

橡木桶陈酿技术对猕猴桃酒品质的影响

宗绪岩^{1,2,3}, 李建¹, 白彬阳¹, 杨金山¹, 李丽^{1,2,3}

(1. 四川理工学院生物工程学院, 四川宜宾 644000) (2. 酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 四川宜宾 644000) (3. 固态酿造关键技术研究四川省院士(专家)工作站, 四川宜宾 644000)

摘要: 为了提高猕猴桃果酒的品质, 本文研究了采用橡木桶进行陈酿过程对猕猴桃果酒理化指标和感官评价的影响, 具体包括溶解氧、电导率、色度和色调等物理指标, 游离二氧化硫、总酚、高级醇等化学指标和感官评价得分。结果显示: 随着猕猴桃果酒陈酿时间的延长, 电导率、色度、色调等理化指标均呈现了明显的上升趋势, 且逐渐趋于平衡, 分别为电导率 2.76 mS/cm, 色度 0.375, 色调 4.05; 而溶解氧、游离二氧化硫、总酚等理化指标均呈现了明显的下降趋势, 并逐渐趋于稳定, 溶解氧 0.72 mg/L, 游离二氧化硫 27.87 mg/L, 总酚 332 mg/L; 随着陈酿时间延长, 异丁醇、异戊醇和高级醇总含量都呈现下降趋势; 经过橡木桶陈酿后的猕猴桃果酒其感官得分为 97.68, 明显高于感官得分为 79.84 的玻璃瓶贮藏的猕猴桃果酒样品。因此, 贮藏过程中猕猴桃酒理化和感官评价变化与溶解氧含量及变化、橡木桶结构和成分有关。

关键词: 猕猴桃果酒; 橡木桶; 溶解氧; 感官评价

文章编号: 1673-9078(2018)12-175-180

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.026

Effects of Oak Barrel Aging on the Quality of Kiwi Wine

ZONG Xu-yan^{1,2,3}, LI Jian¹, BAI Bin-yang¹, YANG Jin-shan¹, LI Li^{1,2,3}

(1. College of Bioengineering, Sichuan University of Science & Engineering, Yibin 644000, China)

(2. Liquor Making Biotechnology & Application Key Lab of Sichuan Province, Yibin 644000, China)

(3. Solid-State Brewing of Academician Expert Workstation of Sichuan Province, Yibin 644000, China)

Abstract: Oak barrel was used to improve the quality of kiwi wine during storage in this work. The changes in dissolved oxygen, electrical conductivity, chromaticity, hue, free sulfur dioxide, total phenol, and high alcohols during the aging process were measured. The sensory evaluation scores of kiwi wine before and after storage were compared. The results showed that with the prolongation of storage time, electrical conductivity, chromaticity, and hue showed an upward trend. The values of Electrical conductivity, chromaticity, and hue reached 2.76 mS/cm, 0.375, and 4.05, respectively. All of dissolved oxygen, free sulfur dioxide and total phenol showed a downward trend. The values of dissolved oxygen, free sulfur dioxide, and total phenol reached 0.72 mg/L, 27.87 mg/L, and 332 mg/L, respectively. Content of isobutyl alcohol, isoamyl alcohol and higher alcohols decreased. The sensory scores of kiwi wine after the aging in oak barrels was 97.68, which were significantly higher than that aging in glass bottle with the value 79.84. Thus, these results indicated that the attributes of kiwi wine was related to the content and change of dissolved oxygen, and the structure and composition of oak barrels.

