

香梨全果果浆与果汁发酵工艺及果酒香气成分分析

马德秀^{1,2}, 白羽嘉^{1,2}, 冯作山^{1,2}, 韩海霞^{1,2}, 黄婷婷^{1,2}, 孔丽洁^{1,2}

(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: 本研究以库尔勒香梨为试验原料, 研究了 EC118、KI、KD 三种酵母在全果果浆与果汁发酵过程中发酵醪的基本理化指标, 且对香梨果实与 6 种处理果酒的香气成分进行了分析。三种酵母在全果果浆与果汁发酵过程中各指标总体变化趋势没有表现出处理间差异, 但各指标的变化水平存在一定的差异, 6 种果酒总酚含量为 244.62~296.91 mg/L, 全果果浆发酵果酒总酚含量高于果汁发酵果酒; EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵果酒香气种类分别为 25、30、28、22、23、24, 共有香气 14 种, 主要包括醇类、酯类和酸类等, 三种酵母中 KI、KD 酵母发酵产香气能力较优, 所得果酒酸度适宜、酒精度高, 色泽澄清透亮, 全果发酵总酚含量、香气种类均高于果汁发酵, KI 酵母香气成分最多, 且 KI 全果果浆发酵果酒总酚含量最高, 所以选择 KI 全果果浆为香梨果酒的最佳菌种及发酵原料。

关键词: 全果果浆发酵; 果汁发酵; 酵母; 香气成分

文章编号: 1673-9078(2021)05-237-249

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.5.0849

Fermentation Processes for Whole Pear Pulp and Juice and Analysis of Aroma Components in Resulting Fruit Wine

MA De-xiu^{1,2}, BAI Yu-jia^{1,2}, FENG Zuo-shan^{1,2}, HAN Hai-xia^{1,2}, HUANG Ting-ting^{1,2}, KONG Li-jie^{1,2}

(1.College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Xinjiang Key Laboratory for Postharvest Science and Technology of Fruits, Urumqi 830052, China)

Abstract: In this paper, Korla fragrant pear was used as the experimental material, and the basic physical and chemical indices of fermented mash of whole fruit pulp or juice fermentation with three yeasts, EC118, KI and KD, as well as the aroma components of fragrant pear fruit and the six resulting treated fruit wines were examined. There were no differences among the treatments in the overall changing trend of each index of the fermented mashes for the three yeasts in the whole fruit pulp or juice fermentation process, although certain differences were still detected in the change level of each index. The total phenolic contents of the six kinds of fruit wines were in the range of 244.62~296.91 mg/L, with the total phenolic content of the fruit wine fermented with whole fruit pulp being higher than that of the fruit wine fermented with fruit juice. The aroma types of the EC118-, KI- and KD-whole fruit pulp and fruit juice wine were 25, 30, 28, 22, 23 and 24, respectively, with 14 kinds of aroma in common (mainly including alcohols, esters and acids). Among the three yeasts, KI and KD yeast had better aroma production capacities, with their corresponding fruit wines having appropriate acidity, high alcohol content, clear and bright color, higher total phenolic contents and more aroma types in whole fruit-derived fermented wine than in fruit juice-derived wines. KI yeast led to the greatest number of aroma components, and the KI-whole fruit pulp fermented wine had the highest total phenolic content, therefore, KI and whole fruit pulp were selected as the best strain and fermentation raw material for fragrant pear fruit wine.

Key words: whole fruit pulp fermentation; juice fermentation; yeast; aroma components

引文格式:

马德秀,白羽嘉,冯作山,等.香梨全果果浆与果汁发酵工艺及果酒香气成分分析[J].现代食品科技,2021,37(5):237-249,+295

MA De-xiu, BAI Yu-jia, FENG Zuo-shan, et al. Fermentation processes for whole pear pulp and juice and analysis of aroma components in resulting fruit wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(5): 237-249, +295

收稿日期: 2020-09-10

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校科研计划技术应用及转化项目 (XJEDU2017A004)

作者简介: 马德秀 (1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工与综合利用

通讯作者: 白羽嘉 (1984-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品加工与综合利用; 冯作山 (1963-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工与综合利用

库尔勒香梨属双子叶植物纲,为蔷薇科(Rosaceae),梨属(Pyrus)中的白梨系统,是新疆特色水果之一^[1]。成熟时具有特殊清香,皮薄肉脆,细嫩多汁,清甜爽口,富含多种营养物质,深受大众喜爱^[2,3]。香梨果酒是以香梨为原料经发酵得到的低酒精度饮料,具有纯天然、低成本、营养价值高、果香浓郁的特点^[4],且微生物和酶在酿造过程中可促进风味物质的形成,还可改善产品品质,从而使其可以保留香梨特有风味及营养成分^[5]。

酿造过程中,不仅原料重要,酵母也是影响果品品质的关键因素之一,在果酒口感和品质方面起至关重要的作用^[6],酵母在发酵过程中产生大量的副产物,包括高级醇、脂肪酸、乙酸酯、醛、有机酸等,显著影响果酒的感官和品质^[7],酵母对果酒芳香族化合物和香气影响占主导地位,由于酵母代谢活性、合成酶和分解酶活性的不同,导致释放和合成多种挥发性成分的能力不同^[8,9]。全果发酵可将果皮、果籽中的酚类物质尽可能多的转移至酒中,Yong^[10]、杜昌陈^[11]等研究发现将果皮添加到发酵液中可提高酒的香气质量,酚类物质及香气物质的溶出还可改变酒体外观,增强酒体结构,提高果酒品质。果汁发酵酒清澈透亮,果香浓郁,酒香醇厚,但果实利用率低,成本高。目前对香梨果酒的研究多集中在发酵参数优化、澄清、降酸、稳定等方面,在全果果浆与果汁发酵以及利用不同酿酒酵母发酵香梨果酒方面还需要进一步研究,因此,通过对不同处理发酵果酒的工艺研究及香气成分物质的鉴定,对确定香梨果酒的工艺研究有重要的意义。

本文以库尔勒香梨为试验原料,研究了3种不同酵母在全果果浆与果汁发酵工艺过程中总糖、还原糖、多酚、pH、总酸等指标的变化,发酵结束后酒精度的测定与香气的种类与含量进行分析并结合感官评价,为香梨果酒的整体品质评价及其香气提升奠定一定理论基础,为香梨果酒的工业生产提供可靠的技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

香梨:采摘自新疆库尔勒地区,无病虫害及腐烂果,可溶性固形物 12 ± 0.5 °Brix;

酵母:EC118酵母,中国湖北安琪活性干酵母有限公司;KD酵母,上海杰兔工贸有限公司;KI酵母,法国LALLEMAND公司;

果胶酶(10000 U/mL)、纤维素酶(700 U/mL),诺维信(中国)生物技术(天津)有限公司;

3,5-二硝基水杨酸、苯酚,分析纯(AR),天津盛通泰化工有限公司;没食子酸、福林肖卡试剂,分析纯(AR),北京索莱宝科技有限公司;氢氧化钠、硫酸、葡萄糖、无水乙醇,分析纯(AR),天津光复科技有限公司;亚硫酸钠、酒石酸钾钠、结晶酚、氯化钠,分析纯(AR),光复科技试剂(天津)有限公司。

1.2 仪器与设备

BCD-229BSV型冰箱,青岛市海尔集团有限公司;TU-1810型紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;TGL-16gR型离心机,上海安亭科学仪器厂;FE20型酸度计,梅特勒-托利仪器有限公司;HW.SY-PI数显恒温水浴锅,金坛市医疗仪器厂;FA2104N型分析天平,上海民桥精密科学仪器有限公司;微量移液器,上海热电仪器有限公司;1.5 L玻璃发酵罐 SPME手动进样器,美国SUPELCO公司;75 μm CAR/PDMS萃取头,美国SUPELCO公司;TRACE DSQ型气相色谱-质谱联用仪,美国Thermo公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

香梨→清洗→预处理→酶解→浓缩至20°Brix(可溶性固形物)→酵母活化→接种→发酵→酒渣分离→澄清→过滤→成品

1.3.2 要点操作

预处理:香梨清洗、除梗、破碎,经测定香梨可溶性固形物为 12 ± 0.5 °Brix,过低的乙醇质量浓度可能会导致发酵变质,需要对糖度进行浓缩。全果破碎后加入冷冻浓缩设备中进行浓缩,得到20°Brix的全果果浆;香梨榨汁得到清液,并加入冷冻浓缩设备中进行浓缩,得到20°Brix的香梨果汁;

