

黄竞, 黄羽, 曹慕明, 等. 不同采收期对‘野酿 2 号’毛葡萄酒理化特性及香气成分的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(18): 34–42.
doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100088

HUANG Jing, HUANG Yu, CAO Muming, et al. Effect of Different Harvest Time on Physicochemical Properties and Aroma Components of *Vitis quinquangularis* Rehd. ‘Yeniang No.2’ Wine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(18): 34–42. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100088

· 研究与探讨 ·

不同采收期对‘野酿 2 号’毛葡萄酒理化特性及香气成分的影响

黄 竞, 黄 羽, 曹慕明, 陈国品, 黄秋凤, 李 玮, 谢蜀豫, 管敬喜*
(广西壮族自治区农业科学院葡萄与葡萄酒研究所, 广西南宁 530007)

摘 要:通过比较‘野酿 2 号’毛葡萄不同采收期葡萄酒的理化指标与香气成分, 以期探索‘野酿 2 号’毛葡萄酒酿造的最适采收期。分别对 8 月 15 日、9 月 10 日和 9 月 23 日采收的‘野酿 2 号’毛葡萄酒进行酿造, 并测定相关理化指标和香气成分。结果表明, 随着采收期的延迟, 葡萄中的总糖含量增加, 而总酸含量降低; 酒中的酒度、单宁、总酚、总类黄酮含量逐渐增加, 残糖和总酸含量则逐渐降低, 各不同采收期差异显著 ($P < 0.05$)。3 种毛葡萄酒中共检测到 89 种香气成分, 其中包括 22 种醇类、37 种酯类、7 种酸类、5 种醛类、5 种萜烯类及 13 种其它物质。9 月 23 日的葡萄酒中香气物质含量最高, 为 852370.83 $\mu\text{g/L}$ 。‘野酿 2 号’毛葡萄酒的香气特征主要表现为果香味、花香味、焦糖味、化学味和脂肪味等, 但不同采收期的毛葡萄酒由于香气成分的香气活性值不同而导致香气特征存在差异。8 月 15 日的毛葡萄酒由于异戊酸、辛酸较高的香气活性值而具有较浓的脂肪味; 9 月 10 日的毛葡萄酒则由于苯乙醛、 β -大马酮、TDN 等较高的香气活性值而具有较浓的花香味和焦糖味; 9 月 23 日的毛葡萄酒由于己酸乙酯较高的香气活性值而具有较浓的果香味。从果实品质和毛葡萄酒香气特征分析表明, ‘野酿 2 号’毛葡萄在当地的最佳采收期为 9 月 10 日至 9 月 23 日。

关键词:不同采收期, 野酿 2 号, 毛葡萄酒, 香气成分, 理化指标

中图分类号: TS261.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)18-0034-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100088



本文网刊:

Effect of Different Harvest Time on Physicochemical Properties and Aroma Components of *Vitis quinquangularis* Rehd. ‘Yeniang No.2’ Wine

HUANG Jing, HUANG Yu, CAO Muming, CHEN Guopin, HUANG Qiufeng, LI Wei,
XIE Shuyu, GUAN Jingxi*

(Viticulture and Wine Research Institute of Guangxi Academy of Agriculture Science, Nanning 530007, China)

Abstract: The study aimed to determine the influence of harvest date on ‘Yeniang No.2’ (*Vitis quinquangularis* Rehd.) wine basic chemical variables and aroma components. A series of three ‘Yeniang No.2’ wines were produced from grapes of different harvest dates, Harvest 1: 15 August, Harvest 2: 10 September and Harvest 3: 23 September. The physicochemical properties and aroma components were determined. Results showed that, the grapes of sequential harvest treatments showed an increase in total sugar and a decrease in titratable acidity. In the wines, alcoholic strength, phenol, tannin and flavonoid were enhanced with the sequential harvest, whereas residual sugar and acidity were decreased. there also existed significant difference among different harvest periods ($P < 0.05$). There were 89 aroma components identified in 3 wines, including 22 alcohols, 37 esters, 7 acids, 5 aldehydes, 5 terpenes and 13 others. The highest concentration of aroma

收稿日期: 2022-10-12

基金项目: 广西自然科学基金 (2019GXNSFAA185047); 广西农业科学院科技发展基金 (桂农科 2021JM110); 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2018YT31)。

作者简介: 黄竞 (1983-), 男, 学士, 助理研究员, 研究方向: 葡萄栽培与加工, E-mail: 609357426@qq.com。

* 通信作者: 管敬喜 (1981-), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 葡萄酒酿造, E-mail: guanjingxi@163.com。

components was in the last harvest date, 852370.83 $\mu\text{g/L}$. The main aroma characteristics of ‘Yeniang No.2’ wines were fruity, caramel, fatty and floral aromas, but the odor activity value (OAV) of the same aroma component of wines harvested on different dates was different, which led to differences in their aroma characteristics. The higher OAV of isovaleric acid and octoic acid in wines harvested on 15 August gave the wine a higher fatty flavor. The higher OAV of phenylacetaldehyde, β -damastone and TDN in wines harvested on 10 September gave the wine more floral and caramel characteristics. The higher OAV of ethylcaproate in wines harvested on 23 September gave the wine a higher fruity aroma. The analysis results of the fruit quality and aroma characteristics showed that the best harvest period of the ‘Yeniang No.2’ grape was between 10 September and 23 September.

Key words: different harvest times; ‘Yeniang No.2’; *Vitis quinquangularis* Rehd. wine; aroma components; physico-chemical properties

香气是评价葡萄酒的重要感官品质指标之一,葡萄酒中的香气成分种类、含量、性质及相互之间的平衡,决定了葡萄酒的风格和典型性^[1]。葡萄酒中的香气成分不仅与发酵有关,还与葡萄的成熟度有关。果实成熟度是影响次生代谢物积累和决定品种特征的主要因素之一^[2-3]。一般来说,葡萄收获时间仅由果汁糖含量和糖酸比决定。然而在温暖或气候炎热的地区,影响葡萄采收时间的因素可能更多,通常会造造成早采或仅达到糖成熟而采摘,因此香气和风味的潜力不能得到充分的体现和表达。

在恰当的时间采摘葡萄,则葡萄酒具有优雅平衡的香气,早采可能会导致葡萄酒生青味过重,晚采可能会导致葡萄酒香气损失^[4]。翟婉丽等^[5]以杨凌地区‘媚丽’葡萄为材料,研究其采收期对葡萄酒质量的影响,结果显示相比 8 月 19 日和 8 月 28 日葡萄酿造的葡萄酒,8 月 24 日葡萄酒香气总含量高,香气种类更丰富。段雪荣等^[6]对昌黎地区成熟度 17.0~22.0°Brix 的赤霞珠所酿的葡萄酒香气进行了分析,发现当糖度为 20.6°Brix 时酒中香气成分总量最高且随着原料成熟逐渐增加,所酿酒中萜烯醇和去甲基异戊二烯化合物含量增加,果香和花香特征更为明显。Gambuti 等^[7]的研究表明,未成熟艾格尼科(Aglianico)葡萄酿造的葡萄酒具有红色水果、草本、黑胡椒、芦笋和烟草的香味,葡萄成熟后的葡萄酒中含有大量的樱桃、草莓和烟草香气,过熟葡萄酿造的葡萄酒则具有洋蓟、黑胡椒、樱桃、蓝莓、李子、紫罗兰和茶等香气特征。

