

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2024.06.010

不同成熟度杏果实发酵杏果酒品质分析

蒋艺轩^{1,2}, 冯作山^{1,2*}, 白羽嘉^{1,2*}, 方心¹, 苏比努尔·色提瓦尔¹, 陈之华¹, 王雪¹

(1. 新疆农业大学 食品科学与药学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆果品采后科学与技术重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 对新疆不同成熟度赛买提杏果实发酵的杏果酒理化性质和感官评价进行分析研究。结果表明: 不同成熟度赛买提杏果实经酶解后的原果胶、果胶含量及酒精发酵后果酒中还原糖含量、总酸含量、pH值、色度、色调、甲醇含量均有明显变化。青熟期杏果实经酶解后原果胶含量0.82%、可溶性果胶含量0.27%, 发酵后杏果酒甲醇含量271.796 mg/L、酒精度10.57% vol、总酸含量13.6 g/L, 酒体颜色呈黄褐色且口感伴有清爽的酸涩。完熟期杏果实经酶解后含原果胶1.04%、可溶性果胶0.55%, 发酵后杏果酒甲醇含量为157.69 mg/L、酒精度为12.09% vol、总酸含量为11.98 g/L, 酒体口感较为丰富, 颜色呈浅金黄色, 杏果实风味十足并具有典型性。因此, 选择完熟期杏果实酿造的杏果酒有利于发酵过程控制和改善赛买提杏果酒品质。

关键词: 赛买提杏果酒; 成熟度; 果酒品质; 全汁发酵; 甲醇

Quality of Apricot Wine Fermented with Different Maturity Levels of Apricot Fruits

JIANG Yixuan^{1,2}, FENG Zuoshan^{1,2*}, BAI Yujia^{1,2*}, FANG Xin¹, Subinur Setiwal¹,
CHEN Zhihua¹, WANG Xue¹

(1. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China; 2. Xinjiang Key Laboratory for Postharvest Science and Technology of Fruits, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: The physicochemical properties and sensory evaluation of apricot wine fermented with different maturity levels of Saimaiti apricot fruits in Xinjiang were analyzed. The results showed significant changes in the original pectin and pectin of different maturity levels of Saimaiti apricot fruits after enzymatic hydrolysis, as well as in the reducing sugar, total acids, pH, chromaticity, color tone, and methanol of the wine after alcohol fermentation. After enzymatic hydrolysis, the contents of original pectin and soluble pectin of the green ripe apricot fruit was 0.82% and 0.27%, respectively, and the contents of methanol, alcohol and total acids, of the fermented apricot wine was 271.796 mg/L, 10.57% vol, and 13.6 g/L, respectively. The wine was yellow brown with a refreshing acidity. The fully ripe apricot fruit contained 1.04% original pectin and 0.55% soluble pectin after enzymatic hydrolysis, and the contents of methanol, alcohol and total acids in fermented apricot wine were 157.69 mg/L, 12.09% vol, and 11.98 g/L, respectively. The wine was light golden and had a rich, full and typical taste. Selecting fully ripe apricot fruits was beneficial for controlling the fermentation process and improving the quality of Saimaiti apricot wine.

Key words: Saimaiti apricot wine; maturity; fruit wine quality; fermentation of whole juice; methanol

引文格式:

蒋艺轩, 冯作山, 白羽嘉, 等. 不同成熟度杏果实发酵杏果酒品质分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(6): 69-77.

JIANG Yixuan, FENG Zuoshan, BAI Yujia, et al. Quality of Apricot Wine Fermented with Different Maturity Levels of Apricot Fruits[J]. Food Research and Development, 2024, 45(6): 69-77.

杏子作为“中国杏乡”新疆最重要的特色林果之一, 在新疆有近百个品种(系), 其栽培面积和产量均位

列全国各省(区)第一^[1]。其中, 赛买提杏作为适合鲜食和加工^[2]的杏品种, 近十年来已成为南疆地区主栽

基金项目: 新疆杏产业技术体系专项基金项目(XJCYTX-03-05-2021)

作者简介: 蒋艺轩(1999—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工与综合利用。

*通信作者: 冯作山(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向: 农产品加工与综合利用; 白羽嘉(1984—), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 农产品加工与综合利用。

杏品种之一,其产量占全疆杏产量的96.53%^[3]。目前,虽然新疆杏果实除鲜食外^[4],已被加工成杏汁^[5]、杏脯^[6]、杏酱^[7]、杏果醋^[8]等多样化产品远销海内外,但关于杏酒类产品方面鲜有研究。

近年来,国内对杏酒的研究主要集中在杏酒加工工艺^[9]、杏品种^[10]和酵母的筛选^[11]等方面,而关于杏酒生产中发酵原料成熟度的选择鲜有研究。因此本文以3种不同成熟度的新疆赛买提杏为原料,主要分析不同成熟度对杏果实酶解过程中可溶性果胶、原果胶含量及酿造杏酒的基础理化指标、甲醇含量的影响,分析赛买提杏的不同成熟度与杏酒品质之间的内在联系,

以期改善赛买提杏酒酿造的品质和发酵原料成熟度的选择提供理论基础,在提高杏果实附加价值的同时为杏果酒的生产提供一定的技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以赛买提杏为试材,采摘后迅速运至实验室,剔除坏果,按照3种成熟度挑选大小均匀且无机械伤、无病虫害、质量平均的果实,将果实置于4℃、湿度为90%~95%的冷库贮藏。分级标准见表1,分级实物见图1。

表1 赛买提杏成熟度分级标准

Table 1 Maturity grading standards for Saimaiti apricots

分级	转黄率/%	硬度/(kg/cm ²)	可溶性固形物含量/(°Bx)
成熟度 I -青熟期杏果实	着色面积<50	1.80±0.16	10.0±0.5
成熟度 II -转色期杏果实	50≤着色面积<80	1.60±0.17	12.0±0.7
成熟度 III -完熟期杏果实	着色面积≥80	1.20±0.11	15.0±0.3