Key words: kiwi wine; oak barrels; dissolved oxygen; sensory evaluation

猕猴桃 (*Actinidia chinensis* Planch) 原产于我国, 又称阳桃、羊桃、麻藤果、藤梨等, 属猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属 (*Actinidia* Lind), 浆果类木质藤本植物的果实^[1]。美味猕猴桃 (*Actinidia deliciosa*)、中华猕猴桃 (*Actinidia chinensis*)、软枣

收稿日期: 2018-09-19

基金项目: 四川省科技厅项目 (2018JZ0039); 四川理工学院研究生创新基金项目 (Y2016004); 酿酒生物技术及应用四川省重点实验室开放基金项目 (NJ2017-10)

作者简介: 宗绪岩 (1976-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 发酵过程控制与监测及食品生物化学

通讯作者: 李丽 (1982-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术

猕猴桃 (*Actinidia arguta*) 等为我国最主要的商业栽培猕猴桃种。猕猴桃味道清香鲜美, 营养丰富, 含有糖类、蛋白质、维生素、氨基酸、有机酸、多酚类化合物以及人体所需的一些微量矿物元素等。水果蔬菜常因含有丰富的各种维生素类物质和多酚类物质等, 而表现出抗炎症、抗氧化、抗肿瘤等功效, 猕猴桃更因其富含大量的维生素 C 和多酚类物质而被誉为“水果之王”^[2]。有报道称经常使用猕猴桃能够有效减少肿瘤和心血管疾病的发病率, 对人体健康十分有益^[3]。猕猴桃果实皮薄多汁, 肉厚, 较难鲜储, 极易腐烂^[4]。随着我国猕猴桃产业迅速发展, 猕猴桃早已呈现供大于求状况, 因此对于猕猴桃深加工的研究具有重要意

义^[5]。

橡木桶作为一种传统的储酒容器,其历史甚至可以追溯到远古时代,最早人们只用其作为储酒容器,后来发现其还具有促进酒类成熟的作用。果酒生产中普遍使用橡木桶进行陈酿,是一个复杂的过程,随着陈酿过程进行,伴随着果酒色泽、气味和风味的变化,能够改善其感官,并逐渐趋向成熟。使用橡木桶进行陈酿的果酒可以溶出橡木中的物质获得复杂的香气,同时,橡木桶的透气性也改变了果酒中挥发性物质的组成^[6]。

本文通过果酒专用橡木桶对猕猴桃果酒进行贮藏研究,通过测定贮藏过程中,酒汁的理化特性和感官特性,为后续研究橡木桶陈化机理和工业化应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猕猴桃果酒:实验室自制,酒精度 10% vol;乙醇、异丁醇、异戊醇均为色谱纯,购于上海阿拉丁生化科技股份有限公司;亚硫酸钠、盐酸副玫瑰苯胺、甲醛、FC 显色剂、碳酸钠、一水合没食子酸均为分析纯,购于成都市科隆化学品有限公司。

1.2 仪器与设备

5 L 橡木桶,本地购买;生化培养箱,常州普天仪器制造有限公司;磁力搅拌器,美国赛洛捷克有限公司;pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司;电子天平,德国赛多利斯公司;溶氧仪 JPB-607A,上海仪电科学仪器股份有限公司;电导率仪 DDS-307,上海仪电科学仪器股份有限公司;分光光度计 L35,美国珀金埃尔默公司;电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;气相色谱质谱联用仪,美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 陈酿工艺

将酿造好的猕猴桃酒放入 5 L 橡木桶中,橡木桶用专用木塞密封,放入 15 °C 恒温箱中避光陈酿。取样和测定时缓慢打开塞子,将探头缓慢放入分别测定上层、中层和下层指标,并取平均值,然后缓慢插入吸管,分别在上部、中部和下部分别吸取约 10 mL 酒液,合并后作为检测样品。

1.3.2 溶解氧含量(DO)的测定

将溶解氧探头通过橡木桶的取样口放入,并使电极浸入在酒汁中,分别测定上层、中层、下层的溶解

氧含量(DO),每层测量 3 次,取平均值。

1.3.3 电导率的测定

将电导率探头通过橡木桶的取样口放入,并使电极浸入在酒汁中,分别测定上层、中层、下层的电导率值,每层测量 3 次,取平均值。

1.3.4 色度的测定

将样品用 0.22 μm 的针式过滤器过滤后,在波长 420 nm、520 nm、620 nm 下测定其吸光值,分别记做 A₄₂₀、A₅₂₀、A₆₂₀,计算 A₄₂₀、A₅₂₀、A₆₂₀ 之和作为样品的色度值^[7,8]。