浓缩方法:利用新疆农业大学实验室自制冷冻浓缩设备进行浓缩,浓缩结束后口感品质较好;

酶解:纤维素酶:果胶酶按1:1比例各添加0.3%,水浴酶解温度50℃,酶解时间为60 min^[12-14];

酵母活化:取发酵液体积0.2%的干酵母(称取0.02 g干酵母至1 L发酵液中),加入料液比1:20的糖水,按照酵母使用说明于37℃下活化30 min^[14];

发酵:选用1.5 L玻璃发酵罐进行发酵,在全果果浆与果汁中分别加入活化好的酵母,将发酵醪置于恒温(25℃)生化培养箱中进行发酵,直至还原糖含量低于4 g/L为止,每个样品重复三次。

取样:接种前记作第0 d,24 h后进行接种,并记为第1 d,样品采集时间分别为1、3、5、7、9、11、13 d,测定发酵过程中总糖、还原糖、多酚、pH、总

酸等指标, 发酵结束后对酒精度、香气成分进行测定并感官评定。

1.3.3 理化指标测定

总糖、还原糖、总酸、酒精度的测定参考参照 GB/T 15038-2006 葡萄酒、果酒通用分析方法^[15]; 多酚的测定参考吴澎等^[16]方法, 采用 Folin-Ciocalteu 法测定; pH 采用 FE20 型酸度计直接测定。

1.3.4 香气成分测定

萃取方法^[17]: 将 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头在 GC-MS 仪进样口老化, 老化时间 30 min, 温度 250 °C, 载气流量 1.0 mL/min。将 8 mL 果酒与 2.5 g NaCl 装于 15 mL 螺口顶空瓶中, 充分搅拌至溶解, 加盖封口, 样品瓶放入 50 °C 水浴, 将 SPME 针插入垫圈, 推手柄将纤维头伸出, 调整长度, 使纤维头与样品表面保持 2 mm 左右, 恒温平衡 10 min, 吸附 50 min, 拔出萃取头, 将富含挥发性成分的萃取头插入 GC 进样口, 解析 10 min, 启动设备同时收集数据。

GC 条件^[18]: Agilent HP-5ms Ultra Inert 色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm), 升温程序: 40 °C 初温保持 3 min, 以 3 °C/min 升温至 160 °C, 保持 2 min; 然后以 8 °C/min 升温至 230 °C, 保持 3 min; 以高纯 He 为载气, 载气流量 1.0 mL/min; 选择不分流进样; 检测器与 GC 进样口温度为 250 °C。

MS 条件^[19]: 电离方式为 EI, 检测器电压为 350 V, 灯丝流量为 0.2 mA, 电子能量为 70 eV。扫描范围: 33~450 u, 传输线温度为 200 °C, 离子源温度为 230 °C。

定性分析^[20]: 使用 GC-MS 进行鉴定分析, 在 NwasT2014 质谱库中搜索解析, 将数据库中保留指数与测定结果中保留指数(误差不超过 10%) 进行对比定性分析。

定量分析: 相对定量分析采用峰面积归一法, 确定出不同处理果酒的香气化合物种类。

1.3.5 感官评定

感官评定小组成员由 30 名具有专业知识及经验的人员组成, 分别对香梨果实及不同酵母发酵酒进行香气成分感官评定并打分, 对其进行感官评价定量描述分析, 绘制 QDA 蜘蛛网图。

建立评分标尺^[21]: 试验采用数字标度为评分标尺, 通过数字量化感官特性强度, 采用 9 点数字标度为评分标尺表示感官特性强度由弱到强程度, 见表 1。

表 1 感官评分尺度表

Table 1 The sensory score 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

1.3.6 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 23.0 进行数据分析, Origin 2019 软件进行绘图, 文中所有数据分析均为重复 3 次后获得的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同处理发酵过程中总糖的变化

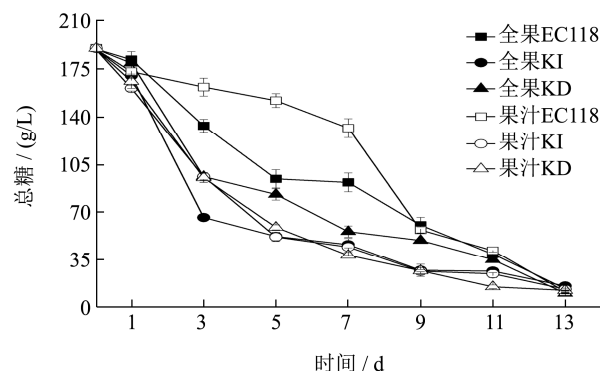


图 1 不同处理发酵过程中总糖的变化

Fig.1 Changes of total sugar during fermentation with different treatments

由图 1 可知, 0~3 d 发酵初期 KI、KD 酵母发酵醪总糖含量下降迅速, KI、KD 酵母发酵速率大于 EC118 酵母, 发酵初期酵母处于适应期、繁殖期, 活化后菌种活力较强消耗发酵醪中糖含量较快, 发酵液面有较多 CO₂ 气泡产生; 发酵旺盛期结束后, EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醪总糖含量分别为 60.10、26.79、48.82、56.57、26.14、26.46 g/L, 此阶段发酵醪液面气泡增加, 总糖含量缓慢下降, 乙醇量不断升高, 发酵醪酒香浓郁; 发酵末期 EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醪总糖含量分别为 13.34、11.16、15.35、13.00、10.07、11.20 g/L, 总糖残量趋于一致, 由于酵母逐渐进入衰退期, 总糖无法被利用, 导致酒精发酵结束。

2.2 不同处理发酵过程中还原糖的变化

由图 2 可知, 0~3 d 发酵初期 KI、KD 酵母发酵醪还原糖含量下降迅速, KI、KD 酵母发酵速率大于 EC118 酵母; 发酵旺盛期结束后, EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醪还原糖含量分别为 15.09、8.27、7.93、39.22、5.01、8.23 g/L, 酵母的生长需要大量的糖转化为酒精, 开始时还原糖消耗较快, 之后发酵速率逐渐平稳, 乙醇含量不断升高; 发酵末期还原糖以缓慢趋势下降至发酵结束, 发酵结束后还原糖含量均 < 4.0 g/L, 还原糖含量变化大致趋同于总糖趋势。

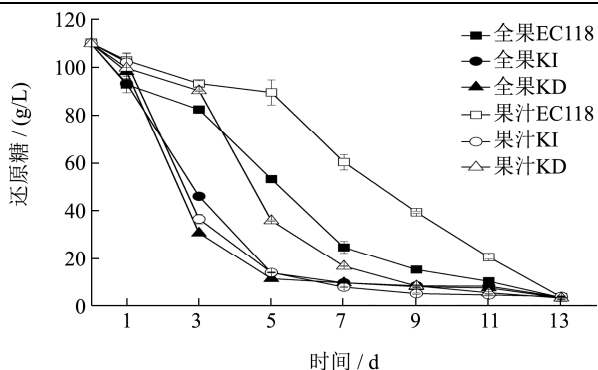


图2 不同处理发酵过程中还原糖的变化

Fig.2 Changes of reducing sugar during fermentation with different treatments

2.3 不同处理发酵过程中多酚的变化

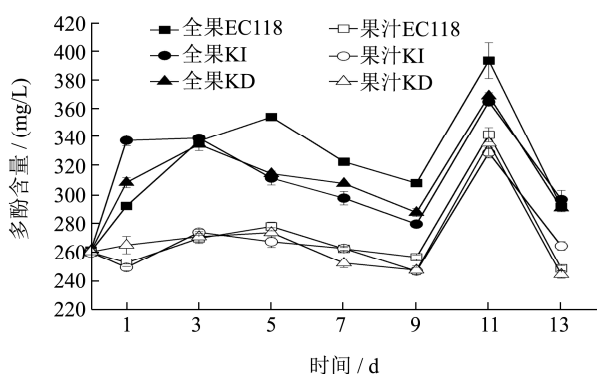


图3 不同处理发酵过程中多酚的变化

Fig.3 Changes of polyphenols in different treatments during fermentation

由图3可知, 0~9 d 多酚含量由 260.51 mg/L 呈先升后降的趋势, 发酵旺盛期结束后 EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醇多酚含量分别为 308.22、279.95、287.96、256.87、246.98、247.68mg/L, 第 11 d 达到最大值, EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醇多酚含量分别为 393.72、364.98、369.14、341.90、329.18、336.01 mg/L, 全果 EC118 发酵醇多酚含量最高, 全果果浆发酵果酒多酚含量高于果汁发酵醇多酚含量, 发酵结束后 KI 全果果浆发酵果酒多酚含量最高。