图1 赛买提杏成熟度分级实物

Fig.1 Physical map of maturity grading of Saimaiti apricots

HC 果胶酶(10 000 U/mL):法国 LALLEMAND 公司;K1 活性干酵母:法国 LALLVIN 公司;纤维素酶(700 U/mL):天津诺维信生物技术有限公司;偏重亚硫酸钾、氢氧化钠(均为分析纯):天津市光复科技发展有限公司;吡啶(化学纯):国药集团化学试剂有限公司;葡萄糖、次甲基蓝、硫酸、无水乙醇、盐酸(均为分析纯):天津市致远化学有限公司;D-半乳糖醛酸(分析纯):北京索莱宝科技有限公司;酚酞(分析纯):上海化学试剂采购供应站试剂厂;硫酸铜、酒石酸钾钠(均为分析纯):天津市北联精细化学品开发有限公司;硼酸钠(分析纯):天津市福晨化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

BC/BD-272SC N 型冰箱:青岛海尔特种电冰柜有限公司;TU-1810 型紫外分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;4K15C 型离心机:德国希格玛公司;101 型电热鼓风干燥箱、XMTD-7000 电热恒温水浴锅:北京市永光明医疗仪器有限公司;FE20 型酸度计、ME204/02 型电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;15 L 不锈钢发酵罐:帝伯仕酿酒设备有限公

司;WineScan 型葡萄酒全自动分析仪:福斯华(北京)科贸有限公司;3420A 型气相色谱仪:北京北分瑞利分析仪器(集团)有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

赛买提杏→按照3种成熟度分级挑选,分为3组→预处理→酶解→接种酵母→发酵→酒渣分离→过滤→杏果酒。

1.3.2 操作要点

预处理:赛买提杏按照不同成熟度分别清洗、去核、破碎、榨汁。

酶解:纤维素酶和 HC 果胶酶各添加 0.02%。

酵母活化、接种:取发酵液体积 0.2% 的干酵母,加入少量杏汁中,按照酵母使用说明于 37~40℃ 下活化 30 min。

发酵:选用不锈钢发酵罐进行发酵,在 3 种不同成熟度杏汁中分别加入活化好的酵母,将发酵醪置于 20℃ 恒温发酵,每个样品重复 3 次。

取样:酶解时以加入纤维素酶和 HC 果胶酶时记

为0 h,每12 h取样一次,每种成熟度的发酵液各取样4次,共酶解36 h,测定酶解过程中可溶性果胶含量、原果胶含量;接种前记作第0天,24 h后进行接种,并记为第1天,分别在1、3、5、7、9、11 d取样测定,测定发酵过程中还原糖含量、总酸含量、色度、色调、pH值、酒精度、甲醇含量、苹果酸含量、乳酸含量等指标。

1.3.3 理化指标测定

还原糖含量、总酸含量、酒精度参考 GB/T 15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》进行测定^[12];pH值采用酸度计直接测定;苹果酸含量、乳酸含量采用葡萄酒全自动分析仪测定。

1.3.4 甲醇含量的测定

甲醇含量参照 GB 5009.266—2016《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》^[13]进行测定。

标准曲线绘制:于5支25 mL容量瓶中分别加入0.5、1.0、2.0、4.0、5.0 mL标准储备液,用40%乙醇溶液定容至刻度,此时甲醇浓度依次为100、200、400、800、1 000 mg/L,现配现用。

样品测定:DB-WAX毛细管柱(50 m×0.32 mm, 0.5 μm),程序升温:初始温度50℃,恒温1 min,以4.0℃/min升至130℃,再以20℃/min升至200℃,恒温5 min;以高纯氮作为载气,载气压力为10 kPa,流速1.0 mL/min,选择分流进样,分流比为20:1;进样体积为0.5 μL,检测器温度为250℃;进样口温度为250℃。以甲醇含量为横坐标,峰面积为纵坐标,得回归方程,计算甲醇含量。

1.3.5 可溶性果胶、原果胶含量的测定

可溶性果胶、原果胶含量参照 NY/T 2016—2011《水果及其制品中果胶含量的测定》^[14]进行测定。

标准曲线:取6支25 mL具塞刻度试管,分别加入0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL半乳糖醛酸标准液并依次以0~5编号,再加入6.0 mL浓硫酸,沸水浴20 min后取出放至室温,各加入0.2 mL 1.5 g/L 吡啶-乙醇溶液后于暗处放置30 min,测定反应液在波长530 nm处的吸光度。以半乳糖醛酸质量为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,得回归方程,计算可溶性果胶、原果胶含量。

测定:吸取1.0 mL可溶性果胶或原果胶的提取液置于25 mL试管中,按标准曲线的操作步骤进行测定,重复3次。计算发酵醪液中可溶性果胶或原果胶含量,以生成半乳糖醛酸的质量分数($W, \%$)表示,计算公式如下。

$$W = \frac{m' \times V}{V_s \times m \times 10^2} \times 100$$

式中: m' 为标准曲线查得半乳糖醛酸质量,μg; V 为样品提取液总体积,mL; V_s 为测定时所取样品提取液体积,mL; m 为样品质量,g。

1.3.6 色度、色调的测定

采用分光光度计法,选择蒸馏水为参比溶液,在420、520、620 nm波长处分别测定3种不同成熟度杏果酒的吸光度。3种波长下的吸光度之和即为色度,色调为420 nm波长处吸光度除以520 nm波长处吸光度。

