒圆润度研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 238–241.
SU J, ZHANG JX. Research progress on wine roundness [J]. Food & Machinery, 2013, 29(2): 238–241.

[45] 寿洪志, 谢广发, 凌志勇, 等. 膜分离技术在酿酒业中的应用探讨[J]. 中国酿造, 2007(3): 58–60.
SHOU HZ, XIE GF, LING ZY, *et al*. Discussion on application of membrane separation technology in brewing industry [J]. China Brewing, 2007(3): 58–60.

[46] 张诗玲, 徐瑞敏. 葡萄酒中挥发酸的形成及预防措施[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2007(5): 56, 61.
ZHANG SL, XU RM. Formation and prevention of volatile acidity in wine [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2007(5): 56, 61.

[47] 齐晓琴. 半甜型无醇葡萄酒生产技术研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2017.
QI XQ. Study on production technology of semi-sweet non-alcohol wine [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2017.

[48] 徐梦梦. 脱醇过程对红酒品质和抗氧化性能的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2014.
XU MM. Effect of dealcoholization on red wine quality and antioxidant capacity [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2014.

[49] 张健. 分子蒸馏生产无醇干红葡萄酒的研究[J]. 食品科技, 2007(2): 193–196.
ZHANG J. Study on non-alcohol dry red wine production by molecular distillation [J]. Food Science and Technology, 2007, 32(2): 193–196.

[50] 邢凯. 红葡萄酒稳定性的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2005.
XING K. Study on red wine stability [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2005.

[51] 吕文, 张福庆, 崔艳. 几种处理方法对低醇葡萄酒发酵和品质的影响[J]. 中国酿造, 2012, 31(5): 74–77.
LV W, ZHANG FQ, CUI Y. Effects of several treatments on fermentation and quality of low-alcohol wine [J]. China Brewing, 2012, 31(5): 74–77.

[52] 孙平, 吕晓玲, 张民, 等. 食品添加剂[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2020.
SUN P, LV XL, ZHANG M, *et al*. Food additives [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2020.

[53] 南立军, 李雅善, 崔长伟, 等. 葡萄酒生物稳定性机制研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2018(1): 50–54.
NAN LJ, LI YS, CUI CW, *et al*. Research progress on the biological stability mechanism of wine [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2018(1): 50–54.

[54] 刘曼, 刘叶, 张强, 等. 终止发酵工艺对低醇葡萄酒残糖稳定性的影响研究[J]. 食品界, 2025(7): 95–97.
LIU M, LIU Y, ZHANG Q, *et al*. Effect of fermentation-arrest technology on residual sugar stability of low-alcohol wine [J]. Food World, 2025(7): 95–97.

[55] 王树庆, 李保国, 范维江, 等. 无二氧化硫添加葡萄酒酿造技术研究进展[J]. 酿酒, 2020, 47(3): 4–7.
WANG SQ, LI BG, FAN WJ, *et al*. Research progress on SO_2-free winemaking technology [J]. Liquor Making, 2020, 47(3): 4–7.

[56] 赵琪, 贾昌平, 张超, 等. 保健食品及药食同源食品中非法添加化学成分检验标准现状及趋势分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(19): 298–306.
ZHAO Q, JIA CP, ZHANG C, *et al*. Analysis of the current status and trends of inspection standards for illegally chemical components added in health food and medicine food homology [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(19): 298–306.

(责任编辑: 韩晓红 安香玉)