

葡萄酒陈酿新技术研究进展

汪超^{1,2}, 唐柯², 高晨^{1,3}, 陈坚^{*1,2}

(1. 江南大学 未来食品科学中心, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学 粮食发酵与食品生物制造国家工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要: 葡萄酒作为全世界最受欢迎的饮品之一, 其感官特性(如气味、口感和颜色)在很大程度上取决于所使用的陈酿技术。橡木桶是陈酿红葡萄酒常用的容器, 但是用橡木桶陈酿周期较长, 人力、物力消耗大, 且产量也有限, 所以亟待寻求替代橡木桶的陈酿方法。作者探究了橡木桶陈酿葡萄酒的原理, 并比较了不同葡萄酒陈酿新方法的原理、优劣及可行性, 同时, 结合我国国情对未来寻求新材料替代橡木桶的可行性进行了展望, 为新兴技术与葡萄酒行业的结合提供理论支持。

关键词: 葡萄酒; 陈酿; 橡木桶; 新技术

中图分类号: TS 262.6 文章编号: 1673-1689(2022)12-0001-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.12.001

Research Progress on New Wine Aging Technologies

WANG Chao^{1,2}, TANG Ke², GAO Chen^{1,3}, CHEN Jian^{*1,2}

(1. Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. National Engineering Research Center of Cereal Fermentation and Food Biomanufacturing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: As one of the most popular drinks in the world, wine's organoleptic properties (such as smell, taste and color) largely depend on the aging technology. Oak barrel is a commonly used method for aging red wines, but it has a long aging cycle, high labor and material consumption, and limited production. Thus, it is urgent to find an alternative to oak barrel. This article explores the principle of oak barrel aging, and compared the principle, advantages and disadvantages and feasibility of different new methods to aging wine. At the same time, the feasibility of seeking alternative materials for oak barrel in the future is prospected based on the national conditions in China, which provides theoretical support for the combination of emerging technologies and wine industry.

Keywords: wine, aging, oak barrels, new technology

葡萄酒市场是全球竞争最激烈的酒类饮品市场之一, 其中红葡萄酒是世界上消费最多的葡萄酒类型。制造葡萄酒需经历葡萄栽培、葡萄酒酿造和陈酿, 其中葡萄酒陈酿过程对葡萄酒品质提升和风

味特征形成极为重要, 是葡萄酒生产工艺必不可少的环节。经乙醇发酵或苹果酸-乳酸发酵后的葡萄酒新酒, 会有单宁带来的粗糙感、苦涩味以及酸类物质带来的刺口感, 因此新酒不宜直接饮用, 需要通

收稿日期: 2022-01-12

基金项目: 天津市工程科技发展战略研究项目(21ZLGGX00070); 宁夏回族自治区重点研发计划项目(2022BBF01003)。

* 通信作者: 陈 坚(1962—), 男, 中国工程院院士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事生物发酵产业方面的研究。E-mail: jchen@jiangnan.edu.cn

过一段陈酿期来改善葡萄酒品质^[1]。橡木桶是一种常见的葡萄酒陈酿容器,可使葡萄酒风味更加平衡协调^[2]。

红葡萄酒是由各种化合物组成的弱酸性水溶液(pH 3.0~4.0)。这些化合物在陈酿过程中会发生酯化、聚合等反应,从而改变葡萄酒原有的感官特性^[3]。葡萄酒的感官特性(如气味、口感和颜色)在很大程度上取决于所使用的酿酒和陈酿技术,其中,气味特性主要与存在的挥发性化合物相关,而口感(主要是涩味和苦味)和色泽一般由葡萄酒中存在的非挥发性化合物,特别是酚类化合物所赋予,如花青素和色素聚合物与葡萄酒的颜色相关,黄烷-3-醇、缩合单宁和黄酮醇与葡萄酒的苦味、涩味相关^[4]。