1.3.7 感官评定

感官评定小组由16名具有果酒品鉴资格证的人员组成,对不同成熟度赛买提杏酿造的杏酒分别进行香气成分感官评定。

建立感官评分标尺:采用数字作为评分标尺,运用数字量化感官特性强度,将感官特性程度由弱到强以1~9依次表示,具体见表2。

表2 感官评分尺度

Table 2 Sensory rating scale

1	2	3	4	5	6	7	8	9
极弱	很弱	较弱	稍弱	一般	稍强	较强	很强	极强

1.3.7.1 模糊综合评价数学模型建立

因素集和评价集:因素代表对象属性及各种性能,可以将产品的质量全面反映出来,因此可以使用各种不同的因素来评价产品。本试验因素集是由色泽(u_1)、香气(u_2)、滋味(u_3)、典型性(u_4)组成的集合,即因素集 $U=\{u_1, u_2, u_3, u_4\}$ 。评语集 V 进行等级划分后得到能够反映赛买提杏酒品质的指标, $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$, $v_1\sim v_4$ 分别为优(90分)、良(80分)、中(70分)、差(60分)。

评定小组根据色泽、香气、滋味、典型性4个评价指标对3种酒样进行打分^[15],评分等级有优、良、中、差4个级别,评价标准见表3。

表3 赛买提杏酒感官评分标准

Table 3 Sensory rating standards for Saimaiti apricot wine

感官指标	特征描述	得分
色泽	金黄色或赤金黄色	90(优)
	浅金黄色至金黄色	80(良)
	暗黄色至棕黄色	70(中)
	棕黄色至黄褐色	60(差)
香气	赛买提杏特有香气,醇厚酒香,优雅清爽果香	90(优)
	赛买提杏特有香气,淡淡杏果实香味,无明显刺激感和异味	80(良)
	淡淡杏实香味和酒香,伴有清爽甜味,无明显刺激异味	70(中)
滋味	香味不足,有辛辣刺激感和异味	60(差)
	酒体纯正、口味协调、酸甜平衡、回味绵长	90(优)
	口味较纯正、清爽、回味较好	80(良)
典型性	口味略带酸味、余味较短	70(中)
	口感酸甜极其不协调	60(差)
	具有典型赛买提果酒风格特征,酒体骨架合适	90(优)
	具有明显赛买提果酒典型风格	80(良)
赛买提果酒典型性不足,酒体尚协调	赛买提果酒典型性不足,酒体尚协调	70(中)
	赛买提果酒酒体不协调	60(差)

1.3.7.2 确定评价因子权重集

权重反映了各指标在总体感官品质中的影响,评语集和权重系数相对应^[16]。依照强制决定法^[17]来确定色泽、香气、滋味、典型性的权重(A),结果为色泽23%、香气29%、滋味31%、典型性17%,即权重A=(0.23,0.29,0.31,0.17),相加总和为1,如表4所示。权重由评定小组完成确定,对比赛买提杏酒的4项评价指标。

表4 赛买提杏酒感官评价权重分布

Table 4 Weight distribution of sensory evaluation of Saimaiti apricot wine

评价指标	得分				合计	权重
	色泽	香气	滋味	典型性		
色泽	16	4	6	11	37	0.23
香气	12	16	7	11	46	0.29
滋味	10	9	16	14	49	0.31
典型性	5	5	2	16	28	0.17

1.4 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 26 和 DPS 数据处理系统进行数据分析,用 OriginPro 2021 绘制图形,文中所有数据分析均使用重复3次后获得的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度杏果实发酵醪酶解过程中原果胶含量的变化

不同成熟度杏果实发酵醪酶解过程中原果胶含量的变化见图2。

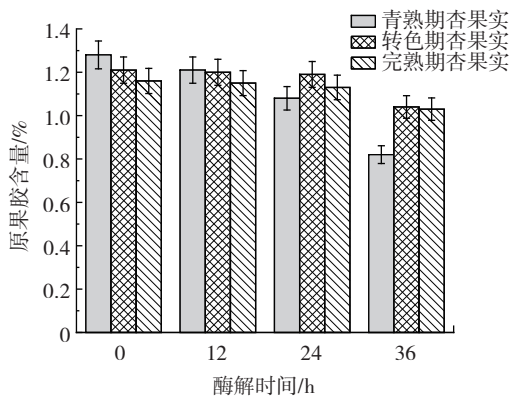


图2 不同成熟度杏果实发酵醪酶解过程中原果胶含量变化

Fig.2 Changes in pectin during enzymatic hydrolysis of fermented mash of apricot fruits with different maturity levels

从图2可以看出,3种不同成熟度杏果实内部原果胶含量不同,酶解前青熟期杏果实(1.32%)>转色期杏果实(1.23%)>完熟期杏果实(1.19%)。在杏汁加入果胶酶之后的酶解36h的过程中呈现下降的趋势,变化原因可能是随着酶解的进行,原果胶相关代谢酶活性升高,将原果胶分解为可溶性果胶,使得原果胶含量

下降。3种不同成熟度的杏果实酶解36h后,转色期杏果实发酵醪原果胶含量最高,为1.04%,青熟期杏果实发酵醪原果胶含量最低,为0.82%。

2.2 不同成熟度杏果实发酵醪酶解过程中可溶性果胶含量的变化

3种不同成熟度杏果酒发酵醪中的可溶性果胶含量在酶解过程中的变化见图3。

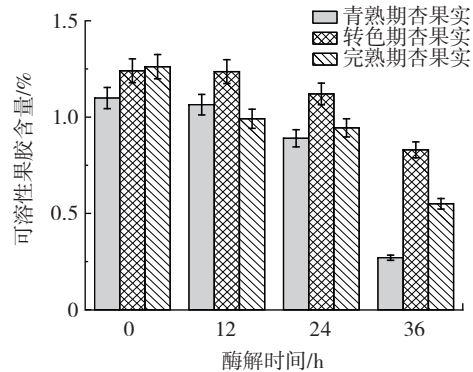


图3 不同成熟度杏果实发酵醪酶解过程中可溶性果胶含量的变化

Fig.3 Changes in soluble pectin during enzymatic hydrolysis of fermented mash of apricot fruits with different maturity levels

