

雷小青, 王晓宇, 郑永政, 等. 冷冻浓缩技术对赤霞珠葡萄、葡萄汁及葡萄酒品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(3): 689-695.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.03.026

冷冻浓缩技术对赤霞珠葡萄、葡萄汁及葡萄酒品质的影响

雷小青¹, 王晓宇¹, 郑永政¹, 张军翔², 陈彤国¹, 袁缓缓¹, 王雪辉¹, 朱艳云¹

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119; 2. 宁夏大学葡萄酒学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 影响中国葡萄酒品质的最关键问题之一是酿酒葡萄中的风味物质含量较低, 部分地区所酿葡萄酒质量较差。为研究冷冻浓缩技术对赤霞珠葡萄、葡萄汁及葡萄酒的影响, 通过对冷冻温度和冷冻时间的控制, 提高酿酒葡萄及葡萄酒中的风味物质, 并采用主成分分析选取生产优质葡萄酒的适宜条件。结果表明, 冷冻浓缩后葡萄的出汁率和葡萄汁及葡萄酒的产品得率有明显的下降, 糖、酸、总酚、总黄酮醇、花色苷等重要成分的含量均有明显提高。初始含糖量为 180 g/L 的葡萄在 -10 °C 冷冻处理 12 h 后其含糖量达到 240 g/L, 故该条件下处理的葡萄适宜生产优质干红葡萄酒; 葡萄汁在 -10 °C 冷冻处理 10~12 h, 含糖量达 300 g/L 以上, 可用于生产酒精度较高的类冰葡萄酒; 对葡萄酒进行冷冻浓缩后, 含糖量、含酸量及酚类物质含量等重要指标均有所提升。本研究结果为类冰酒和优质葡萄酒的生产提供了一定的理论基础。

关键词: 冷冻浓缩; 赤霞珠葡萄; 葡萄汁; 葡萄酒

中图分类号: S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)03-0698-07

Effects of freeze-concentration technology on the quality of Cabernet Sauvignon grape, juice and wine

LEI Xiao-qing¹, WANG Xiao-yu¹, ZHENG Yong-zheng¹, ZHANG Jun-xiang², CHEN Tong-guo¹, YUAN Huan-huan¹, WANG Xue-hui¹, ZHU Yan-yun¹

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China; 2. College of Wine, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Low concentration of flavor components is one of the most critical problems affecting the quality of China wine of some specific region. In this study, the influence of freeze-concentration technology on grape (*Cabernet Sauvignon*) fruit, juice and wine were investigated to improve the flavor substances. The freezing temperature and time were controlled and principal component analysis was used to obtain the suitable condition of high quality wine. The results indicated that the freeze-concentration technique clearly decreased the juice yield of grapes, juice, and wine and significantly increased the concentration of sugar, acid, total phenol, total flavanols, anthocyanins of test samples. The sugar content (180 g/L in

the initial) of grapes, reached 240 g/L after 12 h at -10 °C, indicating that the frozen treated grapes were suitable for producing dry red wine. The sugar content of juice could reach more than 300 g/L after 10-12 h at -10 °C, showing that the juice could be used to produce iced wine with high alcohol. Several important indexes such as sugar, acid and phenols were improved when the wine was frozen. The results provided a theoretical basis for the production of the analogous ice wine and the high

收稿日期: 2018-10-12

基金项目: 中国博士后科学基金(20100471396); 江苏省农业科学院博士后基金(005036510909); 国家转基因专项(2008ZX2008005-001)

作者简介: 雷小青(1994-), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术与功能性食品。(E-mail) 1104084936@qq.com

通讯作者: 王晓宇, (E-mail) wangxiaoyu@snnu.edu.cn

quality wine.

Key words: freeze-concentration; grapes; wine

赤霞珠葡萄 (*Cabernet Sauvignon*) 属于欧亚品种,别名苏维翁,是传统的酿造红葡萄酒的优良品种,也是世界上种植最为广泛的品种之一。赤霞珠葡萄、葡萄汁及葡萄酒中主要含水、糖类、有机酸和酚类物质等成分。其中,糖对葡萄发酵和酒的口感调整有重要的意义^[1],有机酸在葡萄酒的颜色、平衡度、口感、酵母的生长活性、抑制细菌滋生等方面有良好的调节作用^[2],而酚类物质不仅赋予葡萄酒特殊的滋味、气味、颜色和结构,还具有降血脂、抗过敏、抗菌、预防心脏病和高血压等功效^[3-5]。