近年来,我国葡萄酒产业发展很快,已经成为葡萄酒生产和消费大国,如宁夏贺兰山东麓作为我国最大的酿酒葡萄集中连片产区,拥有最适宜酿酒葡萄种植的风土条件,年产葡萄酒 1.3 亿瓶,“贺兰山东麓葡萄酒”品牌价值达到 281.44 亿元,但我国葡萄酒产业仍面临品牌不强、质量参差不齐等问题。在当前新发展格局大背景下,我国葡萄酒行业必将走向依托自有葡萄种植基地和专有原料品种,突出产品风格特色的产区发展模式。而关键陈酿步骤所需的橡木桶原料全部来自欧美国家,导致“受制于人”的局面,也推高了我国葡萄酒成本,降低我国葡萄酒的市场竞争力,不利于我国葡萄酒产业健康发展。因此,迫切需要开发适用我国葡萄酒陈酿的新材料和装备以及配套工艺。

1 橡木桶陈酿葡萄酒的原理

橡木桶是用于酿造优质葡萄酒的首选容器,木桶内表面在陈酿过程中浸渍出很多有益于提高葡萄酒品质的物质。葡萄酒在橡木桶中主要发生两种反应:一是氧化与聚合反应,葡萄酒中的单宁与其他多酚物质发生微氧化和聚合^[5],另外,单宁及游离花色苷可与乙醛发生聚合反应,即乙醛键桥反应,形成花色苷-乙醛-单宁聚合物等不同芳香物质,同时柔化单宁,促进不可溶解物质沉淀,使葡萄酒柔和均衡,完善酒体骨架和结构,增强葡萄酒色泽和稳定性,橡木桶的透氧特性是保证上述反应进行的必不可少的条件^[6-7]。二是醇化作用,葡萄酒从橡木中渗取芳香物质和单宁,特别是香草类香气物

质,如香草醛、丁子香酚、愈创木酚等 200 余种香气物质^[8-10],增加葡萄酒香气复杂性。

虽然用橡木桶酿酒有诸多优点,但其存在的问题也十分突出。橡木桶原材料要求高和橡木资源稀缺导致橡木桶价格昂贵,让葡萄酒生产成本提高,例如法国生产制造的 225 L 橡木桶的价格为 0.7~1.2 万元^[11];橡木桶使用年限低,橡木中的有益组分会随着橡木桶使用次数的增加而逐渐减少,一只橡木桶通常只会陈酿储酒 2~3 次,间接造成森林资源浪费^[12];而且葡萄酒必须在橡木桶中经过漫长的陈酿期,通常需要 6~24 个月,随之带来管理复杂等问题,所以利用橡木桶陈酿葡萄酒应用范围有限,远不能适应葡萄酒行业发展需要,严重降低了国产葡萄酒的市场竞争力。因而为了降低成本和缩短陈酿时间,需要使用一些更廉价的材料、更便捷的技术^[13]。

2 替代橡木桶的陈酿方法

2.1 微氧陈酿

微氧陈酿(MOX)是指特意在葡萄酒中加入一定量的氧气,模拟葡萄酒在橡木桶内陈酿过程中缓慢吸收氧气的过程^[14]。在陈酿过程中添加少量的氧气可以增强葡萄酒水果类风味、减少过度涩味以及加深和稳定颜色等^[15]。MOX 可促进葡萄酒中花色苷、单宁适度聚合,一方面单宁和花色苷形成了单宁乙醛色素聚合物,有利于颜色稳定,另一方面单宁聚合物口感特征不同于同类聚合物,它可形成多聚体胶体,使葡萄酒富有结构感,口感更加醇厚,因此改善了葡萄酒品质^[16]。随着不锈钢容器在食品行业中的推广,微氧控制系统能够满足葡萄酒在不锈钢罐内陈酿对氧的需求。

