

# 发酵后混酿调控‘赤霞珠’葡萄酒的香气和色泽

凌梦琪<sup>1</sup>, 邹文文<sup>1</sup>, 吴广枫<sup>1</sup>, 杨伟明<sup>2</sup>, 段长青<sup>1</sup>, 石英<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院葡萄与葡萄酒研究中心, 农业农村部葡萄酒加工重点实验室, 北京 100083) (2. 宁夏志辉源石葡萄酒庄有限公司, 宁夏银川 750026)

**摘要:** 本研究以单品种‘赤霞珠’葡萄酒为主体, ‘品丽珠’、‘马瑟兰’和‘小味儿多’葡萄酒分别为配体以 10%、20%、30% 三种比例进行发酵后二元混酿, 旨在通过不同风格葡萄酒间不同比例的混和, 弥补单一品种葡萄酒的缺陷和提升风味品质。通过气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 和高效液相色谱-三重串联四极杆质谱 (HPLC-QqQ-MS/MS) 测定葡萄酒中风味物质, 结合感官定量描述 (QDA) 和 CIELAB 检测体系对香气和颜色感官品质进行分析。瓶储 6 个月后, 仅果香酯类物质质量浓度较高的‘品丽珠’在混酿比例大于 20% 时显著提高了混酿组乙酸酯类物质质量浓度 ( $p < 0.05$ ); ‘马瑟兰’的比例大于 10% 时能显著提高类异戊二烯类物质质量浓度, 有利于提高花香降低生青味, 同时降低黄色色调; ‘小味儿多’的混酿比例在 30% 时有较好效果, 显著提高混酿组黄烷醇 (1.43 倍)、黄酮醇 (1.27 倍)、酚酸 (4.68 倍) 质量浓度有利于颜色稳定。因此可通过发酵后混酿调控‘赤霞珠’葡萄酒香气和颜色品质, 为科学制定混酿方案提供理论依据。

**关键词:** 葡萄酒; 发酵后混酿; 风味物质; 香气; 颜色

文章编号: 1673-9078(2021)04-234-241

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.4.0877

## Regulation of Aroma and Color Characters in ‘Cabernet Sauvignon’

### Wines through ‘Coupage’ Technique

LING Meng-qi<sup>1</sup>, ZOU Wen-wen<sup>1</sup>, WU Guang-feng<sup>1</sup>, YANG Wei-ming<sup>2</sup>, DUAN Chang-qing<sup>1</sup>, SHI Ying<sup>1</sup>

(1.Center for Viticulture & Enology, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Key Laboratory of Viticulture and Enology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100083, China)

(2.Chateau ZhihuiYuanshi Co. Ltd., Yinchuan 750026, China)

**Abstract:** To avoid deficiencies in monovarietal wines and improve flavor quality by blending different wines with different proportion through the technique of wine blending after fermentation (‘*coupage*’), Cabernet Sauvignon wine was regarded as base wine and blended with Cabernet Franc, Marselan, and Petit Verdot wines with proportion of 10%, 20%, 30%, respectively. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and high-performance liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry (HPLC-QqQ-MS/MS) were used to detect flavor compounds, namely, volatile aroma compounds and phenolic compounds. Quantitative descriptive analysis (QDA) and CIELAB model were conducted to evaluate the difference of wine sensory quality. The results showed it was not an efficient way to increase fruity aroma by merely blending wines with high level of esters. Only Cabernet Franc wine with proportion above 20% increased the concentration of acetates in blending wine samples after 6-month bottle aging ( $p < 0.05$ ). Marselan wine with proportion over 10% could promote flower attribute and reduce herbal notes by increasing concentration isoprenoids, and lower the yellow hue at the same time. Petit Verdot wine with proportion of 30% had great contribution to the improvement of phenolic composition, especially by increasing the concentration of flavanols (1.43 times), flavonols (1.27 times) and phenolic acids (4.68 times), which was beneficial for color stabilization. Therefore, it is practicable to regulate aroma and color

引文格式:

凌梦琪, 邹文文, 吴广枫, 等. 发酵后混酿调控‘赤霞珠’葡萄酒的香气和色泽[J]. 现代食品科技, 2021, 37(4): 234-241

LING Meng-qi, ZOU Wen-wen, WU Guang-feng, et al. Regulation of aroma and color characters in ‘cabernet sauvignon’ wines through ‘*Coupage*’ technique [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(4): 234-241

收稿日期: 2020-09-21

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划项目 (2020BCF01003); 现代农业产业技术体系 (葡萄) 专项资金资助 (CARS-29)

作者简介: 凌梦琪 (1994-), 女, 博士研究生, 研究方向: 葡萄酒风味化学

通讯作者: 石英 (1965-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品化学与食品风味化学

characteristics in 'Cabernet Sauvignon' wines through wine blending after fermentation, which provides theoretical basis for scientific design of 'courage'.

**Key words:** wine; blending; flavor compounds; aroma quality; color characters

广义上的混酿不仅包括葡萄原料的混合发酵,还包括发酵后混合酿造。发酵后混酿技术('Coupage')是指在符合法律或操作规范前提下,将发酵结束的不同风格葡萄酒进行不同比例的混合,以弥补单一品种葡萄酒的缺陷和提升风味品质的工艺,包括不同品种、年份以及酿造单元之间的混酿<sup>[1]</sup>。发酵后混酿通常以一款葡萄酒作为主体(占比大于50%),风格各异的几款葡萄酒作为配体,由酿酒师经过多次感官品尝确定混酿比例及产品风格<sup>[2]</sup>。但经验式的混酿方式往往不能形成更为精确和量化的混酿方案,产品风格也难以固化。因此一些研究通过建模的方式确定最佳混酿方案,如人工神经网络(Artificial neuralnetwork)<sup>[3,4]</sup>、D-最优设计方法(D-optimal design)<sup>[5]</sup>、约束全局优化设计(Constrained global optimization)<sup>[6]</sup>等。

