

朱静, 杨晓聪, 陈亚蓝, 等. 分离自野生猕猴桃的酿酒酵母 A12-2 和 BL20 对猕猴桃酒品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(22): 31–38. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010100

ZHU Jing, YANG Xiacong, CHEN Yalan, et al. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* A12-2 and BL20 Isolated from Wild Kiwifruit on Quality of Kiwifruit Wine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(22): 31–38. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010100

· 研究与探讨 ·

分离自野生猕猴桃的酿酒酵母 A12-2 和 BL20 对猕猴桃酒品质的影响

朱 静, 杨晓聪, 陈亚蓝*, 王闪闪
(信阳农林学院食品学院, 河南信阳 464000)

摘 要:为明确发酵野生猕猴桃果酒的优势酵母, 以猕猴桃为原料, 采用前期分离的野生猕猴桃酿酒酵母 A12-2、BL20 及两种商用酵母为发酵剂, 在相同试验条件和工艺下, 通过对比前发酵和后发酵过程中猕猴桃酒总酸、酒精度、 V_C 、挥发性香气成分等理化指标及感官评价得分, 分析野生猕猴桃酿酒酵母 A12-2、BL20 酿造猕猴桃果酒的产品特性。结果表明: 与商用酵母相比, 野生猕猴桃酿酒酵母 A12-2 和 BL20 的发酵能力优于商用酵母, 其中, 野生猕猴桃酿酒酵母 BL20 酿造的果酒 V_C 含量最高、风味最优。野生猕猴桃酿酒酵母 BL20 酿造的猕猴桃果酒: 总酸为 18.16 g/L, 可溶性固形物为 8.5°Brix, V_C 含量为 95.4 g/L, pH 为 3.72, 酒精度为 13.7%vol, 所测正己酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸丁酯、乳酸乙酯和正己醇含量分别为 1.80、28.5、0.25、2.00 和 1.66 mg/L, 感官评价得分为 86。初步判定野生猕猴桃酿酒酵母 BL20 更适于酿造猕猴桃果酒。

关键词:酿酒酵母, 商用酵母, 猕猴桃果酒, 理化指标, 感官评价

中图分类号: TS261.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)22-0031-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010100

本文网刊:



Effects of *Saccharomyces cerevisiae* A12-2 and BL20 Isolated from Wild Kiwifruit on Quality of Kiwifruit Wine

ZHU Jing, YANG Xiacong, CHEN Yalan*, WANG Shanshan

(College of Food Science, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China)

Abstract: Using kiwifruit as raw material, the dominant yeast for fermenting wild kiwifruit wine was identified. The wines were fermented by obtained *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) A12-2 and BL20 and two commercial yeasts, respectively. Their experimental conditions and processes were the same. The product characteristics of wild kiwifruit wines fermented by *S. cerevisiae* A12-2 and BL20 were analyzed by the physicochemical properties, including total acid, alcohol content, V_C , volatile aroma components and sensory evaluation scores, during pre- and post-fermentation. The results showed that compared with the commercial yeasts, the fermentation abilities of *S. cerevisiae* A12-2 and BL20 were better, especially the kiwifruit wine fermented by BL20 with the most content of V_C and the best flavor. Its contents of total acid, soluble solid, V_C , pH, alcohol were 18.16 g/L, 8.5°Brix, 95.4 g/L, 3.72, 13.7%vol, respectively. The contents of ethyl hexanoate, ethyl butyrate, butyl acetate, ethyl lactate and hexanol were 1.80, 28.5, 0.25, 2.00 and 1.66 mg/L, respectively. The score of sensory evaluation was 86. It was preliminarily indicted that *S. cerevisiae* BL20 from wild kiwifruit is more suitable for fermenting kiwifruit wine.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*; commercial yeast; kiwifruit wine; physicochemical properties; sensory evaluation

猕猴桃营养丰富^[1], 市场接受度高, 有广阔的市场应用前景。目前, 我国猕猴桃的种植面积位于世界

收稿日期: 2022-01-14

基金项目: 河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目(212102110314); 信阳农林学院 2019 年度学校青年基金项目(2019LG009)。

作者简介: 朱静(1983-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: zhujingcy@163.com。

* 通信作者: 陈亚蓝(1991-), 女, 硕士, 研究方向: 天然活性产物的开发研究及食品加工, E-mail: 704930060@qq.com。

第 1 位,年产量居世界第 4 位,主要分布在河南、陕西秦岭区域等区域^[2],猕猴桃销售方式以鲜销为主,然而由于贮藏技术有限,导致大量次果鲜销困难^[3],因此,加大果实加工产品的开发,对于猕猴桃资源的利用有很大的意义和前景^[4]。目前针对猕猴桃的加工产品主要涉及果汁、果酒、果干、果脯、果酱、果糕等^[2,5],其中果酒具有加工利用率高,风味独特,营养价值高^[6],市场前景广阔的特点。酿造果酒的质量主要与酿造时选用的酵母品种有关,采用普通酵母酿造的猕猴桃果酒发酵性差^[7-8],因此,较多的研究集中在猕猴桃酿酒酵母品种的分离纯化和选育^[4,9]上,而关于猕猴桃酿酒酵母在酿造工艺及其工艺参数优化^[9]和野生猕猴桃酵母菌种与商用酵母特性对比的研究较少。已报道分离纯化的猕猴桃酿酒酵母主要有菌株 1-21 和 1-31^[9]、野生酵母 JM11^[10]、菌株 Q3^[11]以及菌株 GT-1、GT-2 等^[12],但上述酵母酿造的果酒还存在色泽较浅、V_C 和酒精产量低、发酵效果并不理想等问题。

