

料酒的生产工艺及其风味调控机制研究进展

安楠^{1,2,3} 刘功良^{1,2,3} 白卫东^{1,2,3} 童星⁴ 王宏^{1,2,3}

(1. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东 广州 510225; 2. 广东省岭南特色食品科学与技术重点实验室, 广东 广州 510225; 3. 农业农村部岭南特色食品绿色加工与智能制造重点实验室, 广东 广州 510225; 4. 佛山市海天(高明)调味食品有限公司, 广东 佛山 528200)

摘要:料酒作为传统中式烹饪中的核心调味品,其风味调控机制与生产工艺密切相关。综述系统梳理了料酒的三大生产工艺体系——酿造型、配制型与调味型,比较了其在基酒来源、风味形成路径及产品稳定性方面的差异。结合风味组学、分子互作及智能发酵领域的最新研究进展,系统解析了料酒工艺差异与风味形成机理,阐明了其“溶解—修饰—抑制”多级去腥机制,并提出了代谢通量导向的工艺优化路径。同时,探讨了料酒通过美拉德反应、酯化反应等生成香气物质的机制,揭示其在增香、提鲜、改善肉质嫩度与护色等方面的功能。综述还指出了当前研究在风味动态变化、成分协同机制及功能性开发等方面的不足,提出未来应加强风味精准调控、健康功能挖掘及标准化工艺研究。

关键词:料酒;生产工艺;腥味物质;去腥机理;调味增香

Research progress in production process and flavor modulation mechanisms of cooking wine

AN Nan^{1,2,3} LIU Gongliang^{1,2,3} BAI Weidong^{1,2,3} TONG Xing⁴ WANG Hong^{1,2,3}

(1. College of Food Science and Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Lingnan Specialty Food Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510225, China; 3. Key Laboratory of Green Processing and Intelligent Manufacturing of Lingnan Specialty Food, Ministry of Agriculture, Guangzhou, Guangdong 510225, China; 4. Guangdong Haitian Innovation Technology Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528200, China)

Abstract: As a core condiment in traditional Chinese cuisine, the flavor modulation mechanisms of cooking wine are closely related to its production processes. This review systematically organizes the three major production systems of cooking wine, *i.e.*, brewed, blended, and seasoned, comparing their differences in base-wine origin, flavor-formation pathways, and product stability. By integrating the latest developments in flavoromics, molecular interactions, and intelligent fermentation, it provides a systematic analysis of the relationship between production process differences and flavor formation mechanisms. The paper clarifies the multi-stage "dissolution-modification-suppression" mechanism for off-flavor removal and proposes a metabolic flux-directed process optimization pathway. Additionally, it explores the mechanisms by which cooking wine generates aromatic substances through the Maillard reaction, esterification, and other processes, revealing its roles in enhancing aroma, boosting umami, improving meat tenderness, and preserving color. The review also highlights current research gaps in dynamic flavor changes, component synergy mechanisms, and functional development, and suggests that future work should focus on precise flavor control, the exploration of health functions, and standardized processing technologies.

Keywords: cooking wine; production processes; off-flavor substances; deodorization mechanism; flavor and aroma enhancement

基金项目:广东省重点建设学科科研能力提升项目(编号:2024ZDJS007);广东省研究生教育创新计划项目(编号:2023SFKC057);广东省研究生教育创新计划项目(编号:2022SFKC070)

通信作者:王宏(1988—),女,仲恺农业工程学院特聘副教授,博士。E-mail:whongaq@163.com

收稿日期:2025-04-28 **改回日期:**2025-11-14

引用格式:安楠,刘功良,白卫东,等.料酒的生产工艺及其风味调控机制研究进展[J].食品与机械,2026,42(6):196-203.

Citation:AN Nan, LIU Gongliang, BAI Weidong, et al. Research progress in production process and flavor modulation mechanisms of cooking wine[J]. Food & Machinery, 2026, 42(6): 196-203.

料酒作为中华传统烹饪的核心调味品,不仅是食材风味调控的关键载体,更是饮食文化与食品科学深度融合的典型代表。其历史渊源可追溯至商周时期的“醴”(谷物发酵酒),当时已被作为烹饪佐料使用,用于提升菜肴的香气与风味。《齐民要术》中详细记载了黄酒在烹饪中的去腥提鲜作用,表明料酒的酿造技艺与烹饪应用贯穿了中华饮食文明的演变历程^[1]。现代食品科学证实,料酒中的挥发性成分(酯类、有机酸、酚类等)通过与食材的理化互作,形成“溶解—修饰—掩蔽”三位一体的风味调控机制,能够有效去除食材的腥味与异味,同时赋予菜肴独特的香气与层次感。这种功能使其成为烹饪过程中不可或缺的调味元素^[2]。

自2018年以来,16家百强料酒企业产量28.9万t、收入15.4亿元,产量增速高于收入,行业集中低,成长空间广阔。随着消费升级和肉类需求增长,料酒正加速替代其他去腥酒类,市场潜力持续释放^[3]。然而,当前研究多聚焦于单一去腥机理(如乙醇挥发作用),缺乏对“工艺—成分—功能”关联网络的系统解析,尤其是香辛料添加(如生姜、八角)与基酒发酵产物的协同效应尚未明晰。此外,料酒在功能性食品中的潜力(如抗氧化、降嘌呤、护胃等)尚未被充分挖掘,这为未来研究提供了重要方向^[4]。