毛葡萄(*Vitis quinquangularis* Rehd.)属真葡萄亚属(Euvitis)东亚种群,原产于我国,广泛分布于黄河以南的各省区。在广西毛葡萄较集中地分布在桂中、桂北、桂西的岩溶地貌地区。‘野酿 2 号’是由广西农业科学院选育的两性花野生毛葡萄优良品种,该品种耐旱耐瘠抗病力强,同时对南方高温高湿气候适应性较好,现已在广西大面积种植,并成为酿造毛葡萄酒的主要原料^[8]。然而受传统观念及气候因素影响,毛葡萄通常在着色完成或部分完成时就进行采摘,远未达到充分成熟的状态,导致毛葡萄酒偏酸且香气特征以生青味、泥土味、肥皂味等不良气味为主^[9-10],影响了毛葡萄酒应有的品质。为此本研究以

广西罗城‘野酿 2 号’毛葡萄为研究对象,在监测常规指标的基础上,采用气相色谱-质谱联用技术(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行毛葡萄酒挥发性组分的检测,并采用内标标准曲线法对检出组分进行准确定量,结合香气活性值(odor activity values, OAV)分析的方法,探究不同采收期‘野酿 2 号’毛葡萄酒香气变化情况,以期为酿制优质毛葡萄酒提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

‘野酿 2 号’毛葡萄样品 采自广西罗城县金秋农业有限公司毛葡萄基地;硫酸铜 分析纯,天津市申泰化学试剂有限公司;酒石酸钾钠、氯化钾 分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司;偏重亚硫酸钾 分析纯,天津市福晨化学试剂厂;氢氧化钠 分析纯,天津市化学试剂公司;磷酸 分析纯,无锡市亚泰联合化工有限公司;盐酸 分析纯,无锡市亚盛化工有限公司;葡萄糖、磷钼酸、钨酸钠、没食子酸、单宁酸、乙酸 分析纯,天津市大茂化学试剂厂;三水和乙酸钠 分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;柠檬酸钠 分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;芦丁、酒石酸、L-苹果酸、柠檬酸、琥珀酸和乳酸 色谱纯标准品,美国 Sigma 公司;挥发性化合物标准品、C₆~C₂₄ 正构烷烃 美国 Sigma-Aldrich 公司;K1 活性干酵母 法国莱蒙特公司。

1260A 高效液相色谱仪、6890 GC 气相色谱与 5975C MS 质谱联用设备 美国 Agilent 公司;DVB/CAR/PDMS 顶空固相微萃取纤维头 美国 Supelco 公司;HP-INNOWax 气相色谱柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm) 美国 J&W Scientific 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 采样 2021 年,根据广西罗城历年的采收时间及气候条件选取 8 月 15 日作为常规采收时间进行采样,然后分别于 20 和 40 d 后进行采样,后两次因天气等原因采收时间实际为 9 月 10 日(延迟 26 d)、9 月 23 日(延迟 39 d)。

1.2.2 葡萄酒酿造 毛葡萄酒酿造参考小容器发酵法^[11],发酵容器为 30 L 不锈钢罐,发酵酵母为 K1 活性干酵母,添加量为 200 mg/L,发酵温度 20~25 $^{\circ}\text{C}$,

SO₂ 浓度为 60 mg/L。发酵结束后进行倒灌并于 15~20 ℃ 密闭贮藏 3 个月,取澄清汁测定葡萄酒的理化指标和香气成分。

1.2.3 葡萄与葡萄酒理化指标的测定 总糖:斐林试剂滴定法(葡萄糖计);酒精度:酒精计法;总酸:NaOH 滴定法(酒石酸计);挥发酸:水蒸汽蒸馏法(醋酸计);总酚:福林-肖卡试剂法(以没食子酸计);单宁:福林-丹尼斯试剂法(以单宁酸计);有机酸:液相色谱法,以上理化指标检测方法参考自《葡萄酒分析检验》^[12]。总花色苷检测采用 pH 示差法^[13];总类黄酮检测采用芦丁法^[14]。

1.2.4 毛葡萄酒香气成分检测方法 采用顶空固相微萃取(head space solid-phase micro extraction, HS-SPME)与气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)相结合进行挥发性组分分析,具体方法参考文献^[15-17]。

顶空-固相微萃取条件:在 20 mL 样品瓶中准确加入 1.00 g NaCl、5 mL 样品、10 μL 4-甲基-2-戊醇水溶液(内标, 1.0088 g/L)和转子,在 40 ℃ 条件下加热 30 min,同时以 500 r/min 转速进行搅拌;将已活化的萃取纤维头插入样品瓶的顶空,40 ℃ 条件下加热 30 min。每个样品三次重复。

GC-MS 条件:气相色谱与质谱联用设备载气为氦气(He),流速为 1 mL/min;进样口温度为 250 ℃,解吸时间 8 min,采用不分流模式进样;程序升温设定为初始温度 50 ℃,保持 1 min;以 3 ℃/min 升至 220 ℃,保持 5 min。离子源为电子电离(electron ionization, EI)源,电子能量为 70 eV,质量扫描范围为 30~350 m/z。辅助加热区温度、离子源温度和四极杆温度分别为 250、230 和 150 ℃。

挥发性成分的定性定量:定性分析,采用自动质谱退卷积定性系统(auto mass spectral deconvolution & identification system, AMDIS)解谱,利用峰质谱图、保留时间或保留指数,与标准品、美国国家标准技术研究所(national institute of standards and technology, NIST)2011 标准谱库以及文献收录化合物的质谱信息进行匹配,进行化合物的定性分析。定量分析采用内标标准曲线法,对于已有标准品的挥发性组分利用其相应的标准曲线来进行定量,没有标准品的物质利用化学结构相似、碳原子数相近、官能团相似的香气标准品的标准曲线进行半定量。

1.3 数据处理

采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理,采用 Origin 2017 软件进行制图。图、表中数据格式为: X±SE, X 代表平均值,SE 为标准误差;同一行数据后不同字母表示同一指标不同采收期差异显著 Duncan 多重比较($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同采收期对毛葡萄果实总糖和总酸的影响

由图 1 可知,不同采收时期‘野酿 2 号’毛葡萄果

实中糖、酸相互间均存在显著差异($P<0.05$),随着采收时间的后移,果实中总糖含量逐渐升高,而总酸含量则逐渐下降,含量由 8 月 15 日的 20.37 g/L 下降到 9 月 10 日的 11.3 g/L 和 9 月 23 日的 10.74 g/L,分别降低了 44.5% 和 47.3%,可以看出适当的延迟采收可以降低毛葡萄果实的含酸量,有利于酿造质量较好的毛葡萄酒。