2.2 添加橡木碎片

陈酿过程中使葡萄酒与橡木直接接触仍是许多生产商的首选,将更便宜的橡木碎片(如木条、木屑、木棒)放入惰性容器已经变得越来越流行^[17]。使用便宜的橡木碎片可获得与传统橡木桶陈酿葡萄酒相似的风味属性,同时橡木碎片与红酒接触面的增加提高了反应速度并且大大缩减了成本(用橡木碎片浸渍的葡萄酒价格是橡木桶陈酿葡萄酒价格的十分之一)。有些新世界葡萄酒生产国,如智利、阿根廷、南非、澳大利亚或美国,已经使用该技术很多年了。在欧洲,使用橡木碎片浸渍葡萄酒的酿酒方法得到了欧盟法规(CE) No. 2165/2005 和(CE)

No. 1507/2006 的批准^[18]。大量研究表明使用橡木碎片可以很好地替代橡木桶,陈酿出具有轻微橡木香气的短期陈酿葡萄酒^[19]。Stegarus 等发现橡木薄片法可以替代传统陈酿霞多丽葡萄酒的方法^[20]。也有研究发现分别添加木条和木片的 MOX 处理与橡木桶(产自法国和美国)陈酿后的葡萄酒具有相同的香气特征^[21]。刘凡等发现添加橡木片后,橡木香气被浸提出来,总酚含量和色调、色度值升高,残糖含量降低,且添加橡木片量越多表现越明显^[22]。

从感官的角度来看,橡木碎片的应用可以很好地替代橡木桶并且生产出质量令人满意的短期陈酿葡萄酒。但需要注意的是,新陈酿系统并不能完全替代传统的陈酿系统,尤其是长期陈酿^[23-24]。选择橡木碎片也会产生很多不利因素,橡木碎片的添加量和添加时间一旦掌握不佳,4-乙基苯酚和4-乙基愈创木酚含量过高,就会产生不良气味,因此在乙醇发酵前添加橡木片,可以更大程度使橡木片中的优良香气浸出到酒中,同时在一定程度上限制酵母的活动,减少4-乙基苯酚等酚类物质的积累,以减少不良气味的产生。而且在使用前,通常会对接橡木碎片进行预处理来增强陈酿中芳香族化合物的富集,如烘烤^[25]、微生物处理^[26],但是重度烘烤的橡木碎片会使陈酿葡萄酒释放出浓郁烘烤香味,对葡萄酒的果香和花香有一定的掩盖作用,所以并不是所有的葡萄酒都适合使用重度烘烤的橡木碎片来陈酿。

面对全球经济环境中的供应过剩和持续的价格挤压,葡萄酒行业越来越寻求效率,所以也有研究将外源单宁添加到葡萄酒中陈酿,单宁是影响葡萄酒质量的重要组成部分,有助于提升感官品质和颜色的稳定性^[27]。但有研究表明,添加大量单宁是不合理的,不仅对提升葡萄酒质量帮助有限甚至会产生负面影响^[28]。

2.3 橡木碎片与 MOX 结合

尽管存在于橡木中的酚类物质和芳香化合物在葡萄酒与木制品接触的过程中会被释放到葡萄酒中,但在橡木桶中发生的氧化过程并不会在有橡木碎片的惰性容器中发生,因此在葡萄酒与橡木碎片浸渍过程中通入少量可控的氧气,也就是将两种替代方法结合以模拟橡木桶陈酿过程中发生的氧化过程。值得注意的是,葡萄酒陈酿过程中的耗氧量受木材特性(水分活度、烘烤程度、树木品种)和葡萄酒初始特性(pH、基质成分)影响,因此需要控

制通入氧气的速率来保证适当的氧化反应程度,实现最佳的酒木融合。目前已有多个项目采用 MOX 加橡木碎片浸渍法。Fernandez 和 Oberholster 的研究强调了将橡木片和橡木棒与 MOX 结合的方式制作出的葡萄酒同美国和法国橡木桶所酿葡萄酒风味类似^[29-30]。但是与橡木桶陈酿的效果比仍有些许不同,Alamo 等发现与橡木片结合 MOX 处理的葡萄酒相比,橡木桶中陈酿的葡萄酒保留了更高水平的蓝色调且顺式和反式威士忌内酯的浓度高于用替代方法处理的葡萄酒。

