



张晓晴,潘俊坤,吕真真,等. 不同前处理工艺对桃果酒品质的影响[J]. 轻工学报,2025,40(1):1-10.
ZHANG X Q, PAN J K, LYU Z Z, et al. Quality characteristics of peach wine as affected by different pretreatment techniques[J]. Journal of Light Industry, 2025, 40(1): 1-10. DOI: 10. 12187/2025. 01. 001

不同前处理工艺对桃果酒品质的影响

张晓晴,潘俊坤,吕真真,刘杰超,焦中高

中国农业科学院郑州果树研究所,河南 郑州 450009

摘要:以春蜜桃为原料,分别采用带皮制浆、去皮制浆和带皮制浆后酶解取汁3种前处理工艺制汁(浆)后发酵酿制桃果酒,通过测定其色泽、理化指标、酚类物质组成及含量、挥发性香气成分组成及质量浓度等,研究不同前处理工艺对桃果酒品质的影响。结果表明:带皮制浆发酵酿制的桃果酒具有较高的总酚和总黄酮含量,但酒液黄色更深,高级醇总含量达640.00 mg/L,严重超出果酒高级醇含量的理想范围(300~400 mg/L)。去皮制浆发酵酿制的桃果酒可较好地保留春蜜桃果肉的绿色,且高级醇含量降低至357.79 mg/L,但相较带皮制浆酿制的桃果酒,总酚含量、抗氧化活性和挥发性香气成分总质量浓度分别降低了11.55%、11.60%和42.86%。带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的亮度值和抗氧化活性均有所提高,高级醇含量降低至403.11 mg/L,总酚、原儿茶酸、绿原酸、原花青素C1和异鼠李素含量高于去皮制浆发酵酿制的桃果酒,且相较带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒,挥发性香气成分总质量浓度分别增加了25.50%和119.66%,酯类挥发性香气成分总质量浓度分别增加了1.02倍和3.80倍,且较好地保留了桃果实的香气特征成分丙位癸内酯。因此,带皮制浆后酶解取汁是生产高品质桃果酒的一种较优前处理工艺。

关键词:桃果酒;前处理工艺;高级醇;挥发性香气成分;酚类物质

中图分类号:TS255.4 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2025)01-0001-01

0 引言

在果酒加工过程中,通常要对原料果实进行制汁(浆)处理,以利于后续的果酒发酵。目前,常见的原料果实处理方式主要有带皮制浆、去皮制浆、打浆后取汁等,而打浆后取汁又可分为直接取汁、酶解取汁等^[1-3]。已有研究表明,发酵前对原料果实进行不同工艺处理可影响果酒的理化特性、功能、香气等。例如,W. C. Cai等^[1]以新鲜冬枣为原

料,分别采用带皮制浆、去皮制浆和带皮制浆后过滤取汁3种处理工艺酿制枣酒,发现带皮制浆处理既能提升枣酒的色泽和香气,又能最大限度地保留冬枣的生物活性成分和抗氧化活性;陈红梅等^[2]以野生猕猴桃为原料,分别采用带皮制浆、去皮制浆和制浆后酶解取汁3种处理工艺酿制猕猴桃酒,发现经带皮制浆处理后,猕猴桃酒中的香气成分含量显著高于其余2种处理工艺;付勋等^[3]以万州红桔为原料,采用带皮制汁和去皮制汁2种方式,并结合

收稿日期:2024-07-07;修回日期:2024-09-20;出版日期:2025-02-15

基金项目:河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目(232102110148);中国农业科学院科技创新工程专项项目(CAAS-ASTIP-2021-ZFRI)

作者简介:张晓晴(1995—),女,河南省安阳市人,中国农业科学院郑州果树研究所助理研究员,主要研究方向为果品加工。E-mail:82101185205@caas.cn

通信作者:刘杰超(1975—),女,河南省邓州市人,中国农业科学院郑州果树研究所副研究员,主要研究方向为果品加工。E-mail:liujiechao@caas.cn

酶解澄清处理获得清汁,比较了带皮浊汁、带皮清汁、去皮浊汁、去皮清汁这4种发酵方式对红桔果酒中挥发性风味物质的影响,发现清汁发酵红桔果酒中挥发性风味物质的种类较浊汁发酵丰富,带皮发酵红桔果酒中醇类和烯炔类挥发性风味物质的种类较去皮发酵丰富。

桃果酒是以新鲜桃果实或桃果汁为原料,经酿酒酵母发酵酿制而成的一种低酒精度饮料。与桃罐头、果汁饮料等其他桃果实加工产品相比,桃果酒的加工条件温和,营养物质和风味成分损失较少,可更最大限度地保留桃果实的营养物质和生物活性成分;另外,发酵还可产生独特的风味^[4],满足果酒市场多元化的需求,因此,研发桃果酒已成为桃果实多元化加工与高值化利用的一个重要途径。目前,针对桃果酒的研究较少,且主要集中于酵母菌种筛选^[5-6]、发酵工艺优化^[5,7-8]、桃果实选择^[9]、挥发性香气成分分析^[6-9]等方面。例如,刘沁源等^[5]以玉露水蜜桃自然发酵醪为筛菌原料,通过三级复筛获得优质高效的酿酒酵母菌PY01,并以酒精度为响应值对发酵工艺进行响应面优化,发现该菌株发酵水蜜桃酒的最适工艺为初始pH值3.9、酵母接种量6.2%和发酵温度26℃;马宁原等^[8]研究了巴斯德毕赤酵母与商业酿酒酵母BV818不同接种方式对黄桃果酒挥发性香气成分的影响,发现两种酵母混菌发酵可提高黄桃果酒的香气丰富度和平衡度,其中,以接种巴斯德毕赤酵母后间隔3d再接种商业酿酒酵母BV818所发酵黄桃果酒的感官评分最高;Q. Y. Liu等^[9]研究了玉露水蜜桃成熟度对所酿制桃果酒基本理化指标、总酚、总黄酮和挥发性香气成分的影响,确定了酿制桃果酒的玉露水蜜桃成熟度以九到十成熟为宜。