1.3.5 色调的测定

将微孔滤膜过滤后的样品放入紫外分光光度计,测定波长 420 nm、520 nm 下吸光值,分别记做 A₄₂₀、A₅₂₀,计算 A₄₂₀/A₅₂₀ 的比值作为样品的色调值^[9]。

1.3.6 游离二氧化硫含量测定

将亚硫酸钠水溶液分别加入 8 个 50 mL 三角瓶中并加入去离子水稀释至 10 mL,使其中二氧化硫浓度为 0~10 μg/mL;取 1 mL 样品和 9 mL 去离子水加入 50 mL 三角瓶中;分别加入,5 mL 盐酸副玫瑰苯胺和 5 mL 甲醛溶液,在 25 °C 水浴中保存 30 min,在 560 nm 处测定吸光度^[10]。

1.3.7 总酚含量测定

总酚检测方法参照文献^[11,12]。测定样品时先稀释 5 倍,按照绘制标准曲线相同的步骤测定吸光度值,计算总酚含量。

1.3.8 高级醇含量测定

采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法对样品进行杂醇油含量测定。分别配制 10 mg/mL 的异丁醇、异戊醇的标准浓缩溶液,各取 1 mL 再分别加入 1 mL 的 10 mg/mL 的叔戊醇浓缩液作为内标液,用 40% 的乙醇溶液定容至 100 mL。分别取标准溶液和样品各 1 mL 放入样品瓶进行萃取和测定。

平衡条件:55 °C,30 min;萃取头解吸条件:250 °C,3 min;萃取头吸附条件:55 °C,40 min;气相色谱条件:进样口温度:230 °C,质谱条件为四极杆温度:150 °C,离子源温度:230 °C,电离电压:70 eV,方式为:EI,质量扫描范围:20~500 u^[13,14]。

1.3.9 感官评定方法

分别取橡木桶贮藏后的猕猴桃果酒样品和 4 °C 玻璃瓶密封保存的猕猴桃果酒样品,各 3 个重复,随机编号后进行品尝打分。样品的感官评定采用评分法,在学校范围内筛选了 2 名具有专业资质的酒类品评教师和 10 名经过酒类品评培训的学生(男、女各 5 人)组成品评小组。受试者被要求对果酒的整体感官质量(视觉、香气和味道)进行评分,评分范围在 0 到 10

之间。为此，将果酒样品随机编号，并用培养皿覆盖。在 20~22 °C 进行盲评，在品尝过程中提供清水，品评前后使用清水漱口。单独打分，避免互相影响，收集评分后去掉最高分和最低分各一个，然后计算平均值 [15~17]。

1.3.10 数据处理

使用 Excel 进行方差分析。每个样品重复 3 次，结果以平均值±方差表示。

2 结果与讨论

2.1 猕猴桃果酒贮藏过程中溶解氧含量 (DO)

的变化

溶解氧在酒类发酵和贮存过程中起着重要作用，是检测的重要指标 [18]，通过测定不同贮藏时间溶解氧的变化 (见图 1)，探究溶解氧在陈酿过程中起到的作用。

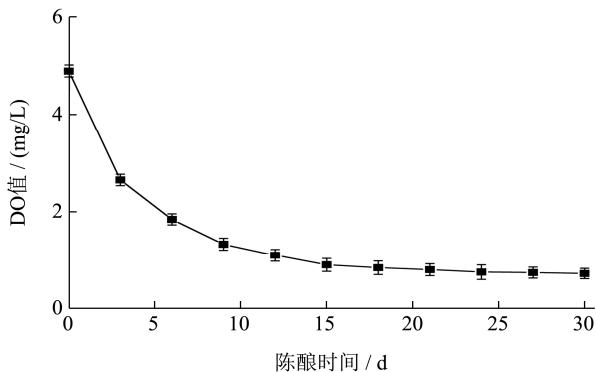


图 1 贮藏过程溶解氧变化

Fig.1 Change of dissolved oxygen during aging process

从图 1 中可以看出，贮藏初期溶解氧下降很快，后期橡木桶中溶解氧基本处于稳定状态，可能由于橡木桶具有一定的透性，使得空气中的溶解氧进入到酒液中 [19,20]，酒中微量的氧促进了醇类、醛类、酚类、酯类等物质的转化反应，产生了不同的风味物质，有利于加速酒体成熟、改善风味、缩短陈酿时间 [21]。初期酒中物质氧化迅速，大量消耗溶解氧，造成溶解氧迅速下降，后期透过橡木桶的溶解氧缓慢与酒中物质反应，使得溶解氧水平维持稳定。