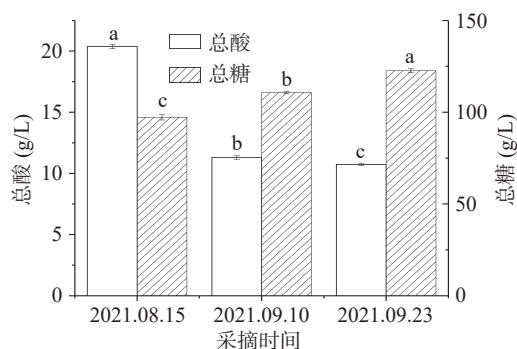


图 1 不同采收时期毛葡萄糖、酸指标

Fig.1 Sugar and acid of grapes collected at different harvest times

注:同组小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同采收期对毛葡萄酒理化指标的影响

将不同时期采收的‘野酿 2 号’毛葡萄酿造成干红葡萄酒并对其理化指标进行分析。由表 1 可知随着采收时间的后移,毛葡萄所酿葡萄酒酒精度逐渐升高,总酸含量逐渐降低,相互间均存在显著性差异($P<0.05$),酒精度由 3.65%vol 增加至 6.89%vol;总酸从 20.69 g/L 降低至 10.59 g/L。毛葡萄酒中残糖含量逐渐下降,但相对所酿干红葡萄酒而言,残糖含量偏高,8 月 15 日和 9 月 10 日采收的毛葡萄酒,残糖含量分别为 8.25 和 6.27 g/L,高于国标 GB 15037 中 ≤ 4 g/L 的要求,这有可能是酿酒酵母在发酵过程中受到高有机酸、乙醇、pH、渗透压等胁迫而影响了其发酵性能^[18-19],造成糖发酵不彻底。葡萄果实中的酚类物质在发酵过程中通过皮渣浸渍作用进入到葡萄酒中,其中如花色苷、类黄酮、单宁等物质会对葡萄酒的色泽、口感、气味及陈酿潜力等产生重要影响。

表 1 不同采收时间毛葡萄酒理化指标

Table 1 Physiochemical indices of wines made from grapes collected at different harvest times

理化指标	采收时间		
	8月15日	9月10日	9月23日
酒精度(%vol)	3.65±0.015 ^a	5.42±0.042 ^b	6.89±0.036 ^c
残糖(g/L)	8.25±0.139 ^a	6.27±0.235 ^b	4.00±0.010 ^c
总酸(g/L)	20.69±0.050 ^a	10.74±0.163 ^b	10.59±0.040 ^b
总酚(mg/L)	807.65±8.157 ^a	1303.79±3.725 ^b	1466.21±9.715 ^c
单宁(mg/L)	985.68±10.474 ^a	1359.53±7.140 ^b	1410.98±32.413 ^c
总花色苷(mg/L)	42.31±1.928 ^a	130.25±1.67 ^b	111.88±1.67 ^c
总类黄酮(mg/L)	116.13±5.520 ^a	168.51±2.792 ^b	202±17.776 ^c

注:同行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

响^[20]。毛葡萄酒中除花色苷含量呈现出先升高后略有下降的趋势外,总酚、单宁和总类黄酮含量则随着时间的推移,含量逐渐升高,相互间均存在差异显著($P<0.05$),总酚由 807.65 mg/L 增加至 1466.21 mg/L;单宁由 985.68 mg/L 增加至 1410.98 mg/L;类黄酮由 116.13 mg/L 增加至 202 mg/L。葡萄果实中的酚类物质组成和含量与成熟度有极大的相关性,且决定葡萄酒潜在的质量^[21-22],因此延迟采收有利于提高毛葡萄酒的酒体结构和品质。

由表 2 可知,‘野酿 2 号’毛葡萄酒中有机酸主要是酒石酸、苹果酸、柠檬酸、琥珀酸和乳酸,其中酒石酸和苹果酸是占比较高的有机酸,二者在 3 个不同采收期毛葡萄酒有机酸含量的占比分别是 97.39%、91.39% 和 73.95%。酒石酸是葡萄的特征酸,大部分以酒石酸盐的形式存在,随着酒精度的提高,酒石酸的溶解度逐渐下降。苹果酸也是主体酸,但易被同化降解^[23]。在本研究中,随着采摘时间的后移,‘野酿 2 号’毛葡萄酒中酒石酸逐渐减少,而苹果酸先大幅下降后略有上升,相互间均有显著性差异($P<0.05$),其中酒石酸由 6731.89 mg/L 降至 2866.45 mg/L,降幅达 57.42%;苹果酸则由 9707.29 mg/L 降至 2778.74 mg/L 后又增至 3247.28 mg/L;在不同采收期的毛葡萄酒中,乳酸增幅较大,由 311.8 mg/L 增加至 1919.75 mg/L,这有可能是酵母发酵代谢产生部分乳酸所致^[24];柠檬酸与琥珀酸在 3 种毛葡萄酒中的含量均较低。酒石酸酸味生硬尖锐,很难被酵母代谢。苹果酸赋予酒体酸涩感,需要乳酸菌进一步将其转化,从而使葡萄酒口感更细腻柔和。乳酸口感柔和,酸味较低,对葡萄酒口感有正向作用^[25]。因此,从毛葡萄酒有机酸总量及组成上来看,9 月 23 日采摘的毛葡萄更有利于酿造酒体柔和的葡萄酒。

表 2 不同采收时间毛葡萄酒有机酸含量
Table 2 Concentrations of organic acids in wines at different harvest times

名称	采摘时间		
	8月15日	9月10日	9月23日
酒石酸(mg/L)	6731.89±164.139 ^a	4487.33±38.705 ^b	2866.45±9.034 ^c
苹果酸(mg/L)	9707.29±118.058 ^a	2778.74±28.381 ^b	3247.28±91.596 ^c
柠檬酸(mg/L)	112.08±24.00 ^a	215.01±10.95 ^b	224.13±10.07 ^b
琥珀酸(mg/L)	16.86±0.208 ^a	7.55±0.287 ^c	9.47±0.320 ^b
乳酸(mg/L)	311.8±10.985 ^a	461.8±8.651 ^a	1919.75±230.952 ^b
总计	16879.92±281.57 ^a	7950.43±6.27 ^b	8267.08±230.44 ^b

注:同行肩标小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 不同采收期对毛葡萄酒香气成分的影响

由表 3 可知,不同时期采收的毛葡萄酒中共检测出香气物质 89 种,包括 22 种醇类、37 种酯类、7 种酸类、5 种醛类、5 种萜烯类及其他物质 13 种,其中 8 月 15 日采摘组为 80 种,香气总量为 490325.7 μg/L;9 月 10 日采摘组为 87 种,香气总量为 648676.07 μg/L;9 月 23 日采摘组为 87 种,香气

总量为 852370.83 μg/L。3 组样品在香气成分上的差异不明显,但在化合物的含量上存在显著差异($P<0.05$),并且随着采摘时间的推迟,相应的毛葡萄酒中香气物质的总含量逐渐升高。