与其他果酒加工类似,桃果酒酿制过程中需先确定合适的制汁(浆)处理工艺,但有关不同前处理工艺对发酵过程及桃果酒品质影响的研究鲜见报道。基于此,本研究拟以春蜜桃为原料,采用带皮制浆、去皮制浆、带皮制浆后酶解取汁3种常用的前处理工艺制汁(浆)后进行发酵,分析所酿制桃果酒的色泽、理化指标、酚类物质组成及含量、挥发性香气成分组成及质量浓度等,明确不同前处理工艺对

桃果酒品质的影响,以期为高品质桃果酒的生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

春蜜桃,于成熟期采摘于中国农业科学院郑州果树研究所新乡综合试验基地;果胶酶(食品添加剂,>40 PA/mg),德国DSM公司;2-辛醇(标准品),美国Sigma公司;酿酒酵母,由中国农业科学院郑州果树研究所果品贮藏加工实验室筛选保存;原儿茶酸、新绿原酸、儿茶素、香草酸、绿原酸、丁香酸、原花青素B2、表儿茶素、原花青素C1、对香豆酸、肉桂酸、异鼠李素,均为标准品,上海源叶生物科技有限公司;甲醇、乙腈、乙酸,均为色谱纯,北京迪马科技有限公司。其他试剂均为国产分析纯。

1.2 主要仪器与设备

JYL-G12E型料理机,九阳股份有限公司;Avanti JXN-30型高效离心机,美国Beckman Coulter公司;DHP型电热恒温培养箱,上海浦东荣丰科学仪器有限公司;RE-52 AA型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;SP62-162型色差计,美国X-Rite公司;WFJ 7200型可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;GC2010 Plus型气相色谱仪,日本岛津公司;e2695型高效液相色谱(HPLC)系统(配有2998二极管阵列检测器、Empower工作站),美国Waters公司;7890-5975C型气相色谱-质谱联用(GC-MS)仪,美国Agilent公司。

1.3 实验方法

1.3.1 桃果实处理及桃果酒酿制 1)采用以下3种工艺对桃果实进行发酵前处理。

带皮制浆:选择成熟度一致、无病虫害、无机械损伤的桃果实,去核后打浆,得到含果皮、果肉的桃果浆,加入质量分数为0.5‰的果胶酶,备用。

去皮制浆:将桃果实削皮、去核后打浆,得到含果肉的桃果浆,加入质量分数为0.5‰的果胶酶,备用。

带皮制浆后酶解取汁:将桃果实去核后带皮打浆,加入质量分数为0.5‰的果胶酶,室温酶解1h后,于9000 r/min条件下离心15 min,上清液即为桃果清汁,备用。

2) 桃果酒酿制。添加适量白砂糖,调整桃果汁(浆)的可溶性固形物含量至 22%,以 5%接种量接入酿酒酵母活化液,再加入 60 mg/kg 的 SO_2 ,于 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下发酵至残糖含量基本无变化;过滤后,加入 60 mg/kg 的 SO_2 ,密封放置 30 d 自然澄清,即得桃果酒;将桃果酒样品于 9000 r/min 条件下离心 15 min 后,取上清液,用于相关指标测定^[10]。

1.3.2 色泽测定 将上清液经 0.45 μm 膜过滤后,用色差计测定其明度值(L^*)、红绿值(a^*)和蓝黄值(b^*),并计算色彩饱和度(C^*)和色调角($h/^\circ$)。

1.3.3 理化指标测定 参照《葡萄酒、果酒通用分析方法》(GB/T 15038—2006)^[11]测定上清液的酒精度、总酸含量和干浸出含量。参照《蒸馏酒与配制酒卫生标准的分析方法》(GB/T 5009.48—2003)^[12]中的气相色谱法测定上清液的高级醇(正丙醇、异丁醇和异戊醇)含量。

1.3.4 总酚、总黄酮含量及抗氧化活性测定 采用福林酚法^[13]测定上清液的总酚含量,结果以没食子酸当量表示;采用硝酸铝比色法^[14]测定上清液的总黄酮含量,结果以芦丁当量表示;采用 DPPH 自由基清除法^[13]测定上清液的抗氧化活性,结果以 Trolox 当量表示。

1.3.5 酚类物质组成及含量测定 1) 样品前处理。取 20 mL 上清液,用 60 mL 乙酸乙酯萃取 3 次,合并有机相,在 37°C 条件下,利用旋转蒸发仪减压浓缩至干,用甲醇溶解残留物并定容至 2 mL,上机检测前需用 0.22 μm 有机滤膜过滤。

2) HPLC 分析。色谱柱为 Symmetry C18 色谱柱(4.6 mm \times 250 mm \times 5 μm)。流动相:A 相为乙腈,B 相为体积分数为 0.2% 的乙酸水溶液。梯度洗脱程序:0 min, 5% A; 0~3 min, 6% A; 3~4 min, 6%~7% A; 4~10 min, 7% A; 10~12 min, 7%~8% A; 12~24 min, 8%~10% A; 24~30 min, 10%~15% A; 30~35 min, 15% A; 35~50 min, 15%~37% A; 50~55 min, 37%~45% A; 55~60 min, 45%~100% A; 60~70 min, 100% A; 70~75 min, 100%~5% A。柱温为 35°C ,进样体积为 10 μL ,流速为 1 mL/min。通过与酚类物质标准品的保留时间和紫外吸收特征进行比较,确定上清液中酚类物质的组成;采用外标