2.2 猕猴桃果酒贮藏过程中电导率的变化

电导率定义为溶液的导电能力 [22]，受酒体中离子浓度和性质的影响。酒类储藏期间酒体内物质发生的氧化聚合、酯化等各种反应都会使电导率产生变化。

从图 2 可以看出，随着贮藏时间的延长，酒液的

电导率逐渐增加，且增速逐渐变缓。橡木桶的微透氧性，酒液中一直含有微量的溶氧，使其酒液发生化学反应，形成了不同导电性能的物质。Colombié 等提出发酵过程中可吸收氮类物质会影响体系的电导率 [22]。因此，在贮藏阶段，有机酸的变化可能是影响体系电导率变化的主要因素。

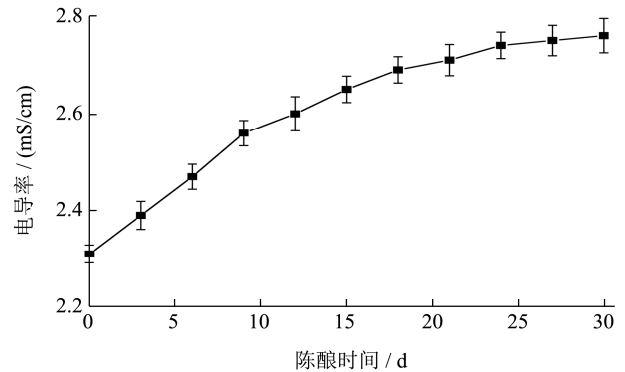


图 2 贮藏过程电导率变化

Fig.2 Change of electrical conductivity during aging process

2.3 猕猴桃果酒贮藏过程中色度的变化

色度是体现酒液呈色强度的一个重要参数 [23]。果酒的色度值与其颜色的鲜亮程度成正相关 [24]。

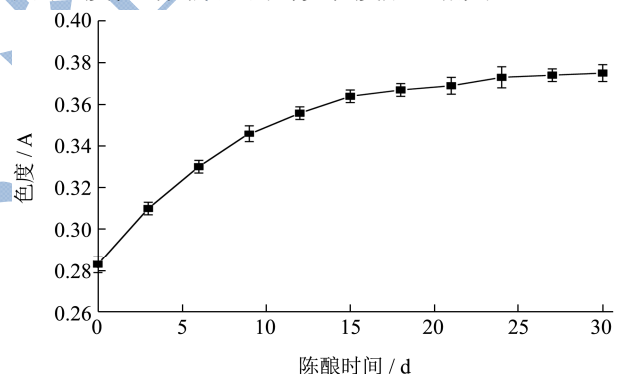


图 3 贮藏过程色度变化

Fig.3 Change of color during aging process

从图 3 可以看出，贮藏过程有利于色度提高，主要是橡木桶中所含的部分单宁等酚酸类物质溶入酒液中，并在氧的作用下通过酯键相连形成聚合物 [25]。

2.4 猕猴桃果酒贮藏过程中色调的变化

色调变化是评价果酒储藏的一个重要指标。色调变化与原料质量、储藏时间和贮藏工艺有关 [26]。

从图 4 可以看出，随着贮藏时间的延长，猕猴桃果酒的色调逐渐增加，并逐渐趋于稳定，说明贮藏过程中，果酒中黄色逐渐加深，可能是由于多酚类物质聚合形成了色素物质有关。Czibulya 和 Rodrigues 都报道过类似的结果 [27,28]。

