

水果发酵酒质量评价体系研究进展

Research progress on quality evaluation system of fruit fermented wine

尹子迎^{1,2}关军锋¹赵江丽¹刘金龙²赵国群²YIN Zi-ying^{1,2} GUAN Jun-feng¹ ZHAO Jiang-li¹ LIU Jin-long² ZHAO Guo-qun²

(1. 河北省农林科学院生物技术与食品科学研究所, 河北 石家庄 050051;

2. 河北科技大学食品与生物学院, 河北 石家庄 050081)

(1. Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang, Hebei 050051, China; 2. School of Food and Biology, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050081, China)

摘要:对果酒的感官评价、理化指标、安全指标、风味成分、功效等评价指标进行了总结,介绍了各指标对果酒质量的影响与研究进展,并对果酒质量的提升及果酒质量评价体系的完善进行了展望。

关键词:果酒;质量;感官评价;理化性质;食品安全;风味;功效

Abstract: The evaluation indicators of fruit wine including sensory evaluation, physicochemical indicator, safety indicator, flavor composition and efficacy are summarized, and the impact of each index on fruit wine quality and research progress are also introduced. Moreover, the quality improvement and the relative quality evaluation system of the fruit wine is prospected.

Keywords: fruit wine; quality; sensory evaluation; physical and chemical properties; food safety; flavor; efficacy

果酒是以水果为主要原料,经微生物发酵,含有水果风味的酒精饮料,不仅可以较好地保留水果的风味、营养和功效,还会在发酵中产生醇类、酯类、多糖等各种新成分。比如,枸杞果酒保留了枸杞中的枸杞多糖、甜菜碱、亮氨酸、甘氨酸等成分,发酵产生了苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸等物质^[1];库尔勒香梨酒保留了梨果中的磷、铁、钙等微量元素和 3,4-二羟基苯丙氨酸、苹果酸、酒石酸等成分,发酵生成了琥珀酸、苯乙醇、辛酸乙酯、癸酸乙酯等物质^[2];山楂酒保留了山楂中的柠檬酸、钾元素、钙元素、槲皮素、柚皮苷等成分^[3],发酵显著提高了总黄酮含量,改

善了有机酸组成。脐橙果汁的挥发性香气成分主要为 D-柠檬烯和巴伦西亚橘烯等烯类化合物,脐橙果酒不仅保留了 2-己烯醛、壬醛、香茅醇等成分,还增加了 4-萜烯醇、芳樟醇、苯乙醇以及高级脂肪酸乙酯等醇酯类物质,降低了橙皮苷、柠檬苦素、橙皮素等苦味物质含量^[4]。

目前,有关果酒质量评价主要参照葡萄酒的评价标准,对其感官品质、理化指标和安全指标进行检测,果酒中维生素^[5]、氨基酸^[6]、矿物元素^[7]、风味成分^[8]及功效^[9]也逐渐成为质量评价指标。研究拟从感官评价、理化指标、安全指标、风味成分及功效评价 5 个方面对果酒质量评价指标进行总结,对各指标的来源、作用和可能存在的危害进行说明,对其常规含量和限值进行阐述,以期对果酒质量评价体系的完善和建立提供依据,为果酒生产工艺改进和质量控制提供参考。

1 感官评价

感官品质评价方法包括人工感官评价和电子仿生设备检测。人工感官评价是由经过专业培训的人员,利用描述性特征术语和评价尺度,获得最多感官上的果酒风味信息的感官品质评价方法,被广泛应用于食品、药品、香料等的感官品评中。不同水果原料酿制果酒的色泽、滋味、香气各异,均应呈现出原料自身的特点。如枸杞酒的酒体呈金黄色、口味微甜、具有枸杞香^[10];蓝莓酒呈紫红色、回味延绵、具有蓝莓香^[11];红枣酒呈琥珀色、口感酸甜、具有浓郁枣香^[12]。评价手段常见通过术语描述法、打分形式或定量描述分析法对果酒的色泽、澄清度、稳定性和口感风味进行评价。

近年来,电子鼻和电子舌以其评估范围广、可重复性高、客观可靠的优点被越来越多地用来代替人工进行感官判定应用于果酒感官评价。但受传感器种类和选择性限制,很难完全模拟人的感官。因此,在评价果酒感官品质时,可将人工评价与电子舌、电子鼻分析结合使用。此

基金项目:国家财政部、农业农村部:现代农业产业(梨)技术体系资助项目(编号:CARS-28-23);河北省国际科技合作基地建设专项资金

作者简介:尹子迎,女,河北科技大学在读硕士研究生。

通信作者:关军锋(1966—),男,河北省农林科学院遗传生理研究所研究员,博士。E-mail:junfeng-guan@263.net

收稿日期:2022-03-31 **改回日期:**2022-08-25

外,将多重因子分析法结合人工评价应用于果酒感官评价,有助于提高评价结果的科学性和准确性。如物质流分析(MFA)被用于分析品评人员的描述数据和消费者的喜好数据,可以有效地发现不同处理技术对样品感官特性的影响^[13]。

2 理化指标

2.1 糖和酒精度

果酒发酵中,糖为发酵菌株的生长繁殖提供碳源,并最终转化成乙醇,糖含量和酒精度的变化可以反映发酵菌对糖分的利用和酒精的生产情况。糖含量也是体现发酵进程的重要标志,一般将残糖不再变化作为发酵终点。酿造果酒中酒精含量为10%~12%,果汁中可溶性固形物含量为17~20 °Brix。