2.3.1 高级醇类 高级醇(又称杂醇)一般指具有两个以上的碳原子的一元醇^[26],葡萄酒中的高级醇主要来源于酵母在酒精发酵过程中氨基酸或糖代谢的产物,如异丁醇、戊醇、异戊醇、己醇、辛醇、壬醇和苯乙醇等^[27-28]。如表 3 所示,3 个酒样中共检测到 22 种高级醇类香气成分,其含量分别占各自酒样的 73.11%、71.24%、68.93%,是所有香气物质中含量最高的一类香气物质,然而绝大多数醇类物质的浓度远低于其阈值,仅有异丁醇、异戊醇、3-甲硫基丙醇和苯乙醇的浓度高于其阈值。异丁醇和异戊醇具有酒精味,3-甲硫基丙醇具有烤土豆和蒜香味,苯乙醇带有玫瑰、蜂蜜香气^[15]。随着采摘时间的延迟,‘野酿 2 号’毛葡萄酒中醇类物质的总量明显升高,但几种主要醇类物质的变化各异,异戊醇呈升高趋势,异丁醇、3-甲硫基丙醇呈先升高后下降的趋势,苯乙醇呈先降低后升高趋势。(E)-3-己烯-1-醇、叶醇、1-辛烯-3-醇、正庚醇、辛醇等物质香气活性值较低($0.1<OAV<1$),对毛葡萄酒香气的影响较小。当高级醇浓度低于 300 mg/L 时会对葡萄酒的香气起到积极作用,而高于 400 mg/L 时,会使葡萄酒香气失去平衡,产生负面影响^[29-31]。本研究中 3 个采摘时期的毛葡萄酒中高级醇含量均超过 300 mg/L,延迟采收的毛葡萄酒高级醇含量更是超过 400 mg/L,这可能是造成毛葡萄酒生青味、肥皂味等不良气味相对欧亚种葡萄酒过重的原因之一。

2.3.2 酯类 酯类物质是葡萄酒中最主要的一类挥发性芳香物质,是酵母发酵的副产物,可赋予酒体果香和花香^[28]。由表 3 可知,‘野酿 2 号’毛葡萄酒中共检测到 37 种酯类化合物,其中乙酯类 21 种,且随着采摘时间越往后,酯类的含量越高,且不同采收期毛葡萄酒中酯类物质的含量存在显著差异($P<0.05$),分别是 124173.83、175188.78、257812.27 μg/L。乳酸乙酯、乙酸乙酯、丁二酸二乙酯、3-羟基丁酸乙酯和乙酸异戊酯是其中含量比较高的酯类物质。本研究中,己酸乙酯、丁酸乙酯、肉桂酸乙酯、3-苯丙酸乙酯、乙酸异戊酯和乙酸乙酯由于其较高的 OAV 值,是‘野酿 2 号’毛葡萄酒主要的香气成分,主要呈花香与果香风味。不同采收期的‘野酿 2 号’毛葡萄酒中含量较高的酯类物质差异明显,8 月 15 日中肉桂酸乙酯和 3-苯丙酸乙酯的含量最高,9 月 10 日中是乙酸乙酯和乙酸异戊酯,9 月 23 日中是丁酸乙酯和己酸乙酯,这种含量和成分上的差异赋予毛葡萄酒不同的花、果香香气特征。

2.3.3 酸类 酸类物质是葡萄酒发酵过程中酵母代谢的副产物,其浓度主要取决于酒的初始成分和发酵条件^[28]。由表 3 可知,‘野酿 2 号’毛葡萄酒中共检测

表3 不同采收期毛葡萄酒香气成分($\mu\text{g/L}$)
Table 3 Aroma components of wines at different harvest times ($\mu\text{g/L}$)

序号	化合物	采摘时间			香气描述[15-17,30,32]	阈值($\mu\text{g/L}$)[15-17,30,32]
		8月15日	9月10日	9月23日		
1	正丙醇	759.82±69.21 ^a	628.78±5.3 ^a	3305.87±133.96 ^b	酒精味	306000
2	异丁醇	115970.55±7360.43 ^a	227280.46±10476.46 ^c	194486.83±2461.14 ^b	生青味、辛辣味	40000
3	正丁醇	1278.41±55.83 ^b	715.8±19.95 ^a	2843.17±123.72 ^c	酒精味	150000
4	异戊醇	190725.62±6269.96 ^a	185096.36±1384.34 ^a	320562.45±4507.79 ^b	酒精味、焙烤香	30000
5	1-戊醇	32.38±1.32 ^a	54.54±1.19 ^c	49.28±0.04 ^b	辛辣味、青草味	1000
6	4-甲基-1-戊醇	27.94±0.35 ^b	13.54±1.02 ^a	28.4±0.78 ^b		50000
7	2-庚醇			1.01±0.13		250
8	3-甲基-1-戊醇	31.17±0.19 ^b	19.65±0.86 ^a	44.26±0.7 ^c	辛辣味、青草味	1000
9	正己醇	340.53±2.04 ^a	679.63±1.61 ^c	575.56±14.18 ^b	青草味、吐司味	8000
10	反式-3-己烯-1-醇	14.05±0.09 ^a	43.53±0.47 ^c	34.97±3.32 ^b	生青味	400
11	叶醇	156.84±4.88 ^a	986.62±1.49 ^c	543.62±11.49 ^b	青草味、叶子味	400
12	顺-2-己烯-1-醇	5.41±0.10 ^a	10.76±0.82 ^c	7.91±0.65 ^b		
13	1-辛烯-3-醇	0.23±0.02 ^a	0.94±0.01 ^c	0.54±0.15 ^b	蘑菇味、泥土味	1
14	正庚醇	5.03±0.3 ^b	20.33±0.06 ^c	4.36±0.17 ^a	油脂、酒香、辛辣味	200
15	2-乙基己醇	0.52±0.15 ^a	1.08±0.06 ^a	5.73±0.74 ^b		8000
16	2-壬基醇	0.4±0.01 ^b	0.31±0 ^a	0.63±0.04 ^c		58
17	辛醇	43.94±0.65 ^c	16.81±0.22 ^b	7.59±0.34 ^a	玫瑰花、甜橘味	120
18	1-壬醇	0.98±0.04 ^b	0.85±0.03 ^a	0.86±0.01 ^a	青草味	600
19	3-甲硫基丙醇	1567.6±303.28 ^a	2165.14±5.91 ^b	1332.22±366.25 ^a	煮土豆、熟蔬菜味	500
20	1-癸醇	2.34±0.03 ^c	1.43±0.00 ^b	1.32±0.02 ^a	橙花香、淡油脂味	400
21	苯甲醇	90.62±14.14 ^a	121.58±7.87 ^b	142.54±1.13 ^c	杏仁味	200000
22	苯乙醇	47423.1±9236 ^a	44288.85±2791.43 ^a	63518.70±1147.44 ^b	玫瑰花、蔷薇花香	14000
	小计	358477.48±4205.14 ^a	462147.00±14687.14 ^b	587497.82±5958.65 ^c		
23	乙酸乙酯	13745.15±1938.76 ^a	86053.06±827.99 ^c	75839.42±2682.72 ^b	甜果味、花香	7500
24	异丁酸乙酯	65.3±5.3 ^a	307.88±2.35 ^c	75.85±0.57 ^b	果香、草莓香	
25	乙酸异丁酯	81.69±5.56 ^b	686.79±1.23 ^c	72.01±1.22 ^a	草莓味、果香味	1600
26	丁酸乙酯	61.73±7.44 ^b	21.35±0.17 ^a	171.08±0.97 ^c	香蕉、草莓香	20
27	2-甲基丁酸乙酯	10.77±0.73 ^a	20.43±0.08 ^b	11.52±1.07 ^a	甜果香、草莓香、青苹果味	18
28	异戊酸乙酯	11.16±1.1 ^a	37.92±0.64 ^c	14.57±0.26 ^b	香蕉味、甜果香	3000
29	乙酸异戊酯	483.35±14.06 ^a	763.06±4.18 ^c	606.24±26.07 ^b	香蕉甜、水果味	200
30	己酸甲酯	1.47±0.06 ^b	1.08±0.02 ^a	2.6±0.07 ^c	乙醚的化学香气	
31	正己酸乙酯	75.39±9.29 ^b	9.17±1.14 ^a	277.81±2.72 ^c	青苹果、香蕉味	14
32	乙酸己酯			4.54±0.23	果香、梨、樱桃香	1500
33	(E)-3-己烯酸乙酯	0.25±0.02 ^a	2.16±0.03 ^b	4.18±0.04 ^c		
34	(E)-3-己烯-1-醇乙酸酯		0.36±0.01	0.45±0.03		
35	乙酸叶醇酯		0.36±0	0.48±0.05	青草、青果	/
36	乳酸乙酯	107863.8±6451.34 ^b	84824.42±16102.13 ^a	177907.56±6996.79 ^c	奶油、覆盆子	150000
37	辛酸甲酯	1.62±0.06 ^b	0.07±0.01 ^a	1.73±0.00 ^c	苹果皮味、柑橘香气	200
38	辛酸乙酯			158.15±8.20	花香、水果香、香蕉、梨	250
39	己酸异戊酯	0.17±0.03 ^a	0.17±0.03 ^a	0.25±0.02 ^b	苹果、菠萝香	30
40	3-羟基丁酸乙酯	411.08±86.59 ^a	614.46±37.28 ^b	1090.75±99.21 ^c		
41	壬酸乙酯	0.58±0.01 ^c	0.33±0 ^a	0.56±0.01 ^b	玫瑰花香、果香	1300
42	2-羟基-4-甲基戊酸乙酯	118.38±0.34 ^b	139.82±3.74 ^c	92.67±2.91 ^a		
43	辛酸异丁酯	1.61±0.01 ^b	1.52±0.00 ^a	1.72±0.01 ^c		
44	乳酸异戊酯	18.28±0.14 ^a	24.6±0.73 ^b	102.26±3.84 ^c	奶油味	200
45	癸酸甲酯	1.78±0.01 ^c	1.49±0.01 ^a	1.74±0.00 ^b		1200
46	癸酸乙酯	29.78±2.08		51.26±1.33	果香、白兰地、脂肪味	200
47	辛酸异戊酯	3.06±0.05 ^b	1.84±0.02 ^a	4.06±0.04 ^c	菠萝味、椰子味	125
48	丁二酸二乙酯	1104.57±84.6 ^a	1596.73±152.25 ^b	1187.21±15.89 ^a	果香、青香、葡萄香气	200000
49	9-癸烯酸乙酯	0.15±0				100
50	水杨酸甲酯	0.4±0.00 ^a	0.41±0.00 ^a	0.69±0.04 ^b	冬青叶香味	40
51	苯乙酸乙酯	5.39±0.1 ^a	11.31±0.06 ^c	7.93±0.07 ^b	蜂蜜香、苦甜香	250