从技术层面看,料酒的风味调控机制涉及复杂的化学与生物过程。其去腥作用源于乙醇的双亲性分子结

构,能够溶解脂溶性与水溶性腥味物质并通过加热挥发去除;有机酸通过酸碱中和反应将胺类腥味物质转化为非挥发性盐;香辛料中的活性成分则通过抗氧化、化学修饰及嗅觉掩盖实现协同去腥。增香机制则依赖于美拉德反应生成吡嗪类、呋喃类香气物质,以及酯类和醇类化合物通过嗅觉阈值差异调控香气层次。这些机制的动态协同作用,使料酒在烹饪中既能去除异味,又能赋予菜肴丰富的香气与口感。然而,现有研究仍存在不足:①对料酒中风味物质的动态变化规律缺乏系统研究,尤其是在烹饪加热过程中的风味转化机制;②对香辛料与基酒发酵产物的协同作用机制尚未深入解析,特别是在分子层面的互作机制;③对料酒在功能性食品中的应用潜力研究不足,如其抗氧化、降嘌呤等健康功能的开发^[5-10]。这些问题严重制约了料酒产业的高质量发展。

综述拟系统比较料酒的生产工艺体系及其风味形成与调控路径,重点解析腥味物质的来源、去除机制及增香原理,以期阐明工艺—成分—功能之间的关联规律,为料酒产业的高质量、健康化发展提供理论依据和技术参考。

1 料酒的生产工艺

现代料酒生产工艺主要分为酿造型、配制型和调味型三大体系(表1),其核心差异体现在基酒来源、风味形成路径及食品安全性3个维度。

表1 3种工艺料酒的基酒、风味路径及安全性对比

Table 1 Comparison of base liquor, flavor pathways, and safety among three cooking wine processes			
工艺体系	基酒来源	风味形成路径	食品安全性
酿造料酒	糯米、黍米等谷物经发酵制成	谷物→糖化发酵(根霉、毛霉等)→压榨澄清→自然风味	巴氏杀菌,传统工艺保障
配制料酒	95% vol食用酒精(88%)与黄酒(12%)混合	香辛料食用酒精浸提→调配复合香辛料、食盐等→过滤陈化	梯度乙醇浸提减少杂质,三级过滤、微孔膜精滤,瞬时灭菌
调味料酒	发酵酒、蒸馏酒或食用酒精为基酒	微生物发酵形成风味基底→添加辅料调配→多级过滤净化	全自动化无菌灌装,全项品控(理化、微生物、风味检测),符合国家标准

酿造型料酒的生产工艺源于传统黄酒酿造技术,以谷物为原料,通过微生物自然发酵形成醇厚酒香。其核心流程包括谷物的浸泡与蒸煮、复合酒曲的接种发酵、固液分离及巴氏杀菌。发酵过程中,根霉、毛霉等糖化菌将淀粉转化为还原糖,酵母菌进一步将其转化为乙醇,形成复杂的风味物质^[11]。其优势在于风味醇厚,富含氨基酸、有机酸和酯类物质,香气层次复杂持久,乙醇与发酵产物的协同作用可高效去腥增香,并通过美拉德反应赋予焦糖香、坚果香等风味。但工艺复杂且需长时间发酵(通常30 d以上),原料要求严格,生产成本较高,保质期短等劣势也是酿造型料酒在市场中占比中低于配制型料酒的原因之一。

配制型料酒是工业化生产的代表,以食用酒精与黄酒为基础,辅以香辛料浸提液进行风味复配。其核心流程包括香辛料的食用酒精浸提、基酒调配、过滤与瞬时灭菌。香辛料(如生姜、八角、花椒等)在40% vol食用酒精中密封浸提30~40 d,通过分子扩散与溶解作用提取风味成分。浸提液与黄酒、食盐等组分按配方比例混合后,经硅藻土三级过滤及微孔膜精滤,去除杂质与悬浮物,确保酒体澄清透明。最后通过杀菌(85℃,15 s)和静置陈化(≥5 d)进一步稳定风味。配制型料酒因其高效生产与成本优势,占据当前料酒市场最大份额(62.7%),被广泛应用于家庭烹饪与大众消费场景,尤其适合炖、炒、焖等烹饪方式^[12]。配制型料酒虽具有生产工艺简单、周期短等

优势,但风味单一,缺乏自然发酵产生的酯类、氨基酸等复杂香气成分,烹饪后易残留乙醇刺鼻味,且依赖香辛料浸提液复配导致香气层次较薄,去腥能力弱于酿造型料酒。

调味型料酒融合了传统发酵与现代食品技术,以发酵酒、蒸馏酒或食用酒精为基酒,通过标准化调配工艺确保风味稳定。其核心流程包括原料的预处理与发酵、多级过滤净化酒体、无菌灌装与全项品控检测。原料经清洗、浸泡后,在程控发酵罐中通过精准温控与微生态调控发酵,形成风味基底。发酵液经过多级过滤去除杂质,确保酒体澄澈稳定。最后通过全自动化无菌灌装与全项品控检测(理化、微生物、风味分析),符合国家标准后出厂^[13]。调味型料酒添加香辛料及天然提取物,能提升香气层次,兼具去腥、增香、提鲜功能,简化烹饪步骤。但部分产品香料添加过量会掩盖食材原味,不适合清蒸、清炖等强调本味的菜式,且香辛料提取工艺复杂,导致成本较高,价格普遍高于普通配制型料酒。另外,香辛料香气成分长时间贮藏易挥发,风味稳定性会下降。这些劣势导致消费者购买动机强但复购率低,市场渗透率有限,使得调味型料酒在市场中的占比最低。