葡萄酒的香气和颜色品质是确定混酿方案的重要感官指标,是多种风味物质共同作用的结果。发酵后混酿技术能够改变葡萄酒的挥发性物质组成,有选择地提高某一类香气物质质量浓度<sup>[7]</sup>,也有利于改善葡萄酒酚类物质组成和稳定颜色<sup>[8-10]</sup>。然而研究表明发酵后混酿对葡萄酒感官和化学特性的改变并不是简单的加和效果<sup>[1]</sup>,这为利用混酿技术定向调控葡萄酒感官品质增加了难度。Ghanem等人<sup>[11]</sup>基于'赤霞珠'、'品丽珠'和'美乐'三种葡萄酒进行了15组不同的发酵后混酿设计以探究二元和三元混酿葡萄酒的感官评估预测模型。Khalafyan<sup>[12]</sup>等人通过三因素单纯形格子设计(Simplex-lattice design)得到了优化的葡萄酒混酿比例(48%'美乐'、35%'赤霞珠'和17%'黑比诺')。

目前中国关于葡萄酒发酵后混酿的理论研究还较少。为了更好的依据不同品种的特点,利用发酵后混酿技术丰富宁夏贺兰山东麓'赤霞珠'干红葡萄酒整体香气并提高其颜色品质,本研究以单品种'赤霞珠'葡萄酒为主体,'品丽珠'、'马瑟兰'和'小味儿多'葡萄酒分别为配体以10%、20%、30%三种比例进行二元混酿,利用气相色谱-质谱联用(GC-MS)和高效液相色谱-三重串联四极杆质谱(HPLC-QqQ-MS/MS)测定风味物质,结合感官定量描述性分析和CIELAB法评价不同混酿组之间感官品质差异,以期发酵后混酿技术提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 实验材料

实验样品选自宁夏贺兰山东麓志辉源石葡萄酒庄(N38°34'23.23", E106°01'54.88")2018年采收酿造的'赤霞珠'(Cabernet Sauvignon, CS)、'品丽珠'(Cabernet Franc, CF)、'马瑟兰'(Marselan, MA)和'小味儿多'(Petit Verdot, PV)单品种干红葡萄酒。四款干红葡萄酒均采用成熟度良好的单品种葡萄经除梗、手工粒选、破碎入罐、酒精发酵、苹果酸-乳酸发酵,发酵规模为100百升,酿造过程严格遵循地方标准。单品种葡萄酒理化指标见表1。发酵后混酿实验以'赤霞珠'葡萄酒为主体葡萄酒,另外三款单品种葡萄酒分别作为配体以10%、20%、30%三种比例进行二元混酿,得到九组不同混酿比例(表2),每组比例按照20L体积进行混酿实验。将单品种'赤霞珠'干红葡萄酒与九组混酿酒样用750mL标准葡萄酒瓶进行罐装,储存于宁夏志辉源石葡萄酒酒庄酒窖中,酒窖温度12℃~18℃,相对湿度65%~75%,瓶储6个月每款酒样随机取样两瓶作为平行用于检测分析。

#### 1.1.2 试剂

用于挥发性物质定量的标准品,包括1-己醇、反式-3-己烯醇、顺式-3-己烯醇、反式-2-己烯醇、异丁醇、1-丁醇、异戊醇、1-戊醇、4-甲基戊醇、3-甲基戊醇、1-辛烯-3-醇、1-庚醇、2-乙基己醇、甲硫基丙醇、1-癸醇、苯甲醇、苯乙醇、乙酸异丁酯、乙酸异戊酯、乙酸己酯、乙酸苯乙酯、乙酸乙酯、异丁酸乙酯、丁酸乙酯、2-甲基丁酸乙酯、3-甲基丁酸乙酯、3-羟基丁酸乙酯、2-羟基-4-甲基戊酸乙酯、己酸乙酯、庚酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、月桂酸乙酯、棕榈酸乙酯、乳酸乙酯、乳酸异戊酯、己酸异戊酯、辛酸异戊酯、丁二酸二乙酯、苯乙酸乙酯、异丁酸、丁酸、异戊酸、己酸、辛酸、癸酸、 $\alpha$ -萜品醇、香茅醇、 $\beta$ -大马士酮、苯甲醛、苯乙醛、苯酚、糠醛、橡木内酯购于美国Sigma-Aldrich公司。

用于酚类物质定量的花色苷标准品及非花色苷酚类物质标准品,包括包括花青素-3-O-葡萄糖苷、花翠素-3-O-葡萄糖苷、甲基花青素-3-O-葡萄糖苷、甲基花翠素-3-O-葡萄糖苷、二甲花翠素-3-O-葡萄糖苷;非花色苷酚类物质标准品,包括槲皮素-3-O-葡萄糖苷、槲皮素-3-O-半乳糖苷、槲皮素-3-O-葡萄糖醛酸、杨梅酮、

杨梅酮-3-*O*-葡萄糖苷、杨梅酮-3-*O*-半乳糖苷、山奈酚-3-*O*-葡萄糖苷、山奈酚-3-*O*-半乳糖苷、二氢槲皮素、儿茶素、表儿茶素、表棓儿茶素、棓儿茶素、原花色素二聚体 B1、原花色素二聚体 B2、没食子酸、原儿茶酸、香草酸、咖啡酸、4-羟基肉桂酸, 购于美国

Sigma-Aldrich 公司。

优级纯氯化钠、分析纯葡萄糖、酒石酸、氢氧化钠等常规试剂购于上海麦克林生化科技有限公司; 色谱纯甲醇、甲酸、乙腈等购于美国 Honeywell 公司。

表 1 单品种葡萄酒基本理化指标

Table 1 Physicochemical indexes of monovarietal wine samples

项目	品种	pH 值	酒精度/(V/V)	残糖/(g/L)	挥发酸/(g/L)	总酸/(g/L)	游离硫/(g/L)
主体葡萄酒	赤霞珠	3.81	15.05	3.29	0.58	5.45	45.85
	品丽珠	3.74	15.60	3.80	0.63	4.57	18.43
配体葡萄酒	马瑟兰	4.11	15.45	5.07	0.65	5.09	42.24
	小味儿多	4.28	16.35	6.02	0.65	5.54	32.26