本试验以前期从大别山区野生猕猴桃中分离的专用酵母 A12-2 和 BL20(以下简称 A12-2、BL20)为研究对象,与商用酵母:安琪果酒专用酵母 RW、安琪酵母 RV002(以下简称 RW、RV002)对比,通过测定发酵过程中的总酸、酒精度、糖度、pH、V_C、挥发性香气成分,并进行感官评价,阐述 A12-2 和 BL20 的发酵特性及其对产品品质的影响,为野生猕猴桃专用酵母和猕猴桃果酒的开发提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

安琪果酒专用酵母 RW、安琪酵母 RV002 安琪酵母股份有限公司;野生猕猴桃酿酒酵母 BL20 和 A12-2 信阳农林学院微生物实验室保藏;野生猕猴桃 信阳商城大别山山脉采摘;白砂糖 购自当地西亚超市;偏重亚硫酸钾(食品级) 河南禾兴生物科技有限公司;柠檬酸(食品级) 广东康达生物科技有限公司;葡萄糖、琼脂粉、氢氧化钠、抗坏血酸、碳酸氢钠(分析纯) 天津市科密欧化学试剂有限公司;可溶性淀粉(分析纯) 天津市巴斯夫化工有限公司;YEPD 培养基 参照蒋成等^[11]的方法配制。

HH-6 电热恒温水浴锅 北京科伟永兴仪器有限公司;STARTER3C pH 计 奥豪斯仪器(上海)有限公司;LDZM-60KCS 立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂;ZHJH-C1112C 智城超净工作台、ZWY-2112B 恒温培养振荡器 上海智城分析仪器制造有限公司;SPX-250 生化培养箱 北京科伟永兴仪器有限公司;HW 远红外干燥箱 北京科伟永兴仪器有限公司;TG16 台式高速离心机 上海卢湘仪离心机仪器有限公司;GC9800 气相色谱仪 上海科创色谱仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 酵母扩大化培养流程 实验室保藏的酵母菌

菌种→菌种活化→菌种扩大培养→菌种的检验→菌液离心→湿菌体

1.2.2 菌种扩大化培养操作要点 菌种活化:按郝爱玲等^[13]的方法,将-80℃甘油保藏的酵母菌涂布接种 100 μL 于 YEPD 平板上,30℃恒温培养 2~3 d。

菌种扩大培养:挑取活化的单菌落接种于 5 mL YPD 试管中,30℃165 r/min 培养过夜,即种子液。以 5%的接种量,将种子液接种于 150 mL YPD 三角瓶中,同条件下培养 48 h。

酵母菌种的检验:用接种环挑取 1 环的菌液,制成水浸片,在显微镜下观察,检测菌体是否纯净。

菌液离心:在超净工作台中,将菌液倒入灭菌的离心管中,4000 r/min 离心 15 min,倒掉上清液,反复多次,至全部离心结束,将无菌水倒入带有酵母菌沉淀的离心管,8000 r/min 离心 10 min,重复 2~3 次,弃去清液得湿菌体。

1.2.3 猕猴桃果酒发酵工艺 新鲜的猕猴桃清洗去皮,切碎打浆,加蔗糖调节糖度到 20°Brix。将偏重亚硫酸钾(60 mg/L)溶于经灭菌(75%酒精)过的含有 10 mL 水的广口瓶中,加入打浆好的猕猴桃汁液,加果胶酶(100 mg/L),50℃水浴脱胶 4 h,加入柠檬酸将 pH 调至 3.50,按 1 g/L 接种 1.2.2 中的湿菌体,22℃前发酵 6 d,双层纱布过滤,18℃后发酵 6 d,用 500 mg/L 皂土(50℃热水活化后使用)澄清,换罐、去除沉淀,15℃陈酿后,双层纱布过滤后采用 0.45 μm 滤膜过滤除菌,即获得成品猕猴桃果酒^[14-15]。

1.2.4 理化指标测定 总酸的测定采用国标 GB/T 15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中指示剂法测定;可溶性固形物的测定参考 Wei 等^[16]进行;还原糖的测定采用斐林法^[17];V_C的测定采用国标 GB5009.86-2016《食品中抗坏血酸的测定》中 2,6-二氯酚酚滴定法;pH 的测定采用国标 GB/T15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中 pH 计法;酒精度的测定采用国标 GB5009.225-2016《酒中乙醇浓度测定》中酒精计法。

1.2.5 成品的挥发性香气成分 采用气相色谱法,参照朱静^[18]、琪安等^[19]方法进行部分挥发性物质分析。

1.2.5.1 样品处理 检测时取 2 mL 待测样放入 5 mL 顶空瓶中,每毫升样品中加入 20 μL 内标(50 g/L 4-甲基-2-戊醇的丙酮溶液)终浓度为 9.8 mmol/L,在 60℃下保温处理 30 min,使气液平衡,然后用 500 μL 微量进样器在距液面 0.3 mm 处吸取 300 μL 顶空瓶上层气体,注入气相色谱仪(GC-17A/FID,SHIMADZU,日本)中,检测挥发性化合物的残留量。