上述 3 种生产工艺在风味物质构成上存在显著差异,直接影响料酒的去腥增香效能。酿造型料酒因自然发酵产生丰富的酯类、氨基酸及有机酸,形成多层次的复合香气;而配制型料酒依赖香辛料浸提液,导致香气物质单一且易挥发;调味型料酒虽通过添加天然提取物强化风味,但稳定性受限。这些差异本质上源于工艺对醇类、酸类、酯类及酚类等关键风味物质含量与比例的调控,进而决定了料酒与食材的理化互作模式。因此,深入解析风味调控机制需首先厘清不同工艺下风味物质的形成规律。

2 料酒的风味调控机理

2.1 食品中腥味物质的来源及种类

食品的风味由其特有的气味与滋味共同构成,是影响消费者接受度的关键因素,它不仅包含正面的香气与滋味,还包括可能引起不适的“异味”,如禽肉肉的腥味、水产品的土腥味。在现代食品工业中,控制和消除这些异味对于提升产品品质至关重要。禽肉腥味物质的形成受多种因素影响,包括动物品种、饲料组成、屠宰应激及放血程度等。刘春节等^[14]总结了近年来学者们通过固相微萃取—气质联用(SPME-GC-MS)、气相色谱—离子迁移谱(GC-IMS)以及电子鼻等技术分析得出这些腥味物质主要成分有 1-辛烯-3-酮、己醛、粪臭素、雄甾烯酮等挥发性物质,由于这些化合物的嗅觉阈值较低,即便在浓度较低的情况下,也能够释放出强烈的不良气味。夏强等^[15]认为这些禽肉腥味物质主要通过脂质氧化、微生物代谢与酶促反应、热处理过程中的风味转化 3 种途径生成。

水产品作为优质蛋白质、脂肪和矿物质的重要膳食来源,其腥味物质的形成机理与禽肉产品类似。Liu 等^[16]系统性地研究了水产品腥味物质主要由醇类、醛类、酮类、含硫化合物及含氮化合物(尤其是胺类)组成。这些挥发性成分通过协同作用形成复杂的腥味特征,其中含硫化合物和胺类物质是腥味的主要贡献者。含硫化合物主要源于微生物对水产品中含硫氨基酸的代谢分解,释放出具有强烈腥臭味的物质;而胺类物质的形成则与生物胺生成机制密切相关,微生物和内源性酶通过脱羧反应分解氨基酸,生成相应的生物胺。这些物质的协同作用共同构成了水产品特有的腥味体系^[17-19]。Cheng 等^[20]系统性地阐述了水产品气味的形成与变化主要受脂质氧化、蛋白质降解及微生物作用影响:脂质氧化中不饱和脂肪酸生成醛、酮等小分子引发异味;蛋白质降解时内源性蛋白酶分解产物参与风味形成;微生物在贮藏过程中增殖并代谢产生挥发性异味物质,三者协同导致水产品气味演变。鱼体自身应激反应(如捕捞刺激)会加速糖原分解,导致 pH 下降并激活腥味物质生成,而正常代谢产生的三甲胺是鱼腥味的核心成分^[21-22]。石林凡等^[23]发现,虾类和贝类体内微生物与酶体系活性较高,容易在短时间内产生青草味、金属味和鱼腥味,而藻类的腥味主要与脂肪酸氧化、酶催化反应及类胡萝卜素降解释放的挥发性物质有关^[24-25]。此外,环境因素也会促进水产品腥味物质的生成:水体中氨氮、亚硝酸盐干扰鱼体代谢并促进腥味积累,微生物与藻类异味物质沿食物链传递赋予水产原料特征性腥味。

食品中的腥味物质主要来源于脂质氧化、美拉德反应及微生物降解等过程的协同作用,涉及脂肪酸、氨基酸、蛋白质等多种前体物质的复杂转化,其具体形成机理如图 1 所示。

2.2 料酒去腥作用机理

料酒中食用酒精的体积分数通常为 10%~15%,该浓度范围既能保证渗透效率又可维持风味平衡。在此条件下,乙醇分子独特的双亲性结构得以充分发挥去腥作用^[26]。从化学原理上看,乙醇分子的非极性乙基部分通过疏水作用,深入鱼、肉类组织的细胞间隙,有效溶解非极性腥味物质;而极性羟基部分凭借亲水性与食材组织保持相溶,进而溶解含氮腥味物质。在烹饪加热过程中,乙醇的挥发性促使溶解的腥味物质快速挥发,实现对脂溶性和水溶性腥味的双重脱除。此外,乙醇的去腥效果还受到浓度、接触时间和烹饪温度的影响。适当提高浓度可增强溶解能力,但过高浓度可能引入不良风味;适当延长乙醇与食材接触时间有助于更充分地溶解腥味物质,但过长时间可能破坏食材质地;升高烹饪温度可加速乙醇挥发,但需平衡以避免过度烹饪^[27-28]。此外,乙醇与生姜、食盐等联合使用时,能有效增强去腥效果以及抑制