表 2 二元混酿实验设计

Table 2 Binary blending designs of wines

编号	赤霞珠	品丽珠	马瑟兰	小味儿多
CS	100	-	-	-
CF	-	100	-	-
MA	-	-	100	-
PV	-	-	-	100
CSC1	90	10	-	-
CSC2	80	20	-	-
CSC3	70	30	-	-
CSM1	90	-	10	-
CSM2	80	-	20	-
CSM3	70	-	30	-
CSP1	90	-	-	10
CSP2	80	-	-	20
CSP3	70	-	-	30

注: 表中数字表示对应单品种葡萄酒样在混酿组中所占体积比 (%)。

## 1.2 仪器与设备

7890A 气相色谱 (配有 CTC CombiPAL 自动进样器) × 5975C 质谱, HP-INNOWax 色谱柱 (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm): 美国 Agilent 科技有限公司; 1200 系列 HPLC-6410 系列 QqQ-MS/MS 联用仪 (配有 G1322A 真空脱气机、G1312B 二元高压梯度泵、G1367C 自动进样器、G1316B 柱温箱、G1314C VWD 检测器)、Poroshell 120 EC-C18 色谱柱 (150 mm × 2.1 mm, 2.7 μm): 美国 Agilent 科技有限公司; UV-2450 紫外-可见分光光度计: 日本岛津公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 挥发性物质检测方法

利用顶空固相微萃取 (HS-SPME)、气相色谱-质

谱联用 (GC-MS) 对葡萄酒中挥发性物质进行提取测定<sup>[13]</sup>。具体操作: 5 mL 样品、10 μL 内标 (4-甲基-2-戊醇, 1.0 g/L) 和 1 g NaCl 于 20 mL 的顶空瓶中, 40 °C 平衡 30 min 后用 2 cm 聚二甲基硅氧烷/碳筛/二乙烯苯 (DVB/CAR/PDMS) 50/30 μm 萃取头萃取吸附 30 min, 5:1 分流模式进样, 进样口温度 250 °C, 热解析 8 min。气相色谱升温模式为 50 °C 保持 1 min, 3 °C/min 升温至 220 °C 保持 5 min。电子轰击电离源 (EI), 离子源温度 230 °C, 质谱接口温度 250 °C, 离子能 70 eV, 四级杆温度 150 °C, 质量扫描范围 29~350 u。利用 MSD ChemStation Data Analysis 软件进行峰面积积分, 各物质与内标峰面积的比值作为定量依据, 通过不同梯度的标准品物质峰面积比与浓度的线性拟合曲线进行定量。每个样品做两个独立技术重复。

### 1.3.2 非挥发性酚类物质检测方法

利用高效液相色谱-三重串联四极杆质谱 (HPLC-QqQ-MS/MS) 对葡萄酒中非挥发性酚类物质进行检测。样品测定前经 0.22 μm 水系滤膜过滤, 进样量 5 μL。流动相 A 相为 0.1% 甲酸水溶液, B 相为含 0.1% 甲酸的 50/50 (V/V) 甲醇乙腈溶液。检测器为多反应监测模式 (MRM)。根据文献分别设定非花色苷酚<sup>[14]</sup>、花色苷<sup>[15]</sup>和花色苷衍生物<sup>[16]</sup>的洗脱程序与离子对。利用 Qualitative Analysis of Masshunter 软件进行峰面积积分作为定量依据, 通过不同梯度的标准品物质峰面积与浓度的线性拟合曲线进行定量 (其中花色苷衍生物用二甲花翠素-3-*O*-葡萄糖苷进行半定量)。每个样品做两个独立技术重复。

### 1.3.3 颜色参数检测方法

干红葡萄酒颜色参数采用 CIELAB 法测定与分析<sup>[17]</sup>。葡萄酒样品经 0.22 μm 水系滤膜过滤后, 选择 2 mm 光径玻璃比色皿, 测定 440 nm、530 nm 和 600 nm 波长的透光率, 纯水作为对照, 建立 CIE 颜色坐标系, 计算各供试样品的 CIELAB 参数  $L^*$  值 (亮度)、 $a^*$  值

( $a^* > 0$ , 红色色调;  $a^* < 0$ , 绿色色调)、 $b^*$ 值 ( $b^* > 0$ , 黄色色调;  $b^* < 0$ , 蓝色色调)。各指标 3 组独立技术重复。

### 1.3.4 感官定量描述性分析 (QDA)

品评小组由 18 名 (4 名男性, 14 名女性, 年龄 23~29 岁) 经过标准香味培训 (Le Nezdu Vin 葡萄酒香气盒) 的葡萄与葡萄酒研究中心的研究生组成。参与实验的品评员对每种香味的整体偏差低于 5%<sup>[18]</sup>。感官实验在专业的品评室进行, 品评员具有独立空间及适宜的品评环境。要求品评员对酒样中特定的香味特征进行评价 (包括黑色浆果香、红色浆果香、花香、生青味、总体香气得分), 每个香气属性的强度以 11 分制评分 (0 分表示非常低的强度, 10 分表示强烈的强度)。对感官评价分数采用置信区间法进行数据预处理, 通过 95% 置信水平上按单位方差进行缩放以消除小组成员间差异。

### 1.4 统计分析并作图

开源软件 R (3.4.0) (<http://www.r-project.org/>) 进行热图分析 ('pheatmap' 包) 和单因素方差分析 (ANOVA) ('agricolae' 包中的 'aov' 和 'duncan.test' 函数)。主成分分析 (PCA) 采用 SIMCA 14.1。雷达图绘制采用 OriginPro 9.1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单品种干红葡萄酒品质分析与二元混酿