2.4 酒泥陈酿

一般来说,酒泥主要由酵母组成。在陈酿期间,酒泥会经历自降解过程。随着时间的推移,细胞壁逐渐退化,多种化合物(包括多糖、氨基酸、肽和脂肪酸)被释放出来。采用酒泥陈酿不仅可以减少苦味和涩味,增强葡萄酒的结构、圆润度和酒体,还可以使葡萄酒的香气更加复杂和持久^[31]。当今趋势就是将酒泥的使用与其他容器相结合,比如有研究将不锈钢罐、混凝土容器、聚乙烯容器和陶罐与酒泥陈酿结合,从而生产出符合质量标准的葡萄酒^[32]。

2.5 其他替代容器

目前,采用不锈钢罐或使用其他木材(包括樱桃木^[9]、金合欢木^[33]、桑木以及栗木等)制备的木桶代替橡木桶进行陈酿,虽然价格更加低廉,但所酿葡萄酒的感官品质不如橡木桶陈酿葡萄酒^[34-35]。橡木桶能够赋予葡萄酒许多特殊的物质,并使葡萄酒的香气更为馥郁。有研究比较了樱桃木桶、洋槐木桶、白蜡木桶、栗木桶和橡木桶陈酿葡萄酒的品质,发现还是与橡木桶有差别,特别是樱桃木桶陈酿效果最差^[36]。另外,与不锈钢罐不同的是,混凝土、黏土和聚乙烯容器由多孔材料制成,氧气可以经容器壁微量渗入,因此可能会导致葡萄酒缓慢氧化,在某种程度上类似于在橡木桶中发生的氧化^[37]。近年来,酿酒厂供应商销售的具有明确透氧性的食品级工程塑料也有所增加,这也是橡木桶替代品的一种可行选择^[38]。

2.6 物理方法加速陈酿

除了上述方法外,新的物理方法已经显示出加速葡萄酒陈酿过程和生产具有良好感官特性的葡萄酒的潜力,如高静压、超声波、脉冲电场等^[39-40]。有研究将高静压(HHP)处理用于柔性塑料瓶陈酿的葡萄酒,并与橡木替代品、MOX 等方法陈酿后的葡

葡萄酒进行比较^[41],发现 HHP 可以促进氧气向葡萄酒中扩散,生产出的葡萄酒中酚类物质组成与橡木桶陈酿葡萄酒相似。HHP 改变了葡萄酒的酚类成分并促进缩合反应形成吡喃花青素,这与使用橡木桶陈酿后的葡萄酒变化类似。也有通过超声波加强酚类物质从橡木片向酒的传质作用^[42],不仅加快木材中柔化单宁向葡萄酒传递,而且可以将处理后的葡萄酒质量长时间稳定在高水平。脉冲电场也被证实可以用于酒泥陈酿葡萄酒,缩短陈酿期^[30]。虽然这些物理技术可以大大缩短葡萄酒的陈酿时间,而且投入成本也低,但是否适用于不同类型葡萄酒的陈酿仍有待证明。而且,还有一批葡萄酒消费者对这些创新技术持有保留意见,各国的葡萄酒法规也不尽相同,其中一些法规可能限制酿酒过程中引入涉及辐射的技术。因此,使用物理技术作为葡萄酒陈酿的常规处理方法还有很长的路要走。

3 复合新材料与技术

针对目前葡萄酒陈酿工艺中橡木桶使用成本过高的难题,需要开发替代橡木桶的材料和装备以及与之配套的陈酿工艺,研发具有与橡木相似透氧特性的安全、新型复合材料,突破传统工艺束缚,从而降低生产成本,提升葡萄酒质量和竞争力,凸显产区典型风格,引领我国葡萄酒产业高质量发展。