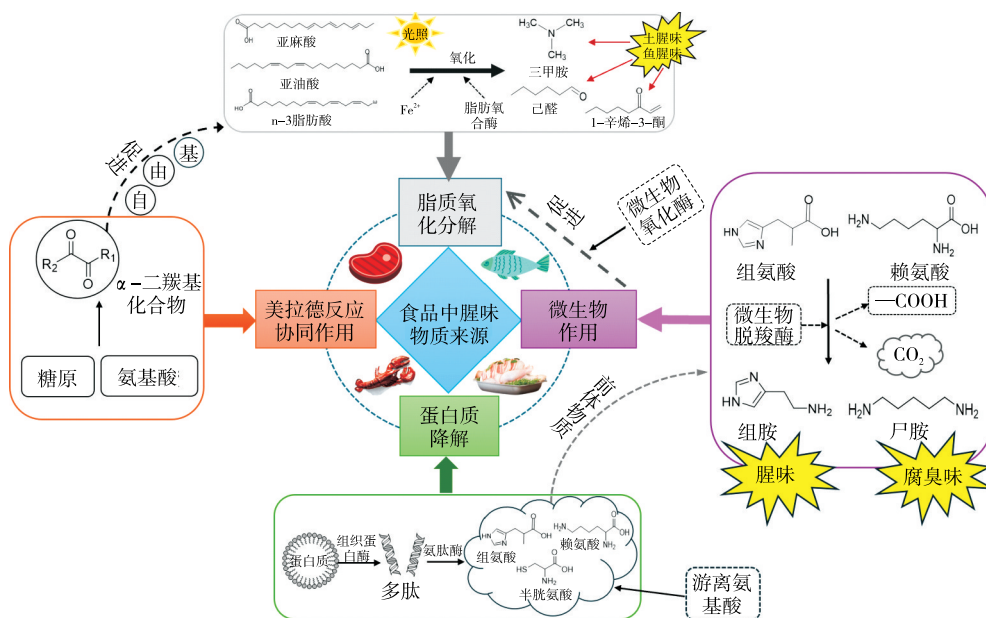


图1 腥味物质形成机理图

Figure 1 Formation mechanism of off-flavor compounds

微生物生长同时增强抗菌效果^[29]。

料酒中还含有乙酸、乳酸等有机酸,能够与食材中的胺类腥味物质发生酸碱中和反应。在烹饪过程中,随着温度升高和充分接触,有机酸的酸性基团与胺类物质的碱性基团结合,生成稳定的非挥发性盐类化合物。这些盐类在常温下化学性质稳定,不易挥发,从而阻断了腥味物质向空气中的扩散。通过这种化学反应,食材中原本具有挥发性的胺类腥味成分被转化为无异味的盐,不仅有效降低了食材的腥味,还通过减少刺激性气味的释放,改善了食材的整体风味和口感^[30]。

在常见的料酒配方中,葱、姜、蒜、八角等香辛料通过多重协同机制实现显著的去腥效果。这些香辛料富含酚酸、酚二萜、类黄酮及挥发油等活性成分,能够从源头抑制腥味物质的生成。例如,姜黄素和丁香酚等成分通过抗氧化作用淬灭自由基,减少腥味物质。赵萍等^[31]采用HPLC-MS/MS技术鉴定料酒中多酚类成分(如姜黄素0.5~1.2 mg/L、阿魏酸0.3~0.8 mg/L),结合体外抗氧化试验(DPPH自由基清除率 $\geq 60\%$, ABTS⁺自由基清除率 $\geq 55\%$),证实其对脂质氧化有抑制作用($IC_{50}=25 \mu\text{g/mL}$)。此外,还从生姜料酒中鉴定出活性肽 Gly-Pro-His,并通过体外试验证实其对血管紧张素转化酶(ACE)的抑制率高达78%,表明其可能具有降压功能。然而,该研究未在动物模型中验证其体内活性,且肽类成分在高温烹饪中的稳定性尚未明确,限制了其实际应用价值。同时,香辛料中的活性成分还能与腥味物质发生缩醛、氧化、还原等化学反应,如桂皮和八角中的醛类成分通过缩醛反应消除异味,或通过形成醛类中间产物改变腥味物质的分子结

构,降低其挥发性和刺激性。此外,部分香辛料(如生姜、洋葱、胡椒)凭借其浓郁的辛辣香气在嗅觉层面掩盖腥味,同时通过化学反应和物理吸附直接减少腥味成分^[31-32]。

料酒中乙醇、有机酸及香辛料的协同作用,显著强化了去腥效果,同时丰富了菜肴风味层次。现代研究证实,乙醇的溶解挥发、有机酸的化学中和以及香辛料的多重作用协同发力,能有效去除食材腥味,提升食品风味品质。

2.3 料酒调味增香作用机理

料酒主要由水、糖类、有机酸、酯类、醇类、氨基酸以及微量香气物质构成,这些成分的协同作用(如表2所示)赋予了料酒独特的风味与调味功能。如图2所示料酒通过乙醇溶解挥发、有机酸化学修饰、美拉德反应及香辛料协同作用实现去腥增香的多维度机制。

乙醇在烹饪中通过多重作用提升菜肴口感与香气:其渗透性可溶解鱼、肉中的胺类腥味物质并随加热挥发,如黄酒去腥、白酒中和油腻;作为风味载体,既能萃取食材呈香成分,又能通过酯化反应生成酯类香气(如葡萄酒与肉类形成复合香,啤酒赋予麦芽基调)。乙醇的挥发性在高温下保留风味精华,促进食材焦糖化提升色泽,并依酒种特性丰富应用场景(如高度白酒增香、果酒平衡甜腻)。最终,乙醇通过去腥、增香与口感优化,成为构建菜肴风味体系的核心媒介^[33]。此外,乙醇的渗透作用还有助于保护叶绿素等易降解成分,有效地减少了它们在高温环境下的损失,从而保持蔬菜的鲜亮色泽和天然风味^[34],这不仅提升了菜品的视觉效果,也增加了其营养