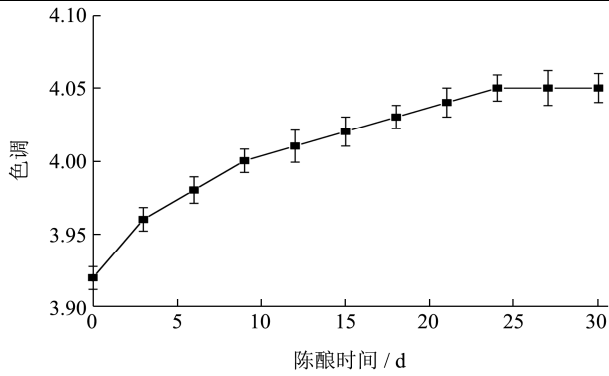


图4 贮藏过程色调变化

Fig.4 Change of color hue during aging process

2.5 猕猴桃果酒贮藏过程中游离二氧化硫的变化

二氧化硫作为果酒生产的必备原料，在生产过程中起到了抑菌、抗氧化和护色的作用^[29]。酒中的二氧化硫主要以两种形式存在。一种是游离二氧化硫，以亚硫酸和溶解二氧化硫状态存在，具有抗氧化能力；另一种是结合二氧化硫。两种状态间存在一个动态平衡^[30]。

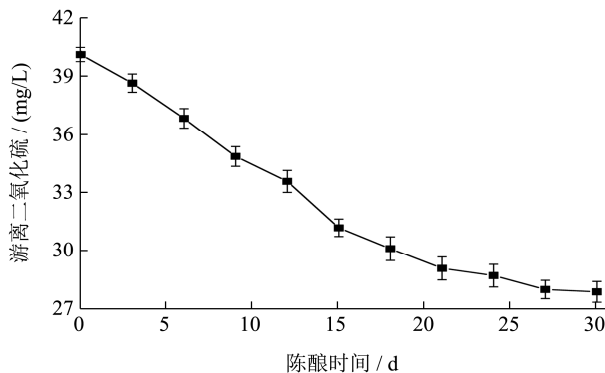


图5 贮藏过程游离二氧化硫变化

Fig.5 Change of free sulfur dioxide during aging process

从图5可以看出，随着贮藏时间的延长，游离二氧化硫的含量持续降低，尤其是初期，下降速度很快，基本呈现线性下降。随着贮存时间延长，溶解氧逐渐将游离二氧化硫氧化消耗掉，同时结合态的二氧化硫逐渐分解形成游离态，使得游离二氧化硫呈现稳步降低。

2.6 猕猴桃果酒贮藏过程中总酚含量的变化

果酒中酚类物质的含量与原料种类、产地、土壤类型、收获时机及酿酒工艺有关^[31]。酚类物质会参与酒液陈酿过程的许多物理化学变化，从而决定了猕猴桃果酒的感官特性^[32]。在橡木桶陈酿期间，酚类物质发生的各种反应显著影响果酒风味改变^[33]。在陈酿过

程中，溶解氧会与新鲜果酒中大量存在于的游离多酚类物质发生反应。

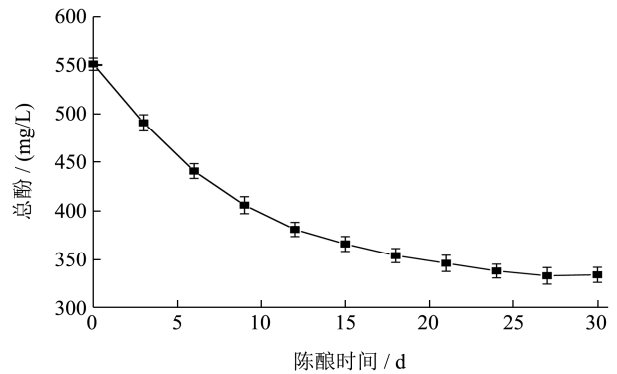


图6 贮藏过程总酚含量变化

Fig.6 Change of concentration of polyphenol during aging process

从图6可以看出，在橡木桶陈酿前期，猕猴桃果酒中的酚类物质含量迅速减少，原因主要是酒液中的溶解氧与酚类物质发生了氧化聚合反应，形成了复杂的化合物；随着陈酿的进行，酒液中的溶解氧趋于稳定，酚类物质含量变化也逐渐趋于平缓^[34]。随着陈酿的进行，带有苦涩味道的酚类物质逐渐氧化聚合，形成一系列的低聚合化合物，使得猕猴桃果酒的口感变得逐渐醇厚。