3.1 复合新材料

3.1.1 陶基复合材料 由于陶罐的透气性佳,能使酒液与氧气充分接触,因此能够赋予葡萄酒非常复杂的陈酿香气,目前罗马双耳瓶、格鲁吉亚的奎弗瑞罐以及西班牙的迪那哈罐均有使用,这些容器一般是多孔的,这就要求其内部用蜡、釉或树脂涂层等覆盖,以避免葡萄酒渗漏,相比于橡木桶,其低廉的使用成本更容易被生产者接受。研究表明,与密封容器相比,陶罐陈酿的葡萄酒中含有较高浓度的香草醛、烯醇类以及萜烯类物质^[43-44]。奎弗瑞罐是一种容量在 3 000~8 000 L 的大容量陶罐,葡萄酒通常在 12~15 °C 的恒温条件下陈酿 3~4 个月^[45],但陶罐陈酿工艺没有得到普及,若要获得与橡木桶中陈酿相似的效果,还需要提供橡木中的物质,因此需要配合使用橡木碎片。而我国可以根据国情选用特有的紫砂原料,通过调整不同原料的配比,研发具有不同透氧特性的新型陶基复合材料器具。

3.1.2 聚四氟乙烯(PTFE)高分子复合材料 随着制造业的进步,根据橡木桶的透气性原理所设计的高分子材料储酒容器也能够起到对葡萄酒进行微氧处理的效果^[46],例如孚澳桶是一种替代橡木桶的新型产品,来源于澳洲,而这些新材料所制容器还有待得到进一步的开发与利用。有研究发现将亲水性气相二氧化硅溶液用 PMHS 改性,形成的复合膜兼具更好的透气性和稳定性,可应用于 PTFE 疏水膜的膜表面改性。因此可试图将 SiO₂、PMHS 和 PTFE 进行混合制备 SiO₂/PMHS/PTFE 膜,作为橡木桶的优良替代物,相比于陶基替代物,其更坚固、更耐用,也不需要特殊的涂料来防止液体蒸发^[47]。因此开发出孔径大小和进氧速率可控的复合材料,可分别在脱脂木材表面形成高分子材料涂层或桶壁中央制成薄膜,又或者直接制成有一定厚度的板材用来做成酒桶^[48]。

3.1.3 高分子聚合物(PDMS)薄膜复合材料 聚二甲基硅氧烷(PDMS)具有良好的疏水性、柔韧性、生物相容性、热稳定性和氧化稳定性。基于 PDMS 的纳米复合材料已被用于形成水过滤和气体分离膜。然而,如何平衡膜的渗透性和选择性之间的关系是非常具有挑战性的,需要对聚合物和纳米填料进行各种改性,以形成高性能的 PDMS 膜。因此可试图将乙烯基硅油(Vi-PDMS)和含氢硅油(H-PDMS)共混,在金属铂催化剂作用下交联。同样采用上述 3 种方式(内表面涂层、桶壁中央制成薄膜和制桶)代替橡木。

3.2 复合技术

陶基和高分子复合材料解决了模拟橡木桶透氧的问题,若要获得与橡木桶相似的陈酿效果,还需要提供橡木中的物质,因此需要配合使用橡木碎片。可将上述具有不同透氧率的材料制成替代橡木桶的新型装备作为陈酿容器,加入不同产地、不同烘烤程度和不同纹理的橡木屑或橡木块,配合微氧、超声波、超高压处理等技术,实现对葡萄酒风味的定向修饰^[49],从而提高葡萄酒品质。

4 展望

相比传统采用橡木桶陈酿的方法,目前所开发的新型容器陈酿方法可操作性强且成本更低廉,通过研发替代橡木桶的材料和装备以及与之配套的

陈酿工艺模拟出与橡木桶陈酿口感和风味相似的葡萄酒,有利于拓展我国葡萄酒陈酿加工领域,开

发出富有我国区域和历史传统特色的葡萄酒,引领我国葡萄酒产业高质量发展。

参考文献:

- [1] LI S Y, DUAN C Q. Astringency, bitterness and color changes in dry red wines before and during oak barrel aging: an updated phenolic perspective review[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2019, 59(12): 1840-1867.
- [2] GARDE C T, ANCIN A C. Review of quality factors on wine ageing in oak barrels[J]. **Trends in Food Science and Technology**, 2006, 17(8): 438-447.
- [3] CARVALHO M J, PEREIRAR V, PEREIRAR A C, et al. Evaluation of wine colour under accelerated and oak-cask ageing using CIELab and chemometric approaches[J]. **Food and Bioprocess Technology**, 2015, 8(11): 2309-2318.
- [4] TAO Y, GARCIA J F, SUN D W. Advances in wine aging technologies for enhancing wine quality and accelerating wine aging process[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2014, 54(6): 817-835.
- [5] DEL A M, NEVARES I, MARTINEZ G A, et al. Impact of long bottle aging (10 years) on volatile composition of red wines micro-oxygenated with oak alternatives[J]. **LWT- Food Science and Technology**, 2019, 101: 395-403.
- [6] CADAHIA E, FERNANDEZ D S B, SANZ M, et al. Chemical and chromatic characteristics of Tempranillo, Cabernet Sauvignon and Merlot wines from DO Navarra aged in Spanish and French oak barrels[J]. **Food Chemistry**, 2009, 115(2): 639-649.
- [7] ALAMO M D, BERNAL J L, NOZAL M J D. Red wine aging in oak barrels: evolution of the monosaccharides content[J]. **Food Chemistry**, 2000, 71(2): 189-193.
- [8] GADRAT M, LAVERGNE J, EMO C, et al. Validation of a mass spectrometry method to identify and quantify ellagitannins in oak wood and cognac during aging in oak barrels[J]. **Food Chemistry**, 2021, 342: 1-7.
- [9] MAYR M C, DE R M, CARRARO R, et al. Changes in volatile compounds of grape pomace distillate (Italian grappa) during one-year ageing in oak and cherry barrels[J]. **Food Chemistry**, 2021, 344: 1-10.
- [10] 李华,陶永胜,康文怀,等.葡萄酒香气成分的气相色谱分析研究进展[J].食品与生物技术学报,2006,25(1):99-104.
- [11] ANNA C, LI S, KERRY W, et al. Oak alternatives: a balance between science and finance[J]. **Wine and Viticulture Journal**, 2016, 31(4): 31-35.
- [12] GARCIA A J, MONTALVO F, CAMERA E M, et al. Economic-environmental impact analysis of alternative systems for red wine ageing in re-used barrels[J]. **Journal of Cleaner Production**, 2019, 244: 1-10.
- [13] CORDENTE A G, NANDORFY D E, SOLOMON M, et al. Aromatic higher alcohols in wine: implication on aroma and palate attributes during chardonnay aging[J]. **Molecules**, 2021, 26(16): 1-22.
- [14] JI J, HENSCHEN C W, NGUYEN T H, et al. Yeasts induce acetaldehyde production in wine micro-oxygenation treatments[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2020, 68(51): 15216-15227.
- [15] PETIT E, JACQUET R, POUYSEGU L, et al. About the impact of oak ellagitannins on wine odoriferous thiols under acidic and oxidation conditions[J]. **Tetrahedron**, 2015, 71(20): 2991-2998.
- [16] 康文怀.微氧技术作用机理及其在干红葡萄酒工业化生产中的应用研究[D].陕西:西北农林科技大学,2006.
- [17] MG A, AS A, IN B, et al. Effect of size, seasoning and toasting level of *Quercus pyrenaica* Willd. wood on wine phenolic composition during maturation process with micro-oxygenation[J]. **Food Research International**, 2020, 128: 1-13.
- [18] HERNANDEZ O P, FRANCO E, HUERTA C G, et al. Criteria to discriminate between wines aged in oak barrels and macerated with oak fragments[J]. **Food Research International**, 2014, 57: 234-241.
- [19] ORTEGA H M, PEREZ M S, CANO M E, et al. Differences in the phenolic composition and sensory profile between red wines aged in oak barrels and wines aged with oak chips[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2010, 43(10): 1533-1541.
- [20] STEGARUS D I, CALUGAR A, TANASE C, et al. Influence of oak chips and oak barrel ageing on volatile profile in chardonnay wine of romania[J]. **Applied Sciences**, 2021, 11(8): 1-17.
- [21] CARMON R M, CANALS R, GONZALES M S, et al. Influence of micro-oxygenation treatment before oak aging on phenolic compounds composition, astringency, and color of red wine[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(12): 4246-4252.