表 2 料酒中主要成分的增香作用

成分	作用机制	功能效果
乙醇	溶解胺类腥味物质(如三甲胺)并随加热挥发;作为风味载体萃取食材呈香成分(如酚类、香辛料风味);与脂肪酸酯化生成酯类香气;抑制有机酸活性保护叶绿素,减少高温降解	
有机酸	中和胺类腥味物质(盐析作用);与乙醇协同参与酯化反应生成香气前体	化学去腥、协同增香
酯类	释放果香/酒香(如乙酸乙酯、乳酸乙酯);通过嗅觉阈值差异调控香韵平衡(低浓度释果香,高浓度显层次);嗅觉竞争抑制三甲胺感知	增香、掩盖异味,构建香气层次感
香辛料成分	姜酚/丁香酚与腥味物质发生亲核取代反应;萜烯类(如芳樟醇)通过酯化转化支链脂肪酸	双重去腥、复合增香
氨基酸	与糖类发生美拉德反应生成吡嗪类、呋喃类香气物质;谷氨酸强化鲜味受体敏感性	风味增效、提升鲜味,生成特征香气(烤香、坚果香等)

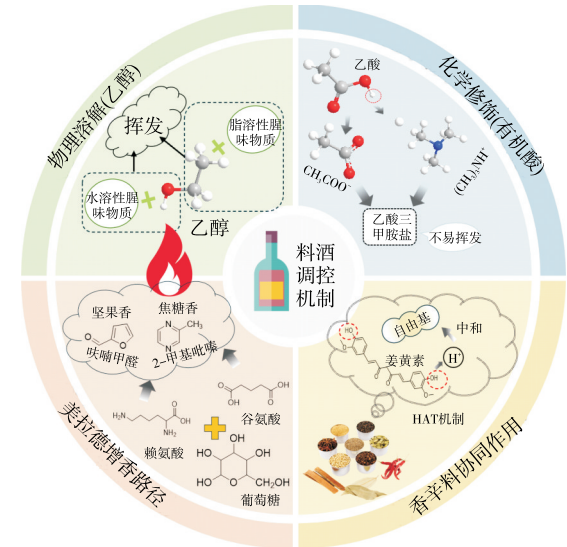


图 2 料酒风味调控机制图

Figure 2 Flavor modulation mechanisms in cooking wine

价值。

料酒中氨基酸与糖类在加热过程中发生美拉德反应,生成吡嗪类、呋喃类等多种具有增香效应的化合物。呋喃及其衍生物是美拉德反应中产生的一类重要挥发性化合物,它们通常具有焦糖、坚果等特殊的香气,能够为样品带来丰富的风味层次^[35]。此外,反应生成的谷氨酸等氨基酸可增强食材鲜味,而乙醛、丙酮等微量香气物质不仅为料酒增添复杂香气,还能通过化学或物理作用掩盖腥味物质,促进异味转化,从而协同提升菜肴的适口性与整体风味。美拉德反应的进行受多种因素影响,如反应温度、时间、pH等。适当提高反应温度和延长反应时间可以促进更多香气物质的生成,但需注意避免过度反应导致不良风味的产生。pH也会影响反应速率和产物种类,酸性条件下有利于呋喃类化合物的形成,而中性或弱碱性条件更利于吡嗪类物质的生成。值得注意的是,美拉德反应过程中产生的丰富中间体和终产物,特别是醛类(如乙醛、糠醛)和酮类,为料酒中关键的酯化反应提供

了重要的底物来源。同时,料酒中的有机酸和香辛料成分也会参与美拉德反应,进一步调节香气的形成。于梓涵等^[36]的研究中提到了料酒中的乙酸可以与糖类发生酯化反应,生成具有果香的酯类物质,其本身也是美拉德反应的参与者,并可与美拉德反应产生的羰基化合物(醛、酮)进一步反应,生成更多样化的酯类香气物质。这些复杂的反应网络共同构建了料酒丰富的香气体系。因此,美拉德反应不仅是直接产生特征香气化合物(吡嗪、呋喃)的过程,更是为料酒中至关重要的酯类香气物质合成奠定了物质基础^[35-37]。

料酒的增香效应不仅源于美拉德反应直接生成的吡嗪、呋喃类化合物,更得益于这些反应产物以及发酵过程中产生的醇类、有机酸之间进一步发生的酯化反应。由此生成的丰富酯类物质,结合料酒中固有的醇类,共同构成了料酒香气的主体框架。邢俊超等^[38]通过智能感官系统与气相色谱-质谱联用(GC-MS),分析了年份料酒中乙酸乙酯(气味活度值为120)、2-乙酰基吡咯啉(气味活度值为85)等核心风味物质的浓度变化规律,为风味定向调控提供了数据支撑。此外,许多关键酯类物质的形成都直接或间接依赖于美拉德反应提供的活性前体。低阈值酯类(如乙酸乙酯、乳酸乙酯)在低浓度时即释放清新果香,而高阈值醇类(如苯乙醇)需积累更高浓度才能凸显花香,两者通过发酵代谢、美拉德反应衍生的酯化反应协同形成果香—花香的层次感。工艺上,通过调控发酵温度、菌种选择及陈酿条件,可协同优化美拉德反应进程与酯化反应效率,从而优化酯醇比例与浓度。例如低温发酵抑制高级醇生成,延长陈酿时间不仅促进酯类合成,也可能让美拉德反应产物与醇/酸有更充分的时间进行酯化转化,最终借助嗅觉阈值的感官阈值效应,实现香气特征在时间与空间上的有序释放,从而提升料酒的香气复杂度与持久性^[39-42]。料酒中的酯类,如乙酸乙酯和乳酸乙酯,是其香气的关键来源。乙酸乙酯所散发的典型白兰地味果香清新宜人,而乳酸乙酯则带来浓郁的酒香,使整体香气更为饱满^[43]。此外,料酒还有助于释放食品中