由图3可知,酶解过程中3种不同成熟度发酵醪可溶性果胶含量呈降低的趋势。果胶会在酶的作用下发生脱脂反应,脱去甲氧基,产生甲醇^[18]。在0h时,3种不同成熟度杏果实中可溶性果胶含量大小顺序为青熟期杏果(1.08%)<转色期杏果实(1.17%)<完熟期杏果实(1.25%)。经过36h酶解后,转色期杏果实的可溶性果胶含量最高,为0.83%,青熟期杏果实的可溶性果胶含量最低,为0.27%。从3种不同成熟度杏果实可溶性果胶含量变化来看,转色期杏果实相较于其他两个发酵组变化量不大,可能是因为转色期杏果实中果胶酯酶或果胶裂解酶活力较弱,导致可溶性果胶酶解不足,剩余可溶性果胶较多。在酶解0~12h的过程中,可溶性果胶含量变化较为平缓,一方面是因为原果胶转化为可溶性果胶,使其含量增加,但与此同时外加果胶酶又促进可溶性果胶酶解,使其含量减少,短时间内造成可溶性果胶含量变化趋势不明显。在酶解36h时,外加果胶酶酶解作用大于可溶性果胶代谢作用,可溶性果胶含量下降速度加快。

2.3 不同成熟度杏果酒发酵过程酒精度的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程酒精度的变化见图4。

从图4可以看出,不同成熟度的杏果实含有的糖分不同,能供给菌种发酵的营养成分含量有差异,导致酵母的活跃程度和发酵能力不同,发酵结束的酒精度也有所区别^[19]。在发酵过程中,3种不同成熟度杏果酒酒精度总体呈先上升后平稳的趋势。发酵11d时完熟期杏果酒的酒精度最高,为12.09% vol。转色期

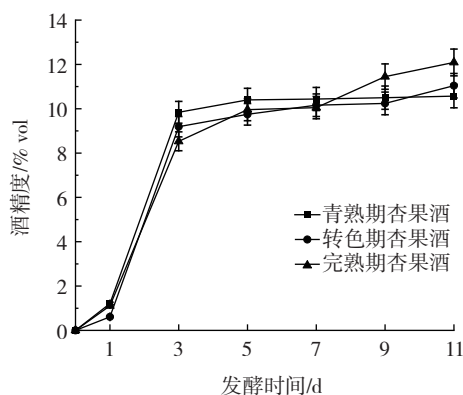


图4 不同成熟度杏果酒发酵过程酒精度的变化

Fig.4 Changes in alcohol during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

杏果酒的酒精度次之,为11.04% vol,青熟期杏果酒的酒精度最低,为10.57% vol。酵母在发酵前期利用发酵醪液中的高浓度糖分产生乙醇^[20],使酒精度快速上升;随着发酵的进行,发酵醪液中糖分被逐渐消耗,不能为酵母菌提供足够的营养物质,并且酒精度的上升也会抑制酵母菌的活性,因此后期酒精度的增长逐渐趋于平缓。

2.4 不同成熟度杏果酒发酵过程甲醇含量的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程甲醇含量的变化见图5。

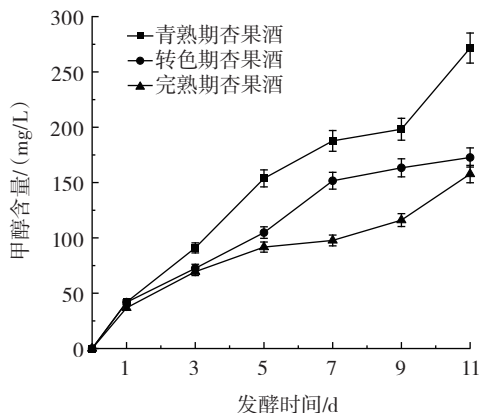


图5 不同成熟度杏果酒发酵过程甲醇含量的变化

Fig.5 Changes in methanol during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

从图5可以看出,在3种不同成熟度赛买提杏果实发酵的杏果酒中,甲醇含量随发酵时间延长均呈上升趋势,发酵11 d时,青熟期杏果酒甲醇含量最高,为271.80 mg/L,完熟期杏果酒甲醇含量最低,为157.69 mg/L。从发酵过程来看,在发酵前期,甲醇产生速度较快,可能是由于外加HC果胶酶酶解果胶,果胶质水解从而生成甲醇。在酵母活跃代谢的阶段,主要产生的是乙醇和其他醇类物质,此时甲醇的溶解性和挥发性强于其他阶段,甲醇易伴随醇类物质挥发,甲醇含量相比发酵前期和发酵后期要少,生成速度较其他

阶段缓慢^[21]。3种不同成熟度赛买提杏果实发酵的杏果酒均符合国家规定的甲醇限量标准。

2.5 原果胶、可溶性果胶、甲醇含量的相关性分析

对杏果实中的可溶性果胶含量、原果胶含量与杏酒中的甲醇含量进行相关性分析,结果见表5。

表5 原果胶、可溶性果胶、甲醇含量的相关性

Table 5 Correlation of original pectin, soluble pectin, and methanol

项目	可溶性果胶含量	原果胶含量	甲醇含量
可溶性果胶含量	1.000 0	-0.902 8**	-0.864 4**
原果胶含量	-0.902 8**	1.000 0	0.842 4**
甲醇含量	-0.864 4**	0.842 4**	1.000 0

注:**表示在0.01水平(双尾)相关性极显著。

由表5可知,杏果实中可溶性果胶含量与原果胶含量和甲醇含量均呈极显著的负相关性($P < 0.01$),而原果胶含量与甲醇含量呈极显著的正相关性($P < 0.01$)。原果胶是可溶性果胶生成的反应物,其果实中原果胶含量的高低可以影响可溶性果胶生成量的多少,继而影响杏果酒中的甲醇含量。三者之间的相关性及变化和图2、图3、图5结果相一致。

2.6 不同成熟度杏果酒发酵过程还原糖含量的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程还原糖含量的变化见图6。