然而,赤霞珠葡萄、葡萄汁和葡萄酒在加工过程中往往会遇到风味物质含量较低等^[6]问题,需要通过技术处理对其质量进行改善。近年来中国葡萄酒产业发展迅速、产品种类多、消费者需求旺盛,特别是冰酒等高端酒的需求。但冰酒受原料、产地及环境的影响限制了其发展^[7]。利用人工技术模拟和干预生产类冰酒,可不受地域限制,也可有效调整葡萄酒成分。因此,冷冻浓缩技术作为新的改善葡萄酒品质和生产高品质冰酒的方法逐渐被广泛应用^[8-12]。通过冷冻浓缩处理葡萄、葡萄汁及葡萄酒,除去一部分水以提高其内含物的浓度,减少挥发性芳香成分、酶、色素和维生素的损失^[13],降低和控制病原微生物的数量,从而提高葡萄和葡萄产品的品质。该处理具体可分为:冷却过程、冰结晶的结晶过程、冰和浓缩液的分离过程^[14-15],浓缩液的浓缩程度用可溶性固形物含量表示。有研究表明,对葡萄原料进行冷冻浓缩处理能够有效提高糖、酸含量,但对葡萄酒冷冻浓缩处理的应用和对处理后的葡萄汁和葡萄酒的酚类物质、花色苷等的研究较少。

本试验拟研究冷冻浓缩条件对赤霞珠葡萄、葡萄汁以及葡萄酒的影响,通过对不同冷冻温度和冷冻时间的控制,测定相应条件下的含糖量、含酸量及酚类物质等理化指标,并运用主成分分析方法分析,以期确定冷冻浓缩技术生产各种类型红葡萄酒的适宜工艺条件,为冷冻浓缩技术在葡萄酒产业上的应用做出积极的贡献。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

赤霞珠葡萄采摘于陕西泾阳白王镇机关酿酒葡

萄示范区,采摘后存放在 4℃ 左右的冷库。赤霞珠单品干红葡萄酒来自宁夏御马酒庄。氢氧化钠、碳酸钠、盐酸、甲醇、氯化钠、醋酸、醋酸钠、福林酚等分析纯。

1.2 仪器与设备

GY-1 型果实硬度计为天津侯平实验仪器贸易有限公司产品,722 型可见分光光度计为上海光谱仪器有限公司产品,PAL-1 型手持折光仪为上海鑫际仪器有限公司产品,L050 万能榨汁器为汕头市立信塑胶制品有限公司产品,恒温培养箱由宁波江南仪器厂生产,pH 计由上海精密科学仪器有限公司生产。

1.3 方法

1.3.1 样品的处理 本试验所选择样品种类分别为:赤霞珠葡萄、葡萄汁和葡萄酒,对其处理如下:葡萄和葡萄汁在-5℃、-7℃、-10℃下分别冷冻浓缩处理 6 h、8 h、10 h、12 h,葡萄酒在-10℃下冷冻浓缩处理 6 h、8 h、10 h、12 h。

1.3.2 各项理化指标的测定

1.3.2.1 表面硬度的测定 使用 GY-1 型果实硬度计直接测定新鲜葡萄及通过不同冷冻条件处理后的葡萄样品的表面硬度。

1.3.2.2 出汁率或产品得率的测定 称取一定质量的上述葡萄、葡萄汁、葡萄酒样品按不同冷冻条件处理后,再次称质量。按照公式(1)计算出各条件下葡萄的出汁率或葡萄汁及葡萄酒的产品得率。

$$\text{出汁率(产品得率)} = L_1/L_2 \times 100\% \quad (1)$$

式中: L_1 :浓缩后的葡萄、葡萄汁或葡萄酒处理液质量; L_2 :浓缩前的葡萄、葡萄汁或葡萄酒样品质量。

1.3.2.3 酒精度测定^[16] 采用 GB 5009.225-2016 中的方法测定酒中的乙醇浓度。

1.3.2.4 含糖量测定^[17] 采用 GB 5009.7-2016 中的方法测定样品中的含糖量。

1.3.2.5 含酸量测定^[18] 采用 GB/T 12456-2008 中的方法测定样品中含酸量(以酒石酸计,g/L)。

1.3.2.6 总酚、总黄酮醇和花色苷的测定^[19-20] 总酚含量采用福林消卡法(F-C)测定,结果以没食子酸计;总黄酮醇含量采用对二甲氨基肉桂醛

(DMACA)法测定,结果以儿茶酚计;花色苷含量采用 pH 示差法测定。

1.4 数据处理

采用 Origin 9.0 软件绘制图表,采用 SPSS 21.0 软件进行主成分分析,采用 DPS 7.05 软件处理数据并进行显著性分析,每个样品平行测定 3 次,测定结果用平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 冷冻浓缩处理对葡萄的影响

