

doi:10.12301/spxb202400619

文章编号:2095-6002(2025)01-0026-10

引用格式:汪超,范泽锋,冯春香,等.葡萄酒品质提升研究进展[J].食品科学技术学报,2025,43(1):26-35.



WANG Chao, FAN Zefeng, FENG Chunxiang, et al. Research progress of wine quality improvement[J]. Journal of Food Science and Technology, 2025,43(1):26-35.

葡萄酒品质提升研究进展

汪超^{1,2}, 范泽锋³, 冯春香^{1,2}, 陈坚^{1,2,*}(1. 江南大学 生物工程学院, 无锡 214122; 2. 江南大学 未来食品科学中心, 无锡 214122;
3. 宜兴爱宜艺术陶瓷有限公司, 无锡 214200)

摘要:葡萄酒品质的提升是一个多因素共同作用的过程,围绕酿酒原料、酿酒酵母、浸渍工艺及陈酿方式4大关键因素展开深入探讨。酿酒原料的质量至关重要,特别是葡萄的品种和成熟度,对葡萄酒的口感和风味具有决定性影响。通过选择适宜的葡萄品种并结合精准农业技术如生物刺激剂的应用,可显著改善酿酒葡萄的理化指标,为高品质葡萄酒奠定基础。酿酒酵母的筛选与培养直接影响葡萄酒的发酵效果及风味特性。混合培养不同酵母菌株可显著增加葡萄酒质量多样性,而基因工程和代谢工程技术的应用则为改造酿酒酵母提供了新的可能。浸渍工艺的优化,特别是冷浸渍技术的开发与应用被证明能够有效提升葡萄酒中的多酚含量,改善其色泽与口感。陈酿方式的创新为葡萄酒品质提升提供了更多可能性。橡木桶陈酿已经形成了较为成熟的技术,而陶缸陈酿因其透气性和使用上的便利性正在受到越来越多的关注。将陶缸与橡木片协同使用的陈酿方式被证明能够有效提升葡萄酒的多酚含量。这些研究为葡萄酒产业提供了宝贵的理论依据和实践指导,有助于推动葡萄酒品质的持续提升。

关键词:葡萄酒;酿酒原料;酿酒酵母;浸渍工艺;陈酿方式**中图分类号:** TS262.6**文献标志码:** A

国际葡萄与葡萄酒组织(OIV)发布的《2023年世界葡萄酒生产和消费的颜色演变》报告显示,2021年全球葡萄酒消费量中,红葡萄酒消费量达到112亿L,占总消费量的47%;白葡萄酒消费量为100亿L,占43%;桃红葡萄酒消费量为23亿L,占10%。红葡萄酒的消费量有所下降,白葡萄酒和桃红葡萄酒的消费量总体呈现出上升的趋势,这表明消费者对葡萄酒的整体需求仍然存在,并且消费结

构在发生变化,消费者对葡萄酒的品质重视程度逐年升高,更加注重葡萄酒的产地、品种、酿造工艺以及口感等方面的细节。健康饮酒、品质化、个性化与文化体验成为葡萄酒消费的新趋势,消费者愿意为高品质的葡萄酒支付更高的价格,这也促使葡萄酒生产商更加重视品质提升,以满足市场需求。

中国作为全球葡萄酒消费增长最快的国家之一,其市场潜力巨大。然而,目前中国葡萄酒产业在

收稿日期:2024-10-14

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(2022BBF01003);中国工程院战略研究与咨询项目(2024-JZ-08,2024-DFZD-44);中国工程院环境与轻纺工程学部前瞻性储备性研究项目(2023-JB-05)。

Foundation: Ningxia Hui Autonomous Region Key R&D Plan Project (2022BBF01003); Strategic Research and Consulting Project of Chinese Academy of Engineering (2024-JZ-08, 2024-DFZD-44); Prospective Reserve Research of Department of Environmental and Textile Engineering of Chinese Academy of Engineering (2023-JB-05).

第一作者:汪超,男,副研究员,主要从事食品生物技术和发酵工程方面的研究。

*通信作者:陈坚,男,中国工程院院士,主要从事食品生物技术和发酵工程方面的研究。

产量和品质方面与传统葡萄酒生产国相比仍存在一定差距,国产葡萄酒在国际市场中的竞争力有待提高。这也凸显了研究提升葡萄酒品质对于促进中国葡萄酒产业发展,以更好地满足国内消费者对高品质葡萄酒的需求,提升国产葡萄酒在国际市场上的份额的重要性。

葡萄酒的品质主要由外观(色泽、澄清度)、口感和香气3方面组成,而影响葡萄酒品质或理化指标的主要因素体现在整个葡萄酒酿造过程中,包括酿酒葡萄的品质、酵母菌种的选择、酿酒单宁、浸渍工艺和陈酿方式等。以下将讨论在葡萄酒酿造过程中,不同因素对葡萄酒品质的影响,希望为葡萄酒品质的提升提供理论基础。