法,根据标准品绘制的标准曲线计算上清液中酚类物质的含量。

1.3.6 挥发性香气成分组成及质量浓度测定 1) 挥发性香气成分富集。采用顶空固相微萃取法对桃果酒的挥发性香气成分进行富集。取 5 mL 上清液于 25 mL 顶空萃取样品瓶中,加入 2 g NaCl、20 μL 内标物 2-辛醇,加盖密封,在 40°C 、500 r/min 条件下平衡 20 min;将经老化处理的萃取头插入顶空萃取样品瓶顶部,使吸附头暴露于蒸汽中,于 40°C 条件下萃取 40 min;取出萃取头并插入 GC-MS 仪进样口,于 250°C 条件下热解吸 8 min 后,进行后续检测。

2) GC 条件。色谱柱为 DB-225 MS 型毛细管色谱柱。升温程序如下: 33°C 保持 1 min;以 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 78°C ,保持 2 min;以 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 99°C ,保持 2 min;以 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 140°C ,保持 1 min;以 $6^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 160°C ,保持 0 min;以 $8^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 220°C ,保持 2 min。载气(He)流速为 1 mL/min。

3) MS 条件。电子轰击电离源,电子能量为 70 eV,传输线温度为 280°C ,离子源温度为 230°C ,质量扫描范围(m/z)为 50~550 aum。

4) 挥发性香气成分定性和定量。利用 GC-MS 分析软件进行挥发性香气成分分析,通过比对 NIST Library 匹配度和保留时间对各挥发性香气成分进行定性;每次检测时,均加入相同质量浓度的内标物 2-辛醇进行定量,按下式计算各前处理工艺下桃果酒中挥发性香气成分的质量浓度/ $(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$:

$$\text{各挥发性香气成分质量浓度} = \frac{\text{各挥发性香气成分峰面积}}{\text{内标物峰面积}} \times \text{内标物质量浓度}$$

1.4 数据处理与分析

使用 SPSS 25.0 统计分析软件进行差异显著性分析,利用 Excel 2007 制图,在制作挥发性香气成分热图前,需采用 $\lg(x+1)$ 对数转换方式对数据进行预处理。

2 结果与分析

2.1 不同前处理工艺对桃果酒色泽的影响

不同前处理工艺桃果酒的色泽指标见表 1。由

表1可知,带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒,其 L^* 显著高于其余两组($P<0.05$);而带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒,二者 L^* 无显著性差异($P>0.05$)。3种桃果酒的 a^* 差异显著($P<0.05$),且均为负值,表明这3种桃果酒均保留了春蜜桃果肉的绿色,其中以去皮制浆发酵酿制的桃果酒保留效果最好,其次为带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒,而带皮制浆发酵酿制的桃果酒保留效果最差。3种桃果酒的 b^* 均为正值,表明酒液呈黄色,这可能是由酒液中酚类物质发生氧化反应,形成带有橙色调的吡喃色素所致^[15]。其中,带皮制浆发酵酿制的桃果酒,其 b^* 显著高于其余两组($P<0.05$)。3种桃果酒的 h 均在 80° 以上,表明3种酒液均呈黄色。其中,以带皮制浆发酵酿制的桃果酒的 h 最大,黄色最深,这与其 b^* 的测定结果相符;另外,其 C^* 显著高于其余两组($P<0.05$),这与其 a^* 、 b^* 和 h 的测定结果相符。

2.2 不同前处理工艺对桃果酒理化指标的影响

不同前处理工艺桃果酒的理化指标见表2。由表2可知,不同前处理工艺桃果酒的酒精度为 $11.50\sim 12.27\%$ vol,且三者无显著性差异($P>0.05$)。去皮制浆发酵酿制的桃果酒的总酸含量显著低于其余两组($P<0.05$);带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的总酸含量略高于带皮制浆发酵酿制的桃果酒,但二者无显著性差异($P>0.05$)。去皮制浆发酵酿制的桃果酒的干浸出物含量最高,其

次为带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒,但二者差异不显著($P>0.05$)。带皮制浆发酵酿制的桃果酒的干浸出物含量最低,且与去皮制浆发酵酿制的桃果酒具有显著性差异($P<0.05$),表明果皮会对桃果酒的干浸出物含量产生不利影响。这可能是由于桃果皮含有较多的纤维素,其多孔结构可能对酒液中的干浸出物具有较强的吸附作用^[16-17],从而造成其含量降低。关于桃果皮及其纤维素在浸渍和发酵过程中的结构变化及对酒液中干浸出物的吸附作用,有待进一步研究证实。

果酒中的高级醇主要通过氨基酸降解代谢途径生成,发酵基质中的蛋白质、氨基酸含量与最终果酒的高级醇含量密切相关^[18-19]。带皮制浆发酵酿制的桃果酒中3种高级醇含量均显著高于其余两组($P<0.05$),且高级醇总含量高达 640.00 mg/L ,严重超出了果酒高级醇含量的理想范围($300\sim 400\text{ mg/L}$)^[20]。去皮制浆发酵酿制的桃果酒的正丙醇含量最低,且与其余两组差异显著($P<0.05$)。带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的异丁醇含量最低,分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的 34.13% 和 53.52% ,且三者差异显著($P<0.05$)。去皮制浆和带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的异戊醇含量无显著性差异($P>0.05$),高级醇总含量分别为 357.79 mg/L 和 403.10 mg/L ,均处于果酒高级醇含量的较理想范围。C. Ancín等^[21]研究发现,葡萄果浆经过滤澄清后,蛋白氮含量大幅降低,高级醇生成量也随之显著降低。王永