1.2.5.2 色谱条件 色谱柱为弹性石英毛细管柱 DB-WAX-10(φ0.53 mm×30 m),载气 N₂,进样量 300 μL;采取程序升温,设初始温度为 55℃,在 55℃下保持 3 min;然后 15℃/min 升至 200℃,在 200℃

保持 3 min。

1.2.5.3 挥发物化合物含量的计算方法 对照内标浓度和峰面积, 计算对照样品和处理样品中挥发性化合物无浓度, 按照式(1)计算高级醇降解量。

$$\text{挥发性化合物含量}(\text{mmol/L}) = 9.8 \times A_{\text{样}} / A_{\text{内}}$$

式 (1)

式中: 9.8 为内标的终浓度(mmol/L), $A_{\text{样}}$ 为处理样品中的挥发性化合物峰面积, $A_{\text{内}}$ 为内标的峰面积。

1.2.6 感官评价 由 10 位经验丰富, 具有专业知识的人员组成感官评定小组进行感官评定。猕猴桃酒的感官评定标准见表 1, 参照国标 GB/T15038-2006 葡萄糖、果酒通用分析方法和胡小琴等^[19] 的方法。

表 1 猕猴桃酒感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standard for kiwi fruit wine

项目	标准	分值(分)
色泽(20分)	酒体澄清透明, 有光泽, 具有猕猴桃酒应有的色泽, 无悬浮物、呈黄色	16~20
	酒体透明, 有光泽, 无明显悬浮物, 呈微黄色	11~15
	酒体不透明, 无悬浮物, 呈浅绿色	7~10
	酒体浑浊有悬浮物, 无光泽	0~6
香气(30分)	具有和谐的果香与酒香, 浓郁清爽, 无异味	26~30
	香味不够浓郁, 果香和酒香较和谐	16~25
	香气不明显, 酒香不丰满	6~15
	猕猴桃酒香与果香不和谐, 果香不明显	0~5
滋味(40分)	细腻醇厚、酸甜和谐平衡、酒体丰满、纯净柔和	31~40
	酒质较浓郁、欠柔和, 酒体不够丰满,	21~30
	酒味不够浓郁, 回味有不愉快的滋味	11~20
	酒味刺激、较酸、落口较苦	0~10
典型性(10分)	具有猕猴桃酒的独特风格和典型性、酒体协调	8~10
	典型性不明显, 酒体不协调	4~7
	酒体不协调、无典型性	0~3

1.3 数据处理

试验数据采用样本均数±标准差($\bar{x} \pm s$)形式表示, 实验重复 3 次, 用 SPSS Statistics 20 进行单因素 ANOVA 分析。

2 结果与分析

2.1 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒总酸的影响

总酸(以酒石酸计)作为猕猴桃果酒发酵中的一个重要指标, 对猕猴桃果酒口感及风味具有重要影响。由表 2 可知, 四种酵母菌发酵猕猴桃果酒总酸含量整体先上升后逐渐趋于平缓。1~9 d 四种酵母均呈现上升趋势, 主要原因是果酒带渣发酵, 原材料中存在的乳酸菌、酵母菌利用糖产生乳酸^[20-21], 且发酵过程中酵母细胞通过 EMP 和 HMP 途径将葡萄糖降解为丙酮酸、乳酸、柠檬酸等一些有机酸^[22-24], 导致总酸含量增加。6 d 时 A12-2 和 BL20 总酸含量高于两种商用酵母, 两种野生猕猴桃酿酒酵母之间总酸含量差异较小, A12-2 的总酸含量最高为 17.23 g/L。9~12 d 四种酵母总酸含量呈较平稳状态, 原因可能是发酵后期发酵液中的糖分几乎耗尽, 故酸度渐趋于平稳。发酵终止时的总酸含量为: RV002 升至最高, 为 18.86 g/L; RW 次之, 为 18.47 g/L; A12-2 为 18.17 g/L, BL20 为 18.16 g/L, 总酸含量从高到低依次排序为 RV002>RW>A12-2>BL20。

2.2 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒可溶性固形物的影响

猕猴桃果酒中可溶性固形物可以反映酵母菌的生长繁殖情况及耗糖能力。由表 3 可知, 添加 A12-2、BL20 和安琪 RW、RV002 的样品在前发酵 1~3 d 的可溶性固形物含量急剧下降, 而添加酵母 A12-2 的样品比安琪酵母下降趋势更大, 之后降低趋势明显放缓至基本保持不变。主要是酵母菌生长繁殖需要大量的糖类, 其会分解糖类, 导致可溶性糖类含量急剧下降, 后期因为无氧环境以及营养物质消耗殆尽, 酵母菌大量死亡, 分解糖的能力降低^[25]。

从下降趋势来看, 酵母 A12-2 样品的可溶性固形物含量下降速率最快, 3 d 时 A12-2 可溶性固形物含量降至最低为 7.16°Brix, 说明酵母 A12-2 分解糖的能力较其他酵母更好, 更适宜作为发酵菌种使用。