1 酿酒原料

葡萄酒酿造主要工艺流程见图1。

酿酒葡萄的理化指标与葡萄酒的理化指标关联性很大。长期以来,葡萄酒品质的评价主要依赖于经验丰富的专业评酒员的感官评价。由于不同品评人员个体、性别及经验等差异,其评价结果因主观因素强而存在偏差,因此,近年来建立的基于酿酒葡萄的理化指标(主成分分析法的综合评价指标)对葡萄酒的品质进行分类,只受客观因素的影响,成为葡萄酒品质评价的重要依据^[1]。决定葡萄酒品质的根本因素是酿酒葡萄的品质,葡萄原料必须在其最大的成熟阶段收取,以获得颜色深红、柔软饱满的果实,最终酿造具有水果香味的葡萄酒^[2-4]。不同的地理环境(包括气候、土壤环境及适宜于各地区栽种的品种等因素)决定了酿酒葡萄的品质,使得酿造的葡萄酒有其独特的风味。研究表明,酿酒葡萄品质存在差异的主要原因是其主要成分(糖、酸、花青素等)含量存在地域性差异^[5]。其中,酿酒葡萄中糖含量是影响葡萄酒品质的重要因素之一,其主要糖成分为葡萄糖和果糖,以及少量的蔗糖素。在葡萄酒酿造过程中,酿酒酵母将糖转化为酒精和二氧化碳,同时生成醇、醛、酸、酯等代谢产物,直接或间接影响葡萄酒的颜色、香气和口感,对葡萄酒的质量起决定性作用^[2,6]。葡萄酒酒精发酵是葡萄酿造过程中最重要的环节,也是酿酒师最为注重的环节。与糖分相比,酿酒葡萄中有机酸(主要为苹果酸、柠檬酸和酒石酸,是葡萄汁呈酸味的主要原因)的含量虽然低,但因为其在一定程度上改善了酿酒葡萄

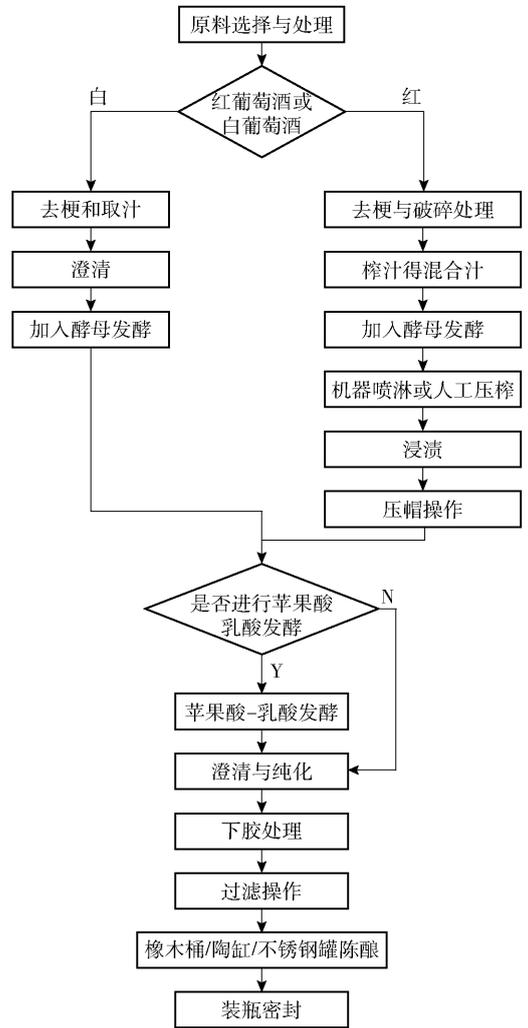


图1 葡萄酒酿造工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wine making process

发酵过程中产生的生青味和苦涩味,使葡萄酒的口感更加饱满、柔润^[7],也成为影响葡萄酒品质的重要指标。葡萄皮中的花青素是评价酿酒葡萄品质的另一重要标准,不同酿酒葡萄果皮中花青素的含量不同,造成酿造的葡萄酒颜色差异很大^[8]。葡萄颜色作为红葡萄酒重要的感官指标,很大程度上代表了红葡萄酒的品质^[9],也是消费者在选购红葡萄酒时的重要参考标准之一。目前红葡萄酒主要存在颜色不稳定,容易褪色等问题,因此如何增强葡萄酒颜色的稳定性已成为提升葡萄酒品质的主要考虑方向之一,此外,葡萄酒颜色也受产地、品种、酿造工艺和陈酿方式等多方面因素的影响。

酿酒葡萄的品质决定葡萄酒的品质,必须收取最佳成熟阶段的葡萄原料,以获得颜色深红、柔软饱满的果实,最终酿造具有水果香味的葡萄酒^[3-4]。因此,葡萄的品种、成熟度、葡萄种植气候、栽培方式

等都不同程度地影响着葡萄酒的品质^[10]。目前,气候变化已经成为酿酒师关注的一个重要问题,因为它可以改变葡萄发育和果实的成熟过程^[11]。在干燥和炎热的葡萄产区,葡萄成熟过程更快,糖、酸和酚的平衡就很难维持。在葡萄快速成熟的过程中,含糖量迅速增加,可滴定酸度急剧下降,若未达到最佳的酚类成熟度,就可能导致葡萄酒口感粗糙、酒体不平衡^[10]。相反,一些多雨偏干冷的地区,葡萄成熟过程变缓,这些晚熟产品往往会因为有效生长期温度不足而无法达到最适宜的成熟度^[3]。在此基础上,为了减轻气候对葡萄品质的影响,一种有效的策略就是在葡萄叶面喷洒生物刺激剂^[12-13],Lázaro等^[11]在葡萄藤上喷洒生物刺激剂,发现葡萄藤经过处理后对葡萄和葡萄酒的影响可能会随季节而变化,同时实验证明,利用生物刺激剂进行叶面处理对葡萄的单糖和多糖组成有轻微的影响,后续用经处理后的果实酿造的葡萄酒对照未经处理的果实酿造的葡萄酒,前者表现出更高的感官评价。即在葡萄藤叶面喷洒适量的生物刺激剂或可缓和气候变化对酿酒葡萄的影响,进而提升葡萄酒的品质,但关于生物刺激剂在