#### 依据

本研究共定量 55 种挥发性香气化合物, 其中 C6 醇 (A) 4 种、高级醇 (B) 13 种、乙酸酯 (C) 4 种、脂肪酸乙酯 (D) 13 种、其他酯 (E) 6 种、脂肪酸 (F) 6 种、类异戊二烯 (G) 3 种以及其他物质 (H) 6 种。非挥发性酚类物质按照结构可分为单体花色苷 (P1-P5)、花色苷衍生物 (P6-P9)、黄烷醇 (P10-P15)、黄酮醇 (P16-P18) 以及酚酸类物质 (P19-P20)。由 '赤霞珠' (CS)、'品丽珠' (CF)、'马瑟兰' (MA) 和 '小味儿多' (PV) 四款单品种干红葡萄酒风味物质差异分析可知 (图 1), '赤霞珠' 葡萄酒整体香气物质组成较为平衡, 但乙酸酯类质量浓度较低, 同时非挥发性酚类物质处于较低水平。结合感官定量描述 (图 2) 及 CIELAB 颜色参数分析 (表 3), '赤霞珠' 浆果类香气较高, 但花香得分较低, 香气复杂度有所欠缺, 总体香气得分居中, 同时颜色在四个品种中较浅 ( $L^*$  值最高)、红色色调较低 ( $a^*$  值最低) 且黄色色调较高

( $b^*$  值最高)。

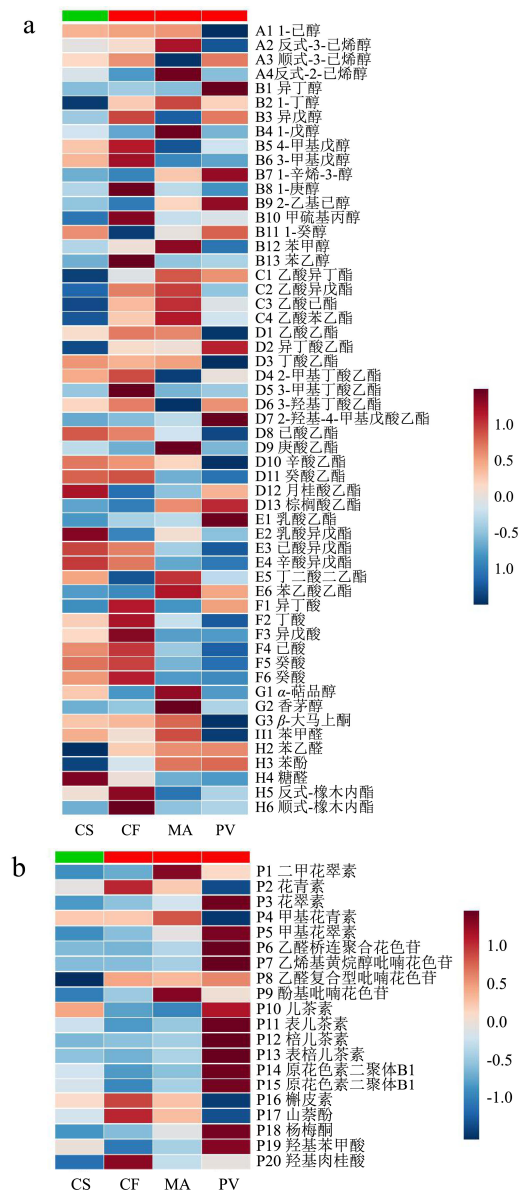


图 1 四种单品种葡萄酒挥发性物质 (a) 及非挥发性酚类物质 (b) 差异

Fig.1 The difference concentration of volatile aroma compounds (a) and phenolic compounds (b) in four monovarietal wine samples

基于 '赤霞珠' 的风味物质与感官品质特征分析, 分别利用 '品丽珠'、'马瑟兰' 和 '小味儿多' 三款单品种葡萄酒各自风格特点进行二元混酿, 以期对 '赤霞珠' 香气和颜色品质进行提升, 配体葡萄酒所占比例分别为 10%、20%、30% (表 2)。「品丽珠」果香酯类物质质量浓度较高, 黑色浆果香感官得分较高 (8.17 分), 但颜色品质欠佳, 在利用其提高果香时需注意对颜色品质的影响。「马瑟兰」中  $\alpha$ -萜品醇、香茅醇、 $\beta$ -大马士酮的质量浓度突出, 这类物质广泛存在于葡萄浆果中, 具有丁香花香、百合花香、甜香等

香气贡献<sup>[19]</sup>。本研究中‘马瑟兰’花香得分较高(4.47分), 尽管其果香较低, 但总体香气得分较高(6.50分), 作为配体葡萄酒能增加‘赤霞珠’香气的复杂性, 且二甲花翠素质量浓度突出颜色品质优于‘赤霞珠’。

‘小味儿多’整体挥发性物质质量浓度较低, 各项香气感官得分也较低, 但颜色最深且蓝紫色色调最重, 酚类物质尤其是黄烷醇类物质质量浓度突出, 其单体与寡聚体均能与花色苷形成辅色复合体, 对葡萄酒颜色起到稳定作用<sup>[20]</sup>, 通过发酵后混酿‘小味儿多’能够提高‘赤霞珠’葡萄酒酚类物质质量浓度改善颜色且提高颜色稳定性。

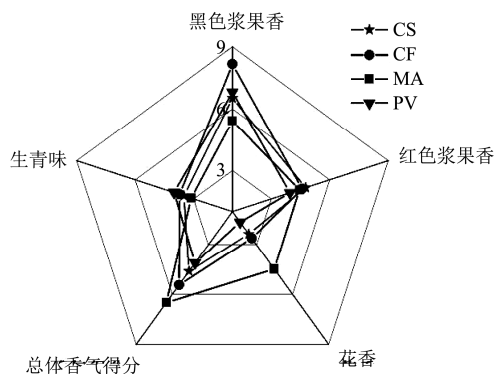


图2 四种单品种葡萄酒香气品质差异

Fig.2 The difference of aroma scores in four monovarietal wine samples

表3 四种单品种葡萄酒颜色参数差异

Table 3 The difference of chromatic characters in four monovarietal wine samples

	CS	CF	MA	PV
<i>L*</i>	57.65±0.23 <sup>a</sup>	54.70±0.38 <sup>b</sup>	40.70±0.39 <sup>c</sup>	24.68±0.37 <sup>d</sup>
<i>a*</i>	41.64±0.12 <sup>d</sup>	45.26±0.27 <sup>c</sup>	49.38±0.28 <sup>b</sup>	59.68±0.41 <sup>a</sup>
<i>b*</i>	10.09±0.03 <sup>a</sup>	8.66±0.14 <sup>b</sup>	5.60±0.11 <sup>c</sup>	1.71±0.16 <sup>d</sup>