2.7 猕猴桃果酒贮藏过程中高级醇含量的变化

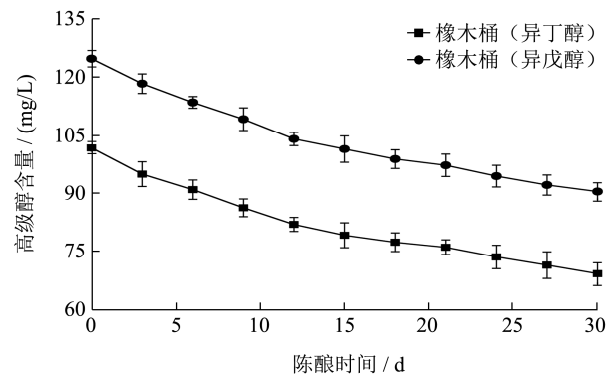


图7 贮藏过程高级醇含量变化

Fig.7 Change of concentration of higher alcoholics during aging process

高级醇是一类含有三个碳原子以上的一元醇类物质，在猕猴桃果酒中可以起到呈香、呈味的作用，适度含量的高级醇可以支撑猕猴桃果酒的口感、丰富酒体的香气^[35]。但过量的高级醇会造成饮酒后“上头”反应，也会导致饮酒后不适^[36]。文献报道，某些酒中异丁醇、异戊醇是主要的高级醇，超过总含量的70%^[37]。因此，本研究仅测定了异丁醇和异戊醇的变

化。

从图7可以看出,随着贮藏时间的延长,异丁醇和异戊醇的含量均成下降趋势,且近乎平行。高级醇含量降低可能是在贮藏过程中,溶解氧与高级醇发生了氧化反应转化为醛或酸,或是高级醇与酸类物质发生了酯化反应。

2.8 贮藏前后猕猴桃果酒感官的变化

橡木桶贮藏后样品感官得分为 97.68 ± 2.35 ,4℃玻璃瓶密封保存酒样感官得分为 79.84 ± 1.98 。贮藏工艺能够明显提高猕猴桃果酒样品的感官,有助于加速产品成熟。橡木桶贮藏工艺对猕猴桃果酒感官的影响还需进一步进行对照研究。

3 结论

本文采用市售橡木桶对实验室制备的猕猴桃果酒进行了贮藏研究,随着贮藏时间的延长,电导率、色度和色调等指标呈现上升趋势,而溶解氧、游离二氧化硫、总酚和高级醇等物质均呈现下降趋势,经过橡木桶贮藏后的猕猴桃果酒其感官得分明显提高。在猕猴桃果酒贮藏过程中,物理、化学和感官的变化与样品初始溶解氧含量及橡木桶质量有关,后续将对不同贮藏装置及不同贮藏条件对猕猴桃果酒的影响做进一步研究。