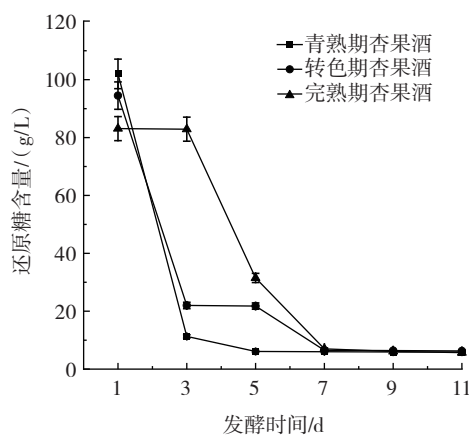


图6 不同成熟度杏果酒发酵过程还原糖含量的变化

Fig.6 Changes in reducing sugars during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

由图6可知,各发酵组的还原糖含量整体均呈下降趋势,在前7 d还原糖含量下降速度较快,发酵性能较好,主要是由于发酵前期发酵醪中的糖分作为酒精发酵阶段的营养物质供给酵母菌和其他微生物进行繁殖和代谢活动^[22]。在9~11 d各发酵组还原糖含量趋于平稳,酒精含量不断上升,酶的活性减弱,变化逐渐趋于平缓。3个发酵组最终的还原糖含量大小顺序为转色期杏果酒(6.3 g/L)>青熟期杏果酒(5.9 g/L)>完熟

期杏果酒(5.7 g/L),在最终的感官方面也能明显感受到转色期杏果酒含有杏干的浓郁风味和特色。

2.7 不同成熟度杏果酒发酵过程总酸含量的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程总酸含量的变化情况见图7。

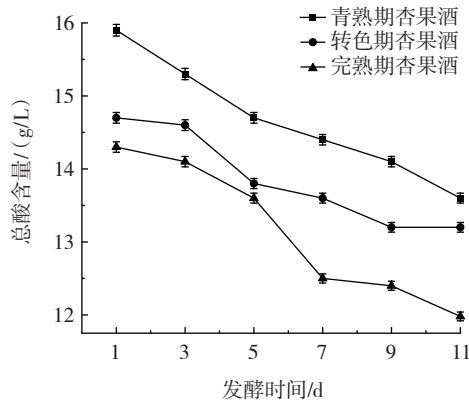


图7 不同成熟度杏果酒发酵过程总酸含量变化

Fig.7 Changes in total acids during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

由图7可知,3种成熟度杏果酒的总酸含量随发酵时间延长呈下降趋势,是由于随着发酵的进行部分有机酸被微生物利用,有机酸和发酵产生的乙醇发生酯化反应,从而导致总酸含量下降。在发酵过程,转色期杏果酒和完熟期杏果酒发酵组的总酸含量始终低于青熟期杏果酒发酵组,发酵11 d时总酸含量分别为13.20 g/L和11.98 g/L,发酵前期总酸含量减低可能是因为酵母添加量较大,与其他菌之间形成了对营养物质的竞争关系^[23];发酵后期可能是因为酵母的代谢产物促进了大分子酸类物质的分解,从而使总酸含量降低。

2.8 不同成熟度杏果酒发酵过程 pH 值的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程 pH 值的变化见图8。

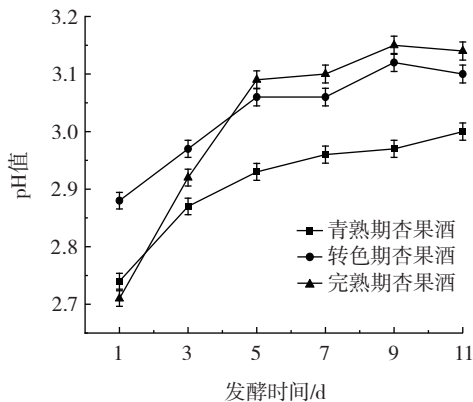


图8 不同成熟度杏果酒发酵过程 pH 值变化

Fig.8 pH changes during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

由图8可知,发酵5~11 d完熟期杏果酒 pH 值高

于其他2种成熟度发酵组,11 d时为3.14,与其总酸含量相对较低相吻合,说明完熟期杏果酒未电离的溶液中氢离子浓度较低^[24],酒体中酸涩的口感相比其他发酵组不明显,酸度更为适中。发酵11 d时青熟期杏果酒 pH 值最低,为2.98,酸涩口感较为突出,含有丰富的苹果酸和其他酸类物质,因此,酿造杏果酒选择完熟期的赛买提杏果实可以更好地改善果酒口感及风味。

2.9 不同成熟度杏果酒发酵过程苹果酸含量和乳酸含量的变化

不同成熟度杏果酒发酵过程苹果酸含量和乳酸含量的变化见图9。

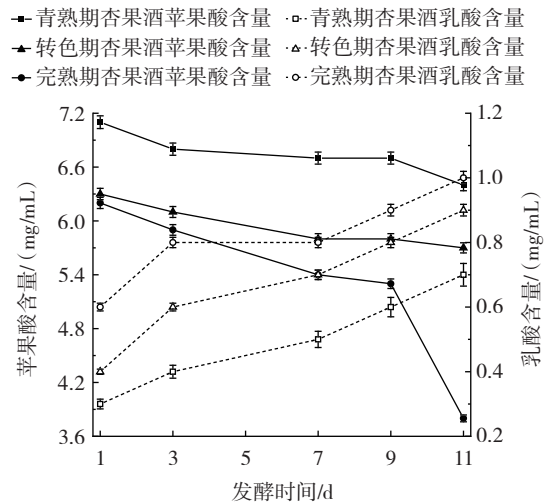


图9 不同成熟度杏果酒发酵过程苹果酸含量、乳酸含量的变化

Fig.9 Changes in malic acid and lactic acid during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