葡萄藤叶面的广泛使用带来的影响及效果提升的作用机理还需要进一步深入研究。

除此之外,葡萄的品种、葡萄采摘时期对葡萄酒的品质也有着极大的影响。研究显示,消费者在购买葡萄酒时会优先考虑葡萄的品种^[14],因此葡萄品种成为葡萄酒品质的决定性因素。陈璐等^[15]的研究显示,在不同葡萄品种酿制的酒样品中,乙酸异丁酯和己酸乙酯可赋予葡萄酒浓郁的果香,在其含量上,霞多丽样品的香气含量略高于赤霞珠、北玫两种葡萄酒样品,这使得霞多丽葡萄酒样品的果味更明显。不同品种葡萄酒香气成分的香气活度值(odor activity value, OAV)及感官描述见表1^[15]。由表1可知,马瑟兰葡萄酒样品和北方玫瑰葡萄酒样品中大马士革酮的 OAV 都较高,因此具有甜美的花香和热带水果的香气。同时不同品种葡萄酿制的葡萄酒中的酸类、酯类以及醇类物质的含量也各不相同。而酯类物质作为葡萄酒中主要的芳香物质,是构成酒体中的香味的主要物质,也是葡萄酒中具有浓烈香味的主要原因^[16],将极大地影响葡萄酒的品质,因此选择一种合适的葡萄品种是提升葡萄酒品质的有效途径之一。

表1 不同品种葡萄酒中不同香气成分的香气活度值及感官描述

Tab. 1 Odor activity values and sensory descriptions of aroma components in different types of wine

化学物质	OAV				感官描述
	赤霞珠	马瑟兰	霞多丽	北玫	
乙酸乙酯	5.9	11.4	17.09	0.05	果香
乙酸异丁酯	13.49	14.16	34.99	23.29	成熟水果味
乙酸异戊酯	28.08	1.66	19.045	19.44	果香、香蕉味
苯乙醇	22.46	5.52	—	—	花香
异戊酸	42.26	15.96	8.76	—	刺激性气味
大马士革酮	—	127.79	—	198.82	花香、紫丁香、煮苹果香

2 酿酒酵母筛选

研究表明,不同酵母菌种在葡萄酒酿造过程中产生的酸、残糖、酒精度和花色苷不同,从而导致葡萄酒在色泽、香气轮廓及感官质量上出现不同程度的改变^[9]。此外,葡萄酒中缩合单宁的含量与种类直接影响葡萄酒的口感,而缩合单宁的亚基组成、聚合度和没食子酰化程度均与涩感强度有关。目前,人们对葡萄酒涩味感知的多样性影响知之甚少。因此,明确不同产区、不同陈酿时间的缩合单宁结构组

分差异,以及它与葡萄酒涩感的相关性至关重要。

从本质上讲,葡萄汁经历的自然或自发的酒精发酵过程中,微生物以酿酒酵母为主,因此酿造葡萄酒过程中多会分离出这种酵母的纯培养物,并将其开发为葡萄酒发酵的发酵剂^[17]。将葡萄汁转化成葡萄酒的过程中,酿酒酵母将糖转化成乙醇并产生其他复杂化合物,这极大地增加了葡萄酒的复杂度及可变量,葡萄养分缺乏、真菌退化和收获时果实成熟程度等多种参数都会影响发酵过程中高级醇和酯的形成从而间接地影响葡萄酒的品质^[18]。酿酒酵母在复杂的酿酒过程中也起着使酒体成熟的基本

作用,这也决定了酿酒酵母在葡萄发酵过程中举足轻重的地位。除此之外,使用酿酒酵母菌株还归因于多种因素,包括其高效发酵能力、对乙醇的高抗性和耐渗透性等^[19]。

随着代谢工程和合成生物学技术的快速发展,改造酿酒酵母以增加葡萄酒风味物质的方法展现出巨大的应用潜力。Wang等^[20]通过代谢和细胞器工程改造酿酒酵母,实现了二氢黄酮醇和花色苷的从头合成,显著提升了多种黄酮类化合物的产量,为提升葡萄酒的感官质量和健康价值提供了新的途径。

葡萄酒发酵无论是自发的还是接种的,其过程都是复杂的,不仅涉及非酵母菌和酵母菌的连续生长,还涉及菌株的自我演替发育^[21]。事实上,研究发现,自发发酵的结果比酿酒酵母接种菌株的结果更复杂^[17]。在葡萄酒酿造过程中,多会选择实验室培养的混合酿酒酵母代替自发发酵过程中的野生酵母菌株或单一酵母菌株。有研究将毕赤酵母与酿酒酵母混合培养,发现不同酵母菌株混合发酵生产葡萄酒过程中,这种混合发酵不仅能改善葡萄酒香气,还可以赋予葡萄酒独特的风味^[22]。另外也有研究显示,非酿酒酵母虽无法单独完成葡萄酒发酵,还存在耐酒精能力差,发酵能力低、存活时间短、产酸高等缺点,但与单一菌株发酵的葡萄酒相比,合理利用非酿酒酵母与酿酒酵母的混合发酵,可达到有效提高葡萄酒品质的目的^[23]。因此,在后续研究中,将不同微生物间的相互作用及不同菌种对葡萄酒品质的影响作为研究重点,在提高葡萄酒品质方面将具有广阔的应用前景。