参考文献

- [1] Peticilaa A, Scaeteanub G, Madjarb R, et al. Fertilization effect on mineral nutrition of *Actinidia deliciosa* (kiwi) cultivated on different substrates [J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2015, 6: 132-138
- [2] Wang Y, Shan T, Yuan Y, et al. Evaluation of *Penicillium expansum* for growth, patulin accumulation, nonvolatile compounds and volatile profile in kiwi juices of different cultivars [J]. Food Chemistry, 2017, 228: 211-218
- [3] 李琛,张婷,罗安伟,等.8种猕猴桃抗氧化活性评价及基于HPLC与FT-IR指纹分析的品种区分[J].现代食品科技, 2016,32(6):288-297
LI Chen, ZHANG Ting, LUO An-wei, et al. Evaluating antioxidant capacity of eight kiwi fruit cultivars and identifying cultivars based on HPLC and FT-IR fingerprint analysis [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(6): 288-297
- [4] 邵佩,张昭,王琳,等.膨大剂处理对猕猴桃多酚含量及抗氧化活性的影响[J].现代食品科技,2018,34(5):32-40
SHAO Pei, ZHANG Zhao, WANG Lin, et al. Effects of swelling agent treatment on the polyphenol content and antioxidant activity of kiwifruit [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(5): 32-40
- [5] 袁琳,宋育阳,鲁燕汶,等.两种酵母菌对猕猴桃原酒品质的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(2):130-133
YUAN Lin, SONG Yu-yang, LU Yan-wen, et al. Quality properties of kiwi wine fermented by two yeasts [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2017, 37(2): 130-133
- [6] Ye D, Zheng X, Xu X, et al. Evolutions of volatile sulfur compounds of *Cabernet sauvignon* wines during aging in different oak barrels [J]. Food Chemistry, 2016, 202: 236-246
- [7] Bimpilas A, Panagopoulou M, Tsimogiannis D, et al. Anthocyanin copigmentation and color of wine: The effect of naturally obtained hydroxycinnamic acids as cofactors [J]. Food Chemistry, 2016, 197(A): 39-46
- [8] González-Sáiz J M, Esteban-Díez I, Rodríguez-Tecedor S, et al. Modulation of the phenolic composition and colour of red wines subjected to accelerated ageing by controlling process variables [J]. Food Chemistry, 2014, 165: 271-281
- [9] Czibulya Z, Horváth I, Kollár L, et al. The effect of temperature, pH, and ionic strength on color stability of red wine [J]. Tetrahedron, 2015, 71(20): 3027-3031
- [10] García-Guzmán J J, Hernández-Artiga M P, Palacios-Ponce dLL, et al. Selective methods for polyphenols and sulphur dioxide determination in wines [J]. Food Chemistry, 2015, 182: 47-54
- [11] Sheridan M K, Elias R J. Exogenous acetaldehyde as a tool for modulating wine color and astringency during fermentation [J]. Food Chemistry, 2015, 177: 17-22
- [12] Lee E J, Nomura N, Patil B S, et al. Measurement of total phenolic content in wine using an automatic Folin-ciocalteu assay method [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2015, 49(11): 2364-2372
- [13] 季德胜,郑桂青,孙俊,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析辣椒油中的风味物质[J].现代食品科技,2017, 33(6):276-284
JI De-sheng, ZHENG Gui-qing, SUN Jun, et al. Analysis of flavor compounds in chili oil by head-space solid-phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometry [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(6): 276-284
- [14] 李建.乳酸菌及混合蛋白凝胶对发酵香肠品质特性的影响[D].四川理工学院,2018
LI Jian. Effects of *Lactobacillus* and mixed protein gel on