本试验对比了酿酒葡萄样品分别在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3 个不同温度下的表面硬度、出汁率、含糖量、含酸量、总酚含量、总黄烷醇含量和花色苷含量随冷冻时间的变化情况,结果如图 1、图 2 所示。

由图 1 可知,随冷冻温度的下降或冷冻时间的延长,出汁率呈下降趋势,表面硬度、含糖量和含酸量呈上升趋势;出汁率由 79% 下降至 58%,表面硬

度由 $2.0\times 10^5\text{ Pa}$ 上升到 $9.4\times 10^5\text{ Pa}$,含糖量由 180 g/L 上升到 240 g/L ,含酸量由 5.0 g/L 上升到 6.7 g/L 。之所以选择低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度,是因为低温处理可以破坏葡萄果皮细胞的结构,加快酚类物质和芳香物质的溶出,有利于提高葡萄中糖酸含量和加快酚类物质及芳香物质的溶出^[21]。图 1 所表现的结果是由于冷冻温度均处于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,水结成冰时,由于氢键作用使水分子形成规则的空间结构,使得分子间的空隙变大且保持一定^[22],导致表面硬度增大,出汁率相应变小。而由于在各温度梯度上冷冻 2 h 和 4 h,其出汁率与对照组相比变化不明显,因此不考虑冷冻时间为 2 h 和 4 h 的出汁率变化情况。当含糖量和含酸量相对较低时,葡萄所酿的酒表现为酒精度偏低,口感平淡且香气不足;含糖量和含酸量相对较高时,所酿的酒酒精度适宜,口感较为和谐、圆润、香气较足。因此,在保证出汁率的前提下,尽量选择较高的含糖量和含酸量,以达到生产优质葡萄酒的要求。

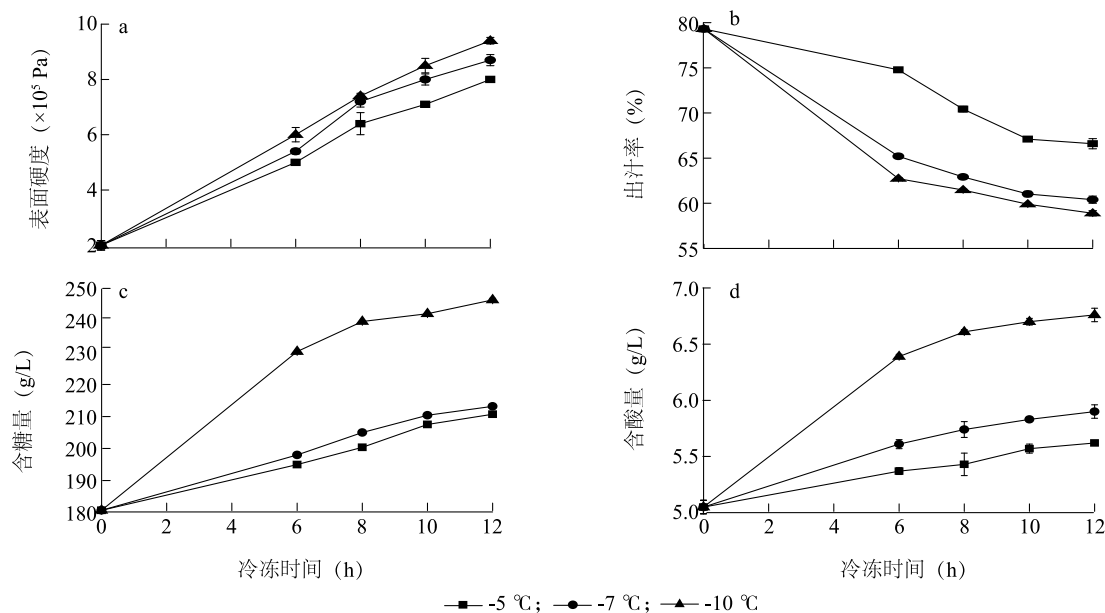


图 1 不同温度下葡萄表面硬度(a)、出汁率(b)、含糖量(c)和含酸量(d)变化

Fig.1 Changes of surface hardness(a), juice yield(b), sugar content(c) and acid content(d) of grapes at different temperatures