- [22] 刘凡,孙广玲,古焕娇,等. 橡木片的添加对葡萄酒品质的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2019,36(1):61-67.
- [23] GAMBETTA J M, BASTIAN S E P, COZZOLINO D, et al. Factors influencing the aroma composition of chardonnay wines[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2014, 62(28): 6512-6534.
- [24] ARAPITSAS P, ANTONOPOULOS A, STEFANOUE E, et al. Artificial aging of wines using oak chips[J]. **Food Chemistry**, 2004, 86(4): 563-570.
- [25] 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.
- [26] PETRUZZI L, BEVILACQUA A, CICCARONE C, et al. Use of microfungi in the treatment of oak chips: possible effects on wine [J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2010, 90(15): 2617-2626.
- [27] SAUCIER C, JOURDES M, GLORIES Y, et al. Extraction, detection, and quantification of flavano-ellagitannins and ethylves-calagin in a Bordeaux red wine aged in oak barrels[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(19): 7349-7354.
- [28] HARBERTSON J F, PARPINELLO G P, HEYMANN H, et al. Impact of exogenous tannin additions on wine chemistry and wine sensory character[J]. **Food Chemistry**, 2012, 131(3): 999-1008.
- [29] FERNANDEZ D S B, MARTINEZ J, SANZ M, et al. Volatile compounds and sensorial characterisation of red wine aged in cherry, chestnut, false acacia, ash and oak wood barrels[J]. **Food Chemistry**, 2014, 147: 346-356.
- [30] OBERHOLSTER A, ELMENDORF B L, LERNO L A, et al. Barrel maturation, oak alternatives and micro-oxygenation: influence on red wine aging and quality[J]. **Food Chemistry**, 2015, 173: 1250-1258.
- [31] BARRIO G R, PEREZ M S, ORTEGA H M. Techniques for improving or replacing ageing on lees of oak aged red wines: the effects on polysaccharides and the phenolic composition[J]. **Food Chemistry**, 2011, 127(2): 528-540.
- [32] SZLISZKA E, CZUBA Z P, DOMINO M, et al. Ethanolic extract of propolis (EEP) enhances the apoptosis-inducing potential of TRAIL in cancer cells[J]. **Molecules**, 2009, 14(2): 738-754.
- [33] KOZLOVIC G, JEROMEL A, MASLOV L, et al. Use of acacia barrique barrels-influence on the quality of Malvazija from Istria wines[J]. **Food Chemistry**, 2010, 120(3): 698-702.
- [34] CHANIVET M, DURAN G E, BARROSO C G, et al. Suitability of alternative wood types other than American oak wood for the aging of Sherry vinegar[J]. **Food Chemistry**, 2020, 316: 1-9.
- [35] LAWAL A O, DAVIDS L M, MARNEWICK J L. Rooibos (*Aspalathus linearis*) and Honeybush (*Cyclopia species*) modulate the oxidative stress associated injury of diesel exhaust particles in human umbilical vein endothelial cells[J]. **Phytomedicine**, 2019, 59: 1-11.
- [36] CHANG A C Z. The effects of different accelerating techniques on maize wine maturation[J]. **Food Chemistry**, 2004, 86(1): 61-68.
- [37] WANG C, WANG C H, TANG K, et al. Effects of different aging methods on the phenolic compounds and antioxidant activity of red wine[EB/OL]. (2022-10-31)[2022-11-13]. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110592>.
- [38] ALAMO M D, LAURIE V F, NEVARES I. Wine evolution and spatial distribution of oxygen during storage in high-density polyethylene tanks[J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2015, 95(6): 1313-1320.
- [39] PRIYANKA K, LORIA L, MORATA A, et al. Use of ultrasound treatment and non-*Saccharomyces* yeasts for accelerating aging on lees in red wines[J]. **Wine and Viticulture Journal**, 2016, 31(4): 36-38.
- [40] VALDES M E, RAMIREZ R, MARTINEZ C M A, et al. Accelerating aging of white and red wines by the application of hydrostatic high pressure and maceration with holm oak (*Quercus ilex*) chips[J]. **Foods**, 2021, 10(4): 1-22.
- [41] SANTOS M C, NUNES C, FERREIRA A S, et al. Comparison of high pressure treatment with conventional red wine aging processes: impact on phenolic composition[J]. **Food Research International**, 2019, 116: 223-231.
- [42] XUE Z D, ZHANG Q A, ZHENG H R, et al. Roles of free radical on the formation of acetaldehyde in model wine solutions under different ultrasound parameters: a key bridge-link compound for red wine coloration during ageing[J]. **Ultrasonics Sonochemistry**, 2021, 79: 1-10.
- [43] BAIANO A, MENTANA A, QUINTO M, et al. The effect of in-amphorae aging on oenological parameters, phenolic profile and volatile composition of Minutolo white wine[J]. **Food Research International**, 2015, 74: 294-305.
- [44] BAIANO A, VARVA G, GIANNI A D, et al. Influence of type of amphora on physico-chemical properties and antioxidant