注: 同一行的不同字母表示样品间存在显著性差异 (Duncan,  $p < 0.05$ )。

## 2.2 瓶储6个月后‘赤霞珠’葡萄酒与不同混酿组风味物质对比分析

葡萄酒瓶储过程中伴随着风味物质的发展和演变<sup>[21,22]</sup>。为进一步探究不同品种发酵后混酿对‘赤霞珠’香气和颜色品质的作用, 选取瓶储6个月的酒样进行风味物质检测与分析代表相对稳定的混酿效果。结果表明, 尽管瓶储前单品种‘品丽珠’、‘马瑟兰’乙酸酯类物质质量浓度均高于‘赤霞珠’(图1), 瓶储6个月仅‘品丽珠’混酿比例大于20%的混酿组(CSC2、CSC3)显著提高了乙酸酯类物质质量浓度( $p < 0.05$ ), CSC2、CSC3也具有较高的脂肪酸类物质

有利于酯类物质在瓶储阶段的稳定性(表4)。“马瑟兰”作为配体的混酿组(CSM)主要提高了类异戊二烯(1.20倍~1.62倍)与其他酯类物质(1.40倍~1.53倍)的质量浓度, 有利于丰富香气增加复杂性。‘小味儿多’作为配体的混酿组(CSP)主要提高了黄烷醇(1.29倍~1.43倍)、黄酮醇(1.15倍~1.26倍)、酚酸(4.16倍~4.19倍)的质量浓度, 不仅有利于瓶储阶段花色苷辅色/聚合反应的发生稳定颜色, 黄烷醇类物质的增加也可能对口感产生影响<sup>[23]</sup>。

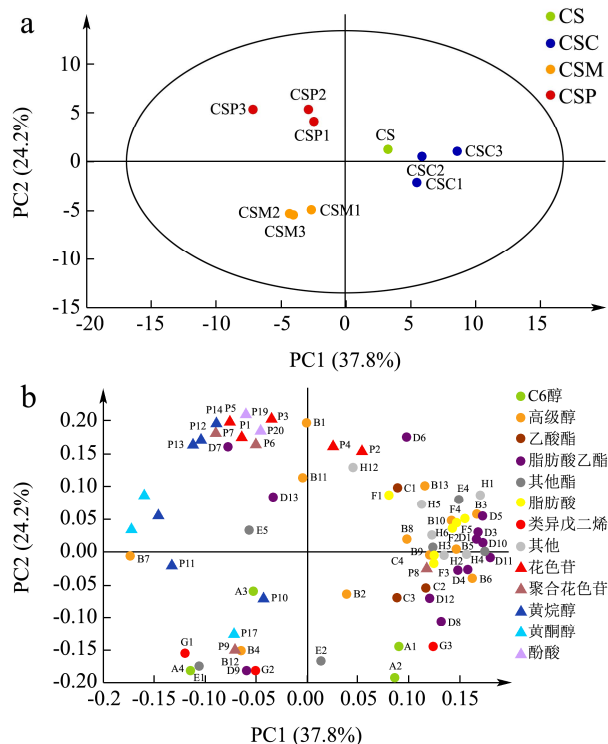


图3 基于风味物质质量浓度的赤霞珠葡萄酒与不同混酿组瓶储6个月主成分分析(PCA)得分图(a)和载荷图(b)

Fig.3 The PCA score model (a) and scattering plot (b) of flavor compounds in CS wines and different blending wine samples after 6-month bottle aging

注: (b)图中物质编号与图1一致。

发酵后混酿能够有效调控葡萄酒风味物质轮廓, 不同配体的二元混酿对‘赤霞珠’的风味物质产生了不同的改变(图3a)。CSC与CS整体风味物质区分度较小, 而CSM和CSP与CS能以PC1进行区分(PC1贡献率37.8%)。由物质载荷图可知(图3b), 大部分酯类物质位于PC1正半轴, 在CS以及CSC中的质量浓度较高, 1-辛烯-3-醇(B7)、表儿茶素(P11)、原花色苷二聚体B2(P15)、槲皮素(P16)以及杨梅酮(P18)位于PC1负半轴, 表明这些物质在CSM和CSP中具有较高的质量浓度。对比CSM和CSP两组混酿, 酚类物质如花翠素(P3)、甲基花翠素(P5)、原花色苷二聚体B1(P14)、羟基苯甲酸(P19)、羟

基肉桂酸(P20)等在CSP中具较突出的质量浓度;而反式-2-己烯醇(A4)、苯甲醇(B12)、乳酸乙酯(E1)、 $\alpha$ -萘品醇(G1)、香茅醇(G2)在CSM中质量浓度较高;这些酚类物质和挥发性物质在CSM和CSP中的差异,可能会使这两组混酿感官风味的表现各具特色。

结果也表明同一混酿组中三种比例间的风味物质差异较小(图3a),10%的配体葡萄酒对主体‘赤霞珠’

葡萄酒风味物质轮廓调控作用有限(表4)。Cáceres-Mella等人<sup>[24]</sup>对‘赤霞珠’进行不同品种发酵后混酿也发现当主体葡萄酒占比例较高时,由于物质间的相互作用葡萄酒中的风味物质会趋于稳定平衡,混酿组与主体单品种葡萄酒物质轮廓区别较小无法达到调控的目的。

表4 ‘赤霞珠’单品种葡萄酒与不同混酿组瓶储6个月的风味物质质量浓度(mg/L)差异

Table 4 The difference of flavor compounds (mg/L) between CS wines and different blending wine samples after 6-month bottle aging