由图9可知,从整体来看,3个发酵组苹果酸含量均随发酵时间延长呈下降趋势而乳酸含量呈上升趋势,是由于在发酵过程中通过酵母菌进行了短暂的苹果酸发酵,苹果酸被分解为乳酸、乙醇、异丁醇、戊醇等物质^[25],同时也会被其他微生物利用导致总酸含量下降, pH 值上升。经过11 d的发酵,完熟期杏果酒的苹果酸含量最少,为3.8 mg/mL,乳酸含量最多,为1.0 mg/mL,青熟期杏果酒的苹果酸含量最多,为6.4 mg/mL,乳酸含量最少,为0.7 mg/mL,3种不同成熟度杏果酒的苹果酸含量、乳酸含量不同可能是由酵母的活跃程度不同导致^[26]。在品鉴3种不同成熟度杏果酒时可以从口中明显感受到青熟期杏果酒中苹果酸所带来的酸涩味,而在完熟期杏果酒中无苹果酸带来的明显尖酸,并且色泽和酒体稳定性更好^[27]。

2.10 不同成熟度杏果酒发酵过程色度和色调的变化

3种不同成熟度杏果酒在发酵过程中色度和色调的变化见图10,不同成熟度杏果酒颜色对比图见图11。

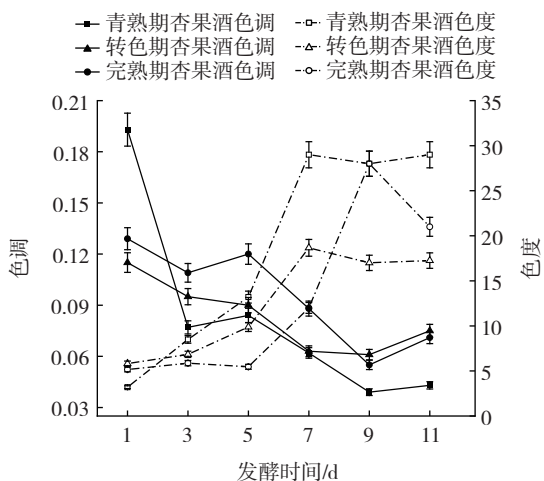


图 10 不同成熟度杏果酒发酵过程色度和色调的变化
Fig.10 Changes in chromaticity and color tone during fermentation of apricot fruits with different maturity levels

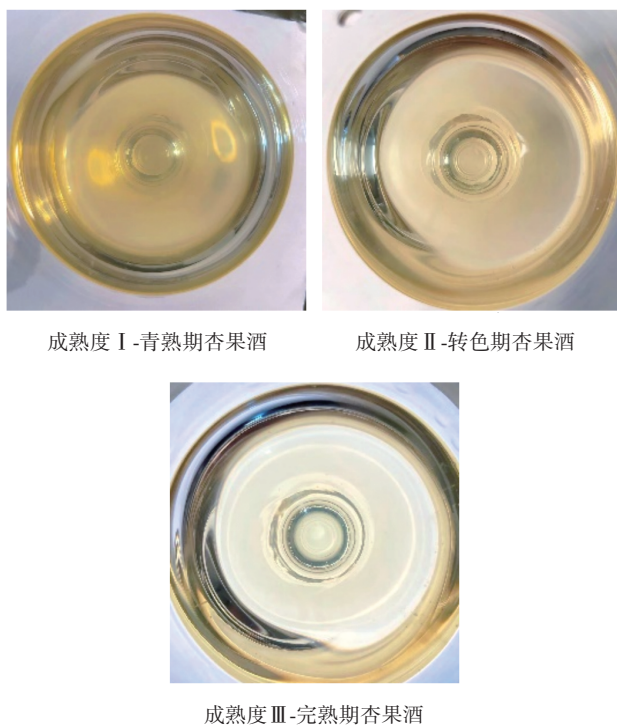


图 11 不同成熟度杏果酒颜色对比图

Fig.11 Color comparison of apricot fruit wines with different maturity levels

由图 10 和图 11 可知,随发酵时间延长,色调整体呈下降趋势而色度整体呈上升趋势。不同成熟度杏果酒的色度不同,青熟期杏果酒的呈色强度和颜色饱和度最好^[28],色度值最高,为 28.63,呈黄褐色;转色期杏果酒的色度值次之,为 21.40;完熟期杏果酒的色度值最低,为 17.25,呈浅金黄色。从色调上来看,完熟期杏果酒的色调值最高,为 0.075,说明完熟期杏果酒的杏果酒黄色物质占比较大;转色期杏果酒的色调值次之,为 0.071;青熟期杏果酒的色调值最低,为 0.043。色调

值整体呈下降趋势是由于发酵过程中杏果酒黄色物质积累,颜色逐渐向金黄色转变,另一方面可能是发酵过程中 pH 值的变化对杏果酒的色调产生影响^[29],pH 值的变化引起酒液颜色发生改变,从而使吸光度发生变化,进而导致色调变化。整体来看,在发酵过程中,3 个发酵组显色物质增多,色度增加,而色调下降。

2.11 模糊数学感官评价

2.11.1 模糊矩阵的建立及评价结果

运用感官评价来判断 3 种不同成熟度杏果酒的品质好坏,本试验使用模糊数学评价体系对不同成熟度杏果酒酒样进行评价。根据评定结果,对 3 种不同成熟度杏果酒分别进行评分,如表 6 所示。

表 6 3 种不同成熟度杏果酒感官评价结果

Table 6 Sensory evaluation of apricot fruit wines with three different maturity levels

处理方式	因素集	评语论域(V)			
		优	良	中	差
青熟期杏果酒	色泽(u ₁)	2	4	8	2
	香气(u ₂)	8	6	2	0
	滋味(u ₃)	5	6	3	2
	典型性(u ₄)	4	4	7	1
转色期杏果酒	色泽(u ₁)	5	9	1	1
	香气(u ₂)	4	6	5	1
	滋味(u ₃)	6	8	2	0
	典型性(u ₄)	8	7	1	0
完熟期杏果酒	色泽(u ₁)	8	5	2	1
	香气(u ₂)	7	4	5	0
	滋味(u ₃)	8	6	2	0
	典型性(u ₄)	10	5	1	0