续表 3

序号	化合物	采摘时间			香气描述[15–17,30,32]	阈值(μg/L)[15–17,30,32]
		8月15日	9月10日	9月23日		
52	乙酸苯乙酯	21.57±0.37 ^a	35.51±0.33 ^b	44.44±0.33 ^c	花香、热带水果	250
53	月桂酸乙酯	17.74±0.46 ^b	11.89±0.21 ^a	22.11±1.73 ^c	果香、花香、肥皂味	1500
54	癸酸异戊酯	1.6±0.02	1.59±0.02	1.64±0.03		
55	3-苯丙酸乙酯	6.38±0.21 ^b	2.36±0.08 ^a	2.17±0.06 ^a	花香	1.6
56	(E)-橡木内酯	5.86	5.86	5.86		
57	(Z)-橡木内酯	5.86	5.86	5.86		
58	肉桂酸乙酯	6.82±0.47 ^c	2.94±0.2 ^b	1.93±0.01 ^a	果香、蜂蜜味	1.1
59	棕榈酸乙酯	11.11±2.81 ^b	2.14±0.78 ^a	38.93±5.41 ^c	脂肪味、水果味、甜味	1500
	小计	124173.83±4642.43 ^a	175188.78±15479.63 ^b	257812.27±4436.33 ^c		
60	乙酸	0.18±0.03		0.62±0.01	醋味	200000
61	异丁酸	105.5±6.58 ^a	322.09±11.04 ^b	324.48±24.76 ^b		2300
62	丁酸	776.8±28.65 ^a	1037.75±112.62 ^b	805.37±27.35 ^a	奶酪、不愉快的腌菜味	1000
63	异戊酸	1262.65±0.14 ^b	4396.62±392.74 ^c	841.64±17.25 ^a	泡菜味、腐败味	33
64	己酸	1924.95±232.5 ^a	2181.59±219.38 ^b	2196.1±19.02 ^b	乳酪、腐臭	420
65	辛酸	2092.84±211.4 ^b	1885.57±242.84 ^b	1250.68±8.78 ^a	腐臭、涩味、奶油、脂肪	500
66	正癸酸	240.95±5.62 ^b	217.62±31.44 ^b	104.55±6.3 ^a	脂肪味	1000
	小计	6403.69±484.88 ^a	10041.42±1010.03 ^b	5523.44±53.92 ^a		
67	壬醛			0.51±0.19	柑橘、辛辣味	15
68	糠醛		2.03±0.61	37.03±4.41	辛辣味	14100
69	苯甲醛	1.36±0.02 ^a	2.22±0.02 ^b	2.99±0.06 ^c	芳香植物味、苦杏仁味	2000
70	苯乙醛	12.57±1.09 ^a	34.38±0.28 ^a	22.06±0.67 ^b	玫瑰花香、蜂蜜香	1
71	香兰素(香草醛)	1213.23±1.11 ^a	1215.5±5.01 ^a	1233.66±7.98 ^b	香荚兰香气及浓郁的奶香	200
	小计	1227.16±0	1254.13±4.14	1296.25±11.55		
72	芳樟醇	2.93±0.18 ^b	0.42±0.05 ^a	2.67±0.21 ^b	花香、玫瑰香	25
73	α-松油醇	4.47±0.35 ^c	3.85±0.29 ^b	2.62±0.08 ^a	丁香味	330
74	香茅醇	0.82±0.01 ^b	0.25±0.00 ^a	1.72±0.08 ^c	青草、丁香花、蔷薇花香	100
75	β-大马酮	1.41±0.03 ^b	1.77±0.05 ^c	0.69±0.00 ^a	花香、紫丁香、煮苹果味	0.05
76	1,1,6三甲基-1,2二氢萘(TDN)	0.45±0.01 ^a	0.77±0.01 ^c	0.6±0.07 ^b	煤油味	0.02
	小计	10.08±0.15 ^c	7.06±0.29 ^a	8.3±0.37 ^b		
77	苯乙烯	1.24±0.10 ^b	0.19±0.01 ^a	0.27±0.01 ^a		
78	4-异丙基甲苯	1.39±0.03 ^a	1.39±0.00 ^a	1.69±0.03 ^b		
79	呋喃		3.52±0.94			
80	(E)-玫瑰醚	0.27±0.00 ^{ab}	0.26±0.01 ^a	0.32±0.05 ^b	玫瑰味	
81	愈创木酚	1.81±0.01 ^b	1.55±0.14 ^a	1.67±0.06 ^{ab}	烟熏、焙烤味	10
82	苯酚			10.1±0.38		
83	4-乙基-2-甲氧基苯酚	1.35±0.02 ^a	1.03±0.04 ^a	139.59±1.24 ^b	4-乙基愈疮木酚	40
84	间甲酚	0.92±0.08 ^{ab}	0.99±0.04 ^b	0.88±0.01 ^a		62
85	丁香酚	6.2±0.54 ^a	7.41±0.79 ^b	6.63±0.29 ^{ab}	肉桂、丁香、香料味	5
86	4-乙基苯酚	0.92±0.01 ^a	0.86±0.03 ^a	50.62±1.59 ^b	烟熏香, 木香	440
87	3-乙基苯酚	0.71±0.01 ^b	0.74±0.00 ^c	0.59±0.00 ^a		
88	异丁香酚	17.82±0.22 ^a	19.27±0.41 ^b	19.74±0.33 ^b		
89	4-羟基苯乙烯	0.66±0.00 ^{ab}	0.65±0.00 ^a	0.66±0.01 ^b		
		33.29±0.71 ^a	37.86±1.6 ^b	232.76±3.85 ^c		
	总计	490325.7±923.05 ^a	648676.07±31174.59 ^b	852370.83±10326.03 ^c		