2.2 干浸出物

在干、半干型果酒中,干浸出物含量是考核果酒质量的一项重要指标。干浸出物包括游离酸及盐类、单宁、色素、果胶等。干浸出物指标的高低与果酒原料及酒的生产工艺、贮藏方式等密切相关,是体现酒质好坏的重要标志之一,一般认为浸出物含量高的酒质量也高。因此,检验干浸出物含量是鉴别真假果酒的重要检测依据。如GB/T 15037—94中规定干红葡萄酒中干浸出物含量 ≥ 17.0 g/L,低于这一标准应被视为假酒或劣质酒。目前,提高干浸出物的手段主要有优化发酵温度和贮藏时间、筛选优良菌株。

2.3 总酸、pH值和挥发酸

有机酸是果酒的主要呈酸物质,包括来自果实的酒石酸、苹果酸、柠檬酸等及发酵产生的甲酸、乙酸、乳酸等。果酒中有机酸的种类和含量会直接影响果酒的pH值和适口性。如琥珀酸的口味为咸苦味,最富有味觉特征;过量的醋酸会使果酒呈后苦等特征;酒石酸呈尖酸味。果酒发酵过程中,各种生化反应取决于体系的pH值。果酒的初始pH与果酒的口感和抑菌效果相关,一般调为酸性,如苹果果酒的初始pH为3.5^[14];蜜柚果酒的初始pH为4.5^[15]。当发酵后产品的pH较低口感偏酸时,还需要通过适当的降酸工艺对多余酸进行处理。

挥发酸被认为是一种损害性物质,含量过高会使果酒呈尖酸感和不愉快的醋味,其含量是果酒的一项重要质量控制指标。果酒生产过程中使用了不合格原料、违背正常生产工艺以及酵母发酵异常均会使得挥发酸含量过高,降低果酒质量。而低初始糖度,适宜的pH、发酵温度和酵母接种量有利于降低挥发酸含量。目前,果酒中的挥发酸以乙酸计,不得高于0.15 g/100 mL。

2.4 二氧化硫残存量

果酒加工中可能出现的抗坏血酸降解、多酚氧化、美拉德反应和焦糖化均会产生深色物质,导致果酒颜色由鲜亮变暗褐。二氧化硫是果酒常用护色剂,具有护色、杀菌、澄清的作用,但对人体的味觉和免疫力有很大危害,

GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中规定其最大使用量为400 mg/L,残存量不得超过250 mg/L。加工时二氧化硫添加量不得过高,也可用部分无硫护色剂如抗坏血酸、柠檬酸、氯化钠等代替,或添加多酚类抗氧化剂^[16]、增加杀菌工艺进行护色,以减少二氧化硫的引入。

2.5 营养成分

果酒中含有维生素C、矿物元素、氨基酸等多种营养成分,也可作为果酒质量评价指标。维生素C是一种天然抗氧化剂,具有帮助人体预防动脉硬化、增强免疫力等作用,高压脉冲电场处理猕猴桃果酒^[8]和浓缩猕猴桃果汁发酵果酒可使维生素C保存率更高。但维生素C具有明显酸味,含量过高会导致果酒口感偏酸,且易被氧化生成褐色物质影响成品色泽。

果酒中含有磷、钠、钾、钙、镁、硒等人体所需的多种矿物元素,石榴果酒含有钠、钙、钾、硒4种矿物质^[17];猕猴桃果酒含有钾、钙等7种矿物元素^[18];新疆药桑果酒含有硒、磷、钙等12种矿物元素^[19]。此外,基于不同品种果酒中的矿物元素可对果酒的产地进行溯源^[7]。

果酒中含有多种氨基酸,如石榴果酒含有脯氨酸、天冬氨酸、丙氨酸等17种氨基酸,含量为81.832 mg/L^[17];猕猴桃果酒含有362.56 mg/L必需氨基酸,437.44 mg/L非必需氨基酸^[18];火龙果果酒含有组氨酸、酪氨酸、丝氨酸等12种氨基酸,含量为45.76 mg/L^[20]。氨基酸组成会影响果酒的鲜味、异味,氨基酸含量偏高时还会促进羰氨反应导致果酒颜色暗沉,降低果酒的感官品质。

3 安全性指标

3.1 甲醇

甲醇是酒精发酵过程的副产物^[21],在果酒中主要由果胶分解代谢和甘氨酸代谢两条途径生成。研究发现,发酵温度高、酶解、原料腐烂、高pH、高甜菜碱含量均可导致酒液中甲醇含量升高^[22-23],添加果胶酶和纤维素酶、热蒸处理、添加适当的磷和氮元素^[24]等有助于降低甲醇含量。甲醇具有毒性且不易排出体外,当摄入量 >4 g时,人体就会出现中毒现象^[25],轻则头晕头痛,重则导致失明。GB 2757—81《蒸馏酒和配制酒的卫生标准》规定甲醇含量不得超过120 mg/L;GB 15037—2006《葡萄酒》规定甲醇含量不得超过400 mg/L。

3.2 重金属

果酒中常见重金属有镉、铁、铜、铅、锌等,主要来自水果、泥土与尘灰、酿酒用具与容器、澄清剂等。重金属含量过高不仅影响酒质量,还会对人体健康造成危害。当葡萄酒中铜含量 >1 mg/L时,酒体会出现混浊^[26];铁对乙醛和多酚的螯合物的形成起激活作用,会降低葡萄酒的稳定度、色度和澄清度;铅含量 >150 μ g/L时,会对人体各系统如神经系统、心血管系统、消化系统等产生危害。GB 15037—2006《葡萄酒》规定铁含量 ≤ 8.0 mg/L、