- capacity of 'Falanghina' white wines[J]. **Food Chemistry**, 2014, 146:226-233.
- [45] CAPECE A, SIESTO G, POETA C, et al. Indigenous yeast population from Georgian aged wines produced by traditional 'Kakhetian' method[J]. **Food Microbiology**, 2013, 36(2):447-455.
- [46] FLECKNOE B A. Oxygen-permeable polyethylene vessels: a new approach to wine maturation[J]. **Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker**, 2005, 494:53-57.
- [47] NEVARES I, ALAMO S M. Characterization of the oxygen transmission rate of new-ancient natural materials for wine maturation containers[J]. **Foods**, 2021, 10(1):1-25.
- [48] MARIA C, ANTIA G P, MIGUEL A P, et al. Wine aging technology: fundamental role of wood barrels[J]. **Foods**, 2020, 9(9):1-25.
- [49] SOLAR S, CASTRO R, GUERRERO E D, et al. New accelerating techniques applied to the ageing of oenological products [EB/OL]. (2021-06-07)[2022-11-13]. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1934009>.

科技信息

美国批准低酰基结冷胶作为有机食品的添加剂

美国联邦公报 2022 年 11 月 10 日消息,美国农业部农产品营销服务局(AMS)发布 2022-24111 号公告,修订有机产品允许使用或添加的物质清单,具体内容为批准低酰基结冷胶作为有机食品的添加剂,主要用途为增稠剂、胶凝剂或稳定剂,最大用量为 5%,以质量或液体体积(不包括水和盐)计。该公告将在 2022 年 11 月 11 日的联邦公报上正式发布,并于 30 日后生效。

[信息来源] 海关总署.美国批准低酰基结冷胶作为有机食品的添加剂[EB/OL]. (2022-11-21).<http://www.tbt.org.cn/warningDetail.html?id=4iED6rMnC5uLXNkEoAbNG3enBLogg23wCy78h3C>.