项目	CS	CSC1	CSC2	CSC3	CSM1
C6醇	2.78±0.11 <sup>bc</sup>	<b>3.07±0.12<sup>a</sup></b>	2.85±0.12 <sup>abc</sup>	2.70±0.07 <sup>bc</sup>	2.93±0.17 <sup>ab</sup>
高级醇	443.07±5.31 <sup>a</sup>	430.99±14.40 <sup>abc</sup>	447.23±25.31 <sup>a</sup>	456.27±21.37 <sup>a</sup>	411.87±16.47 <sup>bcd</sup>
乙酸酯	0.86±0.04 <sup>cd</sup>	0.91±0.04 <sup>bc</sup>	<b>0.94±0.05<sup>b</sup></b>	<b>1.04±0.05<sup>a</sup></b>	0.83±0.02 <sup>de</sup>
脂肪酰乙酯	118.32±3.49 <sup>ab</sup>	113.16±4.90 <sup>bcd</sup>	116.67±4.45 <sup>abc</sup>	122.32±4.24 <sup>a</sup>	112.18±5.07 <sup>bcd</sup>
其他酯	4241.35±200.15 <sup>b</sup>	4587.71±412.73 <sup>b</sup>	4850.56±1228.83 <sup>b</sup>	4312.54±648.22 <sup>b</sup>	<b>5994.09±617.55<sup>a</sup></b>
脂肪酸	8.21±0.42 <sup>bcd</sup>	9.01±0.49 <sup>abc</sup>	<b>10.03±1.71<sup>a</sup></b>	<b>10.27±1.24<sup>a</sup></b>	8.10±0.48 <sup>cd</sup>
类异戊二烯/( $\mu$ g/L)	14.73±1.85 <sup>def</sup>	15.65±1.94 <sup>cde</sup>	15.86±2.23 <sup>cde</sup>	17.08±1.73 <sup>cd</sup>	<b>17.63±1.23<sup>bc</sup></b>
其他/( $\mu$ g/L)	187.51±5.29 <sup>b</sup>	166.7±11.98 <sup>c</sup>	<b>213.87±5.18<sup>a</sup></b>	188.62±11.76 <sup>b</sup>	126.19±8.74 <sup>d</sup>
单体花色苷	189.16±3.21 <sup>a</sup>	137.10±0.80 <sup>c</sup>	137.06±1.22 <sup>c</sup>	133.75±2.33 <sup>c</sup>	124.93±2.75 <sup>d</sup>
花色苷衍生物	21.75±0.26 <sup>bc</sup>	19.94±0.12 <sup>f</sup>	20.73±0.02 <sup>e</sup>	22.04±0.20 <sup>b</sup>	20.53±0.03 <sup>e</sup>
黄烷醇	83.72±1.79 <sup>e</sup>	85.32±1.77 <sup>e</sup>	83.26±1.07 <sup>e</sup>	79.94±1.33 <sup>f</sup>	<b>97.85±1.80<sup>c</sup></b>
黄酮醇	10.99±0.26 <sup>e</sup>	10.46±0.22 <sup>f</sup>	11.00±0.14 <sup>e</sup>	11.18±0.24 <sup>e</sup>	<b>12.56±0.45<sup>cd</sup></b>
酚酸	6.11±0.18 <sup>f</sup>	<b>8.74±0.45<sup>c</sup></b>	<b>10.90±0.10<sup>d</sup></b>	<b>13.20±0.08<sup>c</sup></b>	4.68±0.14 <sup>g</sup>
项目	CSM2	CSM3	CSP1	CSP2	CSP3
C6醇	2.88±0.23 <sup>abc</sup>	2.82±0.25 <sup>abc</sup>	2.70±0.13 <sup>bc</sup>	2.63±0.23 <sup>c</sup>	2.60±0.28 <sup>c</sup>
高级醇	397.03±19.56 <sup>d</sup>	397.16±13.96 <sup>d</sup>	436.15±16.75 <sup>ab</sup>	431.12±11.95 <sup>abc</sup>	406.01±27.41 <sup>cd</sup>
乙酸酯	0.90±0.02 <sup>bc</sup>	0.92±0.05 <sup>bc</sup>	0.78±0.04 <sup>c</sup>	0.86±0.06 <sup>cd</sup>	0.87±0.07 <sup>bcd</sup>
脂肪酰乙酯	105.89±2.23 <sup>d</sup>	106.07±1.98 <sup>d</sup>	108.85±7.05 <sup>cd</sup>	108.11±4.63 <sup>cd</sup>	107.71±10.40 <sup>d</sup>
其他酯	<b>5940.54±679.23<sup>a</sup></b>	<b>6488.05±381.98<sup>a</sup></b>	4953.57±508.57 <sup>b</sup>	4680.38±499.94 <sup>b</sup>	4677.42±361.20 <sup>b</sup>
脂肪酸	7.83±0.23 <sup>cd</sup>	8.18±0.58 <sup>cd</sup>	9.55±1.02 <sup>ab</sup>	8.34±1.18 <sup>bcd</sup>	7.48±0.34 <sup>d</sup>
类异戊二烯/( $\mu$ g/L)	<b>19.95±1.36<sup>b</sup></b>	<b>23.89±2.04<sup>a</sup></b>	13.92±1.25 <sup>ef</sup>	14.74±2.61 <sup>de</sup>	11.74±0.96 <sup>f</sup>
其他/( $\mu$ g/L)	117.64±7.49 <sup>d</sup>	116.32±4.42 <sup>d</sup>	117.75±15.82 <sup>d</sup>	122.50±17.35 <sup>d</sup>	111.18±5.29 <sup>d</sup>
单体花色苷	136.06±3.20 <sup>c</sup>	135.61±3.49 <sup>c</sup>	171.31±2.01 <sup>b</sup>	172.91±0.74 <sup>b</sup>	189.86±8.48 <sup>a</sup>
花色苷衍生物	21.22±0.13 <sup>d</sup>	<b>23.41±0.39<sup>a</sup></b>	21.30±0.13 <sup>d</sup>	20.66±0.13 <sup>e</sup>	21.65±0.23 <sup>c</sup>
黄烷醇	<b>95.31±1.35<sup>c</sup></b>	<b>89.24±1.38<sup>d</sup></b>	<b>107.71±0.26<sup>b</sup></b>	<b>118.66±4.00<sup>a</sup></b>	<b>119.76±2.60<sup>a</sup></b>
黄酮醇	<b>12.71±0.18<sup>c</sup></b>	<b>12.20±0.50<sup>d</sup></b>	<b>12.68±0.04<sup>c</sup></b>	<b>13.41±0.23<sup>b</sup></b>	<b>13.91±0.05<sup>a</sup></b>
酚酸	3.94±0.08 <sup>h</sup>	4.80±0.24 <sup>g</sup>	<b>25.42±0.41<sup>b</sup></b>	<b>28.35±0.74<sup>a</sup></b>	<b>28.58±0.22<sup>a</sup></b>