由表 6 统计各组样品评价因素集中优、良、中、差所占比例,得到不同成熟度杏果酒的模糊矩阵如下。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.125 & 0.25 & 0.5 & 0.125 \\ 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 \\ 0.313 & 0.375 & 0.187 & 0.125 \\ 0.25 & 0.25 & 0.438 & 0.062 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.313 & 0.563 & 0.062 & 0.062 \\ 0.25 & 0.375 & 0.313 & 0.062 \\ 0.375 & 0.5 & 0.125 & 0 \\ 0.5 & 0.438 & 0.062 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.313 & 0.125 & 0.062 \\ 0.438 & 0.25 & 0.313 & 0 \\ 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 \\ 0.625 & 0.313 & 0.062 & 0 \end{bmatrix}$$

将权重 A 与模糊关系矩阵 R 相乘,得到模糊数学综合评价集 Y=A×R。用矩阵乘法计算样品对各类因素的综合隶属度,不同成熟度杏果酒感官质量综合评判的结果向量计算如下。

$$Y_1 = A \times R_1 = (0.23, 0.29, 0.31, 0.17) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.125 & 0.25 & 0.5 & 0.125 \\ 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 \\ 0.313 & 0.375 & 0.187 & 0.125 \\ 0.25 & 0.25 & 0.438 & 0.062 \end{bmatrix} =$$

$$(0.313\ 28, 0.325, 0.283\ 68, 0.078\ 04)$$

其中： $y_1=0.23 \times 0.125 + 0.29 \times 0.5 + 0.31 \times 0.313 + 0.17 \times 0.25 = 0.313\ 28$;

$y_2=0.23 \times 0.25 + 0.29 \times 0.375 + 0.31 \times 0.375 + 0.17 \times 0.25 = 0.325$;

$y_3=0.23 \times 0.5 + 0.29 \times 0.125 + 0.31 \times 0.187 + 0.17 \times 0.438 = 0.283\ 68$;

$y_4=0.23 \times 0.125 + 0.29 \times 0 + 0.31 \times 0.125 + 0.17 \times 0.062 = 0.078\ 04$;

即 $Y_1 = (0.313\ 28, 0.325, 0.283\ 68, 0.078\ 04)$ 。

同理计算 Y_2 和 Y_3 , 即 $Y_2 = A \times R_2 = (0.345\ 74, 0.467\ 7, 0.154\ 32, 0.032\ 24)$; $Y_3 = A \times R_3 = (0.503\ 27, 0.313\ 95, 0.168\ 81, 0.014\ 26)$ 。

2.11.2 综合评价结果

根据综合评分公式及 $H = \sum_{j=1}^n j b_j$ 得分标准计算每个酒样的综合得分, 得分越高, 表明样品的感官品质越易被评定人员所接受。3种不同成熟度杏果酒综合得分结果由高到低排序分别为青熟期杏果酒(78.735 2) < 转色期杏果酒(81.269 4) < 完熟期杏果酒(83.082 6), 由完熟期杏果实发酵的赛买提杏果酒品质好、香气浓郁、口感无明显尖酸, 酸度适中, 自然澄清透亮, 酒体颜色呈淡金黄色, 感官评价总分最高, 综合评分为优。因此, 完熟期杏果实发酵的赛买提杏果酒感官评价最好。

3 结论

为了选择最适酿造赛买提杏果酒的发酵原料成熟度, 选择3种不同成熟度赛买提杏果实酿造杏果酒, 分析了不同成熟度杏果实发酵的果酒在酶解过程中原果胶含量、可溶性果胶含量和发酵过程中相关理化指标和甲醇含量的变化。结果表明, 成熟度越高的赛买提杏发酵杏果酒, 果酒品质越好。其中, 完熟期杏果实发酵的杏果酒还原糖含量为 5.7 g/L, 酒精度为 12.09% vol, 色度为 17.25, 色调为 0.075, 甲醇含量为 157.69 mg/L, 符合国家规定的甲醇限量标准, 感官评分为 83.082 6, 果酒颜色呈淡金黄色, 且具有杏酒典型性, 酒香浓郁, 果香清爽, 故选择完熟期杏果实酿造的果酒品质优于其他成熟度。本研究可为杏果酒发酵原料成熟度的选择提供理论依据。

参考文献:

[1] 崔宽波, 朱占江, 杨莉玲, 等. 新疆杏采后贮藏保鲜研究现状及展望[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(2): 280-286.

- CUI Kuanbo, ZHU Zhanjiang, YANG Liling, et al. Research on status and prospects of Xinjiang apricot storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(2): 280-286.
- [2] 崔宽波, 李忠新, 杨莉玲, 等. 适宜的护色处理对切分杏热风干燥过程中颜色的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(3): 43-48.
- CUI Kuanbo, LI Zhongxin, YANG Liling, et al. Appropriate color preserved technology treatment for keep color of fresh-cut apricot on the process of hot air drying[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(3): 43-48.
- [3] 王静, 张辉, 逢焕明, 等. 不同成熟度赛买提杏货架期品质变化的研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(6): 1117-1121.
- WANG Jing, ZHANG Hui, PANG Huanming, et al. The study on the quality changes of the different maturity levels saimaiti apricot during the shelf-life[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(6): 1117-1121.
- [4] YILDIZ G, IZLI G, AVU M, et al. The effect of ultrasound pre-treatment on the quality characteristics of dried apricot[J]. Journal of the Institute of Science and Technology, 2021, 11(1): 303-313.
- [5] VERSARI A, PARPINELLO G P, MATTIOLI A U, et al. Characterisation of Italian commercial apricot juices by high-performance liquid chromatography analysis and multivariate analysis[J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 334-340.
- [6] IGUAL M, GARCÍA-MARTÍNEZ E, MARTÍN-ESPARZA M E, et al. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot[J]. Food Research International, 2012, 47(2): 284-290.
- [7] FENG X X, SUN J, LIU B D, et al. Effect of gradient concentration pre-osmotic dehydration on keeping air-dried apricot antioxidant activity and bioactive compounds[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46(7): 46.
- [8] 陈雅, 雷静, 廉菲佳, 等. 响应面法优化杏酒发酵工艺[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(8): 1519-1528.
- CHEN Ya, LEI Jing, LIAN Weijia, et al. Screening and optimization of clarifiers for Thompson seedless wine[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2021, 58(8): 1519-1528.
- [9] CHOI K T, LEE S H, CHOI J W, et al. Influence of different pre-treatments 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.
- [10] 周晓明, 古丽娜孜, 邱杰, 等. 新疆 33 个品种杏酿酒性能的探讨[J]. 中国酿造, 2010, 29(11): 118-121.
- ZHOU Xiaoming, GU Linazi, QIU Jie, et al. Wine fermentation properties of 33 varieties of apricot in Xinjiang[J]. China Brewing, 2010, 29(11): 118-121.
- [11] 周晓明, 王文文, 吴慧玲, 等. 杏酒酵母的筛选及发酵性能的研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(11): 46-50.
- ZHOU Xiaoming, WANG Wenwen, WU Huiling, et al. Screening and fermentation properties of superior yeasts for apricot wine production[J]. China Brewing, 2011, 30(11): 46-50.
- [12] 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.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Analytical methods of wine and fruit wine: GB/T 15038—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中甲醇的测定: GB 5009.266—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's