表 2 前发酵和后发酵总酸含量变化

Table 2 Content of total acid during pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	5.20±0.25 ^h	4.50±0.53 ^f	5.00±0.63 ^g	4.70±0.64 ^g
2	8.50±0.32 ^g	7.50±0.47 ^e	9.00±0.67 ^f	8.00±0.63 ^f
3	13.00±0.69 ^f	11.00±0.61 ^d	13.00±0.63 ^e	10.00±0.64 ^e
4	15.00±0.79 ^e	13.00±0.21 ^c	14.00±0.65 ^{de}	13.00±0.58 ^d
5	17.00±0.23 ^d	16.00±0.59 ^b	15.00±0.01 ^{cd}	16.50±0.48 ^c
6	17.23±0.10 ^{cd}	17.60±0.54 ^a	15.20±0.10 ^c	15.80±0.77 ^c
7	17.25±0.36 ^{bcd}	17.63±0.35 ^a	15.28±0.32 ^c	15.84±1.05 ^c
8	17.89±0.57 ^{abcd}	18.15±0.19 ^a	16.76±0.63 ^b	16.01±0.88 ^c
9	18.10±0.07 ^{abc}	18.20±0.53 ^a	18.50±0.46 ^a	16.78±0.74 ^{bc}
10	18.68±0.49 ^a	18.41±0.38 ^a	18.45±0.38 ^a	17.91±0.76 ^{ab}
11	18.04±0.36 ^{abc}	18.63±0.74 ^a	18.22±0.45 ^a	18.12±0.52 ^a
12	18.17±0.72 ^{ab}	18.16±0.14 ^a	18.47±0.41 ^a	18.86±0.80 ^a

注: 同列不同小写字母表示数据差异显著, ($P < 0.05$); 表3~表7同。

表 3 前发酵和后发酵可溶性固形物含量变化

Table 3 Content of soluble solid state material during pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	20.00±0.23 ^a	20.00±0.32 ^a	20.00±0.10 ^a	20.00±0.10 ^a
2	14.00±0.34 ^b	14.60±0.31 ^b	16.00±0.34 ^b	17.17±0.13 ^b
3	7.16±0.09 ^d	9.67±0.01 ^c	9.00±0.26 ^c	8.16±0.25 ^{ef}
4	7.16±0.40 ^d	7.83±0.03 ^f	8.33±0.04 ^{de}	8.16±0.06 ^{ef}
5	7.00±0.25 ^d	8.00±0.11 ^{ef}	8.67±0.03 ^{cd}	8.83±0.19 ^{cd}
6	6.67±0.06 ^d	6.67±0.32 ^g	8.00±0.18 ^e	8.33±0.18 ^{ef}
7	8.50±0.10 ^e	8.00±0.16 ^{ef}	8.50±0.08 ^{de}	9.00±0.05 ^c
8	8.20±0.11 ^c	8.50±0.05 ^c	8.30±0.25 ^{de}	9.00±0.08 ^c
9	8.50±0.21 ^c	9.00±0.09 ^d	8.50±0.24 ^{de}	8.50±0.17 ^{de}
10	8.00±0.37 ^c	8.40±0.26 ^c	8.00±0.14 ^e	8.50±0.17 ^{de}
11	8.10±0.15 ^c	8.00±0.17 ^{ef}	8.50±0.09 ^{de}	8.00±0.19 ^f
12	8.00±0.16 ^c	8.50±0.02 ^c	8.50±0.17 ^{de}	8.00±0.04 ^f

后发酵阶段, BL20 和 RW 酿造的猕猴桃果酒可溶性固形物含量均降至 8.5°Brix, A12-2 和 RV002 可溶性固形物含量降至 8.0°Brix, 发酵终止时可溶性固形物含量从低到高依次排序为 A12-2=RV002<BL20=RW。研究显示, 酵母菌降糖的速度与酵母菌利用糖转化为酒精的速度即酵母菌发酵能力密切相关^[26]。综上可知, A12-2 和 RV002 的发酵能力较强, BL20 和 RW 次之。

2.3 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒还原糖的影响

还原糖的含量也是衡量果酒发酵进程的一个重要参数, 由表 4 可知, 四种酿酒酵母酿造的猕猴桃果酒中还原糖在 1~7 d 时均呈下降趋势, 7~12 d, 随着发酵时间的延长, 四种酵母酿酒中还原糖的下降趋势明显放缓。可能的原因是前期酵母发酵消耗了大量还原糖, 后期酵母数量减少, 因此对还原糖的利用降低。发酵中止时, 四种酵母酿酒中还原糖的含量分别为: BL20 为 6.35 g/L, A12-2 为 6.43 g/L, RV002 为 6.91 g/L, RW 为 6.61 g/L, 从高到低排序为: RV002>RW>A12-2>BL20。