2.4 不同处理发酵过程中总酸的变化

由图4可知, 0~3 d 发酵初期总酸含量由 1.03 g/L 开始呈上升趋势, 由于发酵醇营养丰富, 糖在酵母中除了经 EMP 途径产生乙醇外, 还通过 HMP 途径等其他方式产生乳酸、柠檬酸等一些有机酸; 发酵旺盛期

时, EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵醇总酸分别由 6.40、3.60、5.25、6.6、4.05、3.75 g/L 发酵至 7.25、4.20、4.50、8.95、4.20、4.20 g/L, EC118 酵母发酵所得的果酒总酸含量大于 KI、KD 酵母发酵果酒, KI、KD 酵母发酵总酸含量基本一致, 发酵结束后果酒总酸含量均>4.0 g/L。随着发酵的进行, 酵母代谢减慢, 总酸含量缓慢上升。

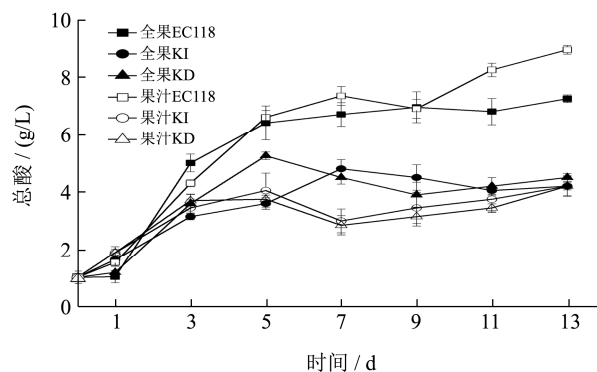


图4 不同处理发酵过程中总酸的变化

Fig.4 Changes of total acid in different yeast fermentation processes

2.5 不同处理发酵过程中 pH 的变化

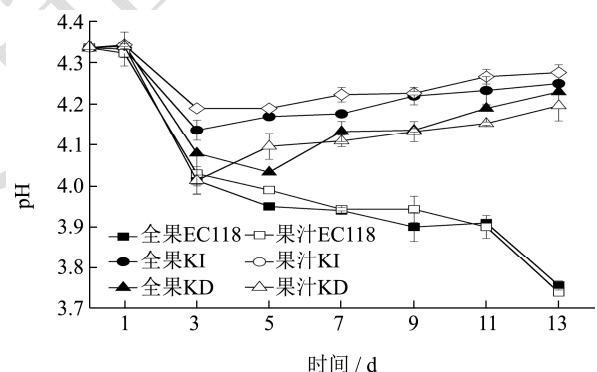


图5 不同处理发酵过程中 pH 的变化

Fig.5 Changes of pH in different yeast fermentation processes

由图5可知, 0~3 d 发酵初期 pH 由 4.34 开始缓慢下降, 由于酵母利用香梨本身的营养成分与充足的碳源, 使酵母在发酵初期生长旺盛, 产酸量增加; 发酵旺盛期到发酵结束 KI、KD 全果果浆发酵醇 pH 由 4.14、4.08 上升至 4.25、4.23, KI、KD 果汁发酵 pH 由 4.19、4.10 上升至 4.28、4.20, EC118 全果果浆、果汁 pH 由 3.95、3.99 下降至 3.76、3.74, EC118 酵母产酸能力相对 KI、KD 酵母产酸能力更强, 这与总酸含量结果一致。

表2 不同处理果酒挥发性成分对比分析

Table 2 Comparative analysis of volatile components in different processed fruit wine

类型	序号	化合物	保留时间 /min	相对含量/%						香气特征	
				香梨果实	EC118 全果	K1 全果	KD 全果	EC118 果汁	K1 果汁		KD 果汁
	1	乙醇	1.52	-	48.35±5.07	40.29±2.16	39.52±2.86	37.4±5.52	36.73±7.33	43.51±1.11	
	2	3-甲基-1-丁醇	3.34	-	7.38±0.83 ^{ab}	9.53±1.51 ^a	6.64±0.92 ^b	5.78±1.75 ^b	5.77±1.41 ^b	5.27±1.18 ^b	青草、植物香
	3	苯甲醇	12.67	-	0.15±0.02 ^{ab}	0.15±0.03 ^{ab}	-	0.22±0.09 ^a	0.10±0.05 ^b	0.14±0.02 ^{ab}	芳香味
	4	1-辛醇	14.08	-	1.08±0.67 ^b	1.29±0.10 ^b	1.11±0.28 ^b	3.31±0.21 ^a	1.14±0.28 ^b	1.44±0.32 ^b	柠檬味
	5	氧化芳樟醇	14.64	-	-	-	-	1.1±0.38	0.39±0.25	0.57±0.27	
	6	苯乙醇	15.82	-	3.96±0.18 ^a	3.5±0.20 ^{ab}	2.38±0.47 ^b	3.79±0.71 ^a	2.23±1.19 ^{ab}	2.84±0.68 ^{ab}	茴香、丁香、玫瑰香
	7	(Z)-3-壬烯-1-醇	17.1	-	-	0.17±0.04	-	0.44±0.22	-	-	
	8	1-壬醇	17.79	-	3.19±0.23 ^{ab}	4.02±0.53 ^{ab}	3.47±0.96 ^{ab}	5.24±2.50 ^a	2.07±1.10 ^b	2.34±0.76 ^b	玫瑰香、果香、甜橙
	9	7-甲基-3-亚甲基-6-辛-1-醇	19.42	-	-	-	-	0.15±0.03	0.08±0.07	-	
	10	香茅醇	19.81	-	0.13±0.01 ^c	0.12±0.01 ^c	0.14±0.15 ^c	0.91±0.06 ^a	0.38±0.24 ^{bc}	0.52±0.29 ^b	花香、柑橘香
	11	臭蚁二醇	20.45	-	-	-	-	0.18±0.11	-	-	
	12	(Z)-4-癸烯-1-醇	20.76	-	0.58±0.19	0.72±0.04	1.03±0.45	2.02±0.33	0.68±0.09	0.88±0.54	
	13	1-癸醇	21.29	-	0.27±0.07	-	-	0.44±0.23	0.26±0.14	0.22±0.09	
醇类 (36种)	14	1-己醇	6.77	4.84±0.75 ^a	0.46±0.15 ^b	0.57±0.02 ^b	0.42±0.06 ^b	0.81±0.16 ^b	-	0.34±0.32 ^b	水果芳香
	15	二甲基硅丙二醇	2.76	0.69±0.11	-	-	-	-	-	-	
	16	1-壬烯-4-醇	14.89	0.67±0.02	-	-	-	-	-	-	
	17	异愈创木醇	32.05	0.16±0.05	-	-	-	-	-	-	
	18	(E,Z)-3,6-壬二烯-1-醇	17.22	-	-	-	-	0.11±0.04	-	-	
	19	橙花醇	30.4	-	-	-	-	0.11±0.09	-	-	玫瑰、橙花香
	20	5-甲基-1-己醇	7	-	-	-	-	1.08±0.82	-	-	
	21	芳樟醇	15.1	-	0.15±0.04 ^b	0.16±0.04 ^b	0.18±0.04 ^b	0.65±0.24 ^a	0.28±0.07 ^b	0.34±0.08 ^b	紫丁香、玫瑰花香
	22	(E)-6-壬烯-1-醇	23.09	-	-	-	-	-	0.21±0.02	-	
	23	4,8-二甲基-3,7-壬二烯-2-醇	23.09	-	0.11±0.01	-	-	-	0.1±0.04	-	
	24	1-3,7,11-三甲基-6,10-十二烯-1-醇	33.97	-	-	-	-	-	0.1±0.02	-	
	25	2,3-丁二醇	4.5	-	0.33±0.12 ^a	-	-	-	-	0.21±0.05 ^a	糖蜜香
	26	3,4-二[1-丁烯基]-四氢呋喃-2-醇	20.9	-	0.57±0.23	-	-	-	-	-	
	27	2,3-丁烯二醇	4.51	-	0.15±0.06	0.15±0.04	-	-	-	-	
	28	3,4-二甲基-1-戊醇	6.9	-	-	1.26±0.06	-	-	-	-	