注: 同行小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

出 7 种脂肪酸, 9 月 10 日中的脂肪酸含量最高, 为 10041.42 μg/L, 最低的是 9 月 23 日的 5523.44 μg/L, 8 月 15 日的为 6403.69 μg/L。丁酸、异戊酸、己酸、辛酸等脂肪酸的含量均超过其阈值, 是影响毛葡萄酒风味的主要酸类物质。C₆~C₁₀ 脂肪酸对葡萄酒香气的平衡协调有很重要的作用^[33], 当脂肪酸的含量超过 20 mg/L 时, 会给葡萄酒带来不愉快的脂肪味, 含

量在 4~10 mg/L 时, 会给予葡萄酒奶酪与奶油的香味^[30]。本研究中除 9 月 10 日中脂肪酸含量略大于 10 mg/L, 8 月 15 日和 9 月 23 日中的脂肪酸都在适量的范围内。异戊酸、己酸、辛酸由于较高的 OAV 值, 是毛葡萄酒中重要的特征香气物质。

2.3.4 醛类 醛类物质通常是由酵母催化丙酮酸盐脱羧生成^[34]。在不同采摘时期的‘野酿 2 号’毛葡萄

酒中共检测到 5 种醛类化合物,且各毛葡萄酒中醛类化合物含量差异不明显($P<0.05$)均在 1200 $\mu\text{g/L}$ 至 1300 $\mu\text{g/L}$ 之间。醛类物质在香气总含量中所占比例较低,但其中的苯甲醛和香草醛含量高于其阈值,二者能够赋予葡萄酒玫瑰花香和奶香等香气。

2.3.5 萜烯类 萜烯类化合物通常有花香、甜水果和柠檬味等气味,嗅觉阈值在 0.05~0.09 $\mu\text{g/L}$,具有很高的香气活性^[35]。由表 3 可知,本研究中共检测到 4 种萜烯类和 1 种降异戊二烯类成分,分别是香茅醇、芳樟醇、 α -松油醇、1,1,6 三甲基-1,2 二氢萜(TDN)和 β -大马酮。葡萄酒中萜烯类化合物含量通常很低,但由于较低的阈值,它们可能会直接影响葡萄酒的香气特征^[36]。在毛葡萄酒的检测中,具有较高香气活性值的萜烯类物质主要是 β -大马酮、TDN、芳樟醇,它们分别具有烤苹果、煤油、玫瑰花等香气,在不同采摘时期的毛葡萄酒中含量差异显著($P<0.05$)。

2.3.6 其它 除上述物质外,本研究中还检测到多种酚类物质、苯乙烯、4-异丙基甲苯、4-羟基苯乙烯和(E)-玫瑰醚等成分。挥发性酚类物质在葡萄酒中的含量通常高于自身的感官阈值,从而极易影响和修饰葡萄酒的风味^[15]。在毛葡萄酒中共检测到愈创木酚、苯酚、4-乙基-2-甲氧基苯酚、间甲酚、丁香酚、4-乙基苯酚、3-乙基苯酚和异丁基酚 8 种酚类物质,其中 OAV>1 仅有丁香酚,该物质有肉桂、丁香等气味。

2.4 香气活性值和毛葡萄酒香气轮廓

香气活性值(OVA)是表征葡萄酒中各香气成分对实际香气贡献大小的一种普遍方法,通常认定香气活性值大于 1 的香气物质为活性香气物质^[29-30],但 $0.1 \leq \text{OAV} \leq 1$ 的物质对酒样总体香气也具有一定贡献^[31]。根据 OAV 值,共确定 35 种关键呈香香气成分,详见表 4。

参考 Cai 等^[32]的做法,依据相似的气味描述,将葡萄酒中的香气化合物分为 9 个香气类型,并计算出每个类型的香气活性值总和。如图 2 所示,通过对香气类型的分析表明,本研究中‘野酿 2 号’毛葡萄酒的香气特征主要表现为果香味、花香味、焦糖味、