2.4 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒 V_C 的影响

由表 5 可知, 在 1~12 d 时, 四种酵母菌酿造的猕猴桃果酒中 V_C 含量均呈下降趋势, 可能原因是发

酵时温度升高以及有氧和无氧呼吸导致酒样中的 V_C 被氧化分解, A12-2 和 BL20 酿造果酒 V_C 含量无明显差异, 下降幅度较为平缓, 且整体高于两种商用酵母的 V_C 含量, 两种商用酵母下降幅度较大、V_C 含量较低。12 d 时, 四种酒样 V_C 含量均降至最低: BL20 为 95.40 g/L, A12-2 为 87.90 g/L, RV002 为 85.20 g/L, RW 最低, 为 77.40 g/L。四种酵母酿酒中 V_C 含量从高到低依次排序为 BL20>A12-2>RV002>RW, 其中 BL20 酿造的猕猴桃果酒中 V_C 含量最高, RW 酿造的猕猴桃果酒中 V_C 含量最低, 酵母 BL20 较适合酿造猕猴桃果酒。

2.5 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒 pH 的影响

有机酸含量与果酒的感官品质密切相关, 对果酒的口味、风味、香气等有重要影响。果酒中的有机酸包括乳酸、乙酸、醋酸、柠檬酸、苹果酸以及其他酸类物质, 有机酸的含量可通过 pH 反映。

由表 6 可知, 四种酵母酿造的猕猴桃果酒的 pH 在前发酵过程整体无较大幅度变化, 商用酵母相比于野生猕猴桃酿酒酵母波动较小。2 d 时两种野生猕猴桃果酒 pH 呈下降趋势, 速度较快; 3 d 时 BL20 pH 降至 3.44; 4 d 时 A12-2 pH 降至 3.42, 3~8 d 时, pH 下降的原因一是酵母菌发酵主要产生酒精, 二是

表 4 前发酵和后发酵还原糖含量变化

Table 4 Content of reducing sugar during pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	221.33±7.02 ^a	242.00±7.21 ^a	222.67±2.16 ^a	223.00±3.61 ^a
2	123.33±1.53 ^b	123.00±1.73 ^b	122.00±2.16 ^b	123.33±3.79 ^b
3	110.67±5.77 ^c	107.00±2.00 ^c	99.67±2.16 ^c	101.00±5.29 ^c
4	60.00±3.00 ^d	51.33±9.29 ^d	57.00±2.16 ^d	68.00±7.55 ^d
5	26.33±5.13 ^e	17.33±3.06 ^e	31.00±2.16 ^e	25.33±6.51 ^e
6	9.67±2.52 ^f	9.67±1.15 ^f	13.00±2.16 ^f	14.33±5.03 ^f
7	7.81±0.22 ^f	7.13±0.15 ^f	8.00±2.16 ^f	8.53±1.82 ^{fg}
8	7.72±0.14 ^f	7.06±0.12 ^f	7.63±2.16 ^f	8.02±1.63 ^{fg}
9	7.28±1.14 ^f	6.76±0.24 ^f	7.44±2.16 ^f	7.93±1.62 ^{fg}
10	6.28±1.06 ^f	6.03±0.25 ^f	6.81±2.16 ^f	7.11±1.06 ^{fg}
11	5.76±0.86 ^f	5.80±0.11 ^f	6.17±2.16 ^f	6.50±1.13 ^g
12	6.43±0.55 ^f	6.35±0.27 ^f	6.61±2.16 ^f	6.91±1.16 ^{fg}

表 5 前发酵和后发酵 V_C 含量变化

Table 5 Content of V_C during pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	115.40±1.80 ^a	117.70±1.90 ^a	113.20±2.40 ^a	112.80±2.20 ^a
2	115.30±1.80 ^a	116.70±1.60 ^a	109.20±1.10 ^b	103.90±1.70 ^b
3	110.30±2.20 ^{ab}	111.20±1.20 ^b	98.10±0.50 ^c	99.90±2.60 ^{bc}
4	108.80±1.30 ^{bc}	107.90±2.10 ^{bc}	95.90±0.80 ^{cd}	99.10±1.70 ^{bcd}
5	107.20±2.80 ^{bcd}	107.80±2.40 ^{bc}	94.70±1.70 ^{cd}	95.80±0.90 ^{cd}
6	105.70±2.20 ^{bcd}	106.00±0.90 ^c	95.30±0.20 ^{cd}	90.80±0.70 ^e
7	104.00±1.43 ^{cde}	109.90±2.40 ^{bc}	97.40±0.30 ^{cd}	102.80±0.40 ^b
8	102.40±1.90 ^{de}	106.40±0.50 ^{bc}	96.70±0.50 ^{cd}	100.70±1.30 ^{bc}
9	99.60±2.20 ^{ef}	99.50±1.40 ^d	93.90±0.70 ^{de}	99.80±2.50 ^b
10	95.20±2.30 ^{fg}	98.80±1.60 ^d	90.20±1.40 ^e	94.60±2.10 ^{de}
11	90.80±2.30 ^{gh}	96.30±2.30 ^d	81.80±2.50 ^f	85.60±0.70 ^f
12	87.90±1.20 ^h	95.40±1.00 ^d	77.40±1.40 ^g	85.20±0.80 ^f