转下页

接上页

29	二氢香芹醇	20.89	-	-	0.54±0.07 ^a	0.59±0.27 ^a	-	-	-	留兰香, 胡椒辛辣味
30	正癸醇	21.28	-	-	1.79±0.13 ^a	0.19±0.06 ^b	-	-	-	有甜花香气
31	壬醇	21.54	-	-	0.31±0.03 ^a	-	-	0.28±0.09 ^a	-	玫瑰、橙花香、油脂味
32	桉叶油-4(15),7-二烯-1-β-醇	25.08	-	-	0.1±0.07	-	-	-	-	
33	反式-氧化芳樟醇	14.65	-	-	-	0.36±0.19	-	-	-	
34	(E)-3-壬烯-1-醇	17.1	-	-	-	0.17±0.02	-	-	-	
35	木焦油醇	18.42	-	1.15±0.06	1.39±0.15	-	1.19±0.50	-	0.85±0.52	
36	西班牙草烯醇	25.06	-	-	-	0.1±0.09	-	-	-	
37	乙酸己酯	11.91	0.95±0.06	-	-	-	-	-	-	苹果、梨、香蕉皮香
38	乙酸-2-苯基乙基酯		0.65±0.04	-	-	-	-	-	-	
39	(Z)-2-丁烯二酸二丁酯	29.69	0.23±0.04	-	-	0.66±0.32	-	-	-	
40	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	31.4	1.5±0.05	-	0.7±0.08	8.01±0.65	2.61±0.22	1.82±1.23	-	
41	2-羟基丙酸乙酯	5.67	-	-	0.87±0.06 ^{bc}	2.18±0.64 ^a	1.15±0.12 ^b	0.18±0.06 ^c	0.39±0.28 ^c	菠萝香
42	己酸乙酯	11.41	-	0.71±0.17 ^a	0.81±0.05 ^a	1.23±0.30 ^a	1.26±0.53 ^a	1.17±0.41 ^a	0.89±0.29 ^a	曲香、菠萝香
43	苯甲酸乙酯	17.63	-	0.69±0.13 ^{abc}	1.06±0.67 ^{ab}	1.24±0.65 ^a	0.17±0.06 ^c	0.25±0.22 ^{bc}	0.22±0.16 ^{bc}	水果味
44	丁二酸二乙酯	18.16	-	0.25±0.04 ^b	0.53±0.08 ^{ab}	0.24±0.14 ^b	0.28±0.14 ^b	0.72±0.24 ^a	0.43±0.12 ^b	特殊气味
45	辛酸乙酯	18.69	-	1.6±0.29 ^b	3.26±2.44 ^{ab}	4.19±0.56 ^{ab}	2.96±0.47 ^{ab}	5.86±2.11 ^a	3±0.18 ^{ab}	白兰地酒香
46	壬酸乙酯	22.09	-	-	0.37±0.09 ^a	0.27±0.14 ^a	0.27±0.13 ^a	0.36±0.16 ^a	0.29±0.02 ^a	果香、玫瑰香
47	3-羟基己酸乙酯	23.09	-	-	-	0.18±0.04 ^a	-	-	0.14±0.01 ^a	水果香
48	癸酸乙酯	24.8	-	0.2±0.02 ^b	1.79±0.54 ^b	1.49±0.56 ^b	1±0.17 ^b	12.36±4.99 ^a	1.22±0.11 ^b	果香、酒香, 梨、白兰地香
49	(Z)-2-丁烯二酸二丁酯	29.68	-	0.18±0.11	-	-	0.24±0.09	0.11±0.02	-	
50	乙酰柠檬酸三丁酯	43.5	-	-	-	-	0.53±0.32	0.2±0.02	-	
51	乙酸乙酯	1.97	-	14.61±5.40 ^a	17.64±2.59 ^a	17.39±6.81 ^a	13.17±3.25 ^a	14.61±2.48 ^a	21.66±3.27 ^a	甜香、果香
52	3-甲基-1-丁醇乙酯	6.99	-	-	-	-	-	1.48±0.06	1.02±0.25	
53	水杨酸甲酯	18.43	-	-	-	-	-	0.81±0.12	-	冬青叶香
54	乙酸-2-苯乙基酯	20.69	-	0.53±0.52 ^a	-	-	-	0.25±0.06 ^a	0.26±0.10 ^a	花香、香脂香
55	2-丁烯二酸二丁酯	29.67	-	-	-	-	-	-	0.12±0.02	
56	乙酰柠檬酸三丁酯	43.5	-	-	-	-	-	-	0.38±0.11	
57	(L)-2-羟基丙酸乙酯	5.09	-	1.14±0.26	-	-	-	-	-	
58	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	7	-	1.03±0.75 ^a	-	1.42±0.09 ^a	-	-	-	香蕉味
59	苯甲酸甲酯	14.85	-	0.09±0.06 ^a	0.11±0.07 ^a	0.15±0.05 ^a	-	-	-	冬青、尤南迦油香

酯类
(39种)

转下页

接上页

	60	1-十一醇乙酸酯	22.57	-	0.12±0.08	-	-	-	-	-	
	61	肉豆蔻酸乙酯	36.22	-	0.2±0.11 ^a	0.1±0.07 ^a	-	-	-	-	鸛尾油、油脂味
	62	棕榈酸乙酯	39.69	-	0.37±0.04 ^a	0.36±0.02 ^b	0.19±0.06 ^a	-	-	-	蜡香、奶油香
	63	柠檬酸丁酯	43.5	-	0.27±0.06	-	0.07±0.02	-	-	-	
	64	(S)-乳酸乙酯	5.25	-	-	0.81±0.14	-	-	-	-	酒香
	65	甲氧基乙酸-3-甲基丁酯	13.96	-	-	0.11±0.05	-	-	-	-	略有气味
	66	壬醇乙酯	22.09	-	-	0.28±0.09	-	-	-	-	果香、玫瑰酒香
	67	乙酸壬酯	22.58	-	-	0.14±0.07 ^a	0.08±0.03 ^a	-	-	-	果香、花香
	68	羧基丁二酸二乙酯	23.09	-	-	0.1±0.06	-	-	-	-	
	69	月桂酸乙酯	31.31	-	-	0.43±0.26	-	-	-	-	甜香、花果香、朗姆酒香
	70	3-甲基-1-丁醇乙酸酯	7	-	1.03±0.05 ^a	-	1.42±0.40 ^a	-	-	-	香蕉味
	71	乳酸异戊酯	13.97	-	-	-	0.08±0.05	-	-	-	
	72	(Z)-2-丁烯二酸二丁酯	29.69	-	-	-	0.66±0.50	-	-	-	
	73	十四酸乙酯	36.23	-	-	-	0.15±0.06	-	-	-	鸛尾油香, 油脂味
	74	亚油酸乙酯	42.1	-	-	-	0.04±0.03	-	-	-	
	75	乙酸-2-苯乙酯	20.68	-	-	0.32±0.18	-	-	-	-	
酸类 (7种)	76	L 乳酸	8.17	-	0.95±0.22	-	-	1.9±0.36	-	-	
	77	辛酸	18.87	-	1.46±0.13 ^b	0.9±0.31 ^b	0.94±0.13 ^b	1.53±0.29 ^b	3.78±0.77 ^a	1.66±0.29 ^b	水果香
	78	壬酸	21.59	-	0.69±0.28 ^a	-	0.32±0.36 ^a	0.61±0.32 ^a	0.35±0.04 ^a	0.48±0.14 ^a	特殊气味
	79	正癸酸	24.9	-	1.72±0.34 ^a	1.79±0.41 ^a	1.73±0.66 ^a	2.86±0.72 ^a	2.04±0.06 ^a	2.15±0.64 ^a	脂香
	80	(S)- α -羧基-苯丙酸	26.66	-	-	0.29±0.16	0.25±0.07	-	-	-	
	81	α -(1-羧乙基)-苯丙酸	26.66	-	0.24±0.08	-	0.17±0.07	-	-	-	
	82	月桂酸	30.48	-	0.11±0.04	0.7±0.30	-	0.16±0.05	0.27±0.05	-	
醛类 (7种)	83	己醛	4.65	29.39±5.24	-	-	-	-	-	-	生油脂、青草、苹果香
	84	(E)-2-己烯醛	6.2	44.32±5.46	-	-	-	-	-	-	
	85	苯乙醛	12.91	0.24±0.04	-	-	-	-	-	-	风信子香, 水果甜香
	86	壬醛	15.23	0.44±0.06	-	-	-	-	-	-	玫瑰、柑橘香, 油脂味
	87	1- α , 2-二甲基-1-环己烯-1-乙醛	20.44	-	-	-	-	-	0.1±0.06	0.11±0.29	
	88	4-戊基苯甲醛	26.66	-	-	-	-	-	-	0.22±0.11	
	89	α , 4-二甲基-3-环己烯-1-乙醛	19.2	-	-	-	0.05±0.30	-	-	-	