表1 不同前处理工艺桃果酒的色泽指标

Table 1 Color characteristics of peach wines prepared by different pretreatment techniques

前处理工艺	L^*	a^*	b^*	$h/(^\circ)$	C^*
带皮制浆	19.37 ± 1.19^b	-0.57 ± 0.10^a	10.71 ± 0.66^a	86.97 ± 0.35^a	10.72 ± 0.66^a
去皮制浆	18.74 ± 0.16^b	-0.99 ± 0.09^c	6.88 ± 0.28^b	81.82 ± 0.40^c	6.95 ± 0.29^b
带皮制浆后酶解取汁	21.12 ± 0.76^a	-0.82 ± 0.05^b	7.82 ± 0.64^b	83.97 ± 0.22^b	7.86 ± 0.64^b

注:同列不同肩标小写字母表示存在显著性差异($P<0.05$),下同。

表2 不同前处理工艺桃果酒的理化指标

Table 2 General physicochemical properties of peach wines prepared by different pretreatment techniques

前处理工艺	酒精度/ $(\%vol)$	总酸含量/ $(g\cdot L^{-1})$	干浸出物含量/ $(g\cdot L^{-1})$	正丙醇含量/ $(mg\cdot L^{-1})$	异丁醇含量/ $(mg\cdot L^{-1})$	异戊醇含量/ $(mg\cdot L^{-1})$
带皮制浆	12.27 ± 0.58^a	5.29 ± 0.17^a	14.94 ± 0.57^b	115.75 ± 5.74^a	256.19 ± 20.81^a	268.05 ± 24.10^a
去皮制浆	11.50 ± 0.10^a	4.29 ± 0.01^b	19.70 ± 0.13^a	58.82 ± 4.85^c	163.38 ± 9.99^b	180.90 ± 4.99^b
带皮制浆后酶解取汁	12.10 ± 0.62^a	5.62 ± 0.44^a	16.57 ± 2.85^{ab}	88.10 ± 23.13^b	87.44 ± 19.32^c	182.25 ± 14.84^b

辉等^[22]对锦灯笼果不同部位氨基酸进行了分析,发现果皮氨基酸含量最高,其次是果肉,果汁中氨基酸含量最低,总氨基酸含量仅为果皮和果肉的33.13%和56.00%。B. Tian等^[23]对不同皮渣浸渍时间葡萄汁的蛋白质含量进行了研究,发现浸渍时间越长,葡萄汁的蛋白质含量越高。桃果实不同部位的蛋白质、氨基酸含量的差异尚有待进一步研究证实。

2.3 不同前处理工艺对桃果酒总酚、总黄酮含量及抗氧化活性的影响

酚类物质是果酒重要的化学组分之一,可影响果酒的色泽、口感和风味,并赋予果酒抗氧化、预防心脑血管疾病等生理功效^[24]。不同前处理工艺桃果酒的总酚、总黄酮含量及抗氧化活性见表3。由表3可知,带皮制浆发酵酿制的桃果酒的总酚含量最高,去皮制浆发酵酿制的桃果酒的总酚含量最低,后者较前者降低了11.55%,二者具有显著性差异($P<0.05$),表明带皮发酵对提高桃果酒中酚类物质含量具有积极作用;带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的总酚含量介于其余两组之间。带皮制浆发酵酿制的桃果酒的总黄酮含量分别为去皮制浆和带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的1.46倍和1.60倍,表明带皮浸渍发酵对果皮中黄酮类物质的溶出具有积极影响。3种桃果酒的抗氧化活性差异显著($P<0.05$),其中带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的抗氧化活性最高,其次为带皮制浆发酵酿制的桃果酒,较前者降低了15.18%,而去皮制浆发酵酿制的桃果酒的抗氧化活性又较带皮制浆发酵酿制的桃果酒降低了11.60%。已有研究^[25-26]表明,桃果皮的酚类物质含量较桃果肉更

表3 不同前处理工艺桃果酒的总酚、总黄酮含量及抗氧化活性

Table 3 Content of total phenols, flavonoids and antioxidant activity of peach wines prepared by different pretreatment techniques

前处理工艺	总酚含量/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总黄酮含量/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	抗氧化活性/ ($\mu\text{mol Trolox}\cdot\text{L}^{-1}$)
带皮制浆	100.70±4.80 ^a	53.31±10.54 ^a	74.07±2.46 ^b
去皮制浆	89.07±1.00 ^b	36.47±4.44 ^b	65.48±0.56 ^c
带皮制浆后酶解取汁	95.19±3.78 ^{ab}	33.23±6.58 ^b	87.33±4.82 ^a

多,在带皮发酵过程中,果皮中的酚类物质会被浸提到酒液中,导致带皮制浆发酵酿制的桃果酒的总酚和总黄酮含量均显著高于去皮制浆发酵酿制的桃果酒。而在带皮制浆后酶解取汁发酵过程中,由于取汁时采用了果胶酶处理,使果皮中部分酚类物质解离释放到果汁中,因此所酿制桃果酒中的酚类物质含量高于去皮制浆发酵酿制的桃果酒。但由于果胶酶处理时间较短,果皮中的酚类物质仅有少量被浸提到酒液中,因此,带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒在总酚和总黄酮含量方面无显著性差异($P>0.05$)。王沙沙等^[27]在干白葡萄酒的加工过程中,分别进行了果皮浸渍发酵、带皮发酵和澄清汁发酵,发现带皮发酵酿制的葡萄酒的总酚、总黄酮、总黄烷醇和单体酚含量均显著高于其余两组。W. C. Cai等^[1]也研究发现,带皮制浆发酵酿制的冬枣果酒的总酚、总黄酮和总花色苷含量均显著高于去皮制浆发酵酿制的冬枣果酒。本研究结果与上述研究结果类似。另外,果胶酶处理可提高果酒中酚类物质的含量,该结果在葡萄^[28]、猕猴桃^[29]、树莓^[30]、柿^[31]、山楂^[32]、火龙果^[33]、杏^[34]等果酒加工中也得到了证实。