注:质量浓度表示对应类别物质质量浓度之和。同一行的不同字母表示样品间存在显著性差异(Duncan,  $p < 0.05$ )。粗体表示混酿组显著高于‘赤霞珠’单品种葡萄酒。

### 2.3 瓶储6个月后‘赤霞珠’葡萄酒与不同混

#### 酿组感官品质对比分析

葡萄酒瓶储过程中花色苷类物质的辅色/聚合反应<sup>[20]</sup>、挥发性物质间复杂的相互作用<sup>[25,26]</sup>以及葡萄酒

中非挥发性基质组分对挥发性物质呈香释放的影响<sup>[27]</sup>,都为混酿组感官品质的预测增加难度。对瓶储6个月后各酒样香气得分与CIELAB颜色参数进行PCA建模(图4),感官品质参数共解释68.2%的变量(其中PC1为42.5%,PC2为25.7%),具有较好代表性。

CSC和CSP1与亮度 $L^*$ 值同位于PC1负半轴,表

明这些混酿组对 CS 颜色改善作用有限。而 CSM2、CSM3 和 CSP3 能提高红色色调 (较高  $a^*$  值)。CSM 与  $b^*$  值分别位于 PC2 的正负半轴, 说明 CSM 能降低黄色色调 (较低  $b^*$  值)。混酿组对颜色品质改良的不同效果可能取决于酚类物质组成比例<sup>[8]</sup>。至于香气品质, CSM 与花香位于第四象限, 与 CS 相比能显著提高花香得分降低生青味得分, 有利于香气品质的改善, 与风味物质差异结果一致 (表 4, 图 3)。尽管 CSC 酯类物质质量浓度较高, 但瓶储 6 个月后 CSC 与红/黑浆果香得分分别位于 PC1 的正负半轴表明浆果香并不突出 (图 4)。Hopfer 等人<sup>[1]</sup>研究发现风味物质及感官品质在不同混酿组中存在偏离比例理论计算值的放大 (amplifying effect) /抑制 (suppressing effect) 效应, 因此通过发酵后混酿技术提高果香酯类物质质量浓度以提高果香品质的效果可能有限且不稳定。CSM2、CSM3 和 CSP3 偏向 PC1 正半轴对应总体香气得分较高, 且 CSP3 具有较高红/黑浆果香, 这些混酿方案对酒样香气品质有积极作用。

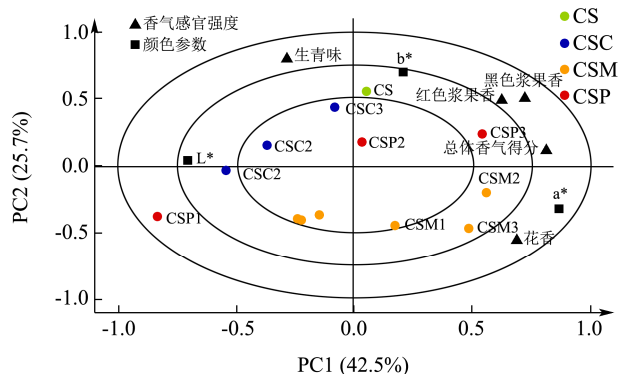


图 4 基于香气感官定量描述分析和 CIELAB 分析的赤霞珠葡萄酒与不同混酿组瓶储 6 个月主成分分析 (PCA) 散点图

Fig.4 The PCA biplot of sensory scores and CIELAB chromatic characters in CS wines and different blending wine samples after 6-month bottle aging

### 3 结论

3.1 科学掌握发酵后混酿技术调控葡萄酒香气与颜色品质的前提是对混酿基酒风味物质组成及感官品质特征的深入理解。主体‘赤霞珠’葡萄酒整体香气物质组成较为平衡, 总体香气得分居中, 非挥发性酚类物质处于较低水平, 颜色品质待改善。分别通过‘品丽珠’、‘马瑟兰’和‘小味儿多’葡萄酒与‘赤霞珠’葡萄酒在发酵后进行三种比例的二元混酿。结果表明, ‘品丽珠’能赋予混酿组更高的乙酸酯类物质, 但瓶储 6 个月后对应混酿组浆果香及总体香气得分并不突出; ‘马瑟兰’作为配体的混酿组能增加类异戊二烯类物质质量浓度, 提高花香得分降低生青味, 同时降低黄色色调,

占比在 20%和 30%均有较好效果; ‘小味儿多’非挥发性酚类物质尤其黄烷醇质量浓度突出, 对应的混酿组能改善酚类物质组成有利于颜色稳定, 结合香气及颜色参数, 占比在 30%时有较好效果。