转下页

接上页

	90	反式- α -佛手柑油烯		0.33±0.09	-	-	-	-	-	-	橙、柠檬香, 花香
	91	α -金合欢烯	28.8	7.71±0.09	-	-	-	-	-	-	鲜花瓣、苹果味
	92	α -雪松烯	2.28	0.11±0.06	-	-	-	-	-	-	
烯类 (8种)	93	8-十七碳烯	33.54	0.67±0.04	-	-	-	-	-	-	
	94	Z-5-十九碳烯	37.7	0.15±0.02	-	-	-	-	-	-	
	95	3-甲基环辛烯	17.1	-	0.13±0.02	-	-	-	-	0.23±0.09	
	96	4-甲基-1-(1-甲基乙烯基)-环己烯	20.9	-	-	-	-	-	0.54±0.18	0.67±0.42	
	97	2-亚乙基-6-甲基-3,5-庚二烯	22.58	-	-	-	-	-	0.13±0.02	-	
烷类 (4种)	98	十五烷	28.5	0.27±0.05	-	-	-	-	-	-	
	99	十七烷	34.13	0.88±0.08	-	-	-	-	-	-	
	100	十九烷	38.14	0.31±0.07	-	-	-	-	-	-	
	101	二十一烷	41.23	0.14±0.01	-	-	-	-	-	-	
酚类 (3种)	102	丁香酚	24.04	0.12±0.02 ^b	1.12±0.28 ^{ab}	0.92±0.53 ^{ab}	0.88±0.53 ^a	1.63±0.22 ^a	1.06±0.63 ^a	1.15±0.65 ^a	丁香
	103	甲基丁香酚	25.61	-	-	-	-	0.17±0.03 ^a	0.11±0.02 ^b	0.1±0.02 ^b	丁香酚香
	104	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	22.58	-	-	-	-	-	-	0.1±0.07	
其他类 (6种)	105	2-羟基丙胺	1.81	0.62±0.15	-	-	-	-	-	-	
	106	反式-果素	22.6	-	-	-	0.09±0.06	-	-	-	
	107	2-甲基-3-辛酮	10.88	0.69±0.14	-	-	-	-	-	-	
	108	甲氧基苯基胍	8.48	-	-	-	-	-	0.32±0.18	0.18±0.12	
	109	顺式-芳樟醇氧化物	14.63	-	0.52±0.06	0.42±0.06	-	-	-	-	
	110	喇叭烯氧化物-(II)	25.07	-	0.14±0.02	-	-	-	-	-	0.15±0.12

注:“-”代表未检出,同行数据间比较,不同字母表示差异显著, $p \leq 0.0$ 。

2.6 不同处理发酵果酒酒精度的测定

不同酵母通过三羧酸循环,在酵母作用下将糖转化成酒精。由图 6 可知,EC118、KI、KD 全果果浆发酵与果汁发酵果酒酒精度分别为 8.6%vol、9.7%vol、10.3%vol、8.9%vol、9.8%vol、9.7%vol,全果 KD 酒精度最高,其次为果汁 KI。KD、KI 酵母发酵后酒精度都在 9% vol 以上,表明 KI、KD 酵母对糖利用率相对较高,EC118 酵母发酵性能较差,酒精度于低于 KI、KD 酵母。

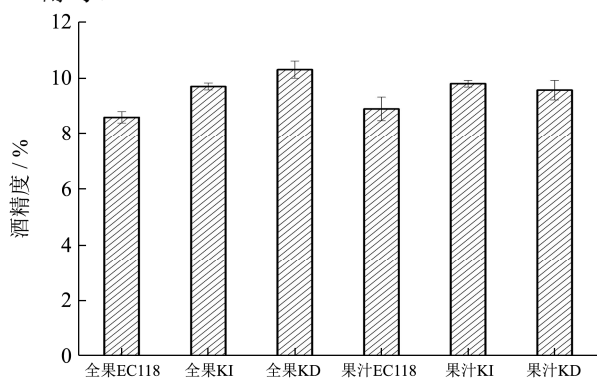


图 6 不同处理果酒酒精度的对比

Fig.6 Comparison of alcohol content of fruit wine with different treatments

2.7 不同处理果酒主要挥发性成分

香气是果酒感官评定的直接影响因素,也是果酒品质特性的重要指标。果酒中大部分香气是发酵过程中酵母代谢产生的,主要包括酯、醇、酸、酚类等^[22]。果酒香气成分和含量会受发酵工艺及酵母影响,感官特征与香气成分有很大关联。由表 2 可知,不同处理果酒主要香气成分相同,但含量不同。GC-MS 共检出 110 种挥发性成分,其中:醇类 36 种、酯类 39 种、酸类 7 种、醛类 7 种、烯类 8 种、烷烃类 4 种、酚类 3 种、其他类 6 种。香梨果实主要以醛类为主,果酒主要以醇类、酯类为主。EC118、KI、KD 全果与果汁中分别检测出 42、43、41、37、40、39 种成分,共有挥发性成分 17 种。

2.8 不同处理果酒主要香气分类比较

由表 2 可知,3-甲基-1-丁醇(青草、植物香)在 6 种处理果酒中醇类物质相对含量最高,全果果浆发酵果酒中相对含量均高于果汁发酵果酒,赋予全果果浆发酵果酒更浓郁的青草香,香茅醇(花香、柑橘香)、芳樟醇(紫丁香、玫瑰花香)果汁发酵果酒相对含量高于全果果浆发酵果酒;乙酸乙酯(甜香、果香)在 6 种处理果酒中酯类物质相对含量最高,苯甲酸甲酯

(冬青、尤南迦油香)、棕榈酸乙酯(蜡香、奶油香)是全果果浆发酵果酒中特有的酯类物质,3-甲基-1-丁醇乙酸酯(香蕉味)、壬酸乙酯(果香和玫瑰香)、乙酸壬酯(果香和花香)、月桂酸乙酯(甜香和酒香)、十四酸乙酯(鸢尾油香)等酯类在全果果浆发酵果酒中相对含量更高,赋予全果果浆发酵果酒更浓郁的果香、甜香和花香,KI 酵母发酵果酒中癸酸乙酯(果香、酒香、梨、白兰地香)含量相对更高,赋予果酒浓郁的梨及果酒香;辛酸(水果香)、正癸酸(脂香)在果汁发酵果酒中相对含量高于全果果浆发酵果酒;醛类物质在香梨果实中含量较高,其中己醛(青草、苹果香)相对含量最高为 29.39%,赋予香梨青草气及果香,在果酒中含量较少;甲基丁香酚(丁香酚香)是果汁发酵果酒中特有的酚类物质。经鉴定香气成分为 46 种,酯类 13 种、醇类 23 种、酸类 3 种、醛类 3 种、萜烯类 2 种、酚类 2 种;由表 2、图 7 可知,香梨果实与不同处理果酒共有香气为 1 种;全果果浆与果汁发酵共有香气为 14 种,醇类 6 种、酯类 5 种、酸类 2 种、酚类 1 种;全果果浆发酵果酒共有香气为 18 种,醇类 7 种、酯类 8 种、酸类 2 种、酚类 1 种;果汁发酵共有香气为 19 种,醇类 7 种、酯类 7 种、酸类 3 种、酚类 2 种;香梨果实香气为 6 种,醇类 1 种、酯类 1 种、醛类 3 种、烯类 1 种、酚类 1 种。因此,果酒在发酵过程中会产生大量的香气物质。