- Republic of China, State Food and Drug Administration. National food safety standard Determination of methanol in food: GB 5009.266—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [14] 中华人民共和国农业部. 水果及其制品中果胶含量的测定 分光光度法: NY/T 2016—2011[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of pectin content in fruit and derived product Spectrophotometry method: NY/T 2016—2011[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [15] 龚文玲, 传均强, 徐洪磊, 等. 商业酿酒酵母发酵百香果果酒的品质及抗氧化性分析[J]. 中国酿造, 2023, 42(3): 135-139. GONG Wenling, CHUAN Junqiang, XU Honglei, et al. Quality and antioxidant activity of *Passiflora coerulea* L. fruit wine by commercial *Saccharomyces cerevisiae*[J]. China Brewing, 2023, 42(3): 135-139.
- [16] 王鹏, 陈彦雄, 赵圆圆, 等. 基于模糊数学感官评价和混料设计对利口葡萄酒配方优化[J]. 食品与发酵科技, 2022, 58(2): 52-61. WANG Peng, CHEN Yanxiong, ZHAO Yuanyuan, et al. Optimization of liqueur wine formula based on mixture design and fuzzy mathematics sensory evaluation[J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2022, 58(2): 52-61.
- [17] SANTOS M C, NUNES C, FERREIRA A S, et al. Comparison of high pressure treatment with conventional red wine aging processes: Impact on phenolic composition[J]. Food Research International, 2019, 116: 223-231.
- [18] 刘宇欣, 王梦泽, 温福田, 等. 软枣猕猴桃发酵酒酶解工艺优化及指标分析[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(4): 107-113. LIU Yuxin, WANG Mengze, WEN Futian, et al. Enzymatic hydrolysis process optimization and index analysis of *Actinidia arguta* fermented wine[J]. Food Research and Development, 2023, 44(4): 107-113.
- [19] 胡陆军, 胡晋伟, 陈晓蝶, 等. 混菌发酵对香梨百香果复合果酒品质影响的研究[J]. 中国酿造, 2023, 42(3): 122-128. HU Lujun, HU Jinwei, CHEN Xiaodie, et al. Effect of mixed-strain fermentation on the quality of compound fruit wine of fragrant pear and passion fruit[J]. China Brewing, 2023, 42(3): 122-128.
- [20] 陈治宇, 叶佳锟, 黄丹, 等. 功能性红枣果酒发酵工艺优化[J]. 酿酒, 2020, 47(3): 80-84. CHEN Zhiyu, YE Jiakun, HUANG Dan, et al. Optimization of fermentation process of functional jujube wine[J]. Liquor Making, 2020, 47(3): 80-84.
- [21] WU J S B, WU M C, JIANG C M, et al. Pectinesterase inhibitor from jelly-fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes reduces methanol content in carambola wine[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(24): 9506-9511.
- [22] DI EGIDIO V, SINELLI N, GIOVANELLI G, et al. NIR and MIR spectroscopy as rapid methods to monitor red wine fermentation[J]. European Food Research and Technology, 2010, 230(6): 947-955.
- [23] LUCIO O, PARDO I, HERAS J M, et al. Influence of yeast strains on managing wine acidity using *Lactobacillus plantarum*[J]. Food Control, 2018, 92: 471-478.
- [24] 李宇辉, 王俊钢, 刘成江, 等. 产脂肪酶乳酸菌对新疆传统奶酪脂肪酸及风味的影响[J]. 农业工程学报, 2022, 38(6): 319-329. LI Yuhui, WANG Jungang, LIU Chengjiang, et al. Effects of lipase-producing lactic acid bacteria on the fatty acid and flavor of Xinjiang traditional cheese[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(6): 319-329.
- [25] BANDIĆ L M, ŽULJ M M, FRUK G, et al. The profile of organic acids and polyphenols in apple wines fermented with different yeast strains[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(2): 599-606.
- [26] 严红光, 林莉, 符洋, 等. 不同成熟度青梅果实发酵果酒品质分析[J]. 食品科技, 2019, 44(8): 77-81. YAN Hongguang, LIN Li, FU Yang, et al. Effect of fruit maturity on chemical quality of plum wine[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(8): 77-81.
- [27] BURNS T R. Impact of malolactic fermentation on red wine color and color stability[J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2011, 62(3): 391A-392A.
- [28] 李明月. 辅色素对樱桃酒色泽的影响[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2021. LI Mingyue. Effect of auxiliary pigment on color of cherry wine[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2021.
- [29] 马德秀. 香梨果酒发酵及白兰地蒸馏陈酿技术的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021. MA Dexiu. Study on fermentation of pear fruit wine and distillation and aging technology of brandy[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2021.

责任编辑:王艳

收稿日期:2023-08-16