- quality characteristics of fermented sausages [D]. Sichuan University of Science and Engineering, 2018
- [15] Cetó X, González-Calabuig A, Crespo N, et al. Electronic tongues to assess wine sensory descriptors [J]. *Talanta*, 2017, 162: 218-224
- [16] Longo R, Blackman J W, Antalick G, et al. A comparative study of partial dealcoholisation versus early harvest: Effects on wine volatile and sensory profiles [J]. *Food Chemistry*, 2018, 261:21-29
- [17] Puertas B, Jimenez-Hierro M J, Cantos-Villar E, et al. The influence of yeast on chemical composition and sensory properties of dry white wines [J]. *Food Chemistry*, 2018, 253: 227-235
- [18] Del AM, Pando V, Nevares I. Investigation and correction of the interference of ethanol, sugar and phenols on dissolved oxygen measurement in wine [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2014, 809: 162-173
- [19] González-Centeno M R, Chira K, Teissedre P L. Ellagitannin content, volatile composition and sensory profile of wines from different countries matured in oak barrels subjected to different toasting methods [J]. *Food Chemistry*, 2016, 210: 500-511
- [20] Ortega-Heras M, Pérez-Magariño S, Cano-Mozo 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
- [21] Michel J, Albertin W, Jourdes M, et al. Variations in oxygen and ellagitannins, and organoleptic properties of red wine aged in French oak barrels classified by a near infrared system [J]. *Food Chemistry*, 2016, 204: 381-390
- [22] Colombié S, Latrille E, Sablayrolles J M. Online estimation of assimilable nitrogen by electrical conductivity measurement during alcoholic fermentation in enological conditions [J]. *Journal of Bioscience & Bioengineering*, 2007, 103(3): 229-235
- [23] Sen I, Tokatli F. Differentiation of wines with the use of combined data of UV-visible spectra and color characteristics [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 45: 101-107
- [24] Bimpilas A, Panagopoulou M, Tsimogiannis D, et al. Anthocyanin copigmentation and color of wine: The effect of naturally obtained hydroxycinnamic acids as cofactors [J]. *Food Chemistry*, 2016, 197: 39-46
- [25] Zhang X K, He, Zhang B, et al. The effect of prefermentative addition of gallic acid and ellagic acid on the red wine color, copigmentation and phenolic profiles during wine aging [J]. *Food Research International*, 2018, 106: 568-579
- [26] Marquez A, Serratos M P, Merida J. Influence of bottle storage time on colour, phenolic composition and sensory properties of sweet red wines [J]. *Food Chemistry*, 2014, 146: 507-514
- [27] Czibulya Z, Horváth I, Kollár L, et al. The effect of temperature, pH, and ionic strength on color stability of red wine [J]. *Tetrahedron*, 2015, 71(20): 3027-3031
- [28] Rodrigues A, Ricardo-Da-Silva JM, Lucas C, et al. Effect of commercial mannoproteins on wine colour and tannins stability [J]. *Food Chemistry*, 2012, 131: 907-914
- [29] Giménez-Gómez P, Gutiérrez-Capitán M, Puig-Pujol A, et al. Analysis of free and total sulfur dioxide in wine by using a gas-diffusion analytical system with pH detection [J]. *Food Chemistry*, 2017, 228: 518-525
- [30] García-Guzmán J J, Hernández-Artiga M P, Palacios-Ponce de León L, et al. Selective methods for polyphenols and sulphur dioxide determination in wines [J]. *Food Chemistry*, 2015, 182: 47-54
- [31] Sies, H. Polyphenols and health: Update and perspectives [J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2010, 501(1): 2-5
- [32] Minnaar P, Nyobo L, Jolly N, et al. Anthocyanins and polyphenols in Cabernet Franc wines produced with *Saccharomyces cerevisiae* and *Torulaspota delbrueckii* yeast strains: Spectrophotometric analysis and effect on selected sensory attributes [J]. *Food Chemistry*, 2018, 268: 287-291
- [33] Favre G, Peña-Neira Á, Baldi C, et al. Low molecular-weight phenols in Tannat wines made by alternative winemaking procedures [J]. *Food Chemistry*, 2014, 158: 504-512
- [34] Chandra M, Barata A, Ferreira-Dias S, et al. A response surface methodology study on the role of factors affecting growth and volatile phenol production by *Brettanomyces bruxellensis* ISA 2211 in wine [J]. *Food Microbiology*, 2014, 42: 40-46
- [35] De-La-Fuente-Blanco A, Sáenz-Navajas M, Ferreira V. On the effects of higher alcohols on red wine aroma [J]. *Food Chemistry*, 2016, 210: 107-114
- [36] Lachenmeier DW, Haupt S, Schulz K. Defining maximum levels of higher alcohols in alcoholic beverages and surrogate alcohol products [J]. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2008, 50(3): 313-321
- [37] 王鹏银,郝欣,郭学武,等.离子注入诱变选育低产高级醇酿酒酵母菌株[J].*酿酒科技*,2008,2:17-26

WANG Peng-yin, HAO Xin, GUO Xue-wu, et al. Screening of saccharomyces cerevisiae strains with low yield of higher

alcohols by ion implantation [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2008, 2: 17-26

现代食品科技