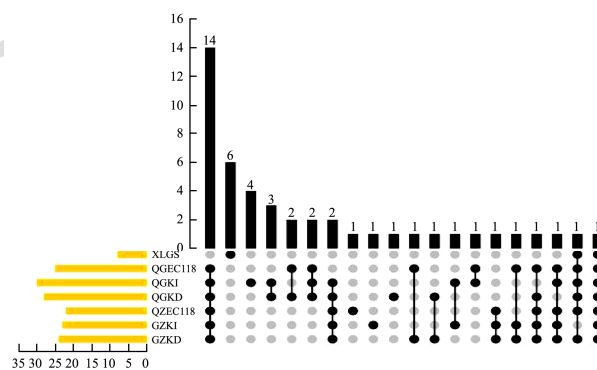


图 7 不同处理果酒韦恩图

Fig.7 Venn diagram of fruit wine with different treatments

不同处理果酒香气成分存在差异,由图 8 可知,香梨果实香气相对含量为 52.06%,种类为 6 种;EC118、KI、KD 全果果浆与果汁发酵果酒香气相对含量分别为 47.12%、54.26%、50.81%、43.89%、56.16%、47.48%,种类分别为 25、30、28、22、23、24, KI 酵母香气相对含量最高,全果果浆 KI 发酵香气种类最多,全果发酵香气种类、相对含量均高于果汁发酵果酒。不同酵母发酵果酒在香气成分类型上相似,具有各自独特的香气成分。因此,构成果酒风味及口感上的相似性与典型性。

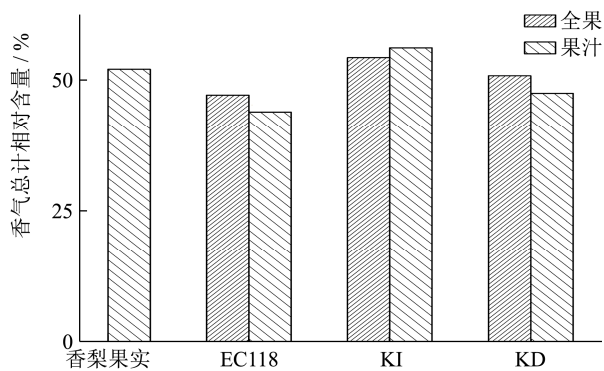


图8 不同处理香气成分的对比

Fig.8 Comparison of aroma components in different treatments

2.8.1 醇类

醇类主要由糖代谢, 氨基酸脱羧和脱氢产生, 是酒中主要香气成分^[23], 适量的醇类可使果酒产生特殊香味, 并能散发香气, 不同处理果酒醇类物质存在差异, 由图9可知, 香梨果实中醇类相对含量为4.84%, 种类为1种; EC118、KI、KD全果果浆与果汁发酵果酒香气相对含量分别为20.82%、21.98%、15.12%、16.83%、12.25%、13.44%, 种类分别为9、9、8、11、9、9, KI全果果浆发酵果酒醇类物质相对含量最高, EC118果汁发酵果酒醇类物质种类含量最高, 全果发酵醇类物质相对含量均高于果汁发酵果酒。

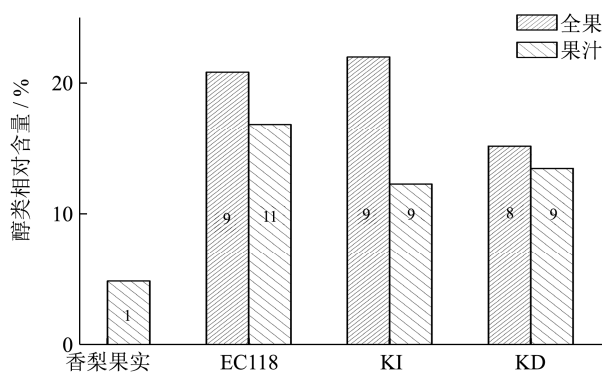


图9 不同处理果酒醇类物质对比

Fig.9 Comparison of alcohols in different processed fruit wine

2.8.2 酯类

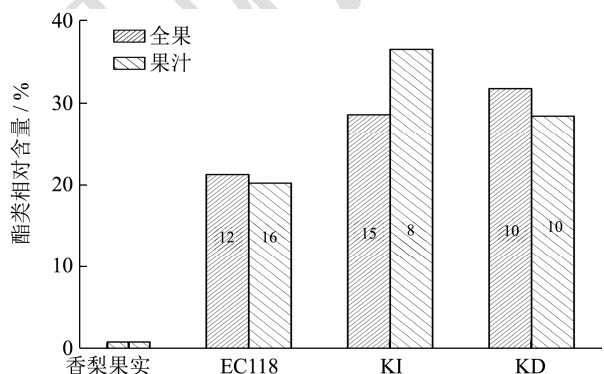


图10 不同处理果酒酯类物质对比

Fig.10 Comparison of esters in different processed fruit wine

高级醇和脂肪酸在酶的催化作用下形成酯类物质^[24], 增加果酒香气的复杂性和典型性, 是果酒香气成分的重要物质, 不同处理果酒酯类物质存在差异, 由图10知, 香梨果实中酯类物质相对含量为0.95%, 种类为1种; EC118、KI、KD全果果浆与果汁发酵果酒酯类物质相对含量分别为21.31%、28.67%、31.82%、20.06%、36.57%、28.5%, 种类分别为12、15、10、16、8、10, KI果汁发酵果酒酯类物质相对含量最高, EC118、KD全果果浆发酵果酒酯类物质相对含量高于果汁发酵果酒, KI果汁发酵果酒酯类物质相对含量高于全果果浆发酵果酒, EC118果汁发酵果酒酯类物质种类含量最高, 其次为KI全果果浆发酵果酒。

2.8.3 酸类、其他类

酸类物质大部分是酵母代谢的副产物^[25,26]。果酒中酸性物质可以与其他香气物质结合, 使果酒产生特有香气。不同处理果酒酸类及其他类物质存在差异, 由图11可知, EC118、KI、KD全果果浆与果汁发酵果酒酸类物质相对含量分别为3.87%、2.69%、2.99%、5%、6.17%、4.29%, 种类分别为3、2、3、3、3、3, KI果汁发酵果酒酸类物质相对含量最高, KI全果果浆发酵果酒酸类物质为2种, 其余处理果酒酸类物质均为3种, 果汁发酵果酒酸类物质相对含量均高于全果果浆发酵果酒; 香梨果实中其他类物质相对含量为16.2%, 种类为1种, EC118、KI、KD全果果浆与果汁发酵果酒其他类物质相对含量分别为1.12%、0.92%、0.88%、1.8%、1.17%、1.25%, 种类分别为1、1、1、2、2、2, EC118果汁发酵果酒酸类物质相对含量最高, 全果果浆发酵果酒其他类物质种类均为2种, 果汁发酵果酒其他类物质为1种, 果汁发酵果酒其他类物质相对含量均高于全果果浆发酵果酒。

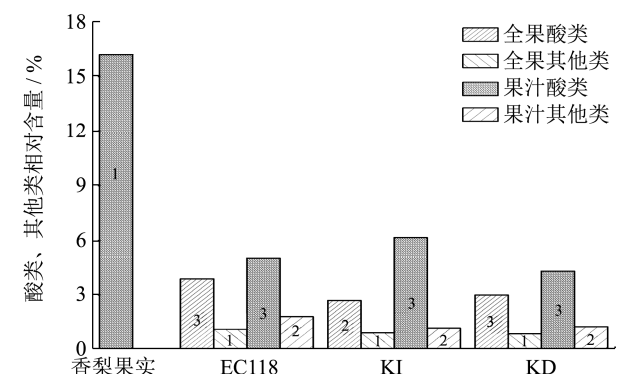


图11 不同处理果酒酸类、其他类物质对比

Fig.11 Comparison of acid, aldehyde and other substances in different processed fruit wine