铜含量 ≤ 1.0 mg/L, GB 2762—2012《食品安全国家标准食品中污染物限量》规定铅含量 < 0.2 mg/L。欧盟标准只规定铅含量 ≤ 0.2 mg/L, 其他重金属含量 ≤ 0.2 mg/L。国际葡萄与葡萄酒组织对葡萄酒中金属含量的限制包括铅含量 ≤ 0.15 mg/L、铁含量 ≤ 8 mg/L、铜含量 ≤ 1.0 mg/L、镉含量 ≤ 0.01 mg/L、锌含量 ≤ 5.0 mg/L、砷含量 ≤ 0.2 mg/L。赵文英等^[27]对 8 个国家的 9 种葡萄酒进行了重金属含量检测, 发现葡萄酒样中铜、铅、铬、镉、锡含量分别为 238.6, 81.8, 30.2, 0.7, 13.8 $\mu\text{g/L}$ 。

3.3 微生物

果酒因其酒精度低、含糖量高, 易受到微生物的污染, 如大肠杆菌、酒花菌、苦味菌、乳酸菌等。微生物污染不仅会导致果酒发生味道改变和品质败坏, 其产生的内毒素还会对人体的肠胃、肝脏等产生危害。酒花菌易引起乙醇和有机酸氧化, 使其口味变得平淡, 并产生不愉快气味; 苦味菌会将果酒中的甘油分解为醋酸和丁酸, 使酒变苦; 乳酸菌会降低酒的可溶性固形物含量, 产生怪味气体。发酵和贮存过程中温度过高、酒度过低、未加防腐剂或含量太低、卫生不达标等均可能成为致病微生物的“可乘之机”, 可通过添加抑菌成分、调整灭菌工艺^[28]进行控制。GB 2758—2005《发酵酒卫生标准》的规定: 菌落总数 < 50 CFU/mL, 大肠菌群 < 3 MPN/100 mL, 肠道致病菌不得检出。

4 风味成分

果酒中风味物质的组成及其含量显著影响酒的感官品质 and 安全性^[29]。果酒的风味品质与醇、酯、酸、单宁、糖等物质的种类与含量相关, 各物质含量配比恰当, 有助于提升果酒质量。果酒风味成分的主要影响因素为原料、菌种与发酵工艺^[30]。

4.1 醇

果酒在发酵时, 除了产生大量乙醇, 还会生成多种高级醇, 如正丙醇、正丁醇、正戊醇、异丁醇、异戊醇等。高级醇的种类和含量决定了发酵酒的香气特征和口感^[31], 是评价酒品质量的重要指标之一。果酒中含适量的高级醇可赋予酒体特殊香味和圆润协调的口感, 如苯乙醇具有玫瑰芳香, 是酒中重要的芳香醇; 1-壬醇会增加果酒的水果香和花香。不同原料果酒的醇类物质差异明显, 如黄桃果酒主要含异戊醇、正丙醇等^[32]; 杨梅果酒主要含 1-辛醇、芳樟醇、3-己烯醇等^[33]; 沙棘果酒主要含异戊醇、2-甲基-1-丁醇、苯乙醇等^[34]。发酵也会导致原有醇类物质发生改变或产生新物质, 如脐橙果酒发酵产生了 4-萜烯醇、芳樟醇、苯乙醇等^[4]。但是高级醇含量过高可能影响酒品质量, 甚至还会对人体产生毒害。如苯乙醇含量过高会给葡萄酒带来不愉快的口感; 过高的异戊醇会使人恶心呕吐; 异丁醇和正丙醇过高会加重酒体苦味。因此, 果酒酿制过程中常采用筛选发酵菌株、添加可同化氮源、优化发酵工艺等手段对高级醇进行适量控制。如梅

奇酵母 P3-3 与酿酒酵母 D254 活菌数比为 1 : 1 混合接种发酵所得火龙果酒的高级醇含量比单菌发酵分别降低了 11.9%, 11.2%^[35]; 添加纤维素酶、氯化钾、氯化镁的桑椹果酒高级醇含量与未添加外源物质相比, 高级醇含量可降低 13.26%^[36]。研究^[37]表明, 高级醇含量为 300 mg/L 时可产生令人愉快的气味, 当高级醇含量 > 400 mg/L 时会产生不愉快气味和刺激口感。

4.2 酯

果酒富含乙酸丁酯、丁酸甲酯、辛酸甲酯、庚酸乙酯、乳酸乙酯等多种酯类物质, 主要是由醇和酸发生酯化反应合成。酯类赋予果酒独特的水果香气, 对果酒总体香气的形成具有重要作用。如乳酸乙酯有助于呈香且可增加酒体醇厚感; 辛酸乙酯具有花香、水果和白兰地风味; 癸酸乙酯具有香甜的水果香气。一般认为果酒中酯类物质种类越多且含量越高, 果酒的香气越丰富、质量越高。研究^[38]发现, 混菌发酵果酒可以提高酯类物质含量, 如东方伊萨酵母和酿酒酵母混菌发酵杨梅酒可以降低癸酸乙酯等带来的涩味, 使丁酸乙酯、异戊酸乙酯、己酸乙酯等乙酯类和乙酸乙酯、乙酸异戊酯等乙酸酯类含量分别提高了 18.52%, 57.34%。