由图 2 可知,随冷冻时间的延长,总酚、总黄烷醇和花色苷含量呈现上升趋势,上升平缓;总酚含量为 $365\sim 752\text{ mg/L GAE}$ (没食子酸当量)、总黄烷醇含量为 $98\sim 203\text{ mg/L CTE}$ (儿茶素当量),花色苷含量为 $58\sim 81\text{ mg/L}$ 。该结果与樊士昊等^[12]的研究结果较为接近。冷冻浓缩处理前,总酚含量较低,所酿

酒体表现为柔顺、不具有较强烈结构感;冷冻浓缩处理后,总酚含量增加,总黄烷醇和花色苷含量也增加,所酿酒体表现为颜色较深、酒体的结构感较强。

综合考虑,在表面硬度相对较低、出汁率相对较高的基础上,尽可能选择使葡萄含糖量和含酸量相对较高的冷冻条件,如 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时处理 10 h 和 12 h 的

冷冻条件;同时根据结构感的要求选择使总酚、总黄烷醇和花色苷含量较适宜的冷冻条件,这样既可以保证所酿葡萄酒有较高的酒精度,使葡萄酒具有较

为浓烈的酒香味及醇溶性芳香物质的香味^[23],也可以改善葡萄酒的感官特性。

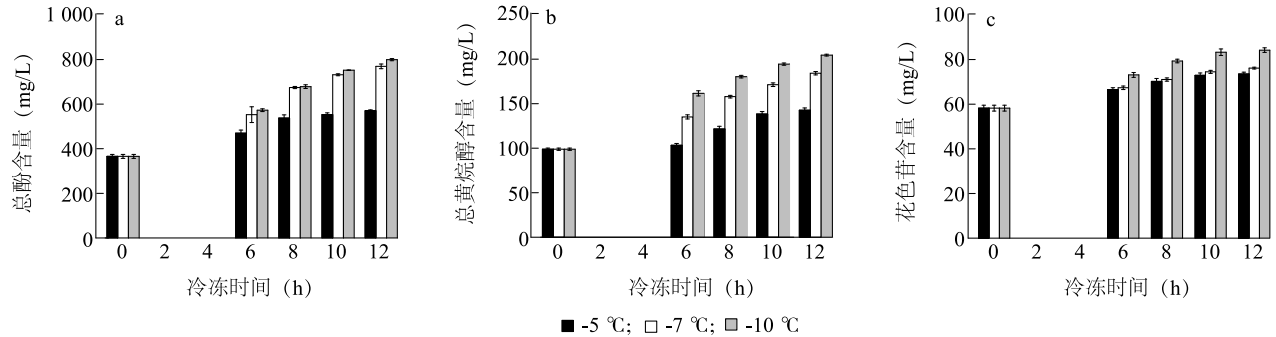


图2 不同温度下葡萄总酚含量(a)、总黄烷醇含量(b)和花色苷含量(c)变化

Fig.2 Changes of total phenols content (a), total flavanols content (b) and anthocyanins content (c) of grapes at different temperatures

2.2 冷冻浓缩处理对葡萄汁的影响

如图3所示,随冷冻温度的下降或冷冻时间的延长,葡萄汁的产品得率明显下降,含糖量和含酸量均不断上升;产品得率由79%下降至13%,当产品得率为79%时,含糖量和含酸量分别为180 g/L、5 g/L;产品得率为13%时,含糖量和含酸量分别为

326 g/L、8.5 g/L。与处理后葡萄的出汁率相比,处理后葡萄汁的产品得率下降更迅速。葡萄汁在-10 °C时冷冻10 h和12 h时,其含糖量均在300 g/L以上,根据含糖量和酒精度之间的转换关系^[24]可知,所酿葡萄酒为类冰葡萄酒。