3.2 因此, 混酿组的风味物质可通过基酒物质特点进行调控, 但不同混酿组瓶储后期感官品质的表现可能由于风味物质的演变及相互作用而复杂多变。仅利用发酵后混酿技术提高酯类物质质量浓度以改良果香品质的作用效果有待商榷, 陈酿期间酚类物质的组成比例也会影响颜色品质的改良效果。本结果为科学化混酿工艺设计提供一定的理论基础。多品种多比例的发酵后混酿方案对葡萄酒品质的调控以及风味物质间相互作用机制有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] Hopfer H, Ebeler S E, Heymann H. How blending affects the sensory and chemical properties of red wine [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2012, 63(3): 313-324
- [2] Datta S, Nakai S. Computer-aided optimization of wine blending [J]. Journal of Food Science, 1992, 57(1): 178-182
- [3] Ferrier J G, Block D E. Neural-network-assisted optimization of wine blending based on sensory analysis [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2001, 52(4): 386-395
- [4] Moldes O, Mejuto J, Rial-Otero R, et al. A critical review on the applications of artificial neural networks in winemaking technology [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(13): 2896-2908
- [5] Koak J H, Kang B S, Hahm Y T, et al. Blending of different domestic grape wines using mixture design and optimization technique [J]. Food Science and Biotechnology, 2010, 19(4): 1011-1018
- [6] Vismara P, Coletta R, Trombettoni G. Constrained global optimization for wine blending [J]. Constraints, 2016, 21(4): 597-615
- [7] Vilanova M, Freire L. Complementary effect of blending on the volatile composition of Albarino and Loureira white wines (*Vitis vinifera* L.) from NW Spain [J]. South African Journal of Enology and Viticulture, 2017, 38(1): 109-117
- [8] Li S Y, Zhao P R, Ling M Q, et al. Blending strategies for wine color modification I: color improvement by blending wines of different phenolic profiles testified under extreme oxygen exposures [J]. Food Research International, 2020, 130: 108885
- [9] Monagas M, Bartolomé B, Gómez-Cordovés C. Effect of the modifier (Graciano vs. Cabernet Sauvignon) on blends of

- Tempranillo wine during ageing in the bottle. I. anthocyanins, pyranoanthocyanins and non-anthocyanin phenolics [J]. LWT - Food Science and Technology, 2006, 39(10): 1133-1142
- [10] Monagas M, Martín-Álvarez P J, Gómez-Cordovés C, et al. Effect of the modifier (Graciano vs. Cabernet Sauvignon) on blends of Tempranillo wine during ageing in the bottle. II. Colour and overall appreciation [J]. LWT - Food Science and Technology, 2007, 40(1): 107-115
- [11] Ghanem E, Hopfer H, Navarro A, et al. Predicting the composition of red wine blends using an array of multicomponent peptide-based sensors [J]. Molecules, 2015, 20(5): 9170-9182
- [12] Khalafyan A A, Temerdashev Z A, Yakuba Y F, et al. Computer analysis of the sensory qualities of red wines as a method to optimize their blend formulation [J]. Heliyon, 2019, 5(5): e01602
- [13] Lan Y B, Qian X, Yang Z J, et al. Striking changes in volatile profiles at sub-zero temperatures during over-ripening of 'Beibinghong' grapes in northeastern China [J]. Food Chemistry, 2016, 212: 172-182
- [14] Li S Y, He F, Zhu B Q, et al. Comparison of phenolic and chromatic characteristics of dry red wines made from native Chinese grape species and *Vitis vinifera* [J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(9): 2134-2146
- [15] Li S Y, He F, Zhu B Q, et al. A systematic analysis strategy for accurate detection of anthocyanin pigments in red wines [J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 2016, 30(13): 1619-1626
- [16] Zhang X K, Li S Y, Zhao X, et al. HPLC-MS/MS-based targeted metabolomic method for profiling of malvidin derivatives in dry red wines [J]. Food Research International, 2020, 134: 109226
- [17] Ayala F, Echávarri J F, Negueruela A I. A new simplified method for measuring the color of wines. III. All wines and brandies [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1999, 50(3): 359-363
- [18] Lan Y B, Xiang X F, Qian X, et al. Characterization and differentiation of key odor-active compounds of 'Beibinghong' icewine and dry wine by gas chromatography-olfactometry and aroma reconstitution [J]. Food Chemistry, 2019, 287: 186-196
- [19] 刘丽媛,刘延琳,李华.葡萄酒香气化学研究进展[J].食品科学,2011,32(5):310-316
- LIU Li-yuan, LIU Yan-lin, LI Hua. Research progress of wine aroma [J]. Food Science, 2011, 32(5): 310-316
- [20] 赵旭,张欣珂,陈新军,等.葡萄酒中的酚类物质 II:辅色效应与生物活性研究进展[J].食品科学,2019,40(17):284-294
- ZHAO Xu, ZHANG Xin-ke, CHEN Xin-jun, et al. Phenolics in wines II: progress in research on copigmentation and bioactivities [J]. Food Science, 2019, 40(17): 284-294
- [21] Gao Y, Tian Y, Liu D, et al. Evolution of phenolic compounds and sensory in bottled red wines and their co-development [J]. Food Chemistry, 2015, 172: 565-574
- [22] Liu D, Xing R R, Li Z, et al. Evolution of volatile compounds, aroma attributes, and sensory perception in bottle-aged red wines and their correlation [J]. European Food Research & Technology, 2016, 242(11): 1937-1948
- [23] 王文璇,董荣,慕静怡,等.不同单宁提升赤霞珠干红葡萄酒品质的比较分析[J].现代食品科技,2020,36(9):270-276
- WANG Wen-xuan, DONG Rong, MU Jing-yi, et al. Comparison of different tannins for improving the quality of Cabernet Sauvignon red wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(9): 270-276
- [24] Cáceres-Mella A, Peña-Neira Á, Avilés-Gálvez P, et al. Phenolic composition and mouthfeel characteristics resulting from blending Chilean red wines [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 94(4): 666-676
- [25] Lytra G, Tempere S, Revel G D, et al. Impact of perceptive interactions on red wine fruity aroma [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(50): 12260-12269
- [26] Niu Y W, Wang P P, Xiao Z B, et al. Evaluation of the perceptual interaction among ester aroma compounds in cherry wines by GC-MS, GC-O, odor threshold and sensory analysis: an insight at the molecular level [J]. Food Chemistry, 2019, 275: 143-153
- [27] Villamor R R, Ross C F. Wine matrix compounds affect perception of wine aromas [J]. Annual Review of Food Science and Technology, 2013, 4(1): 1-20