4.3 有机酸

果酒中有机酸的种类和含量与果酒的质量有着极其密切的关系, 是果酒中主要的风味物质之一。有机酸具有抑菌、抗病毒、增加冠脉流量、消炎、抗突变和抗癌等作用^[39]。原料的种类是决定果酒有机酸组成的首要因素^[40], 此外, 发酵过程中有机酸种类与含量也会发生变化。如苹果酒的主要有机酸有苹果酸、奎尼酸、乳酸等^[41]; 山楂酒的有机酸主要有柠檬酸、酒石酸等^[42]; 梨酒的有机酸主要有苹果酸、酒石酸、乙酸、乳酸等^[43]。研究^[44]发现, 柑叶唐棣果汁以苹果酸(1.20 mg/mL)、丙二酸(0.47 mg/mL)为主, 而果酒以丙二酸(0.56 mg/mL)、苹果酸(0.56 mg/mL)和乳酸(0.12 mg/mL)为主。有机酸含量少有助于呈香, 但是酸含量过高会使酒体失去平衡, 产生不良口感。如莽草酸和奎尼酸是芳香物质合成的中间产物, 间接对果酒品质有影响, 但奎尼酸和莽草酸过高可能使果酒产生苦味^[45]; 草酸含量过高会使果酒过酸, 导致口感失衡。因此, 适当的有机酸会使果酒酸度适中、口感柔和。现有降酸方式有低温处理、生物降酸、树脂处理和弱碱性盐降酸等。

4.4 单宁

单宁是对果酒结构、骨架和口感影响较大的一类物质, 果酒的涩感主要是由以单宁为主的涩味物质与唾液蛋白结合产生的^[46]。果酒中的单宁主要来源于种子、果皮和橡木桶, 如葡萄果皮中的儿茶单宁、焦儿茶单宁, 橡木桶中的木立口酸单宁、焦木立口酸单宁等。此外, 原料产地是影响果酒中单宁含量的次要因素。研究^[47]发现, 云南产区的红葡萄酒中单宁含量相对比较多, 平均含量

为 2.51 g/L, 东北产区的葡萄酒中单宁含量较少, 平均含量为 1.03 g/L。果酒中单宁含量适量, 有助于提高感官评价^[48], 但过量的单宁会降低香气挥发性, 使苦涩味加重, 造成香气失衡^[49]。

4.5 多糖

果酒发酵过程可降低果汁中葡萄糖、果糖、蔗糖等单糖含量, 而完全不能被酵母利用的多糖, 如枸杞多糖、红枣多糖等功能性多糖得到保留, 还会产生一些原本水果中不含的功能性糖, 如阿洛糖、阿洛酮糖等, 导致发酵结束后的果酒中普遍含有多糖^[50]。无花果果酒陈酿结束后, 多糖含量为 1.35 g/L^[51]; 猕猴桃酒中多糖组分主要有阿拉伯糖、木糖、鼠李糖等; 枸杞酒中的多糖主要是枸杞多糖。适当延长果酒发酵时间可降低果酒的含糖量, 并有可能升高多糖含量和种类。

5 功效指标

目前, 果酒功效评价指标包括抗氧化能力、总酚含量和总黄酮含量。抗氧化能力评价包括 DPPH 自由基清除率、羟自由基清除率、ABTS 自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率和 Fe^{3+} 还原力等模型。酚类和黄酮类物质是果酒的主要抗氧化成分^[52], 果酒抗氧化能力的差异主要由酚类和黄酮类物质的组成与含量以及它们之间的协同作用造成^[53]。如许立伟等^[54]研究发现, 野生蓝靛果酒的咖啡酸、儿茶素、表儿茶素、绿原酸、对香豆酸、芦丁含量最高, DPPH 自由基清除率 (92.29%)、羟自由基清除率 (96.28%) 和 Fe^{3+} 还原力 (1.744) 最强; 野生蓝莓果酒的没食子酸、白藜芦醇含量最高, 其 ABTS 自由基清除率 (96.77%) 和超氧阴离子清除率 (50.54%) 最强。

酚类物质是果酒的“骨架成分”, 影响着果酒的颜色、香气, 具有抑菌^[55]、抗氧化等多种生物活性, 同时, 酚类物质具有清除自由基、消除疲劳、护血管、降低心肌耗氧量的功效^[56]。苹果酒中主要含有原儿茶酸、绿原酸、p-香豆酸及咖啡酸; 柑橘酒的主要酚酸为绿原酸、阿魏酸; 脐橙酒主要含原儿茶酸、对羟基苯甲酸、香草酸等。黄酮类物质具有清除氧自由基、延缓细胞衰老、改善血液循环、降低胆固醇、改善心脑血管疾病等功效^[57], 同时, 是果酒重要的质量指标。果酒中含有多种黄酮类物质, 如葡萄酒主要含花翠素、二甲花翠素、儿茶素、表儿茶素、槲皮素类、丁香亭类; 苹果酒中主要含有儿茶素、表儿茶素、根皮素等; 柑橘酒主要含有圣枸橼苷、柚皮苷、橙皮苷、新橙皮甙等; 脐橙酒主要含槲皮素、杨梅黄酮、玉米黄酮等。一般认为果酒中酚类物质越多, 质量越高。研究发现, 延长浸渍时间^[55]、适当缩短陈酿时间^[58]、添加可同化氮源^[59]、原料复配^[60]均有助于提高果酒中酚酸类物质和黄酮类含量。

6 结束语

质量评价体系是食品质量管理的重要组成部分, 现

行国家和地方标准主要对食品的质量安全进行了规定, 极少涉及食品的营养、功效等指标。近年来, 随着社会文明的发展, 食品安全监督和控制体系日益完善, 人们对食品风味、营养和健康的关注日益增加, 建立健全食品质量评价体系成为亟待解决的社会问题。