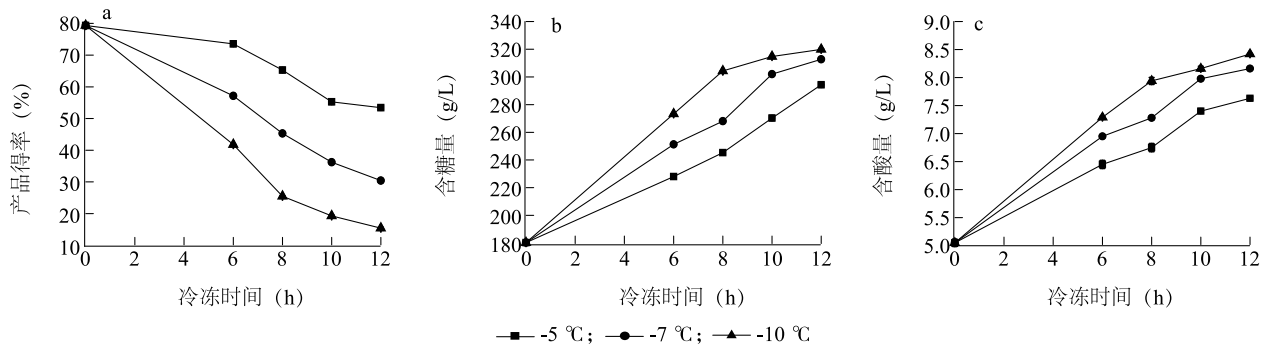


图3 不同温度下葡萄汁产品得率(a)、含糖量(b)和含酸量(c)变化

Fig.3 Changes of juice yield (a), sugar content (b) and acid content (c) of juice at different temperatures

由图4可知,随冷冻温度的下降或冷冻时间的延长,总酚含量、总黄烷醇含量和花色苷含量呈现上升趋势;且冷冻时间越长,三者上升的趋势越平缓;结合图3和图4可知,当产品得率为79%时,总酚含量、总黄烷醇含量和花色苷含量分别为:375 mg/L、98 mg/L和58 mg/L;产品得率为13.8%时,总酚含量、总黄烷醇含量和花色苷含量分别为:1 279 mg/L、270 mg/L和112 mg/L;与冷冻浓缩之前的相比,总酚含量增加3倍、总黄烷醇含量和花色苷含量均增加2倍以上,且酚类物质含量均远大于对葡萄

进行冷冻浓缩处理后的酚类物质含量。

综合考虑,由于葡萄汁产品得率下降幅度比较大,导致含糖量、含酸量、总酚、总黄烷醇以及花色苷含量具有明显的上升幅度;在保证酿酒葡萄初始质量优良(初始含糖量约为180 g/L)的前提下,葡萄汁-10 °C下冷冻浓缩10~12 h可用于生产类冰葡萄酒。

2.3 冷冻浓缩处理对葡萄酒的影响

由图5~图7可知,经过冷冻浓缩后的葡萄酒各指标均发生明显变化,产品得率下降的同时其他指

标均显著上升,当冷冻时间越长时,变化趋势越慢。含糖量、含酸量、酒精度、总酚含量、总黄酮醇含量以及花色苷含量的变化范围分别为:85~115 g/L、6.8~8.0 g/L、12.8%~17.4%、1 759~2 299 mg/L、1 251~1 783 mg/L和75~192 mg/L。除含糖量外,冷冻浓缩后的葡萄酒其他指标均明显大于冷冻浓缩

处理的葡萄和葡萄汁;酒精使葡萄酒的冰点降低,在 -5°C 时开始结冰, -10°C 时各指标均明显改善^[25],但考虑到能量消耗问题,选择冷冻温度为 -10°C ,对正常葡萄酒(酒精度大约12%)进行冷冻浓缩处理,不仅改变了酒的类型,还改善了酒的质量,因为酒中酚类物质的增加,酒的抗氧化活力也随之增强。

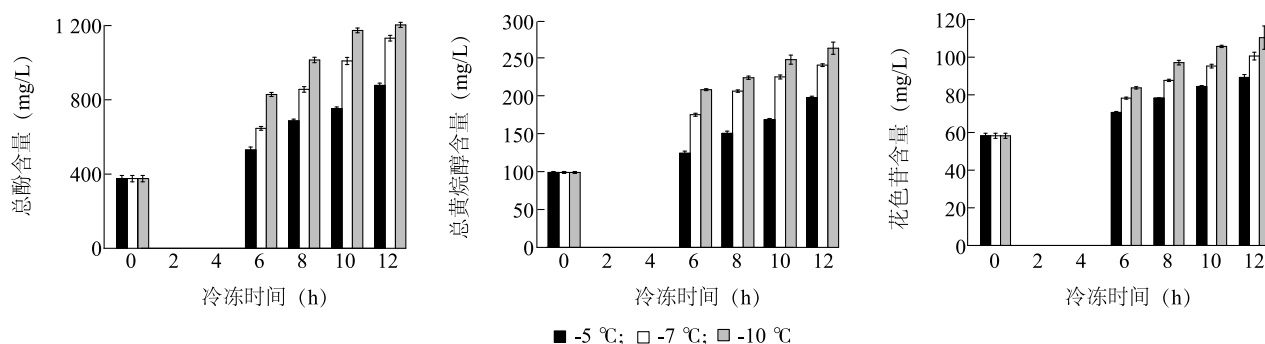


图4 不同温度下葡萄汁总酚含量、总黄酮醇含量和花色苷含量

Fig.4 Total phenols content, total flavanols content and anthocyanins content at different temperatures