2.8.4 QDA 统计结果

30名感官品评人员对香梨果实及不同处理的果酒进行香气感官评定, 并绘制蜘蛛网图(图12, 图13)。

香梨果实主要表现为：甜香味、果香味，全果发酵主要表现为花香、甜香味，果汁发酵主要表现为白兰地酒香、花香，该现象与香气特征物质含量结果相一致。

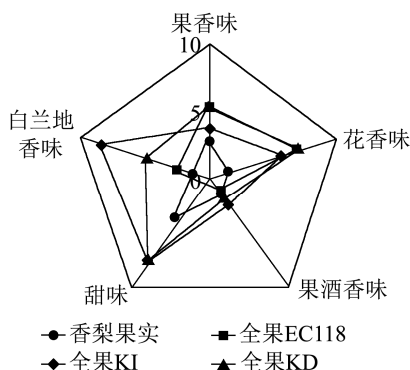


图 12 果汁发酵 QDA 数据的蜘蛛网图

Fig.12 Spider web map of QDA data in juice

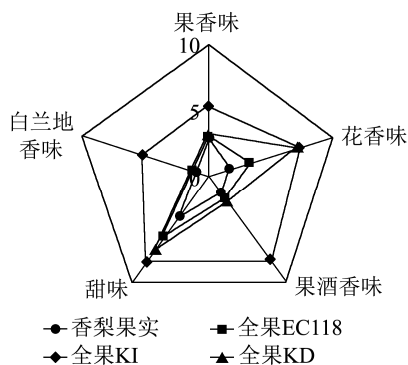


图 13 全果发酵 QDA 数据的蜘蛛网图

Fig.13 Spider web map of QDA data for whole fruit

3 讨论

本研究通过全果果浆与果汁两种不同的处理方式，并分别用 3 种酵母进行香梨果酒的发酵，测定了发酵过程中基本的糖酸及总酚的变化以及香梨果实与 6 种果酒中香气成分的差异，在发酵过程中不同处理果酒的各项指标变化趋势并没有表现出显著的差异，但各指标的数值大小高低之间有很大的不同，同时全果果浆发酵与果汁发酵在总酚含量之间差异明显。郑娇^[27]的研究表明酵母菌种对海红果酒发酵过程中的理化指标、总酚、总黄酮的总体趋势大体相同，但对各指标变化的水平有显著影响。其中我们可以通过观测发酵过程中总糖、还原糖的利用速率来比较酵母菌的发酵速率，并结合 pH、总酚来判断适宜香梨果酒发酵的酵母菌与发酵方式。

在发酵过程中，多酚含量呈先升后降的趋势，可能是浸渍作用使多酚含量升高，酵母产生大量次级代谢产物，多酚化合物通过疏水键、多元氢键与蛋白质结合，或与金属离子发生络合反应，导致酚类物质含量降低^[28]。第 11 d 多酚类物质含量最高，可能是由于

一些单体酚化合物的含量升高引起的，多酚物质易受光照、温度及微生物活动的影响，也导致发酵过程中变化较大^[29]，这与孟金明^[30]、马丽娜^[31]研究结果一致。全果果浆发酵果酒中多酚含量高于果汁发酵果酒，由于香梨果皮多酚含量较高，在发酵过程中多酚物质进一步浸出，酒精的产生促进了某些多酚物质的溶解，全果发酵更好保存了多酚物质。同时，酵母菌种对果酒香气的组成有很大的影响。周元^[32]等通过比较 3 种酵母发酵的猕猴桃酒中香气成分发现，除了共有组分外，各猕猴桃酒中还含有各自独有的香气组分。陈红梅^[33]等通过比较清汁、混汁和带皮发酵野生猕猴桃酒中香气成分发现，带皮发酵酒中的香气物质种类及质量浓度显著高于混汁发酵、清汁发酵。本研究测定 3 种酵母全果与果汁发酵的香气成分，比较发现也有类似的结论，同时还发现 3-甲基-1-丁醇为 6 种果酒的主要特征香气。

4 结论

通过对 3 种酵母在全果果浆与果汁发酵中总糖、还原糖、pH、总酚、总酸、酒精度等指标的测定，结果显示 KI、KD 酵母发酵香气能力较优，所得果酒酸度适宜、酒精度高，色泽澄清透亮，全果果浆发酵总酚含量、香气成分高于果汁发酵果酒，且 KI 全果发酵果酒总酚含量最高，香气种类为 30 种，在 6 种果酒中测得香气种类最多，KI 酵母具有良好的发酵、产酒和产香能力，是研究的 3 种酵母菌中的最优菌种，全果果浆发酵优于果汁发酵，香气更浓郁，更具香梨典型性风味，结合 QDA 全果发酵主要为花香、甜香味。综合表明，KI 全果果浆是发酵香梨果酒的最优发酵方式。全果果浆在提高果实利用率的同时，也在一定程度上提高了香梨果酒的香气及品质，突出了香梨果酒的典型性特征，该研究为香梨果酒的生产 and 应用提供了理论依据。

参考文献

[1] 李保国,梅龙珠,李叶春.库尔勒香梨高产优质栽培技术讲座第一讲:香梨的基本特性、建园、育苗和新品种的选育[J].新疆农垦科技,2001,1:39-41
LI Bao-guo, MEI Long-zhu, LI Ye-chun. Lecture on high-yield and high-quality cultivation techniques of Korla pear: basic characteristics, garden construction, seedling raising and breeding of new varieties of pear [J]. Xinjiang Agricultural Reclamation Science and Technology, 2001, 1: 39-41