2.4 不同前处理工艺对桃果酒酚类物质的影响

不同前处理工艺桃果酒的酚类物质组成及含量见表4。由表4可知,3种桃果酒中共检测到10种酚类物质,其中,带皮制浆和带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的原儿茶酸、绿原酸和原花青素C1含量均显著高于去皮制浆发酵酿制的桃果酒($P<0.05$);在去皮制浆发酵酿制的桃果酒中,表儿茶素和异鼠李素含量均显著高于带皮制浆发酵酿制的桃果酒($P<0.05$);在带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,儿茶素含量显著高于其余两组($P<0.05$);在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中,异鼠李素和肉桂酸含量均较高,且与带皮制浆发酵酿制的桃果酒具有显著性差异($P<0.05$);3种桃果酒中,香草酸和丁香酸含量均无显著性差异($P>0.05$)。

2.5 不同前处理工艺对桃果酒挥发性香气成分的影响

挥发性香气成分的组成与质量浓度是决定果

酒香气品质的主要因素。不同前处理工艺桃果酒挥发性香气成分组成热图及各类挥发性香气成分质量浓度如图 1 和图 2 所示。由图 1 和图 2 可知,3 种桃果酒中共检测到 38 种挥发性香气成分,其中酯类 20 种、醇类 10 种、醛类 2 种、酸类 4 种、酚类 1 种、酮类 1 种,酯类和醇类是主要的挥发性香气成分。在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中,挥发性香气成分最丰富,总质量浓度达 116 969.04 $\mu\text{g/L}$,分别较带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒增加了 25.50% 和 119.66%,而去皮制浆较带皮制浆发酵酿制的桃果酒降低了 42.86%,这表明带皮发酵有利于增加桃果酒的香气成分;酯类挥发性香气成分最多,占挥发性香气成分总量的 60.58%,且分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的 2.02 倍和 4.80 倍,其中辛酸乙酯、癸酸乙酯、正己酸乙酯、乙酸异戊酯、苯甲酸甲酯、乙酸苜酯、百里酚异丁酸酯、乙酸苯乙酯、月桂酸乙酯、癸酸异戊酯、反式-肉桂酸乙酯、肉豆蔻酸乙酯、丙位癸内酯、棕榈酸乙酯等的质量浓度均较高。在带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,苯甲酸乙酯、丁二酸二乙酯和 (*E*)-2-己烯基苯酸酯的质量浓度均较高,但未检测到乙酸异戊酯。在去皮制浆发酵酿制的桃果酒中,各酯类挥发性香气成分的质量浓度均较低。丙位癸内酯被认为是桃果实众多挥发性香气成分中最具桃香味的特征香气成分^[35],其在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中的质量浓度最高,分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的 1.68 倍和 2.03 倍,这表明带皮制浆后酶解取汁能较好地保留桃果实的香气特征。

在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中,醇类挥发性香气成分的质量浓度仅次于酯类挥发性香气成分,占挥发性香气成分总量的 33.01%;其他种类挥发性香气成分的质量浓度均较低,占挥发性香气成分总量的 5.00% 以下。在带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒中,醇类挥发性香气成分的质量浓度高于酯类挥发性香气成分,是最主要的挥发性香气成分,其中带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,醇类挥发性香气成分的质量浓度最高,分别为带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的 1.27 倍和 1.98 倍。异戊醇是 3 种桃果酒中最主要的醇类挥发性香气成分,分别占带皮制浆、带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒中醇类挥发性成分总质量浓度的 76.74%、73.40% 和 74.25%,且在带皮制浆发酵酿制的桃果酒中的质量浓度最高,分别为带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的 1.33 倍和 2.05 倍。在带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,正己醇、苯乙醇、2-戊醇和 1-壬醇的质量浓度也较高,但 (2*S*,3*S*)-2,3-丁二醇的质量浓度不及去皮制浆发酵酿制的桃果酒,而带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中则未检测到该物质。在去皮制浆发酵酿制的桃果酒中还检测到微量的 2-乙基己醇,但未检测到 1-壬醇。(2*R*,3*R*)-(–)-2,3-丁二醇和 2-壬醇则仅在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中被检测到。

在去皮制浆发酵酿制的桃果酒中,醛类挥发性香气成分质量浓度分别为带皮制浆和带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒的 1.61 倍和 7.47 倍。

表 4 不同前处理工艺桃果酒的酚类物质组成及含量

Table 4 Composition and content of phenolic substances in peach wines prepared by different pretreatment techniques