目前, 水果发酵酒质量评价主要依据 GB 2758—2012《食品安全国家标准 发酵酒及其配制酒》和 GB/T 15037—2006《葡萄酒》, 对其微生物、重金属、甲醇、防腐剂等安全指标和感官品质特点进行说明和限制。果酒加工工艺和质量标准相关研究报道, 往往以营养成分、功效指标作为评价指标, 并从安全指标和营养、功效成分两个方面建立质量评价体系。中国现有的产品评价标准和市场上流通的果酒种类相比, 仍相对滞后或缺失。因此, 健全水果发酵酒质量评价体系可从 3 个方面着手: ① 丰富果酒营养指标和功效指标的内容; ② 针对种类繁多的果酒, 分类制定相应的质量评价标准和规范; ③ 加强合作交流, 引进国外先进的分析检测技术与设备并普及。针对葡萄酒和苹果酒等大宗果酒, 大部分已有行业标准或企业标准, 应在现有技术平台基础上构建国家标准指导生产; 对于同一品种不同品牌的果酒, 应从品牌意识上出发建立指纹图谱, 建立区分度。针对梨酒和山楂酒等小众果酒应逐渐规划建立行业标准或企业标准; 对于地域性强的品类应建立指纹图谱, 以防假冒伪劣。

参考文献

- [1] 李少鹏, 夏婷, 张竹君, 等. 枸杞果酒发酵工艺优化及营养成分分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(7): 94-100.
LI S P, XIA T, ZHANG Z J, et al. Optimization of fermentation technology and analysis of nutritional functional components of Lycium barbarum fruit wine[J]. Chinese Brew, 2021, 40(7): 94-100.
- [2] 邓星星, 肖志欣, 江英. 不同澄清剂对库尔勒雪梨果酒品质的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(10): 184-189.
DENG X X, XIAO Z X, JIANG Y. Effects of different clarifiers on the quality of Korla pear wine[J]. Food Industry, 2021, 42(10): 184-189.
- [3] 陈秋虹, 黄岛平, 蒋艳芳. 大果山楂营养成分与功能成分分析及评价[J]. 轻工科技, 2016, 32(11): 3-4.
CHEN Q H, HUANG D P, JIANG Y F. Analysis and evaluation of nutritional and functional components of hawthorn [J]. Light Industry Technology, 2016, 32(11): 3-4.
- [4] 刘韬, 乔宁, 饶敏, 等. 基于色谱质谱联用技术分析纽荷尔脐橙果汁及其果酒的香气成分和苦味物质[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 244-249.
LIU T, QIAO N, RAO M, et al. Analysis of aroma components and bitter substances in Newhall navel orange juice and its wine based on GC-MS[J]. Food Industry Science and Technology, 2018, 39(4): 244-249.
- [5] 王惠惠, 莫树平, 柏建玲, 等. 高压脉冲电场灭菌对木瓜果酒中维生素 C 损失的影响[J]. 酿酒科技, 2018(9): 22-25.