表 6 前发酵和后发酵 pH 变化

Table 6 Content of pH during pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	3.50±0.02 ^c	3.50±0.02 ^d	3.50±0.01 ^c	3.50±0.01 ^{cde}
2	3.48±0.04 ^{cd}	3.57±0.01 ^c	3.61±0.02 ^{ab}	3.53±0.02 ^{bcd}
3	3.41±0.02 ^{de}	3.44±0.02 ^e	3.65±0.01 ^a	3.62±0.03 ^a
4	3.42±0.03 ^{de}	3.46±0.01 ^{de}	3.50±0.01 ^c	3.51±0.02 ^{bcd}
5	3.40±0.04 ^e	3.48±0.01 ^{de}	3.46±0.02 ^c	3.46±0.04 ^e
6	3.40±0.01 ^e	3.44±0.03 ^e	3.48±0.01 ^c	3.49±0.01 ^{de}
7	3.48±0.01 ^{cd}	3.45±0.02 ^{de}	3.49±0.02 ^c	3.49±0.05 ^{de}
8	3.46±0.03 ^{cde}	3.50±0.04 ^d	3.50±0.02 ^c	3.51±0.02 ^{bcd}
9	3.47±0.01 ^{cde}	3.65±0.02 ^b	3.58±0.02 ^b	3.54±0.01 ^{bcd}
10	3.50±0.01 ^c	3.71±0.03 ^b	3.60±0.04 ^{ab}	3.53±0.03 ^{bcd}
11	3.60±0.03 ^b	3.70±0.01 ^a	3.62±0.02 ^{ab}	3.57±0.01 ^{abc}
12	3.67±0.03 ^a	3.72±0.01 ^a	3.64±0.03 ^a	3.58±0.03 ^{ab}

带渣发酵中其他微生物代谢产生乙酸、乳酸、醋酸和少量二氧化碳等有机酸,三是葡萄糖酵解的一系列中间产物也呈酸性^[21]。由表 6 可知,在 8 d 至后发酵结束,pH 呈上升趋势且变化较为平缓、差异较小,是因为随着发酵时间的推移,生成的有机酸和乙醇被利用发生酯化反应,生成酯类物质,使有机酸含量下降^[27]。12 d 时,BL20 的 pH 最大,为 3.72,从高到低依次排序为 BL20>A12-2>RW>RV002。

2.6 酿酒酵母在发酵过程中对猕猴桃果酒酒精度的影响

果酒发酵过程复杂,发酵期间原料果浆中的糖被酵解为酒精^[28],支撑起果酒的香气和风味,使果酒风味醇厚,具有结构感。

由表 7 可知,各菌种达到最高酒精度的时间大概是第 9~12 d,在 3~8 d 酒精度会大幅度提升,因为酵母菌大量繁殖后开始进行无氧呼吸,糖被分解成酒

表 7 前发酵和后发酵酒精度含量变化

Table 7 Content of alcohol in pre-fermentation and post-fermentation

发酵时间(d)	A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
1	1.00±0.00 ⁱ	0.0±0.00 ^g	0.0±0.00 ^j	1.0±0.10 ⁱ
2	2.60±0.50 ^h	1.00±0.01 ^f	3.00±0.20 ⁱ	3.00±0.16 ^h
3	5.10±0.40 ^g	7.00±0.60 ^e	5.00±0.28 ^h	5.10±0.23 ^g
4	8.00±0.50 ^f	9.00±0.28 ^d	6.10±0.21 ^g	6.00±0.18 ^f
5	10.00±0.40 ^e	9.60±0.33 ^d	8.00±0.46 ^f	8.00±0.26 ^e
6	12.60±0.10 ^{cd}	10.50±0.24 ^c	10.00±0.24 ^c	10.30±0.01 ^d
7	12.10±0.10 ^d	12.70±0.26 ^b	10.00±0.27 ^c	11.30±0.37 ^c
8	12.80±0.20 ^{bcd}	13.10±0.48 ^{ab}	11.20±0.25 ^d	11.50±0.16 ^{bc}
9	13.00±0.40 ^{abcd}	13.20±0.49 ^{ab}	11.50±0.11 ^{cd}	12.00±0.08 ^{ab}
10	13.10±0.36 ^{abc}	13.50±0.25 ^{ab}	12.00±0.05 ^{bc}	12.30±0.38 ^a
11	13.70±0.52 ^{ab}	13.60±0.41 ^{ab}	12.30±0.16 ^b	11.90±0.19 ^{ab}
12	13.80±0.22 ^a	13.70±0.37 ^a	13.00±0.17 ^a	12.00±0.16 ^{ab}

精、二氧化碳和其他产物^[29]。4 种酵母菌的最终 (12 d) 酒精度从高到底依次为 A12-2>BL20>安琪 RW>安琪 RV002(A12-2 为 13.80%vol, BL20 为 13.70%vol、安琪 RW 为 13.00%vol、安琪 RV002 为 12.00%vol), 但酵母菌 A12-2 在 1~10 d, 酒精生成量总体高于 BL2, 在 2~4 d 期间 BL20 上升最快, 6 d 时 A12-2 上升幅度最大为 12.6%vol, 说明酵母 A12-2 产酒精迅速, 产酒能力较好。作为一株优良的酿酒菌种, 能在短时间内达到一定产酒量是一项重要的性能, 所以从产酒力来说达到某个所需酒精度(一般果酒酒精度在 9%vol~12%vol)的时间越短越好。