前处理工艺	原儿茶酸	儿茶素	香草酸	绿原酸	丁香酸	表儿茶素
带皮制浆	1.77±0.10 ^a	2.59±0.13 ^a	1.62±0.19 ^a	5.12±0.10 ^a	1.62±0.19 ^a	18.70±1.57 ^b
去皮制浆	1.42±0.01 ^b	2.41±0.00 ^b	1.75±0.20 ^a	3.77±0.04 ^b	1.75±0.20 ^a	21.83±1.92 ^a
带皮制浆后酶解取汁	1.80±0.10 ^a	2.43±0.02 ^b	1.59±0.11 ^a	5.54±0.35 ^a	1.59±0.11 ^a	19.29±1.08 ^{ab}
前处理工艺	原花青素 C1	对香豆酸	肉桂酸	异鼠李素	总量	
带皮制浆	2.99±0.11 ^a	0.32±0.03 ^a	0.09±0.01 ^b	0.43±0.01 ^b	39.12±2.06 ^a	
去皮制浆	2.52±0.07 ^b	0.37±0.08 ^a	0.15±0.05 ^{ab}	0.88±0.09 ^a	39.98±2.66 ^a	
带皮制浆后酶解取汁	2.89±0.20 ^a	0.35±0.06 ^a	0.15±0.02 ^a	1.02±0.12 ^a	40.42±1.41 ^a	



图 1 不同前处理工艺桃果酒挥发性香气成分组成热图

Fig. 1 Heatmap of composition of volatile aroma components in peach wines prepared by different pretreatment techniques

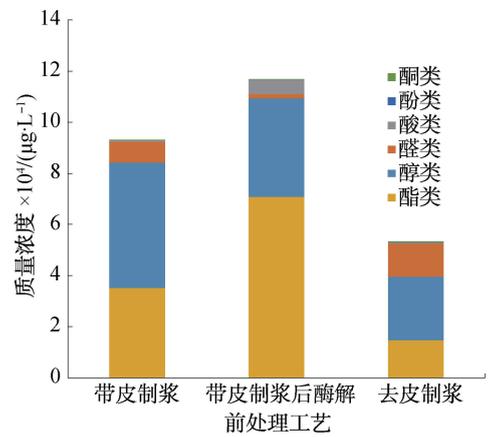


图 2 不同前处理工艺桃果酒各类挥发性香气成分质量浓度

Fig. 2 The mass concentration of various volatile aroma components in peach wines prepared by different pretreatment techniques

3种桃果酒中仅检测到苯甲醛和癸醛这2种醛类挥发性香气成分,其中以苯甲醛质量浓度较高,在带皮制浆、带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒中的质量浓度分别为7 903.95 μg/L、1 739.34 μg/L和12 941.77 μg/L。在带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,癸醛质量浓度最高,分别是带皮制浆后酶解取汁和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的12.37倍和1.28倍。

在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中,酸类挥发性香气成分的质量浓度分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的9.24倍和11.34倍,且异戊酸和辛酸的质量浓度均比其余两组高;另外,还检测到己酸和癸酸,而其余两组均未检测到。

3种桃果酒中均检测到丁香酚,其在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中的质量浓度分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的1.37倍和3.31倍。橙花基丙酮是3种桃果酒中共有的主要酮类挥发性香气成分,其在带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中的质量浓度分别为带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒的1.20倍和1.55倍。

C. Aubert等^[36]分析了白肉桃不同部位的挥发性香气成分,发现桃果皮中的挥发性香气成分含量是果肉的3.50倍。H. J. Jia等^[37]也研究发现,桃果

皮中醛类、醇类、酯类等挥发性香气成分的含量均显著高于果肉。在本研究带皮制浆发酵酿制的桃果酒中,酯类、醇类、酸类、烷烃类、芳香烃类、酮类等挥发性香气成分的质量浓度及总质量浓度均高于去皮制浆发酵酿制的桃果酒,这进一步证实了挥发性香气成分在桃果皮和桃果肉中分布的差异性,以及带皮浸渍发酵可增加桃果酒的香气。在去皮制浆发酵酿制的桃果酒中,醛类物质的质量浓度高于带皮制浆发酵酿制的桃果酒,这可能是由于主要醛类物质苯甲醛大部分存在于近核部位^[35],去皮处理可增加近核部位所占比例,导致去皮桃果浆中的苯甲醛质量浓度高于带皮桃果浆,进而形成所酿制桃果酒中醛类物质质量浓度的差异。类似研究结果在枣酒^[1]、猕猴桃酒^[2]、柿子酒^[38]、蓝靛果酒^[39]等的酿制中也有报道。

果酒香气除与原料有关之外,还与发酵及陈酿过程中微生物、酶等的作用,以及发酵醪的化学组成和微生物种类有关^[40]。C. Ancín 等^[21]研究发现,葡萄果浆经过滤澄清后,蛋白氮含量大幅降低,发酵速度和高级醇生成量也随之显著降低。V. M. Burin 等^[41]则研究发现,酒精发酵前,采用皂土澄清葡萄果浆以降低其蛋白氮水平,可提高葡萄酒中乙酯类香气成分的含量。本研究带皮制浆后酶解取汁发酵酿制的桃果酒中,酯类挥发性香气成分最丰富,其中辛酸乙酯、癸酸乙酯、正己酸乙酯、月桂酸乙酯等主要酯类挥发性香气成分的质量浓度均远高于其余两组,这可能是因为在发酵前的高速离心取汁过程中,桃果浆中部分蛋白质随果渣、果肉一起被分离出去,蛋白氮含量降低,有利于酯类挥发性香气成分生成。这与周雪艳等^[42]的研究结果较一致。

3 结论

本文以春蜜桃为原料,分别采用带皮制浆、去皮制浆和带皮制浆后酶解取汁3种常用前处理工艺制汁(浆)后发酵酿制桃果酒,分析了其色泽、理化指标、酚类物质组成及含量、挥发性香气成分组成及质量浓度等,得到如下结论:带皮制浆可使桃果酒具有较高的总酚和总黄酮含量,但酒液黄色加