- WANG H H, MO S P, BAI J L, et al. Effect of high voltage pulsed electric field sterilization on vitamin C loss in papaya fruit wine[J]. *Brewing Technology*, 2018(9): 22-25.
- [6] 曾朝珍, 康三江, 慕钰文. 苹果去皮发酵对苹果树莓复合果酒理化成分的影响研究[J]. *酿酒科技*, 2022(2): 35-40.
- ZENG C Z, KANG S J, MU Y W. Effect of apple peeled fermentation on physicochemical components of Apple raspberry compound fruit wine[J]. *Brewing Technology*, 2022(2): 35-40.
- [7] 李彩虹, 开建荣, 闫玥, 等. 基于矿质元素的我国不同产地葡萄酒的判别分析[J/OL]. *食品与发酵工业*. (2022-03-23) [2022-03-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030579>.
- LI C H, KAI J R, YAN Y, et al. Discriminant analysis of wines from different regions in China based on mineral elements[J/OL]. *Food and Fermentation Industry* (2022-03-23) [2022-03-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030579>.
- [8] 赵婕, 袁倩, 张序, 等. 混合发酵对早酥梨—美乐低醇桃红果酒品质的影响[J/OL]. *食品与发酵工业*. (2022-03-25) [2022-03-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030876>.
- ZHAO J, YUAN Q, ZHANG X, et al. Effect of mixed fermentation on the quality of Zaosu pear Mele low alcohol peach wine[J/OL]. *Food and Fermentation Industry*. (2022-03-25) [2022-03-30]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030876>.
- [9] 吴双从, 曹新志, 张楷正, 等. 枳椇山楂果酒酿酒工艺优化及抗氧化活性分析[J]. *中国酿造*, 2022, 41(4): 192-198.
- WU S C, CAO X Z, ZHANG K Z, et al. Optimization of wine making process and antioxidant activity analysis of *Hovenia dulcis* and hawthorn fruit wine[J]. *China Brewing*, 2022, 41(4): 192-198.
- [10] 董赛君, 赵廷彬, 李天瑜, 等. 枸杞果酒低温发酵工艺优化及挥发性风味物质分析[J]. *中国酿造*, 2019, 38(6): 103-107.
- DONG S J, ZHAO T B, LI T Y, et al. Optimization of low temperature fermentation process and analysis of volatile flavor compounds of *Lycium barbarum* fruit wine[J]. *China Brewing*, 2019, 38(6): 103-107.
- [11] 张杰, 刘兴艳. 蓝莓果酒主发酵工艺参数优化及其品质分析[J]. *江西农业大学学报*, 2022, 44(3): 690-705.
- ZHANG J, LIU X Y. Optimization of main fermentation parameters and quality analysis of blueberry fruit wine[J]. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 2022, 44(3): 690-705.
- [12] 郭咪雪, 程晓雯, 于有伟, 等. 不同发酵剂对红枣果酒发酵品质的影响[J]. *中国酿造*, 2019, 38(9): 58-64.
- GUO M Y, CHENG X W, YU Y W, et al. Effects of different fermentation starter on jujube wine fermentation quality[J]. *China Brewing*, 2019, 38(9): 58-64.
- [13] 朱雨萱, 问亚琴, 许晓青, 等. 感官词典建立方法及食品中应用研究进展[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(5): 396-407.
- ZHU Y X, WEN Y Q, XU X Q, et al. Research Progress on the establishment method of sensory dictionary and its application in food[J]. *Food Industry Science and Technology*, 2022, 43(5): 396-407.
- [14] 彭昱雯. 苹果渣发酵果酒酿造工艺研究[J]. *现代食品*, 2021(24): 106-108.
- PENG Y W. Study on the brewing technology of apple pomace fermented fruit wine[J]. *Modern Food*, 2021(24): 106-108.
- [15] 高苏娟, 李南薇, 刘功良, 等. 梅州蜜柚果酒酿造工艺[J]. *食品工业*, 2020, 41(7): 26-29.
- GAO S J, LI N W, LIU G L, et al. Brewing technology of Meizhou honey pomelo fruit wine[J]. *Food Industry*, 2020, 41(7): 26-29.
- [16] 刘琨毅, 王琪, 郑佳, 等. 复合抗氧化剂在柑橘-枸杞果酒中应用效果研究[J]. *中国酿造*, 2017, 36(1): 120-125.
- LIU K Y, WANG Q, ZHENG J, et al. Study on the application of complex antioxidants in citrus-medlar fruit wine[J]. *Chinese Brew*, 2017, 36(1): 120-125.
- [17] 林雨晴, 秦丹. 石榴果酒营养成分及加工工艺进展[J]. *农产品加工*, 2018(13): 44-46.
- LIN Y Q, QIN D. Progress of nutrient composition and processing technology of pomegranate fruit wine[J]. *Agricultural Products Processing*, 2018(13): 44-46.
- [18] 朱克永. 猕猴桃发酵果酒的酿造和营养成分分析[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(8): 92-95.
- ZHU K Y. Brewing and nutritional composition analysis of kiwi fermented fruit wine[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(8): 92-95.
- [19] 买买提依明, 刘念, 印玉萍, 等. 新疆药桑果酒营养成分分析与保健作用探讨[J]. *酿酒科技*, 2007(8): 40-41, 44.
- MAIMAITI Y M, LIU N, YIN Y P, et al. Analysis of nutrient composition and health care effect of Xinjiang medicinal mulberry fruit wine[J]. *Brewing Science and Technology*, 2007(8): 40-41, 44.
- [20] 齐宁利, 龚霄, 马丽娜, 等. 超高效合相色谱法测定火龙果果酒中游离氨基酸的含量[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(12): 199-204.
- QI N L, GONG X, MA L N, et al. Determination of free amino acids in Dragon fruit fruit wine by ultra-efficient chromatography[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2017, 43(12): 199-204.
- [21] PAWEŁ S, TADEUSZ T. Influence of indigenous yeasts on the fermentation and volatile profile of plum brandies [J]. *Food Microbiology*, 2009, 27(3): 418-424.
- [22] 张倩茹, 尹蓉, 殷龙龙, 等. 果酒发酵过程影响甲醇含量的因素模拟分析[J]. *食品科技*, 2022, 47(1): 106-112.
- ZHANG Q R, YIN R, YIN L L, et al. Simulation analysis of factors affecting methanol content in fruit wine fermentation process[J]. *Food Science and Technology*, 2022, 47(1): 106-112.
- [23] ZHANG C Y, LIN N B, CHAI X S, et al. Barnes. A rapid method for simultaneously determining ethanol and methanol content in wines by full evaporation headspace gas chromatography[J]. *Food Chemistry*, 2015, 183: 169-172.
- [24] 饶铁晟, 胡国涛, 王凤霞, 等. 不同磷源对酿酒酵母发酵代谢产物的影响[J]. *云南化工*, 2020, 47(8): 56-57, 60.
- RAO Y S, HU G T, WANG F X, et al. Effects of different phosphorus sources on fermentation metabolites of *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *Yunnan Chemical Industry*, 2020, 47(8): 56-57, 60.
- [25] CARVALLO J, LABBE M, PÉREZ-CORREA J R, et al. Modelling