3 浸渍工艺

在酿造葡萄酒过程中,除了葡萄品种外,葡萄酒的颜色也是影响葡萄酒品质的另一重要因素。红葡萄酒酿造的主要环节是提取葡萄内部固体物质,而浸渍最为关键,合理的浸渍工艺有助于提升葡萄酒的颜色和口感^[24-25]。新酿制的葡萄酒经过一定时期的存放,风味乃至整个品质得以改善的过程称为葡萄酒的陈酿或老熟。不同的陈酿工艺和方式会引起葡萄酒中酚类、醇类、酯类、萜烯类等物质在含量或种类上的差异,从而影响葡萄酒的口感和香气^[26]。决定葡萄酒颜色品质的主要物质为多酚类物质^[27],多酚类物质特别是花青素和原花青素对葡萄酒的颜色、涩味、苦味的影响较大,因此对葡萄酒

的颜色和感官特征起重要作用^[28]。为提高所产葡萄酒中多酚类物质一般可将葡萄先进行相关处理,再选择不同的酿造工艺^[29]。而在用葡萄酿造葡萄酒过程中,浸渍工艺是最为重要的提取过程,很大程度上决定着葡萄酒的类型。与此同时,浸渍工艺也决定着葡萄酒酿造过程中初期花色苷的组成成分,因此选择适当的浸渍工艺有助于提升葡萄酒的品质^[30],目前可供选择的浸渍工艺包括传统浸渍、酶浸渍工艺以及冷浸渍工艺等^[27]。

3.1 传统浸渍工艺

在红葡萄酒酿造过程中,传统浸渍一般是酒精发酵和浸渍同时进行。在发酵过程中,将碾碎的原料中的多酚类物质(包括单宁、花青素、花色苷等)浸提到汁液里,在此过程中浸渍效果与时间、温度等因素有着密切关系^[30]。Garrido-Bañuelos等^[31]的研究表明,较长时间的传统浸渍工艺可能会导致果胶溶解损失,劣质单宁析出,酒体出现苦涩味,从而导致葡萄酒的品质降低。Ntuli等^[32]的研究也表明,传统浸渍温度较高时发酵出的葡萄酒具有更明显的颜色强度,不可漂白色素也随之增多,低温浸渍则会导致葡萄酒中的酯类浓度降低。在干红葡萄酒酿造过程中,传统浸渍工艺往往存在浸渍强度不够的缺点,因此对葡萄酒品质的提升受限,但由于其操作方便、经济投入小,多成为中小型企业首选。

3.2 酶浸渍工艺

随着葡萄酒酿造技术不断革新,除上述浸渍工艺外,还涌现了许多新兴的浸渍工艺,酶浸渍工艺就是其中一种。传统浸渍方法中往往会添加一定含量的果胶酶,酶浸渍即是在浸渍过程中进一步优化酶的种类、配比以达到更好的效果。酶浸渍作为另一种可替代的酿酒工艺,它可催化葡萄细胞壁多糖降解,从而提取更多的胞内有色物质^[33]。同时,果皮细胞壁内的挥发性成分、香气前体物质及与香气合成相关的酶被释放溶于发酵汁中,既促进了葡萄酒中挥发性物质含量的增加;也有利于果皮果肉组织中的色素、总酚、单宁等物质的释放,提高葡萄酒的品质。现有关于酶浸渍的研究主要集中于优化果胶酶种类及配方^[27]。王瑾等^[34]利用响应面实验分析优化复合酶配方,得出利用优化后的复合酶配方,可有效缩短花色苷的浸渍时间,同时可改变花色苷的组成成分及含量。Kelebek等^[35]使用浸渍酶的酿酒试验表明,随着花青素和酚类物质的提取增加,葡萄酒的颜色强度也会增加。

3.3 冷浸渍工艺

冷浸渍工艺是目前实际生产过程中应用较多的浸渍工艺,即将去籽破碎处理的葡萄原料装罐后将发酵罐内温度降至5~15℃,低温浸渍一段时间后再进行酒精发酵,这使得水溶性化合物优先析出,而这有利于低分子花青素和单宁的提取^[36]。一般来说,冷浸渍温度和酿酒的条件不同,其对葡萄酒品质的影响也各不相同^[37]。González-Neves等^[38]的研究显示,冷浸渍与传统浸渍工艺相比虽然所经历时间更久,但经过冷浸渍处理后的葡萄酒成品中花青素等多酚类物质含量远高于传统浸渍工艺。Busse-Valverde等^[39]的研究也证明,冷浸渍处理后酿制的葡萄酒的花青素含量较高。这与赵婉珍等^[40]得出的冷浸渍工艺可以有效提升红葡萄酒中多酚类化合物含量,同时可改善葡萄酒的色泽和口感,从而提升葡萄酒品质的结果一致。曹栋杰^[30]的实验结果也显示,经过冷浸渍处理后葡萄酒中总花色苷类物质的浸提速率及相关含量要显著高于其他传统浸渍工艺。最终结果也证明,冷浸渍工艺处理有利于葡萄酒酿造过程多酚类物质的浸提,从而提升花青素等酚类化合物的含量,间接达到提升葡萄酒品质的目的。然而Busse-Valverde等^[39]的研究结果显示,尽管在低温优先浸渍过程中有利于提取果皮原花青素,但发酵产生的酒精也更容易提取葡萄种子中的原花青素,这就会导致种子中的原花青素的比例很高,因此可能会使葡萄酒成品中存在苦味。所以冷浸渍工艺在葡萄酒酿造中的广泛应用还需要进一步研究。因此,不同浸渍工艺对葡萄酒品质的影响见表2。

表2 葡萄酒的浸渍工艺及优缺点

Tab. 2 Advantages and disadvantages of wine maceration process

浸渍工艺	优势	缺点
传统浸渍	操作方便、经济	受温度和时间影响较大,强度不足
酶浸渍	颜色强度增加、快速环保	对花青素提取影响不明,增加成本
冷浸渍	多酚类物质有效提升	原花青素含量较高,略有苦味