深,高级醇含量严重超出理想范围。去皮制浆可使桃果酒的黄色变浅,高级醇含量降低至理想范围,但也会显著降低桃果酒的酚类物质含量、抗氧化活性及挥发性香气成分质量浓度。带皮制浆后酶解取汁既可使桃果酒较好地保留春蜜桃果肉原有的色泽,提高酚类物质含量和抗氧化活性,降低高级醇含量至理想范围,又可使挥发性香气成分总质量浓度和酯类挥发性香气成分占比显著高于带皮制浆和去皮制浆发酵酿制的桃果酒,且能较好地保留桃果实的香气特征,因此该前处理工艺适合桃果酒的酿制。未来需进一步优化带皮制浆后酶解取汁前处理工艺,探究不同工艺参数对发酵过程及桃果酒品质的影响,以最大限度地提升桃果酒品质,为其工业化生产奠定基础。

参考文献:

- [1] CAI W C, TANG F X, SHAN C H, et al. Pretreatment methods affecting the color, flavor, bioactive compounds, and antioxidant activity of jujube wine[J]. *Food Science & Nutrition*, 2020, 8(9): 4965-4975.
- [2] 陈红梅, 王沙沙, 尹何南, 等. 不同工艺处理对野生猕猴桃酒品质的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(4): 233-240.
- [3] 付勋, 聂青玉, 张文玲, 等. 不同前处理工艺红桔果汁与红桔果酒挥发性风味物质分析[J]. *中国酿造*, 2024, 43(5): 81-90.
- [4] 于海燕, 钱新华, 陈臣, 等. 黄桃酒发酵过程中风味物质的变化[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(14): 87-93.
- [5] 刘沁源, 吴祖芳, 翁佩芳. 水蜜桃酒速酿酵母菌的筛选、鉴定及发酵条件优化[J]. *核农学报*, 2020, 34(7): 1480-1490.
- [6] 李明瑕, 刘春风, 王壬, 等. 黄桃果酒酿酒酵母的筛选与发酵特性分析[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(14): 113-122.
- [7] LIU C F, LI M X, REN T, et al. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and non-*Saccharomyces* strains on alcoholic fermentation behavior and aroma profile of yellow-fleshed peach wine[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, 155: 112993.
- [8] 马宁原, 姚凌云, 孙敏, 等. 基于 GC-IMS 和 GC-MS 分析不同发酵方式对黄桃酒香气成分的影响[J]. *食品科学*, 2023, 44(12): 306-314.
- [9] LIU Q Y, WENG P F, WU Z F. Quality and aroma characteristics of honey peach wines as influenced by different maturity[J]. *International Journal of Food*

- Properties, 2020, 23 (1): 445-458.
- [10] 张晓晴,吕真真,刘慧,等.不同品种桃果酒品质特性与酿酒适宜性评价[J].果树学报,2021,38(8):1368-1380.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.葡萄酒、果酒通用分析方法:GB/T 15038—2006[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [12] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.蒸馏酒与配制酒卫生标准的分析方法:GB/T 5009.48—2003[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [13] 费永涛,刘东杰,罗子淳,等.植物乳杆菌 R-1 对发酵柠檬果汁风味和营养物质的影响[J].轻工学报,2024,39(3):29-37,53.
- [14] 张明君,李迎秋.牡丹籽酱油的制备及其抗氧化活性研究[J].轻工学报,2023,38(4):53-60.
- [15] 葛正凯,黄倩,李洁,等.不同抗氧化剂对白葡萄酒品质的影响[J].中国酿造,2020,39(10):136-144.
- [16] DE ESCALADA PLA M F, GONZÁLEZ P, SETTE P, et al. Effect of processing on physico-chemical characteristics of dietary fibre concentrates obtained from peach (*Prunus persica* L.) peel and pulp [J]. Food Research International, 2012, 49(1):184-192.
- [17] PATHAK P D, MANDAVGANE S A, KULKARNI B D. Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent [J]. Reviews in Chemical Engineering, 2015, 31 (4): 361-381.
- [18] 张香,秦丹,曾璐,等.发酵型果酒中甲醇和杂醇油的研究进展[J].中国酿造,2020,39(8):17-21.
- [19] 张文叶,吴庆伟,吴刚,等.氨基酸种类与添加量对山楂酒中主要高级醇生成量的影响[J].轻工学报,2017,32(3):1-7.
- [20] CAMELEYRE M, LYTRA G, TEMPERE S, et al. Olfactory impact of higher alcohols on red wine fruity ester aroma expression in model solution [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63 (44): 9777-9788.
- [21] ANCÍN C, AYESTARÁN B, CORROZA M, et al. Influence of prefermentation clarification on the higher alcohol contents of wines [J]. Food Chemistry, 1996, 55 (3):241-249.
- [22] 王永辉,张振华,金宏,等.锦灯笼果不同部位氨基酸的测定与分析[J].氨基酸和生物资源,2009,31(1):81-83.
- [23] TIAN B, HARRISON R, MORTON J, et al. Influence of skin contact and different extractants on extraction of proteins and phenolic substances in Sauvignon Blanc grape skin [J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2020, 26(2):180-186.
- [24] GUTIÉRREZ-ESCOBAR R, ALIAÑO-GONZÁLEZ M J, CANTOS-VILLAR E. Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A review [J]. Molecules, 2021, 26(3):718.
- [25] LIU H, CAO J K, JIANG W B. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63(2):1042-1048.
- [26] SAIDANI F, GIMÉNEZ R, AUBERT C, et al. Phenolic, sugar and acid profiles and the antioxidant composition in the peel and pulp of peach fruits [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2017, 62:126-133.
- [27] 王沙沙,陈红梅,董喆,等.不同工艺对‘关口’葡萄干白葡萄酒品质的影响[J].食品科学,2017,38(21):138-145.
- [28] DUCASSE M A, CANAL-LLAUBERES R M, DE LUMLEY M, et al. Effect of macerating enzyme treatment on the polyphenol and polysaccharide composition of red wines [J]. Food Chemistry, 2010, 118(2):369-376.
- [29] WEI X H, HAO J, XIONG K X, et al. Effect of pectinase produced by *Bacillus velezensis* W17-6 on methanol content and overall quality of kiwifruit wine [J]. Food Bioscience, 2024, 59:104180.
- [30] ZHAO W Y, WANG L M, CHUAI P B, et al. The effects of cold pectinase maceration and pulp juice fermentation on physicochemical properties of raspberry wine [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46 (9):e16646.
- [31] LIU M M, YANG K, QI Y M, et al. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of persimmon wine by technology of pectinase addition and different pre-macerations [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(2):e13452.
- [32] LIU J C, YANG W B, LV Z Z, et al. Effects of different pretreatments on physicochemical properties and phenolic compounds of hawthorn wine [J]. CyTA-Journal of Food, 2020, 18(1):518-526.
- [33] JIANG X H, LU Y Y, LIU S Q. Effects of pectinase treatment on the physicochemical and oenological properties of red dragon fruit wine fermented with *Torulaspora delbrueckii* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 132:109929.
- [34] CHOI K T, LEE S B, CHOI J S, et al. Influence of different pretreatments and chaptalization types on the physiological characteristics and antioxidant activity of apricot (*Prunus armeniaca* L.) wine [J]. Italian Journal of Food Science, 2020, 32(4):912-927.
- [35] PENG B, YU M L, ZHANG B B, et al. Differences in PpAAT1 activity in high- and low-aroma peach varieties affect γ -decalactone production [J]. Plant Physiology, 2020, 182(4):2065-2080.
- [36] AUBERT C, MILHET C. Distribution of the volatile compounds in the different parts of a white-fleshed peach