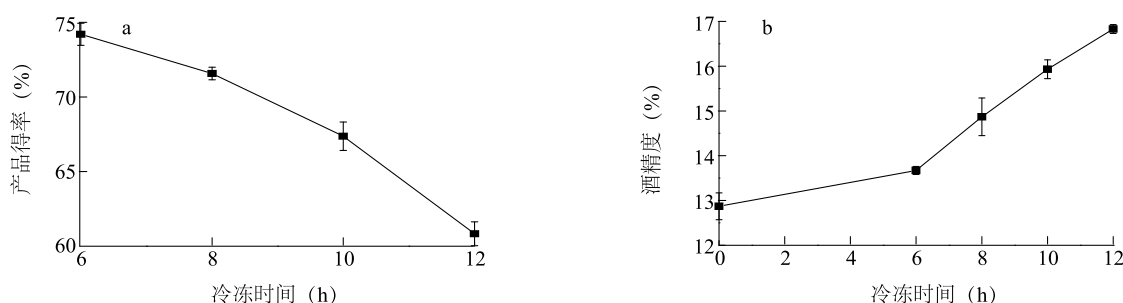


图5 -10°C 时葡萄酒的产品得率(a)和酒精度(b)

Fig.5 Yield (a) and alcohol degree (b) of wine at -10°C

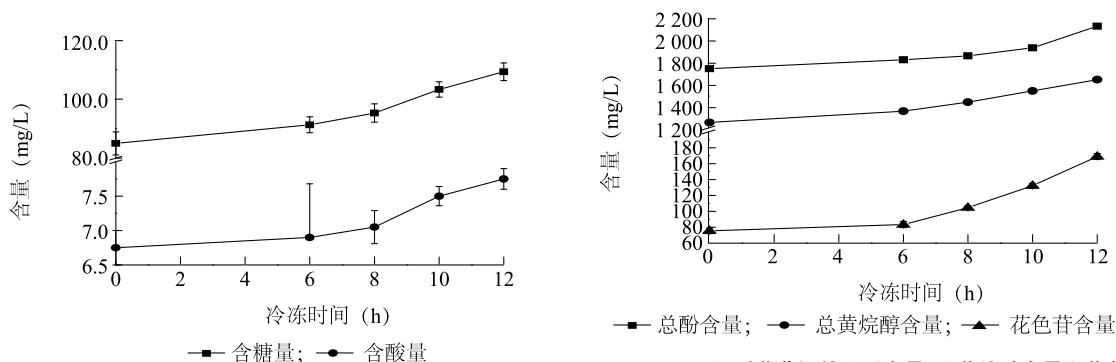


图6 -10°C 时葡萄酒含糖量和含酸量

Fig.6 Sugar content and acid of wine at -10°C

图7 -10°C 时葡萄酒的总酚含量、总黄酮醇含量和花色苷含量

Fig.7 Content of total phenol, total flavanol and anthocyanin of wine at -10°C

2.4 -10°C 冷冻浓缩处理后葡萄、葡萄汁及葡萄酒理化指标的主成分分析

主成分分析是一种采用降维的思想对样品进行

综合评价的多元数据统计的方法,能够客观、全面地对 -10°C 冷冻浓缩处理后葡萄、葡萄汁及葡萄酒的品质进行评价,为酿造优质干红葡萄酒和优质类冰

酒提供理论参考。根据上述结论,3 种样品在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时冷冻浓缩的效果最为明显。因此,选择 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 这一冷冻温度梯度处理的所有的样品为主成分分析的对象。

采用 SPSS 21.0 软件对 16 个不同冷冻浓缩条件处理下的葡萄、葡萄汁及葡萄酒样品的理化指标进行相关性分析。结果如表 1 所示,总酚与总黄烷

醇呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为 0.96,即随着总酚含量的增大,总黄烷醇含量增大;含糖量与总黄烷醇含量呈极显著负相关,相关系数为 -0.92 ;总黄烷醇含量与花色苷含量呈显著正相关($P<0.05$),相关系数为 0.68。因此, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻浓缩处理后葡萄、葡萄汁及葡萄酒理化指标的相关性较强,可以进一步做主成分分析。

表 1 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻浓缩处理后葡萄、葡萄汁及葡萄酒理化指标的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of physical and chemical indices of grapes, juice and wine after freezeconcentration at $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