4 陈酿方式

葡萄酒陈酿一般为各种复杂的物理和化学反

应,这可改变葡萄酒的各种化学成分,增加葡萄酒中风味的复杂性。葡萄酒的陈酿可以分为2个连续的阶段:桶(或罐)陈酿和瓶陈酿,每一个阶段都对葡萄酒的香气有特定的影响。玻璃罐、陶缸或木桶(多为橡木桶)都可以用来葡萄酒陈酿。研究显示,不同材质的陈酿容器对葡萄酒品质的影响也各不相同^[30]。因此,选择适宜的陈酿容器也可在一定程度上提升葡萄酒品质。

4.1 橡木桶陈酿

橡木桶可以给葡萄酒带来风味的变化和芳香的复杂性^[41],因此橡木桶陈酿在酿酒工艺中被广泛应用,与此同时,葡萄酒本身也会影响橡木木材中挥发性物质的析出^[42]。木桶陈酿已经使用了200多年,一方面因为,葡萄酒在发酵和陈酿过程中与木材的接触会导致一系列化学反应(花青素和单宁的缩合、氧化),从而导致其化学成分发生显著变化,最终会提高其性能^[43]。另一方面则是,从木材中释放到葡萄酒中的可溶性化合物如酚类化合物、芳香化合物有助于澄清葡萄酒并修饰其涩味^[44],且橡木对酒体的陈酿效果主要与橡木中可溶性有效成分的含量、酒体与橡木制品的作用时间、橡木制品的烘烤程度等因素有关^[45]。何若茜^[46]的研究结果显示,在利用橡木桶陈酿过程中,延长陈酿时间,所酿葡萄酒中的酯类、醇类、酸类含量增加,而芳香类、萜烯类、呋喃与内酯类含量呈先增后减趋势,缩醛与醛酮类物质含量则呈先减后增的趋势。有研究显示^[47],利用橡木桶陈酿,烘烤度是影响橡木源香气质量浓度最明显的因素,且Koussissi等^[48]的研究也得出中度烘烤的橡木片对葡萄酒的陈酿效果最佳。

4.2 陶缸陈酿

陶缸是由特殊的泥土材料烧制,具有和橡木桶差不多的透气性能,因此在葡萄酒陈酿过程中,也可使适量氧气缓慢地溶入酒体中^[49],兰玉倩等^[50]的研究结果显示,由于陶缸的特殊材质作用,在一定程度上有助于加速葡萄酒酒体陈酿。传统陶缸在陈酿时为了防止渗漏,多会选择在陶缸内外上釉,这就会导致陶缸的透气性较低,同时,陶缸不易安置阀门,因而其难以实现机械化生产,普及率低^[51]。然而,随着酿造技术不断精进,实现了陶缸不上釉,同时设置阀门、密封盖等,这有效地提高了陶缸的透气性,同时充分利用了其使用的便利性,降低了人工成本并实现机械化生产。Wang等^[52]选取橡木桶、釉陶

坛、无釉陶坛、不锈钢罐作为红酒陈酿容器,对其酚类化合物及抗氧化活性进行分析比较,发现无釉陶坛组样品的抗氧化能力下降幅度小于其他三组,说明无釉陶坛能很好地保留红酒中的抗氧化成分。苏昊等^[49]将无釉陶缸结合中度熏烤的橡木片,结果显示其陈酿效果与橡木桶陈酿效果相似,且对葡萄酒总酸、总糖等主要品质影响甚微,与此同时,他们还研究发现,相较于单一的橡木桶陈酿而言,协同陈酿方式能有效提升葡萄酒成品中的单宁、花青素以及花色苷等多酚类化合物的含量。但目前关于陶缸协

同橡木片陈酿的研究并不多,因此欲利用这种陈酿方式达到提升葡萄酒品质目的还需要更深入的研究。

5 结论

葡萄酒酿造是一个复杂的过程,其间涉及诸多因素,如酿酒葡萄品种、酵母菌种、酿酒单宁、浸渍工艺、陈酿方式等,这些因素中可以用于提升葡萄酒品质的措施和方法见表3。

表3 提升葡萄酒品质的主要措施
Tab.3 Main measures to improve wine quality

影响葡萄酒品质的主要因素	措施	对葡萄酒品质的影响
酿酒原料	叶面喷洒生物刺激剂、筛选合适的葡萄品种	在酿造葡萄酒过程中挑选适宜葡萄品种,同时在种植葡萄地区选择合适的生物刺激剂,可有效提升葡萄品质,进而改善葡萄酒品质
酿酒酵母	将酿酒酵母与非酿酒酵母混合培养	选择将多种菌种混合培养,从而达到增强葡萄酒的多样性,提升品质的目的
浸渍工艺	合理利用冷浸渍工艺	冷浸渍工艺可有效增加酒体中的多酚类物质,增强葡萄酒的风味和口感,进而提升葡萄酒的品质,同时冷浸渍工艺技术成熟,可广泛应用
陈酿方式	陶缸协同中度烘烤橡木片陈酿	将陶缸和橡木片协同陈酿,其酿造出的葡萄酒较单一橡木桶陈酿,多酚等化合物的含量得到有效提升