- methanol recovery in wine distillation stills with packing columns [J]. Food Control, 2011, 22(8): 1 322-1 332.
- [26] IBANEZ J G, CARREON-ALVAREZ A, BARCENA-SOTO M, et al. Metals in alcoholic beverages: A review of sources, effects, concentrations, removal, speciation, and analysis. (Wine: Nutrients, bioactive non-nutrients and more.) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2008, 21(8): 672-683.
- [27] 赵文英, 丁小虎, 贾万利. 进口葡萄酒中 5 种重金属元素含量的测定[J]. 食品工业, 2016, 37(7): 274-277.
- ZHAO W Y, DING X H, JIA W L. Determination of five heavy metals in imported wine[J]. Food Industry, 2016, 37(7): 274-277.
- [28] 张帆, 蒋卓, 张国文, 等. 超高压杀菌对比利时艾尔琥珀工坊啤酒贮藏品质变化的影响及货架期预测[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(16): 203-210.
- ZHANG F, JIANG Z, ZHANG G W, et al. Effect of ultra-high pressure sterilization on the change of beer storage quality and shelf life prediction of Belgium al amber workshop[J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(16): 203-210.
- [29] ROGNSÅ G H, RATHE M, PETERSEN M A, et al. From wine to wine reduction: Sensory and chemical aspects [J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2017, 9: 62-74.
- [30] CHANG A C. The effects of different accelerating techniques on maize wine maturation[J]. Food Chem, 2004, 86(1): 61-68.
- [31] 曾朝珍, 张永茂, 康三江, 等. 发酵酒中高级醇的研究进展[J]. 中国酿造, 2015, 34(5): 11-15.
- ZENG C Z, ZHANG Y M, KANG S J, et al. Research progress of higher alcohols in fermented wine[J]. Chinese Brew, 2015, 34(5): 11-15.
- [32] 李明瑕, 刘春风, 王壬, 等. 黄桃果酒发酵工艺优化及香气成分分析[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(10): 39-49.
- LI M F, LIU C F, WANG N, et al. Optimization of fermentation process and aroma composition analysis of yellow peach fruit wine [J]. Journal of Food and Biotechnology, 2021, 40(10): 39-49.
- [33] 高甜甜, 阳秀莲, 曾琦鹏, 等. 杨梅果酒发酵工艺的优化及香气成分分析[J]. 食品工业, 2021, 42(6): 150-155.
- GAO T T, YANG X L, ZENG Q P, et al. Optimization of fermentation process and aroma composition analysis of bayberry fruit wine[J]. Food Industry, 2021, 42(6): 150-155.
- [34] 石飞, 乔翼娇, 王君. 不同发酵工艺对沙棘果酒品质和香气的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(6): 115-122.
- SHI F, QIAO Y J, WANG J. Effects of different fermentation processes on the quality and aroma of seabuckthorn fruit wine[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2021, 41(6): 115-122.
- [35] 李凯娅, 毛曦庆, 林雪, 等. 梅奇酵母与酿酒酵母混合发酵对火龙果酒风味的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(10): 54-60.
- LI K Y, MAO X Q, LIN X, et al. Effect of mixed fermentation of Meiqi yeast and *Saccharomyces cerevisiae* on the flavor of pitaya fruit wine[J]. Food Research and Development, 2021, 42(10): 54-60.
- [36] 孙时光, 左勇, 徐佳, 等. 外源添加物对桑椹果酒高级醇的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(19): 180-187.
- SUN S G, ZUO Y, XU J, et al. Effects of Exogenous Additives on higher alcohols in mulberry fruit wine[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(19): 180-187.
- [37] CHENG F, HAI D, WEI J, et al. Compositional differences and similarities between typical Chinese Baijiu and Western Liquor as revealed by mass spectrometry-based metabolomics [J]. Metabolites, 2018, 9(1): 2.
- [38] 张文文, 翁佩芳, 吴祖芳. 东方伊萨酵母和酿酒酵母混合发酵杨梅酒的发酵效率及风味特征分析[J]. 食品科学, 2019, 40(18): 144-151.
- ZHANG W W, WENG P F, WU Z F. Analysis on fermentation efficiency and flavor characteristics of bayberry wine fermented by Oriental Issa yeast and *Saccharomyces cerevisiae*[J]. Food Science, 2019, 40(18): 144-151.
- [39] 陈发兴, 刘星辉, 陈立松. 果实有机酸代谢研究进展[J]. 果树学报, 2005, 22(5): 526-531.
- CHEN F X, LIU S H, CHEN L S. Advances in organic acid metabolism of fruits [J]. Journal of Fruit Tree, 2005, 22(5): 526-531.
- [40] ZERAVIK J, FOHLEROVA Z, MILOVANOVIĆ M, et al. Various instrumental approaches for determination of organic acids in wines[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 432-440.
- [41] 潘海燕. 苹果酒苹果酸乳酸发酵的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2004: 2-3.
- PAN H Y. Study on Malolactic fermentation of CIDER[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2004: 2-3.
- [42] 陈敏. 山楂酒中主要有机酸类物质的功效成分及功能研究[J]. 食品工程, 2018(2): 50-51, 54.
- CHEN M. Study on the functional components and functions of main organic acids in Hawthorn wine[J]. Food Engineering, 2018(2): 50-51, 54.
- [43] 赵国群, 赵一凡, 张晓腾, 等. 基于主成分与聚类分析的梨酒品质分析与综合评价[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 111-116.
- ZHAO G Q, ZHAO Y F, ZHANG X T, et al. Quality analysis and comprehensive evaluation of pear wine based on principal component and cluster analysis[J]. Chinese Brew, 2018, 37(2): 111-116.
- [44] 于杰, 韩菁, 张卓睿, 等. 桉叶唐棣果酒发酵工艺及有机酸和挥发性成分分析[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2021, 22(5): 588-593.
- YU J, HAN J, ZHANG Z R, JIANG G Q. Fermentation technology and analysis of organic acids and volatile components of alder leaf Tangdi fruit wine [J]. Journal of Beihua University (Natural Science Edition), 2021, 22(5): 588-593.
- [45] HULME A C. Quinic and shikimic acids in fruits[J]. Qualitas Plantarum at Materiae Vegetabiles, 1958, 3/4(1): 468-473.
- [46] 袁缓缓, 王晓宇, 陈彤国, 等. 红葡萄酒涩感研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(13): 269-274.