	出汁率/产品得率	含糖量	含酸量	总酚含量	总黄烷醇含量	花色苷含量
出汁率/产品得率	1.00					
含糖量	-0.83^{**}	1.00				
含酸量	-0.78^{**}	0.31	1.00			
总酚含量	0.29	-0.77^{**}	0.35	1.00		
总黄烷醇含量	0.55	-0.92^{**}	0.08	0.96^{**}	1.00	
花色苷含量	-0.04	-0.40	0.58^{*}	0.77^{**}	0.68^{*}	1.00

* 和 ** 分别表示显著相关($P<0.05$)和极显著相关($P<0.01$)。

本试验通过考察特征值 $\lambda>1$ 并综合考虑累计贡献率确定主成分数^[26],最终确定 2 个主成分。表 2 反映了 2 个主成分的特征值、贡献率以及累计贡献率。前 2 个成分所构成的数据量为总数据量的 96.29%,故提取的 2 个主成分能够较完整反映所有指标的综合信息。第 1 主成分的贡献率解释了变异性的 59.41%,主要反映总酚含量、总黄烷醇含量的变异信息;第 2 主成分的贡献率解释了变异性的 36.89%,主要反映含酸量和花色苷含量的变异信息。

表 2 主成分方差解释

Table 2 Variance analysis of the principal components

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	3.56	59.41	59.41
2	2.21	36.89	96.30

图 8 显示的是提取的 2 个主成分与葡萄、葡萄汁和葡萄酒的理化指标之间的相关性。除含酸量以外,第一主成分对样品的其他指标的解释充分、合理,且第一主成分对含糖量的代表性最为强烈,其与酚类物质呈明显正相关,与含糖量呈负相关。

由图 9 可知,葡萄酒进行冷冻浓缩处理所得结果与其他样品冷冻浓缩处理后所得结果差异较大,所有样品按照分类几乎各自聚集在一起。进一步研

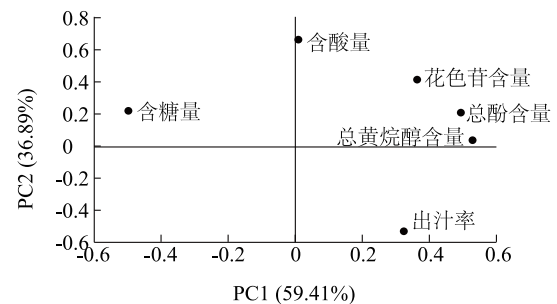
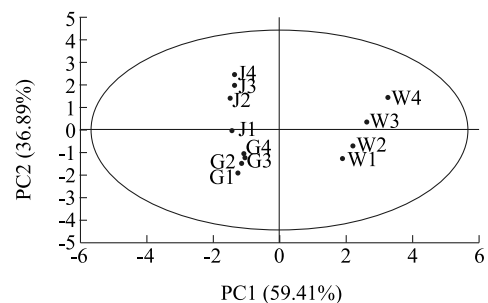


图 8 主成分载荷图

Fig.8 The load diagram of the principal components



G1~G4:葡萄- $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 分别冷冻浓缩处理 6 h、8 h、10 h、12 h;J1~J2:葡萄汁- $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 分别冷冻浓缩处理 6 h、8 h、10 h、12 h;W1~W4:葡萄酒- $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 分别冷冻浓缩处理 6 h、8 h、10 h、12 h。

图 9 主成分综合得分图

Fig.9 Composite score plot of principal components

究将考虑采用顶空固相萃取、气相色谱-质谱联用以及电子鼻等技术去分析不同冷冻浓缩条件处理对葡萄及葡萄酒香气成分的影响,以期冷冻浓缩技术应用于葡萄及葡萄酒生产加工提供技术参考。

3 结论

通过对赤霞珠葡萄、葡萄汁和葡萄酒进行冷冻浓缩处理的综合分析,得出以下结论:除葡萄的出汁率以及葡萄汁和葡萄酒的产品得率外,冷冻浓缩处理后各样品的理化指标均有所增长且增幅不一;若生产优质干红葡萄酒,则冷冻浓缩条件为葡萄在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻浓缩处理12 h。若生产酒精度较高的类冰葡萄酒,则冷冻浓缩条件为葡萄汁在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻浓缩处理10~12 h。本试验通过对所得指标进行主成分分析,较真实、客观地反映葡萄、葡萄汁及葡萄酒的综合质量。因此,冷冻浓缩技术是为解决酿酒葡萄受自然灾害导致葡萄风味物质不足等问题以及生产优质葡萄酒及类冰酒提供了一种有效的方法,同时也为葡萄酒工业化生产奠定了一定的理论基础以及数据支持。