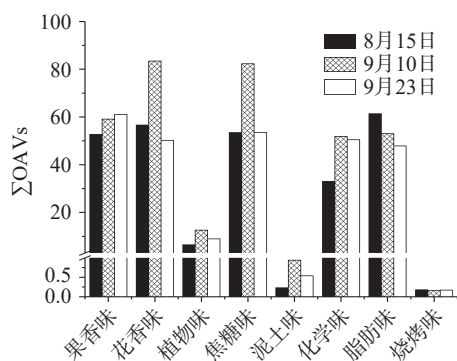


图 2 不同采收期毛葡萄酒各香气类型香气活性值

Fig.2 Total OAVs (ΣOAV) of aroma series in wines from different harvest times

表 4 不同采收期毛葡萄酒关键香气成分香气活性值

Table 4 Main aroma components of wines at different harvest times

序号	化合物	采摘时间			香气类型 ^[30,32]
		8月15日	9月10日	9月23日	
醇 类					
1	异丁醇	2.9	5.68	4.86	3,7
2	异戊醇	6.36	6.17	10.69	5,7,8
3	反式-3-己烯-1-醇	0.04	0.11	0.09	3
4	叶醇	0.39	2.47	1.36	3
5	1-辛烯-3-醇	0.23	0.94	0.54	6
6	正庚醇	0.03	0.1	0.02	1
7	辛醇	0.37	0.14	0.06	2
8	3-甲硫基丙醇	3.14	4.33	2.66	3
9	苯乙醇	3.39	3.16	4.54	2
酯 类					
10	乙酸乙酯	1.83	11.47	10.11	1
11	乙酸异丁酯	0.05	0.43	0.05	1
12	丁酸乙酯	3.09	1.07	8.55	1
13	2-甲基丁酸乙酯	0.6	1.14	0.64	1,2
14	乙酸异戊酯	2.42	3.82	3.03	1
15	己酸乙酯	5.39	0.66	19.84	1
16	乳酸乙酯	0.72	0.57	1.19	1,8
17	乳酸异戊酯	0.09	0.12	0.51	1,5
18	乙酸苯乙酯	0.09	0.14	0.18	1,2,5
19	3-苯丙酸乙酯	3.99	1.48	1.36	1,2
20	肉桂酸乙酯	6.2	2.67	1.75	1,8
酸 类					
21	异丁酸	0.05	0.14	0.14	8
22	丁酸	0.78	1.04	0.81	8
23	异戊酸	38.26	33.23	25.5	8
24	己酸	4.58	5.19	5.23	8
25	辛酸	4.19	3.77	2.5	8
26	正癸酸	0.24	0.22	0.1	8
醛 类					
27	苯乙醛	12.57	34.38	22.06	2,5
28	香兰素(香草醛)	6.07	6.08	6.17	2,5
萜烯类					
29	芳樟醇	0.12	0.02	0.11	2,5
30	β -大马酮	28.2	35.4	13.8	1,2,5
31	1,1,6三甲基-1,2二氢萜(TDN)	22.5	38.5	30	7
其 它					
32	愈创木酚	0.18	0.16	0.17	9
33	4-乙基-2-甲氧基苯酚	0.03	0.03	3.49	7
34	丁香酚	1.24	1.48	1.33	2,7
35	4-乙基苯酚	0	0	0.12	7

注: 香气类型: 1果香味; 2花香味; 3植物味; 4坚果味; 5焦糖味; 6泥土味; 7化学味; 8脂肪味; 9烧烤味。

化学味和脂肪味($\Sigma\text{OAV}>30$),植物味对毛葡萄酒香气也具有一定贡献($13>\Sigma\text{OAV}>6$),而泥土味和烧烤味对毛葡萄酒整体香气的贡献相对较低($\Sigma\text{OAV}<1$)。

由表 4 可知,在构成‘野酿 2 号’毛葡萄酒主要香气特征的成分中,异丁醇、异戊醇、3-甲硫基丙醇、苯乙醇、乙酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸异戊酯、己酸乙酯、3-苯丙酸乙酯、肉桂酸乙酯、异戊酸、己酸、辛酸、苯

乙醛、香兰素、 β -大马酮、TDN 和丁香酚等香气成分其香气活性值(OAV)均超过了1,因而是‘野酿2号’毛葡萄酒典型香气的主要贡献者。随着采摘时间的延迟,‘野酿2号’毛葡萄酒除果香味逐渐增加,脂肪味逐渐降低外,花香味、植物味、焦糖味、化学味和泥土味则呈现先增加后下降的趋势,但烧烤味变化不明显。相比8月15日和9月23日,9月10日的毛葡萄酒具有更浓的花香味和焦糖味。8月15日的毛葡萄酒则由于异戊酸、辛酸等脂肪酸含量高而具有较浓的脂肪味;9月23日的毛葡萄酒除植物味、泥土味、烧烤味外,其余各类香气的活性值较为均衡。

3 结论

通过对广西罗城不同采收期‘野酿2号’毛葡萄及其葡萄酒的比较研究表明随着采收期的延迟,毛葡萄果实的糖分逐步提高,而滴定酸大幅度降低。对于酿造的葡萄酒来说,随着采收期的后移,毛葡萄酒中的酒石酸、苹果酸、残糖等指标大幅下降,酒度、单宁、多酚和总类黄酮等物质呈增加趋势。在毛葡萄酒香气方面,采用HS-SPME-GC-MS检测技术和香气活性值分析得出,延迟采收有助于增加毛葡萄酒香气物质的含量,9月23日采摘组的葡萄酒中香气物质含量最高,为852370.83 $\mu\text{g/L}$ 。醇类是毛葡萄酒最主要的香气成分,酯类次之,二者在3种酒样中占比分别为98.43%、98.25%、99.17%;毛葡萄酒的主要香气类型以果香味、花香味、焦糖味、化学味和脂肪味为主,且不同采收期的毛葡萄酒香气特征差异明显,其中9月10日的毛葡萄酒具有更浓的花香味和焦糖味。因此适当延迟采收有利于酿造出酸度适宜、酒体结构感强且更多花果香味的毛葡萄酒。

参考文献

- [1] ROBINSON A L, BOSS P K, SOLOMON P S, et al. Origins of grape and wine aroma. part 1. chemical components and viticultural impacts[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2014, 65(1): 25-42.
- [2] GOMEZ E, MARTINEZ A, LAENCINA J. Changes in volatile compounds during maturation of some grape varieties[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1995, 67(2): 229-233.
- [3] SILVIA P M, MA L G J. Polyphenols and colour variability of red wines made from grapes harvested at different ripeness grade[J]. *Food Chemistry*, 2006, 96(2): 197-208.
- [4] CORDONNIER R, BAYONOVE C. Les composantes varietales et prefermentaires de l'arome des vins[J]. *Revue Francaise Doenologie*, 1978(24): 67-77.
- [5] 翟婉丽, 原雨欣, 刘树文. 杨凌地区‘媚丽’葡萄的采收期确定[J]. *食品科学*, 2018, 39(20): 226-232. [ZHAI W L, YUAN Y X, LIU S W. Determination of the optimal harvest time of Meili grapes in Yangling region for wine processing[J]. *Food Science*, 2018, 39(20): 226-232.]
- [6] 段雪荣, 陶永胜, 杨雪峰, 等. 不同成熟度赤霞珠葡萄所酿酒香气质量分析[J]. *中国食品学报*, 2012, 12(11): 189-197. [DUAN X R, TAO Y S, YANG X F, et al. Aroma quality analysis of wines from cabernet sauvignon grapes with different maturities[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2012, 12(11): 189-197.]
- [7] GAMBUTI A, LAMORTE S, CAPUANO R, et al. Study of the influence of grape ripeness degree on aroma characteristics of Aglianico wines by instrumental and sensory analysis[J]. *Acta Horticulturae*, 2007, 30(754): 533-540.
- [8] 管敬喜, 黄羽, 韦荣福, 等. 三种酿造工艺对野酿2号毛葡萄酒香气成分的影响[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(2): 220-226. [GUAN J X, HUANG Y, WEI R F, et al. Effects of three wine-making processes on aromatic components of wine made from *Vitis quinquangularis* Rehd. Yeniang No.2[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(2): 220-226.]
- [9] 李娜娜, 束廷廷, 梁艳英, 等. 不同采收期对爱格丽葡萄酒及蒸馏酒香气成分的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(2): 215-221. [LI N N, SHU T T, LIANG Y Y, et al. Effect of different harvest times on aroma components of Ecolly wines and distillations[J]. *Food Science*, 2018, 39(2): 215-221.]
- [10] 房玉林, 王华, 张莉, 等. 不同酿造工艺对毛葡萄酒香气的影响[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(9): 246-250. [FANG Y L, WANG H, ZHANG L, et al. Effects of different vinifications on aroma components of wild *Vitis quinquangularis* red wine[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(9): 246-250.]
- [11] 李记明, 贺普超. 中国野生毛葡萄酒的香味成分分析[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(1): 134-137. [LI J M, HE P C. Flavour components of wines from *Vitis quinquangularis* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(1): 134-137.]
- [12] 王华. 葡萄酒分析检验(第一版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011. [WANG H. Wine analysis and inspection (the first edition)[M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2011.]
- [13] 冯建光, 谷文英. 葡萄皮红色素的示差法测定[J]. *食品工业科技*, 2002, 23(9): 84-86. [FENG J G, GU W Y. Determination of grape skin red pigment by differential pH method[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2002, 23(9): 84-86.]
- [14] LIANG N N, HE F, PAN Q H, et al. Optimization of sample preparation and phloroglucinol analysis of marselan grape skin proanthocyanidins using HPLC-DAD-ESI-MS/MS[J]. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2012, 22(1): 122-131.
- [15] 杨薇熏, 兰义宾, 向小凤, 等. 湖南刺葡萄主要呈香物质的分析[J]. *中国酿造*, 2020, 39(3): 78-83. [YANG W X, LAN Y B, XIANG X F, et al. Analysis of the main aromatic substances of *Vitis davidii* Foex wines from Hunan province[J]. *China Brewing*, 2020, 39(3): 78-83.]
- [16] LAN, Y. B., XIANG, X. F., QIAN, X, et al. Characterization and differentiation of key odor-active compounds of 'Beibinghong' ice wine and dry wine by gas chromatography-olfactometry and aroma reconstitution[J]. *Food Chemistry*, 2019(287): 186-196.
- [17] 郭静娴, 谢涵, 华玉波, 等. 不同酵母对赤霞珠桃红葡萄酒香气的影响[J]. *中国酿造*, 2021, 40(4): 50-55. [GUO J X, XIE H, HUA Y B, et al. Effect of different yeast strains on aroma compounds in fresh *Cabernet sauvignon* rose wine[J]. *China Brewing*, 2021, 40(4): 50-55.]
- [18] ARROYO-LÓPEZ F N, ORLÍČ S, QUEROL A, et al. Effects of temperature, pH and sugar concentration on the growth parameters of *Saccharomyces cerevisiae*, *S. kudriavzevii* and their interspecific hybrid[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 131(2-3): 120-127.
- [19] 王宝石, 李林波, 武忠伟, 等. 高浓度柠檬酸对酿酒酵母生长的抑制效应[J]. *中国酿造*, 2018, 37(6): 56-60. [WANG B S, LI L B, WU Z W, et al. Inhibiting effects of high concentration of citric acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *China Brew-*