- YUAN H H, WANG X Y, CHEN T G, et al. Research progress on astringency of red wine[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(13): 269-274.
- [47] 刘朝霞, 刘青, 李荷, 等. 葡萄酒中单宁含量调查与口感关系的分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(7): 2226-2230.
- LIU C X, LIU Q, LI X, et al. Investigation of tannin content in wine and analysis of the relationship between tannin content and taste[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2014, 5(7): 2226-2230.
- [48] LI L, LI Z, WEI Z, et al. Effect of tannin addition on chromatic characteristics, sensory qualities and antioxidant activities of red wines[J]. RSC Advances, 2020, 10: 7108-7117.
- [49] VILLAMOR R R, EVANS M A, MARTINSON D S, et al. Effects of ethanol, tannin and fructose on the headspace concentration and potential sensory significance of odorants in a model wine[J]. Food Research International, 2013, 50(1): 38-45.
- [50] YANG H, HUA J L, WANG C. Anti-oxidation and anti-aging activity of polysaccharide from *Malus micromalus* Makino fruit wine[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 121: 1203-1212.
- [51] 信思悦, 唐玲, 盛怀宇, 等. 陈酿方式对无花果果酒理化特性及体外抗氧化性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(5): 121-126.
- XIN S Y, TANG L, SHENG H Y, et al. Effects of aging methods on physicochemical properties and in vitro antioxidant activity of fig wine[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(5): 121-126.
- [52] ZHANG A H, ZENG L W, BO H J, et al. Sulphite-corrected, non-phenolic and phenolic antioxidant capacities of fruit wines profiled by differential Folin-Ciocalteu assay[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2021, 57(2): 473-476.
- [53] HUBNER A, SOBREIRA F, NETO A V, et al. The Synergistic behavior of antioxidant phenolic compounds obtained from winemaking waste's valorization, increased the efficacy of a sunscreen system[J]. Antioxidants, 2019, 8(11): 530-533.
- [54] 许立伟, 王炳宇, 杨馨悦, 等. 5 种浆果果酒抗氧化活性差异及综合评价[J]. 中国酿造, 2021, 40(9): 200-205.
- XU L W, WANG B Y, YANG X Y, et al. Difference and comprehensive evaluation of antioxidant activity of five berry fruit wines[J]. Brewed in China, 2021, 40(9): 200-205.
- [55] KONG J, XIE Y, YU H, et al. Synergistic antifungal mechanism of thymol and salicylic acid on *Fusarium solani* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 140(10): 110787.
- [56] K TENIOUDAKI A, O'DONNELL C P, EMOND J P, et al. Blueberry supply chain: Critical steps impacting fruit quality and application of a boosted regression tree model to predict weight loss [J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 179(4): 111590.
- [57] WANG X F, ZHU Z D, HAO T T, et al. Alopecines A-E, five chloro-containing matrine-type alkaloids with immunosuppressive activities from the seeds of *Sophora alopecuroides*[J]. Bioorganic Chemistry, 2020, 99: 3227-3232.
- [58] 王东伟, 黄燕芬, 肖默艳, 等. 猕猴桃果酒发酵条件优化及其抗氧化特性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1619-1625.
- WANG D W, HUANG Y F, XIAO M Y, et al. Optimization of fermentation conditions and antioxidant properties of kiwi fruit wine[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2019, 10(6): 1619-1625.
- [59] 谢克英, 姜芳慧, 袁贵英, 等. 添加酵母可同化氮对桑葚酒功能成分及抗氧化活性的影响[J]. 中国酿造, 2022, 41(3): 140-145.
- XIE K Y, LOU F H, YUAN G Y, et al. Effect of yeast assimilable nitrogen on functional components and antioxidant activity of mulberry wine[J]. China Brewing, 2022, 41(3): 140-145.
- [60] 朱明明, 彭泽宇, 郭鑫哲, 等. 蓝莓添加对柿子果酒抗氧化及风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 211-217, 228.
- ZHU M M, PENG Z Y, GUO X Z, et al. Effect of blueberry addition on antioxidant and flavor substances of persimmon fruit wine[J]. Food Industry Science and Technology, 2020, 41(4): 211-217, 228.
- (上接第 203 页)
- [33] 李美琴. L-抗坏血酸在面粉改良中的应用[J]. 商业科技开发, 1995(1): 9-11.
- LI M Q. Application of L-ascorbic acid in flour improvement[J]. Commercial Technology Development, 1995(1): 9-11.
- [34] 裴艳花, 刘长虹, 黄松伟, 等. 维生素 C 对馒头品质影响的研究[J]. 粮食科技与经济, 2010, 35(6): 43-44.
- CHANG Y H, LIU C H, HUANG S W, et al. Study on the effect of vitamin C on steamed bread quality [J]. Grain Science and Technology and Economy, 2010, 35(6): 43-44.
- [35] 何雅蕾, 马铁明, 刘钟栋, 等. 复合维生素对面团流变学特性和馒头品质的影响研究[J]. 中国食品添加剂, 2009(6): 59-66.
- HE Y Q, MA T M, LIU Z D, et al. A study on the influences of compound vitamins to dough rheological property and the quality of the steamed bread[J]. China Food Additives, 2009(6): 59-66.
- [36] CHAMBERLAIN N. The use of ascorbic acid in bread making[M]. London: Applied Science Publisher, 1981: 87-104.
- [37] 张敏. 抗坏血酸对荞麦—小麦粉面团及面包品质改良研究[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(4): 67-72.
- ZHANG M. Study on the improvement of buckwheat-wheat dough and bread qualities by ascorbic acid[J]. Storage and Process, 2021, 21(4): 67-72.
- [38] 齐琳娟, 陶海腾, 王步军, 等. 维生素 C 对面包烘焙品质及面团特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(5): 955-959.
- QI L J, TAO H T, WANG B J, et al. Effect of adding V_C on baking quality and dough properties of wheat flour[J]. Journal of Triticeae Crops, 2012, 32(5): 955-959.