由表 7 可知, 8~12 d 酒精含量趋于平缓, 主要原因是发酵后期酒精含量高抑制酵母菌发酵, 且后发酵阶段发生的酯化反应中酒精被消耗, 故发酵趋于平缓^[23]。

2.7 挥发性香气成分分析结果

猕猴桃酒中的香气物质包括: 酯类、醇类、萜烯类、酸类及醛酮类等^[30], 高级醇是酵母通过 Ehrlich 途径将氨基酸或糖代谢生成^[31], 苯乙醇、异戊醇和己醇的含量范围为 140.92~536.57 $\mu\text{g/mL}$, 己醇具有水果香味, 丁酸乙酯和己酸乙酯散发出水果味和甜味^[32]。课题组主要研究正己醇等高级醇及其酯类的转化, 测定以下主要挥发性物质, 为后期酒的品质改良奠定基础。四种酒的气相色谱图见图 1。

由表 8 可知, 四种酵母菌株酿造的猕猴桃果酒挥发性香气成分均有己酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸丁酯、乳酸乙酯、己醇等。四种酵母菌酿制的猕猴桃果酒所测五种挥发性物质含量分别为 25.13、34.21、14.62 和 23.33 mg/L , 从高到低依次排序为 BL20>A12-2>RV002>RW。四种不同酵母的挥发性香气成分含量存在一定的差异, BL20 酿造的猕猴桃果酒中这五种挥发性香气物质含量最高, RW 酿造的猕猴桃果酒中挥发性香气物质含量最低。而 BL20 含量

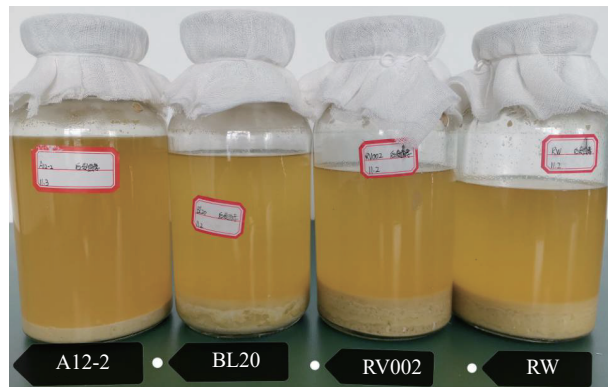


图 1 发酵猕猴桃果酒状态图

Fig.1 State diagram of fermentation kiwi fruit wine

最高的香气成分为丁酸乙酯, 且为猕猴桃果酒典型性香气成分。根据周元等^[33]的研究, 己酸乙酯具有水果甜香味, 丁酸乙酯具有梨、花香, 乙酸丁酯有强烈的水果香气、具先辣后甜似菠萝味道, 乳酸乙酯具有优雅的气味, 正己醇具有水果芳香, 进一步说明 BL20 酿造的猕猴桃果酒香味最为浓郁。综上所述, BL20 酿造的猕猴桃果酒风味最佳。

2.8 酿酒酵母对猕猴桃果酒感官评分的影响对比

由表 9 及图 1 可知, BL20 酿造的猕猴桃果酒感官评分最高为 86 分, 其酒样澄清透明, 色泽透亮, 香味最浓郁, 酒体较醇厚具有典型性, 品质最佳。

3 讨论与结论

本文以野生猕猴桃果酒的总酸、糖度、 V_C 、pH、酒精度、挥发性香气物质含量为指标, 通过对比前期实验室保藏的野生猕猴桃酿酒酵母 A12-2、BL20 和普通商用酵母: 安琪果酒专用酵母 RW、安琪酵母 RV002 酿造猕猴桃果酒的品质差异, 说明野生猕猴桃酿酒酵母的发酵特性及对猕猴桃果酒品质的影响。本文四种酵母酿造的猕猴桃果酒总酸含量均 >18 g/L , 酵母 RV002 较马佳佳等^[22]采用徐香猕猴

表 8 酿酒酵母酿造的猕猴桃果酒部分香气成分

Table 8 Part aroma components of kiwi fruit wine brewed by two kinds of *Saccharomyces cerevisiae*

保留时间(min)	化合物	含量(mg/L)			
		A12-2	BL20	安琪果酒专用酵母RW	安琪酵母RV002
17.919	己酸乙酯	0.55±0.03	1.80±0.08	0.52±0.01	0.14±0.01
13.758	丁酸乙酯	21.90±0.65	28.50±0.42	11.30±0.50	20.00±0.56
14.302	乙酸丁酯	0.29±0.01	0.25±0.01	0.17±0.01	0.19±0.04
15.29	乳酸乙酯	1.60±0.08	2.00±0.10	2.10±0.09	1.50±0.05
11.765	己醇	0.79±0.04	1.66±0.08	0.53±0.03	1.50±0.05

表 9 猕猴桃酒感官评价

Table 9 Sensory evaluation of kiwi fruit wine

酵母菌种类	感官评价	感官评分(分)
A12-2	酒样澄清透明, 色泽透亮, 酒香、果香浓郁, 具有明显的典型性	83
BL20	酒样澄清透明, 色泽透亮, 酒香、果香最浓郁, 酒体较醇厚具有典型性	86
安琪果酒专用酵母RW	酒样澄清, 色泽透亮, 有果香气味, 酒质较醇厚, 典型性不明显	66
安琪酵母RV002	酒样澄清, 色泽透亮, 果香气味比较明显, 典型性不明显	78