ing, 2018, 37(6): 56–60.]

[20] 程军, 李进, 刘晶晶, 等. 土壤质地对赤霞珠葡萄酚类物质积累及葡萄酒色泽稳定性的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2022(3): 50–54. [CHENG J, LI J, LIU J J, et al. Influence of soil texture on phenols accumulation in grape berry and wine color stability[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2022(3): 50–54.]

[21] 王舒伟, 乔丹, 徐通通, 等. 葡萄成熟度对赤霞珠葡萄酒酚类物质及抗氧化能力的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(12): 202–208. [WANG S W, QIAO D, XU T T, et al. Effect of grape maturity on phenolic and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon wines[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(12): 202–208.]

[22] 苏鹏飞, 袁春龙, 杨丽, 等. 不同采收期对黑比诺葡萄及葡萄酒品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(5): 234–240. [SU P F, YUAN C L, YANG L, et al. Effect of different harvest dates on the quality of Pinot Noir grape and the resulting wine[J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(5): 234–240.]

[23] ESCOBAL A, IRIONDO C, LABORRA C, et al. Determination of acids and volatile compounds in red Txakoli wine by high-performance liquid chromatography and gas chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1998, 823(1–2): 349–354.

[24] 成晓玲, 李艳. 橡木片对霞多丽葡萄酒发酵的影响[J]. 中国酿造, 2012, 31(6): 42–45. [CHENG X L, LI Y. Influence of oak products on fermentation of Chardonnay wine[J]. China Brewing, 2012, 31(6): 42–45.]

[25] 何丹, 马欣娟, 康强, 等. 有机酸含量对葡萄酒发酵的影响[J]. 中国酿造, 2012, 41(10): 62–67. [HE D, MA X J, KANG Q, et al. Effects of organic acids content on the fermentation of wine[J]. China Brewing, 2012, 41(10): 62–67.]

[26] 王雅楠, 王倩, 刘延琳, 等. 葡萄酒高级醇检测方法的优化及其在本土酿酒酵母筛选中的应用[J]. 中国酿造, 2020, 39(6): 47–52. [WANG Y N, WANG Q, LIU Y L, et al. Optimization of the detection method of higher alcohols in wine and its application in the screening of native *Saccharomyces cerevisiae*[J]. China Brewing, 2020, 39(6): 47–52.]

[27] 陶永胜, 刘吉彬, 兰圆圆, 等. 人工贵腐葡萄酒香气的仪器分析与感官评价[J]. 农业机械学报, 2016, 47(2): 270–279. [TAO Y S, LIU J B, LAN Y Y, et al. Instrumental and sensory aroma analysis of Noble-rot wine from artificial botrytized grapes[J]. Transac-

tions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(2): 270–279.]

[28] 马腾臻, 梁钰华, SAM F E, 等. 发酵前不同冷浸渍时间对黑比诺桃红起泡葡萄酒风味特征的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(23): 325–333. [MA T Z, LIANG Y H, SAM F E, et al. Effect of pre-fermentation cold maceration time on flavor attributes of Pinot Noir sparkling rose wine[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(23): 325–333.]

[29] 原苗苗, 姜凯凯, 孙玉霞, 等. 戴尔有孢圆酵母对葡萄酒香气的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 99–105. [YUAN M M, JIANG K K, SUN Y X, et al. Effects of *Torulaspora debrueckii* on wine aroma[J]. Food Science, 2018, 39(4): 99–105.]

[30] ZHAO T, WU J, MENG J, et al. Harvesting at the right time: maturity and its effects on the aromatic characteristics of cabernet sauvignon wine[J]. Molecules, 2019, 24(15): 2777.

[31] SELLI S, CABAROGLU T, CANBAS A, et al. Volatile composition of red wine from cv. Kalecik Karas grown in central Anatolia[J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 207–213.

[32] CAI J, ZHU B Q, WANG Y H, et al. Influence of pre-fermentation cold maceration treatment on aroma compounds of Cabernet Sauvignon wines fermented in different industrial scale fermenters[J]. Food Chemistry, 2014(154): 217–229.

[33] DÍAZ-MAROTO, M. C, RÉMI S, BAUMES R. Formation pathways of ethyl esters of branched short-chain fatty acids during wine aging[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(9): 3503–3059.

[34] SUN S Y, CHANG Y C, TENG F S, et al. Evaluation of sequential inoculation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Oenococcus oeni* strains on the chemical and aromatic profiles of cherry wines[J]. Food Chemistry, 2013, 138(4): 2233–2241.

[35] ZHANG L, TAO Y S, WEN Y, et al. Aroma evaluation of young chinese merlot wines with denomination of origin[J]. South African Journal of Enology & Viticulture, 2013, 34(1): 46–53.

[36] 陶永胜, 彭传涛. 中国霞多丽干白葡萄酒香气特征与成分关联分析[J]. 农业机械学报, 2012, 43(3): 130–139. [TAO Y S, PENG C T. Correlation analysis of aroma characters and volatiles in chardonnay dry white wines from five districts in china[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(3): 130–139.]