的鲜味和香味物质,Fu等^[44]对料酒去腥后的稻田鲤鱼肌肉中的氨基酸和味核苷酸含量进行了分析,发现料酒处理组的鲜味氨基酸含量有所增加,且等效鲜味浓度(EUC)也有所提高,说明料酒处理可能促进了鱼肉中鲜味物质的生成或释放。

料酒对肉质嫩度的影响可以从多个维度进行解析:

①乙醇渗透肌纤维并协同酶促反应,通过破坏蛋白质氢键与疏水作用,加速肌原纤维蛋白降解。朱文政等^[45]的研究结果表明,添加黄酒后红烧肉的剪切力和硬度都显著优于添加其他酒类,其原因也正是黄酒中的蛋白酶在炖煮条件下能定向水解禽肉中的肌动蛋白结构。②乙醇在烹饪过程中挥发,带走腥味的同时加速肉质软化,重塑肉的质地。③乙醇能够调控肉中水分的迁移与保持,通过影响保水性来改善肉的嫩度。因此,黄酒处理的禽肉从嫩度、色泽和口感均能达到最佳指标。此外,料酒在烹饪中还能抑制脂质氧化过程,有助于维持肉品的色泽。

3 展望

料酒作为中华传统烹饪的核心调味品,以独特化学成分实现去腥、增香及风味提升功能。未来料酒产业创新可从三大维度深化:技术革新层面,应用智能感官组学技术,如气相色谱-质谱-嗅闻联用法(GC-MS/O)、电子鼻舌等构建风味大数据模型,结合超临界萃取技术提取生姜萜烯等活性成分,辅以多菌种协同发酵工艺,实现风味物质精准调控^[46]。功能活性研究上,聚焦于料酒中核心生物活性物质(如源自黄酒基酒及香辛料添加的多酚类、活性肽、功能性多糖等)的作用机制。需深入解析黄酒多酚协同香辛料酚类化合物的抗氧化作用网络及其对烹饪过程中氧化应激的调控^[47]。产品创新领域,开发清洁标签低盐产品,研制护胃型、降嘌呤型功能配方,拓展预制菜等新兴场景应用,进而构建区块链“风味指纹”溯源体系,完善药食同源产品相关标准^[48],形成“基础研究—工艺创新—标准认证”全链条产业生态,进一步释放料酒在功能性调味品市场的潜力,巩固其领域地位。

参考文献

- [1] 贾思勰. 齐民要术[M]. 石声汉, 译注. 石定, 谭光万, 补注. 北京: 中华书局, 2022: 600-650.
- JIA S X. Qi Min Yao Shu[M]. SHI S H, translation and annotation. SHI D, TAN G W, supplementary annotation. Beijing: Zhonghua Book Company, 2022: 600-650.
- [2] 肖云. 酿造料酒发酵微生物功能分析与去腥效果评价[D]. 天津: 天津科技大学, 2023: 4-5.
- XIAO Y. Functional analysis of fermentation microorganisms and evaluation of deodorization effect in brewing cooking wine [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2023: 4-5.

- [3] 2019年中国食醋与调味料酒产业现状及特点[J]. 福建轻纺, 2019(7): 14-16.
- Current situation and characteristics of chinese vinegar and seasoning rice wine industry in 2019[J]. Fujian Light & Textile, 2019(7): 14-16.
- [4] 贺思桥, 张国泰, 芦润青, 等. 基于文献计量的料酒研究现状分析[J]. 食品工业科技, 2024, 45(3): 378-387.
- HE S Q, ZHANG G T, LU R Q, et al. Analysis of the research status of cooking wine based on bibliometrics[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(3): 378-387.
- [5] 王进, 陈涛, 王新杰, 等. 基于HS-SPME-GC-MS技术对不同产地9种黄酒挥发性香气成分差异分析[J]. 中国酿造, 2024, 43(12): 161-166.
- WANG J, CHEN T, WANG X J, et al. Difference of volatile aroma components of 9 kinds of Huangjiu from different producing areas by HS-SPME-GC-MS[J]. China Brewing, 2024, 43(12): 161-166.
- [6] 唐洁, 林斌, 单义民, 等. 白酒中愈创木酚类化合物研究进展[J]. 中国酿造, 2025, 44(1): 1-5.
- TANG J, LIN B, SHAN Y M, et al. Research progress on guaiacol compounds in Baijiu[J]. China Brewing, 2025, 44(1): 1-5.
- [7] 顾俊浩, 俞铮, 张佳汇, 等. 鲜味物质及鲜味调味料的研发进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 418-426.
- GU J H, YU Z, ZHANG J H, et al. Progress on research and development of umami substances and umami-based seasonings [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(15): 418-426.
- [8] 张森虎, 陈雪峰, 余瑞, 等. 色谱-质谱联用的食品组学技术在食品科学研究中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(13): 102-109.
- ZHANG S H, CHEN X F, YU R, et al. Applications of foodomics technology based on chromatography-mass spectrometry in food science research[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2023, 14(13): 102-109.
- [9] 王焕琦, 聂四平, 王正强. 蒸馏法-液液萃取-气相色谱-串联质谱法测定葡萄酒中挥发性酚类物质的含量[J]. 理化检验—化学分册, 2023, 59(6): 683-689.
- WANG H Q, NIE S P, WANG Z Q. Determination of volatile phenols in wine by gas chromatography tandem mass spectrometry with distillation and liquid-liquid extraction[J]. Physical Testing and Chemical Analysis Part B (Chemical Analysis), 2023, 59(6): 683-689.
- [10] 崔鹏举, 代晋, 劳浩晶, 等. 不同工艺酿造黄酒对料酒品质的影响研究[J]. 酿酒科技, 2024(10): 45-49.
- CUI P J, DAI J, LAO H J, et al. Influence of different production processes on the quality of cooking wine[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2024(10): 45-49.
- [11] 王莉莉. 黄酒风味及其影响因素的研究进展[J]. 食品工业, 2024, 45(9): 192-195.