- (*Prunus persica* L. Batsch) [J]. Food Chemistry, 2007, 102(1):375-384.
- [37] JIA H J, OKAMOTO G. Distribution of volatile compounds in peach fruit[J]. Engei Gakkai Zasshi, 2001, 70(2):223-225.
- [38] 吕佳玮, 刘亚琼, 路瑶, 等. 原料预处理对柿子酒发酵过程中挥发性风味物质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12):61-69.
- [39] 杨旭, 陈亮, 辛秀兰, 等. 果汁发酵和带渣发酵蓝靛果酒香气成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(12):115-119.
- [40] STYGER G, PRIOR B, BAUER F F. Wine flavor and aroma [J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2011, 38(9):1145-1159.
- [41] BURIN V M, CALIARI V, BORDIGNON-LUIZ M T. Nitrogen compounds in must and volatile profile of white wine: Influence of clarification process before alcoholic fermentation[J]. Food Chemistry, 2016, 202:417-425.
- [42] 周雪艳, 赵一凡, 张晓腾, 等. 不同发酵方式对鸭梨酒香气成分的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21):241-247, 257.

Quality characteristics of peach wine as affected by different pretreatment techniques

ZHANG Xiaoqing, PAN Junkun, LYU Zhenzhen, LIU Jiechao, JIAO Zhonggao

Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China

Abstract: In order to investigate the effects of different pretreatment techniques of peach fruit on the quality characteristics of peach wine, peach wines were prepared by different pretreatments with Chunmi peach fruit, including pulping with skin, pulping with peeling fruit, and extracting juice by enzymolysis after pulping with whole fruit, and then the color, physicochemical indexes, composition and content of phenolic substances, composition and mass concentration of volatile aroma components of the wines were determined. Results showed that pulping with whole fruit resulted in a peach wine with higher content of total phenolics and flavonoids, but the yellow color of the wine was enhanced, and the content of higher alcohols in the final wine achieved as high as 640 mg/L, significantly exceeding the ideal range (300~400 mg/L) of higher alcohols in fruit wine. Pulping with peeling fruit could effectively retain the green color of Chunmi peach fruit flesh and reduce the content of higher alcohols to 357.79 mg/L, but the total phenolic content, antioxidant activity and total mass concentration of volatile aroma components were also reduced by 11.55%, 11.60% and 42.86% as compared with pulping with whole fruit. Peach wine fermented with extracted juice by enzymolysis after pulping with whole fruit showed the highest brightness value and antioxidant activity, and the content of higher alcohols was reduced to 403.11 mg/L. Furthermore, the contents of total phenolics, protocatechuic acid, chlorogenic acid, procyanidin C1, isorhamnetin in the peach wine fermented with extracted juice by enzymolysis after pulping with whole fruit were higher than pulping with peeled fruit. The total mass concentration of volatile aroma components of peach wine fermented with extracted juice by enzymolysis after pulping with whole fruit were 25.50% and 119.66% higher than those of pulping with whole fruit and pulping with peeling fruit, and the total mass concentration of esters was 1.02 and 3.80 times higher than those of pulping with whole fruit and pulping with peeling fruit. The γ -decalactone, which was the characteristic aroma compound of peach fruit, was better retained by pretreatment of extracting juice by enzymolysis after pulping with whole fruit. It was suggested that extracting juice by enzymolysis after pulping with whole fruit was a promising pretreatment technique for producing peach wine of high quality.

Key words: peach wine; pretreatment technique; higher alcohol; volatile aroma component; phenolic substance

[责任编辑:杨晓娟]