酿酒葡萄的品质是决定葡萄酒品质的重要因素,它不仅取决于葡萄本身的采摘时期,也与葡萄品种及种植气候密切相关,因此在挑选适宜葡萄品种同时选择合适的生物刺激剂,可有效提升葡萄品质,进而直接改善葡萄酒品质。与此同时,选择适当的酿酒酵母也可在一定程度上提升葡萄酒品质,目前葡萄酒酿造过程中多会选择将多种菌种混合培养,从而达到增强葡萄酒多样性,提升品质的目的。此外,也可以混合培养具有高产天然产物能力的基因工程菌株增加葡萄酒的功能性,如白藜芦醇等^[53]。除此之外,葡萄酒在酿造过程中的浸渍工艺及陈酿方式同样对葡萄酒品质有着不同程度的影响,传统浸渍,由于受时间和温度的影响较大,可能导致葡萄酒中的杂质较多,对葡萄酒品质的提升有限,然而目前关于酶浸渍的研究不够深入,其效果还有待进一步研究。相比之下经过冷浸渍工艺可有效增加酒体中的多酚类物质,增强葡萄酒的风味和口感,进而提升葡萄酒的品质,同时冷浸渍工艺技术成熟,可广泛应用。橡木桶陈酿历史悠久,目前使用较多的陈酿方

式是中度烘烤的橡木片陈酿,而陶缸由于其操作的局限性在葡萄酒的生产过程中应用受限。然而,随着酿酒技术的发展,陶缸陈酿的弊端正被不断规避,其优点被不断放大,因此有研究提出,将陶缸和橡木片协同陈酿,其酿造出的葡萄酒较单一橡木桶陈酿,多酚类物质的含量得到有效提升,但这种协同陈酿方式对葡萄酒品质提升的研究还较为鲜见,有待进一步深入探讨研究。

6 展望

提升葡萄酒品质的研究前景广阔。在葡萄种植环节,精准农业技术与大数据分析有望实现对采摘时机的精确控制,而基因编辑技术将加速优质葡萄品种的选育。结合环境条件优化适配的生物刺激剂的使用将进一步提升酿酒葡萄的品质。在酿酒过程中,基因工程将推动工程酿酒酵母的开发,以提升葡萄酒风味的稳定性和多样性。同时,随着混合培养技术将走向精细,优化菌种组合以挖掘独特风味成

为可能。代谢工程改造菌株有望实现对功能性成分的精确调控,从而提升葡萄酒的营养价值。在浸渍工艺方面,酶浸渍的研究突破将有助于高效提取风味物质并减少杂质含量,而冷浸渍工艺尚需不断的改进与优化。在陈酿方面,橡木桶与橡木片陈酿技术将继续朝着更加精细化的方向发展。陶缸陈酿则可能通过材料科学的进步克服其局限性。随着协同陈酿的深入研究,有望明确最佳组合方案,为消费者提供多样化风格的高品质葡萄酒。

参考文献:

- [1] FERRERO-DEL-TESO S, ARIAS I, ESCUDERO A, et al. Effect of grape maturity on wine sensory and chemical features; the case of Moristel wines[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 118: 108848.
- [2] 陶永胜,李娜. 葡萄酒中香气物质研究进展[J]. *食品科学技术学报*,2023,41(3):28-40.
TAO Y S, LI N. Research progress of aroma substances in wine [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2023, 41(3):28-40.
- [3] ASHENFELTER O, STORCHMANN K. Climate change and wine: a review of the economic implications [J]. *Journal of Wine Economics*,2016,11(1): 105-138.
- [4] CHERVYAK S N, BOYKO V A, LEVCHENKO S V. The effect of foliar treatment on phenolic maturity of grapes and qualitative characteristics of wines materials [J]. *Horticulture and Viticulture*, 2019(4): 30-36.
- [5] RANKINE B, FORNACHON J, BOEHM E, et al. Influence of grape variety, climate and soil on grape composition and on the composition and quality of table wines[J]. *Vitis: Journal of Grapevine Research*, 2017, 10: 33.
- [6] SPARROW A, DAMBERGS R, BINDON K, et al. Interactions of grape skin, seed, and pulp on tannin and anthocyanin extraction in pinot noir wines[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2015, 66(4): 472-481.
- [7] CHIDI B S, BAUER F, ROSSOUW D. Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity: a review[J]. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2018, 39(2): 1-15.
- [8] WANG C P, CHEN X Q, REN Y H, et al. Geographical location influence 'Cabernet Franc' fruit quality in Shandong province [J]. *Scientific Reports*, 2024, 14(1): 2382.
- [9] 张军翔. 我国葡萄酒在陈酿及灌装环节的质量安全问题及对策[J]. *食品科学技术学报*,2014,32(3):6-9.
ZHANG J X. Quality and safety problems of Chinese wine in aging and filling process and countermeasures [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 32(3): 6-9.
- [10] VIANA T, LOUREIRO-DIAS M C, PRISTA C. Efficient fermentation of an improved synthetic grape must by enological and laboratory strains of *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *AMB Express*, 2014, 4: 16.
- [11] LÁZARO M G, LAPUENTE L M, CERDÁN T G, et al. Effect of methyl jasmonate plus urea foliar application on the polysaccharide and monosaccharide composition of Tempranillo grapes and wines and on the wine's quality [J]. *Nitrogen*, 2023, 4(3): 263-278.
- [12] FRIONI T, VANDERWEIDE J, PALLIOTTI A, et al. Foliar vs. soil application of *Ascophyllum nodosum* extracts to improve grapevine water stress tolerance [J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 277: 109807.
- [13] PORTU J, LÓPEZ-ALFARO I, GÓMEZ-ALONSO S, et al. Changes on grape phenolic composition induced by grapevine foliar applications of phenylalanine and urea[J]. *Food Chemistry*, 2015, 180: 171-180.
- [14] GUSTAFSON C R, LYBBERT T J, SUMNER D A. Consumer sorting and hedonic valuation of wine attributes: exploiting data from a field experiment [J]. *Agricultural Economics*, 2016, 47(1): 91-103.
- [15] 陈璐,石俊,张晓蒙,等. 酿酒葡萄品种及产区对贺兰山东麓葡萄酒香气质量的影响研究[J]. *中国酿造*, 2022, 41(4): 39-45.
CHEN L, SHI J, ZHANG X M, et al. Effects of wine grape varieties and producing areas on aroma quality of wine in the eastern foot of Helan mountain [J]. *China Brewing*, 2022, 41(4): 39-45.
- [16] HE Y, WANG X Y, LI P H, et al. Research progress of wine aroma components; a critical review [J]. *Food Chemistry*, 2023, 402: 134491.
- [17] FLEET G H. Wine yeasts for the future [J]. *FEMS Yeast Research*, 2008, 8(7): 979-995.
- [18] MALHERBE S, BAUER F, DU TOIT M. Understanding problem fermentations-a review [J]. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2007, 28(2): 169-186.
- [19] PRETORIUS I S. Tailoring wine yeast for the new millennium; novel approaches to the ancient art of wine-