- WANG L L. Research progress of Huangjiu flavor and its influencing factors[J]. The Food Industry, 2024, 45(9): 192-195.
- [12] 王丽英. 配制料酒及其制作方法: CN101304293B[P]. 2008-12-10.
- WANG L Y. Configured cooking wine and its production method: CN101304293B[P]. 2008-12-10.
- [13] 中华人民共和国商务部. 调味料酒: SB/T 10416—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China. Seasoning cooking wine: SB/T 10416—2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
- [14] 刘春节, 张涛, 曾治国, 等. 畜禽肉类腥味物质检测与去除方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(14): 338-345.
- LIU C J, ZHANG T, ZENG Z G, et al. Research progress on detection and removal methods of fishy substances in livestock and poultry meat[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(14): 338-345.
- [15] 夏强, 黄思强, 梁倚琦, 等. 畜禽类肝脏腥味物质与脱腥技术研究进展[J]. 肉类研究, 2023, 37(7): 28-34.
- XIA Q, HUANG S Q, LIANG Y Q, et al. Research progress on livers of livestock and poultry: a review of odorants and deodorization techniques[J]. Meat Research, 2023, 37(7): 28-34.
- [16] LIU L, ZHAO Y H, ZENG M Y, et al. Research progress of fishy odor in aquatic products: from substance identification, formation mechanism, to elimination pathway[J]. Food Res Int, 2024, 178: 113914.
- [17] FU C Y, WU D H, JIN Z, et al. Development of a novel cooking wine with high-efficiency deodorizing capability via a rapid fermentation strategy[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 153: 112431.
- [18] WANG D T, HE S Y, HUANG L S, et al. Strategies to reduce fishy odor in aquatic products: focusing on formation mechanism and mitigation means[J]. Food Chemistry, 2024, 444: 138625.
- [19] XIONG H X, CHEN L, TENG H. Environmental factors and blueberry anthocyanin-induced conformational changes modulate the interaction between myofibrillar proteins and fishy compounds and their mechanism, specifically aldehydes and alcohols[J]. Food Research International, 2025, 208: 116220.
- [20] CHENG H, WANG J F, XIE J. Progress on odor deterioration of aquatic products: characteristic volatile compounds, analysis methods, and formation mechanisms[J]. Food Bioscience, 2023, 53: 102666.
- [21] 曾博文, 汪正熙, 周星辰, 等. 鱼肉及其制品脱腥技术研究进展[J]. 中国调味品, 2022, 47(7): 210-214.
- ZAN B W, WANG Z X, ZHOU X C, et al. Research progress on deodorization technology of fish and its products[J]. China Condiment, 2022, 47(7): 210-214.
- [22] ZHANG Z C, WANG J, DONG M, et al. Integration of untargeted lipidomics and targeted metabolomics revealed the mechanism of flavor formation in lightly cured sea bass driven via salt[J]. Food Chemistry, 2025, 470: 142675.
- [23] 石林凡, 李周茹, 任中阳, 等. 贝类腥味物质及形成机理研究进展[J]. 中国食品学报, 2023, 23(3): 406-415.
- SHI L F, LI Z R, REN Z Y, et al. Recent progress in fishy odor compounds from shellfish and formation mechanism[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(3): 406-415.
- [24] 赵影, 田东昕, 钟碧奎, 等. 海参深加工脱腥技术研究进展[J]. 食品工业, 2024, 45(3): 229-235.
- ZHAO Y, TIAN J X, ZHONG B L, et al. Research progress on sea cucumber deep processing and fishy removal technology [J]. The Food Industry, 2024, 45(3): 229-235.
- [25] 李放, 邓林艳, 张婉婷, 等. 淡水虾腥味脱除技术研究进展[J]. 农产品加工, 2023(3): 89-92.
- LI F, DENG L Y, ZHANG W T, et al. Research progress of freshwater prawn fishy smell removal technology[J]. Agricultural Products Processing, 2023(3): 89-92.
- [26] 伍文驰, 张楷正, 李琼, 等. 一种酿造料酒的制备及其去腥效果研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(1): 118-121.
- WU W C, ZHANG K Z, LI Q, et al. Study on the preparation of a brewed cooking wine and its deodorization effect[J]. China Condiment, 2020, 45(1): 118-121.
- [27] 付靖雯, 陈昌威, 沈祥皓, 等. 响应面法优化紫贻贝脱腥及预处理加工工艺[J]. 中国调味品, 2024, 49(6): 15-21.
- FU J W, CHEN C W, SHEN X H, et al. Optimization of deodorization and pretreatment processing technology of *Mytilus edulis* by response surface methodology[J]. China Condiment, 2024, 49(6): 15-21.
- [28] 肖云, 李暄, 刘丹彤, 等. 料酒的发展历史与去腥调味机理研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(9): 334-339.
- XIAO Y, LI X, LIU D T, et al. History and research progress on deodorizing and flavoring mechanism of cooking wine[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(9): 334-339.
- [29] CHEN J H, PU D D, CAO B Y, et al. Effect of temperature and water addition ratio on the aroma release of yeast proteins[J]. Foods, 2025, 14(6): 1037.
- [30] 杨冬兵, 马誉志. 构建酰胺类化合物的新进展[J]. 材料化学前沿, 2025, 13(2): 109-121.
- YANG D B, MA Y Z. New progress in the construction of amide compounds[J]. Frontiers in Materials Chemistry, 2025, 13(2): 109-121.
- [31] 赵萍, 陈小华, 刘俊霞, 等. 生姜/料酒脱腥过程中大鲈肝挥发性有机物动态变化[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(24): 164-172.
- ZHAO P, CHEN X H, LIU J X, et al. Dynamic changes of volatile organic compounds in giant salamander (*Andrias*