参考文献:

- [1] 张 烨,孙玉梅,俞志敏,等.糖分对葡萄酒发酵的影响[J].食品与发酵工业,2017,43(4):280-285.
- [2] 李 华.现代葡萄酒工艺学[M].西安:陕西人民出版社,2000.
- [3] 张 娟,王晓宇,田呈瑞,等.基于酚类物质的酿酒红葡萄品种特性分析[J].中国农业科学,2015,48(7):1370-1382.
- [4] GORINSTEIN S, CASPI A, LIBMAN I, et al. Red grapefruit positively influences serum triglyceride level in patients suffering from coronary atherosclerosis; studies in vitro and in humans[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2006, 54(5): 1887-1892.
- [5] JEONG Y S, HONG J H, CHO K H, et al. Grape skin extract reduces adipogenesis and lipogenesis-related gene expression in 3T3-L1 adipocytes through the peroxisome proliferator-activated receptor- γ signaling pathway [J]. Nutrition Research, 2012, 32(7): 514-521.
- [6] BUCKOVÁ M, PUŠKÁROVÁ A, ŽENIŠOVÁ K, et al. Novel insights into microbial community dynamics during the fermentation of Central European ice wine[J]. International Journal of Food Microbiology, 2017, 266: 42-51.
- [7] ZHANG Q, SUN X, SHENG Q, et al. Effect of suspension freeze-concentration technology on the quality of wine[J]. South African Journal of Enology & Viticulture, 2016, 37(1): 39-46.
- [8] 孙卉卉,马会勤,陈尚武.冰冻浓缩对低糖葡萄汁及葡萄酒品质的影响[J].食品科学,2007,28(5):86-89.
- [9] 白小鸣,王 华,曾小峰,等.果汁浓缩技术概述[J].食品与发酵工业,2014,40(7):131-135.
- [10] KOBAYASHI A, SHIRAI Y, NAKANISHI K, et al. A method for making large agglomerated ice crystals for freeze concentration[J]. Journal of Food Engineering, 1996, 27(1): 1-15.
- [11] 陈国辉.杏汁冷冻浓缩技术的研究[D].新疆:新疆农业大学,2013.
- [12] 樊士昊,白羽嘉,郑万财,等.不同冷冻浓浓度对和田红葡萄酒品质影响[J].食品研究与开发,2017,38(23):82-87.
- [13] WU Y Y, XING K, ZHANG X X, et al. Influence of freeze concentration technique on aromatic and phenolic compounds, color attributes, and sensory properties of cabernet sauvignon wine[J]. Molecules, 2017, 22(6): 899.
- [14] 梁贵秋,吴婧婧,董桂清,等.冷冻浓缩技术对桑果酒发酵的影响[J].食品与发酵科技,2015,51(4):53-56.
- [15] 曾 杨,曾新安,彭 邴.荔枝汁冷冻浓缩过程中浓度对冰晶生长的影响[J].食品与发酵工业,2009,35(11):36-40.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准酒中乙醇浓度的测定:GB 5009.225-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [17] 国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准—食品中还原糖的测定:GB 5009.7-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会.食品中总酸的测定:GB/T 12456-2008[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [19] 朱艳云,王晓宇,杜国荣,等.利用多酚/蛋白互作模型研究多酚对葡萄酒涩感的影响[J].现代食品科技,2017,33(11):63-69.
- [20] MANE S, BREMNER D H, TZIBOULACLARKE A, et al. Effect of ultrasound on the extraction of total anthocyanins from Purple Majesty potato[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2015, 27: 509-514.
- [21] 唐国冬,田 雨,王 倩,等.低温处理对葡萄果皮细胞结构的影响[J].食品科学,2017,38(5):191-196.
- [22] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业出版社,2008:16-17.
- [23] HERNÁNDEZ-ORTE P, CERSOSIMO M, LOSCOS N, et al. The development of varietal aroma from non-floral grapes by yeasts of different genera[J]. Food Chemistry, 2007, 107(3): 1064-1077.
- [24] 李 华,王 华,袁春龙,等.葡萄酒工艺学[M].北京:科学出版社,2007:57.
- [25] 张春娅,张 军,王树生,等.葡萄酒冷冻浓缩技术的研究及应用[J].酿酒科技,2007(2):55-57,61.
- [26] 康佳木,李倩倩,刘 柳,等.西北地区馒头老酵子中氨基酸主成分分析及综合评价[J].食品与机械,2017,33(4):44-48,53.

(责任编辑:陈海霞)