- making[J]. *Yeast*, 2000, 16(8): 675–729.
- [20] WANG C, MA W, XU L, et al. Integrative metabolic and cellular organelle engineering for improving biosynthesis of flavonoid compounds in *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *Food Bioscience*, 2024, 60: 103996.
- [21] ZOTT K, MIOT-SERTIER C, CLAISSE O, et al. Dynamics and diversity of non-*Saccharomyces yeasts* during the early stages in winemaking[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 125(2): 197–203.
- [22] KONG C L, LI A H, SU J, et al. Flavor modification of dry red wine from Chinese spine grape by mixed fermentation with *Pichia fermentans* and *S. cerevisiae* [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 109: 83–92.
- [23] HU K, JIN G J, XU Y H, et al. Wine aroma response to different participation of selected *Hanseniaspora uvarum* in mixed fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Food Research International*, 2018, 108: 119–127.
- [24] BINBIN L, ZHANCHENG D, MIN W, et al. Effect of cold maceration treatments on color quality and flavor characteristics of dry red wine[J]. *Food and Machinery*, 2019, 35(12): 179–184.
- [25] 章冉,田湑,安然,等. 卵清蛋白沉淀法分析干红葡萄酒的涩感质量[J]. *食品科学技术学报*, 2016, 34(4): 80–84.
- ZHANG R, TIAN T, RAN A, et al. Analysis of astringent quality of dry red wine by egg albumin precipitation method[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 34(4): 80–84.
- [26] WATERHOUSE A L. Wine phenolics[J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2002, 957(1): 21–36.
- [27] WANG J, HUO S F, ZHANG Y X, et al. Effect of different pre-fermentation treatments on polyphenols, color, and volatile compounds of three wine varieties [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2016, 25(3): 735–743.
- [28] BUSSE-VALVERDE N, GÓMEZ-PLAZA E, LÓPEZ-ROCA J M, et al. The extraction of anthocyanins and proanthocyanidins from grapes to wine during fermentative maceration is affected by the enological technique [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(10): 5450–5455.
- [29] MA T, WANG J, WANG H, et al. Wine aging and artificial simulated wine aging: Technologies, applications, challenges, and perspectives[J]. *Food Research International*, 2022, 153: 110953.
- [30] 曹栋杰. 发酵前处理与陈酿方式对赤霞珠红葡萄酒品质的影响研究[D]. 西安:西北农林科技大学, 2022.
- CAO D J. Effects of pre-fermentation treatment and aging methods on the quality of Cabernet Sauvignon red wine[D]. Xi'an: Northwest A&F University of China, 2022.
- [31] GARRIDO-BAÑUELOS G, BUICA A, KUHLMAN B, et al. Untangling the impact of red wine maceration times on wine ageing. A multidisciplinary approach focusing on extended maceration in Shiraz wines[J]. *Food Research International*, 2021, 150(Pt A): 110697.
- [32] NTULI R G, SALTMAN Y, PONANGI R, et al. Impact of fermentation temperature and grape solids content on the chemical composition and sensory profiles of Cabernet Sauvignon wines made from flash détente treated must fermented off-skins[J]. *Food Chemistry*, 2022, 369: 130861.
- [33] ZHANG X K, JEFFERY D W, MUHLACK R A, et al. The effects of copigments, sulfur dioxide and enzyme on the mass transfer process of malvidin-3-glucoside using a modelling approach in simulated red wine maceration scenarios[J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2021, 130: 34–47.
- [34] 王瑾,冯作山,洪梅玲,等. 响应面法优化复合酶解制取赤霞珠葡萄汁工艺[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(3): 141–146.
- WANG J, FENG Z S, HONG M L, et al. Optimization of preparation of cabernet sauvignon grape juice with compound enzymatic hydrolysis by response surface methodology[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(3): 141–146.
- [35] KELEBEK H, CANBAS A, CABAROGLU T, et al. Improvement of anthocyanin content in the cv. Öküzgözü wines by using pectolytic enzymes[J]. *Food Chemistry*, 2006, 105(1): 334–339.
- [36] ÁLVAREZ I, ALEIXANDRE J L, GARCÍA M J, et al. Impact of prefermentative maceration on the phenolic and volatile compounds in Monastrell red wines[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2006, 563(1/2): 109–115.
- [37] LERNO L A, PANPRIVECH S, PONANGI R, et al. Impact of cold soak duration on Cabernet Sauvignon fer-