[2] 曼苏尔·那斯尔,杜润清,陈湘颖,等.新疆梨品种与库尔勒香

- 梨授粉亲和性及花粉直感[J].果树学报,2019,36(4):57-67
- Mansour-Nasir, DU Run-qing, CHEN Xiang-ying, et al. Pollination affinity and pollen straightness between Xinjiang pear varieties and Korla fragrant pear [J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(4): 57-67
- [3] 广新梅,徐崇志,王绪春,等.采摘期内库尔勒香梨品质指标变化规律及相关关系[J].江苏农业科学,2018,46(19):118-121
- GUANG Xin-mei, XU Chong-zhi, WANG Xu-chun, et al. Changes of quality indexes of Korla fragrant pears during picking period and their correlation [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(19): 118-121
- [4] 周文杰,张芳,王鹏,等.基于 GC-MS/GC-O 结合化学计量学方法研究库尔勒香梨酒的特征香气成分[J].食品科学,2018,10:222-227
- ZHOU Wen-jie, ZHANG Fang, WANG Peng, et al. Study on the characteristic aroma components of Korla fragrant pear wine based on GC-MS/GC-O combined with chemometrics [J]. Food Science, 2018, 10: 222-227
- [5] 李丽梅,郑振山,何近刚,等.不同品种梨酒挥发性成分的 SPME-GC-MS 结果比较[J].食品工业科技,2016,37(11):314-317
- LI Li-mei, ZHENG Zhen-shan, HE Jin-gang, et al. Comparison of SPME-GC-MS results of volatile components in different pear wines [J]. Food Industry Science and Technology, 2016, 37(11): 314-317
- [6] 胡小琴,刘伟,许弯,等.不同酵母对脐橙果酒品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(5):1-10,25
- HU Xiao-qin, LIU Wei, XU Wan, et al. Effects of different yeasts on the quality of navel orange wine [J]. Food Industry Science and Technology. 2021, 42(5): 1-10, 25
- [7] Callejon R M, Clavijo A, Ortigueira P, et al. Volatile and sensory profile of organic red wines produced by different selected autochthonous and commercial *Saccharomyces cerevisiae* strains [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 660(1-2): 68-75
- [8] Gammacurta M, Marchand Stéphanie, Moine V, et al. Influence of different yeast/lactic acid bacteria combinations on the aromatic profile of red Bordeaux wine [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2017, 97(12): 4046-4057
- [9] Sumby K M, Grbin P R, Jiranek V. Microbial modulation of aromatic esters in wine: Current knowledge and future prospects [J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(1): 1-16
- [10] Yong Seo Park, Sorakon Suwanmanon, Korsak Towantakavanit, et al. Quality change of 'Hayward' (*Actinidia deliciosa*) kiwifruit wine influenced by skin addition[J]. 한국원예학 회 학술발표요지, 2011, 11: 118
- [11] 杜昌陈,余元善,肖更生,等.添加柚果皮对沙田柚蒸馏酒风味品质的影响[J].广东农业科学,2015,42(17):90-95
- DU Chang-chen, YU Yuan-shan, XIAO Geng-sheng, et al. Effect of adding pomelo peel on flavor and quality of Shatian pomelo distilled liquor [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2015, 42(17): 90-95
- [12] 张芳,詹萍,周文杰,等.GC-MS 结合 PCA 探究不同加工方式对香梨汁风味品质影响[J].现代食品科技,2017,12:255-261
- ZHANG Fang, ZHAN Ping, ZHOU Wen-jie, et al. GC-MS combined with PCA to explore the influence of different processing methods on the flavor and quality of pear juice [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 12: 255-261
- [13] 程宏桢,蔡志鹏,王静,等.基于 GC-MS,GC-O 和电子鼻技术评价百香果酒香气特征[J].食品科学.<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20200601.1452.078.html>
- CHENG Hong-zhen, CAI Zhi-peng, WANG Jing, et al. Evaluation of aroma characteristics of passion fruit wine based on GC-MS,GC-O and electronic nose technology [J]. *Food Science*. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20200601.1452.078>.
- [14] 陈麒,梁艳玲,伍彦华,等.不同厂家的商品活性干酵母对桑葚果酒发酵影响的研究[J].酿酒科技 2020,5:22-26
- CHEN Qi, LIANG Yan-ling, WU Yan-hua, et al. Effect of commercial active dry yeast from different manufacturers on mulberry wine fermentation [J]. *Brewing Science and Technology*, 2020, 5: 22-26
- [15] 中国国家标准化管理委员会.GB/T 15038-2006.葡萄酒、果酒通用分析方法[S]
- China National Standardization Administration Committee. GB/T15038-2006. General analysis method of wine and fruit wine [S]
- [16] 吴澎,贾朝爽,李向阳,等.响应面分析优化福林酚法测定樱桃酒中总酚的含量[J].食品工业科技,2018,39(20):200-206, 11
- WU Peng, JIA Chao-Shuang, LI Xiang-Yang, et al. Optimization of Hungarian forint phenol method for determination of total phenol in cherry wine by response surface analysis [J]. *Science and Technology in the Food Industry*, 2018, 39(20): 200-206, 211
- [17] 高馨雨,白羽嘉,郑万财,等.浓缩方式对慕萨莱思品质及香气成分的影响[J].食品与机械,2019,35(5):32-39
- GAO Xin-yu, BAI Yu-jia, ZHENG Wan-cai, et al. Effects of concentration methods on the quality and aroma components

- of Musalasi [J]. Food and Machinery, 2019, 35(5): 32-39
- [18] 贾恺,胡小松,廖小军,等.顶空固相微萃取法测定哈密瓜中挥发性芳香成分研究[J].食品科学,2010,31(10):239-243
JIA Kai, HU Xiao-song, LIAO Xiao-jun, et al. Determination of volatile aromatic components in Hami melon by headspace solid phase microextraction [J]. Food Science, 2010, 31(10): 239-243
- [19] 陶永胜,李华.葡萄酒香气成分萃取中固相微萃取纤维的选择[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(8): 211-216
TAO Yong-sheng, LI Hua. Selection of solid phase microextraction fiber in extraction of wine aroma components [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2009, 37(8): 211-216
- [20] 于海燕,张妮,许春华.樱桃酒发酵过程中的主要香气成分及其变化[J].食品与发酵工业,2011,10:163-167
YU Hai-yan, ZHANG Ni, XU Chun-hua. Main aroma components and their changes during cherry wine fermentation [J]. Food and Fermentation Industry, 2011, 10: 163-167
- [21] 郑翠银,黄志清,刘志彬,等.定量描述分析法感官评定红曲黄酒[J].中国食品学报,2015,15(1):205-213
ZHENG Cui-yin, HUANG Zhi-qing, LIU Zhi-bin, et al. Sensory evaluation of red yeast rice wine by quantitative description analysis [J]. Journal of Chinese Food Science, 2015, 15(1): 205-213
- [22] 杨婷,祝霞,赵宾宾,等.不同酿酒酵母对甜瓜酒香气品质的影响分析[J].食品科学,2015,14:145-150
YANG Ting, ZHU Xia, ZHAO Bin-bin, et al. Influence of different *Saccharomyces cerevisiae* on the aroma quality of muskmelon wine [J]. Food Science, 2015, 14: 145-150
- [23] 卜坚珍,于立梅,曾晓芳,等.榴莲果酒发酵工艺优化及其香气成分分析[J].食品与机械,2017,33(9):182-185,212
BU Jian-zhen, YU Li-mei, ZENG Xiao-fang, et al. Optimization of fermentation technology and analysis of aroma components of durian wine [J]. Food and Machinery, 2017, 33(9): 182-185, 212
- [24] 李纪涛,蒋一鸣,束俊霞,等.不同酿酒酵母发酵的紫薯糯米酒香气成分分析[J].食品科学,2014,35(16):202-207
LI Ji-tao, JIANG Yi-ming, SHU Jun-xia, et al. Analysis of aroma components of purple sweet potato glutinous rice wine fermented by different *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Food Science, 2014, 35(16): 202-207
- [25] Selli S, Canbas A, Varlet V, et al. Characterization of the most odor-active volatiles of orange wine made from a Turkish cv. Kozan [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(1): 227-234
- [26] 何兰兰,张妮,于海燕.基于气相色谱-质谱联用对樱桃酒香气分析[J].食品工业科技,2013,21:135-142
HE Lan-lan, ZHANG Ni, YU Hai-yan. Analysis of cherry wine aroma based on gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Industry Science and Technology, 2013, 21: 135-142
- [27] 郑娇,俞月丽,彭强,等.不同酵母菌种对发酵海红果酒品质的影响研究[J].现代食品科技,2017,1:234-242
ZHENG Jiao, YU Yue-li, PENF Qiang, et al. Effects of different yeast strains on the quality of fermented Haihong wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 1: 234-242
- [28] 戚一曼,樊明涛,程拯良,等.猕猴桃酒主发酵过程中多酚及抗氧化性的研究[J].食品研究与开发,2016,24:6-12
QI Yi-man, FAN Ming-tao, CHENG Zheng-gen, et al. Study on polyphenols and antioxidant activity during the main fermentation of kiwifruit wine [J]. Food Research and Development, 2016, 24: 6-12
- [29] Kodama N, Yamada M, Nanba H. Addition of maitake D-fraction reduces the effective dosage of vancomycin for the treatment of Listeria-infected mice [J]. Jpn J Pharmacol, 2001, 87(4): 327-332
- [30] 孟金明,樊爱萍,和川琦,等.芒果,胡萝卜,复合果酒发酵过程中理化成分和香气物质的变化[J].食品工业科技,2020, 41(12):7-13
MENG Jin-ming, FAN Ai-ping, HE Chuan-qi, et al. Changes of physicochemical components and aroma substances in mango, carrot and compound fruit wine during fermentation [J]. Food Industry Science and Technology, 2020, 41(12): 7-13
- [31] 马丽娜,袁源,林丽静,等.不同酿酒酵母在菠萝果酒中的发酵特性[J].食品工业科技,2018,39(3):12-16,21
MA Li-na, YUAN Yuan, LIN Li-jing, et al. Fermentation characteristics of different *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple wine [J]. Food Industry Science and Technology, 2018, 39(3): 12-16, 21
- [32] 周元,贲浩,傅虹飞.酵母菌株对猕猴桃果酒香气成分的影响[J].现代食品科技,2014,12:263-270
ZHOU Yuan, BEN Hao, FU Hong-fei. Effects of yeast strains on aroma components of kiwifruit wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 12: 263-270