- Davidia* liver during ginger/cooking wine deodorization[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(24): 164-172.
- [32] 唐源, 刘梦聪, 刘燕, 等. 香辛料提取物改善水产品蛋白质过氧化研究进展[J]. 食品科学, 2024, 45(20): 290-298.
- TANG Y, LIU M C, LIU Y, et al. Research progress on spice extracts for reducing protein peroxidation in aquatic products[J]. Food Science, 2024, 45(20): 290-298.
- [33] COSME F, PINTO T, VILELA A. Oenology in the kitchen: the sensory experience offered by culinary dishes cooked with alcoholic drinks, grapes and grape leaves[J]. Beverages, 2017, 3(3): 42.
- [34] 龙洋洋, 雷宇洁, 马小云, 等. 热加工过程中蔬菜叶绿素的降解及护色技术研究进展[J]. 食品科学, 2025, 46(4): 285-294.
- LONG Y Y, LEI Y J, MA X Y, et al. Research progress on the degradation of and preservation techniques for chlorophyll in vegetables during thermal processing[J]. Food Science, 2025, 46(4): 285-294.
- [35] LONG Z S, YI X Z, GAO X, et al. Combining sensory analysis and flavoromics to determine how the maillard reaction affects the flavors of golden pomfret hydrolysates[J]. Foods, 2025, 14(4): 560.
- [36] 于梓涵, 吴冬蕊, 孔佑梦, 等. 美拉德反应对肉类风味物质形成影响的研究进展[J]. 中国调味品, 2024, 49(12): 209-214.
- YU Z Y, WU D R, KONG Y M, et al. Research progress of effect of maillard reaction on formation of meat flavor substances[J]. China Condiment, 2024, 49(12): 209-214.
- [37] 戚繁. 美拉德反应在食品工业中的研究进展[J]. 现代食品, 2020(19): 44-46.
- QI F. Research progress of maillard reaction in food industry[J]. Modern Food, 2020(19): 44-46.
- [38] 邢俊超, 王鹏, 韩颖, 等. 基于智能感官和气质联用分析年份料酒[J]. 中国调味品, 2022, 47(2): 160-164, 168.
- XING J C, WANG P, HAN Y, et al. Analysis of vintage cooking wine based on intelligent senses and GC-MS[J]. China Condiment, 2022, 47(2): 160-164, 168.
- [39] 陈臣, 袁佳杰, 杨仁琴, 等. 食品风味协同作用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(3): 663-668.
- CHEN C, YUAN J J, YANG R Q, et al. Research progress of synergistic effect of food flavor[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(3): 663-668.
- [40] 田怀香, 熊娟涓, 于海燕, 等. 果酒中香气化合物的生物转化与调控机制研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(19): 36-47.
- TIAN H X, XIONG J J, YU H Y, et al. Biotransformation and biological regulation mechanism of aroma compounds in fruit wine: a review[J]. Food Science, 2022, 43(19): 36-47.
- [41] SIONEK B, OKOŃ A, LEPECKA A, et al. Effect of natural marination based on apple vinegar and acid whey on volatile and sensory profile, safety, and physicochemical properties of raw fermented beef hams[J]. Agriculture, 2025, 15(1): 107.
- [42] LI N, LI G Y, LI A H, et al. Synergy effect between fruity esters and potential odorants on the aroma of hutai-8 rose wine revealed by threshold, S-curve, and sigma-tau plot methods[J]. J Agric Food Chem, 2023, 71(37): 13869.
- [43] 康波, 段鑫锐, 张小龙, 等. 不同地区调味料酒的挥发性风味物质研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(9): 135-143.
- KANG B, DUAN X R, ZHANG X L, et al. Study on volatile flavor substances in seasoning wine from different regions[J]. China Condiment, 2022, 47(9): 135-143.
- [44] FU C Y, ZOU Y M, ZHANG Y X, et al. Comparison of different deodorizing treatments on the flavor of paddy field carp, analyzed by the E-nose, E-tongue and gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Foods, 2024, 13(16): 2623.
- [45] 朱文政, 张一凡, 沙文轩, 等. 添加不同酒对红烧肉水分迁移及食用品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(24): 104-111.
- ZHU W Z, ZHANG Y F, SHA W X, et al. The effects of addition of different wines on water migration and edible quality of braised pork[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(24): 104-111.
- [46] 汤海青, 顾晓俊, 陈祖满, 等. 基于电子舌的料酒味觉特征辨识与定量分析[J]. 核农学报, 2020, 34(5): 1054-1060.
- TANG H Q, GU X J, CHEN Z M, et al. Taste identification and quantitative analysis of cooking wines based on electronic tongue[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2020, 34(5): 1054-1060.
- [47] 胡超凡, 阮晖, 金建江, 等. 黄酒健康功效及相关生物活性物质研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(7): 7-11.
- HU C F, RUAN H, JIN J J, et al. Research progress on healthy efficacy and related bioactive substances of Huangjiu[J]. China Brewing, 2021, 40(7): 7-11.
- [48] KHAN A W, ROOBAB U, WANG Z M, et al. Salt reduction in food products: a systematic review of clean-label ingredients and non-thermal technologies[J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 153: 104695.