- mentation and phenolic composition[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(2): 805 – 815.
- [38] GONZÁLEZ-NEVES G, GIL G, BARREIRO L, et al. Pigment profile of red wines cv. Tannat made with alternative winemaking techniques[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, 23(5): 447 – 454.
- [39] BUSSE-VALVERDE N, GÓMEZ-PLAZA E, LÓPEZ-ROCA J M, et al. Effect of different enological practices on skin and seed proanthocyanidins in three varietal wines[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(21): 11333 – 11339.
- [40] 赵婉珍, 祝霞, 陈霞, 等. 不同浸渍工艺对蛇龙珠干红葡萄酒香气成分的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(13): 237 – 243.
- ZHAO W Z, ZHU X, CHEN X, et al. Effect of different steeping technique on aroma components of Cabernet Gernischt wine[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(13): 237 – 243.
- [41] LU H, CHENG B, LAN Y, et al. Modifications in aroma characteristics of ‘Merlot’ dry red wines aged in American, French and Slovakian oak barrels with different toasting degrees[J]. *Food Science and Human Wellness*, 2024, 13(1): 381 – 391.
- [42] COLLINS T S, MILES J L, BOULTON R B, et al. Targeted volatile composition of oak wood samples taken during toasting at a commercial cooperage[J]. *Tetrahedron*, 2015, 71(20): 2971 – 2982.
- [43] 汪超, 唐柯, 高晨, 等. 葡萄酒陈酿新技术研究进展[J]. *食品与生物技术学报*, 2022, 41(12): 1 – 7.
- WANG C, TANG K, GAO C, et al. Research progress on new wine aging technologies[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2022, 41(12): 1 – 7.
- [44] CASTRO M C, SILVELLO G C, CORNIANI L S, et al. Maturation-related phenolic compounds in cachaça aged in oak barrels: influence of reuses[J]. *Wood Science and Technology*, 2023, 57(3): 781 – 795.
- [45] DEL ALAMO-SANZA M, NEVARES I. Oak wine barrel as an active vessel: a critical review of past and current knowledge[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, 58(16): 2711 – 2726.
- [46] 何若菡. 陈酿方式对白兰地香气成分的影响[D]. 烟台:烟台大学, 2023.
- HE R H. Effect of aging methods on the aroma components of brandy[D]. Yantai: Yantai University, 2023.
- [47] CHIRA K, TEISSEDE P L. Chemical and sensory evaluation of wine matured in oak barrel: effect of oak species involved and toasting process [J]. *European Food Research and Technology*, 2015, 240(3): 533 – 547.
- [48] KOUSSISSI E, DOURTOGLOU V, AGELOUSSIS G, et al. Influence of toasting of oak chips on red wine maturation from sensory and gas chromatographic headspace analysis[J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(4): 1503 – 1509.
- [49] 苏昊, 薛洁, 李维新, 等. 无釉陶缸协同橡木处理对葡萄酒陈酿品质的影响[J]. *中国酿造*, 2023, 42(11): 197 – 201.
- SU H, XUE J, LI W X, et al. Effect of unglazed pottery jar combined with oak treatment on wine aging quality[J]. *China Brewing*, 2023, 42(11): 197 – 201.
- [50] 兰玉倩, 薛洁, 江伟, 等. 黄酒陈酿过程中主要成分变化的研究[J]. *中国酿造*, 2011, 30(5): 165 – 170.
- LAN Y Q, XUE J, JIANG W, et al. Changes of the main components in the process of rice wine aging[J]. *China Brewing*, 2011, 30(5): 165 – 170.
- [51] LISJAK K, LELOVA Z, ŽIGON U, et al. Effect of extraction time on content, composition and sensory perception of proanthocyanidins in wine-like medium and during industrial fermentation of Cabernet Sauvignon [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020, 100(5): 1887 – 1896.
- [52] WANG C, WANG C, TANG K, et al. Effects of different aging methods on the phenolic compounds and antioxidant activity of red wine[J]. *Fermentation*, 2022, 8(11): 592.
- [53] LIU M, WANG C, REN X, et al. Remodelling metabolism for high-level resveratrol production in *Yarrowia lipolytica* [J]. *Bioresource Technology*, 2022, 365: 128178.

Research Progress of Wine Quality Improvement

WANG Chao^{1,2}, FAN Zefeng³, FENG Chunxiang^{1,2}, CHEN Jian^{1,2,*}

(1. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

2. Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

3. Yixing Aiyi Art Pottery & Ceramic Co. Ltd., Wuxi 214200, China)

Abstract: The improvement of wine quality is a process influenced by multiple factors. Four key factors were focused for further discussion including wine-making raw materials, wine yeast, maceration techniques, and aging methods. The quality of wine-making raw materials was crucial, particularly the grape variety and maturity, which had a decisive impact on the taste and aroma of wine. By selecting suitable grape varieties and incorporating precision agriculture technologies, such as the application of biostimulants, the physicochemical properties of wine grapes could be significantly improved, laying the foundation for high-quality wine. The selection and cultivation of wine yeast directly affected the fermentation efficiency and flavor characteristics of wine. Co-culturing of different yeast strains could significantly increase the diversity of wine quality, while the application of genetic engineering and metabolic engineering technologies offered new possibilities for modifying wine yeast. The optimization of maceration techniques, especially the development and application of cold maceration, has proven to be effective in enhancing the polyphenol content of wine, and improving its color and taste. Innovations in aging methods provided more possibilities for enhancing wine quality. Oak barrel aging has formed a relatively mature technology, while ceramic jar aging was gaining increasing attention due to its permeability and ease of use. The aging method of combining ceramic jars with oak chips has been proven to effectively increase the polyphenol content of wine. These studies provided valuable theoretical support and practical guidance for the wine industry, contributing to the continuous improvement of wine quality.

Keywords: wine; grape raw material; *Saccharomyces cerevisiae*; maceration techniques; aging method

(责任编辑:李 宁)