桃酿造果酒的总酸值高(10.3 g/L),可能是采用的猕猴桃原料不同、菌种不同等因素造成;本文四种酵母可溶性固形物至 12 d 时含量 $>8.0^{\circ}\text{Brix}$,还原糖含量 $<7\text{ g/L}$ 。与周元等^[33]研究相比,分解糖的能力较弱、耗糖速率略慢,后者在第 9 d 时可溶性固形物可降低到 $6\sim 7^{\circ}\text{Brix}$,其起始可溶性固形物含量为 18°Brix ,本文调节初始可溶性固形物含量为 20°Brix 。与黎星辰等^[25]研究相比,分解糖的能力相当;本文酿酒酵母 BL20 酿造的猕猴桃果酒 V_C 含量为 95.4 g/L,与马荣山等^[34]研究结果相比 V_C 含量较低;本文四种酵母所酿猕猴桃酒的 pH 约 3.6,与李影等^[23]的研究相比偏低;采用 A12-2 和 BL20 酿造的猕猴桃酒的酒精度分别为 $13.8\%\text{vol}$ 和 $13.7\%\text{vol}$,与黎星辰等^[35]的研究相比酒较高,但均在 $0\%\text{vol}\sim 14\%\text{vol}$ 范围内,说明前期筛选的 A12-2 和 BL20 产酒精能力较好;BL20 酿酒酵母酿造的猕猴桃酒正己酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸丁酯、乳酸乙酯和正己醇含量分别为 1.80、28.5、0.25、2.00 和 1.66 mg/L;BL20 酿造的猕猴桃果酒感官评分最高为 86 分,品质最佳。

参考文献

- [1] 宋小青,任亚梅,张艳宜,等. 采后猕猴桃叶绿素降解机制及 1-MCP 处理对其代谢的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 260–265. [SONG Xiaoqing, REN Yamei, ZHANG Yanyi, et al. Mechanism of chlorophyll degradation and effect of 1-MCP treatment on chlorophyll metabolism in postharvest kiwifruit[J]. Food Science, 2017, 38(17): 260–265.]
- [2] 观研报告网. 2020 年中国猕猴桃行业分析报告-行业规模现状与发展潜力评估. [EB/OL] (2020-05-27) [2022-05-06]. <https://baogao.chinabaogao.com/shipin/478732478732.html>. [Insight and Info. Analysis report of kiwi industry in China in 2020-Current status and development potential of the industry[EB/OL] (2020-05-27) [2022-05-06].<https://baogao.chinabaogao.com/shipin/478732478732.html>]
- [3] WANG B, PENG B. A feasibility study on monitoring residual sugar and alcohol strength in kiwi wine fermentation using a fiber-optic FT-NIR spectrometry and PLS regression[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(1–3): 358–362.
- [4] 舒学香,周文,吴霞,等. 猕猴桃果酒酿造专用酵母菌株的筛选[J]. 中国酿造, 2021, 40(8): 99–104. [SHU Xuexiang, ZHOU Wen, WU Xia, et al. Screening of special yeast strain for kiwi fruit wine brewing[J]. China Brewing, 2021, 40(8): 99–104.]
- [5] LIANG J, REN Y, WANG Y, et al. Physicochemical, nutritional, and bioactive properties of pulp and peel from 15 kiwifruit cultivars[J]. Food Bioscience, 2021, 42(8): 101157.
- [6] LI H, HUANG J, WANG Y, et al. Study on the nutritional characteristics and antioxidant activity of dealcoholized sequentially fermented apple juice with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* fermentation[J]. Food Chemistry, 2021, 363: 130351.
- [7] 张晶,左勇,谢光杰,等. 复合菌发酵对野生猕猴桃果酒风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 213–217, 223. [ZHANG Jing, ZUO Yong, XIE Guangjie, et al. Effect of com-
- [8] 张琛,郝笃隽,刘辉,等. 我国猕猴桃果酒酿造工艺及其品质评价研究进展[J]. 中国酿造, 2020, 39(10): 26–29. [ZHANG Chen, XI Dujun, LIU Hui, et al. Research progress of the brewing technology and its quality evaluation of kiwifruit wine in China[J]. China Brewing, 2020, 39(10): 26–29.]
- [9] 周元,张强,傅虹飞,等. 猕猴桃果酒酵母的筛选及发酵工艺优化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(12): 151–160. [ZHOU Yuan, ZHANG Qiang, FU Hongfei, et al. Yeast screening and fermentation process optimization of kiwifruit wine[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2014, 42(12): 151–160.]
- [10] 伍强,万常,彭娟娟,等. 大湘西野生猕猴桃酿酒酵母的分离鉴定及其产物 ACE 抑制活性[J]. 食品与机械, 2018, 34(8): 135–138. [WU Qiang, WAN Chang, PENG Juanjuan, et al. Isolation and identification of *Saccharomyces cerevisiae* of fermentation liquor of wild kiwifruit from the Western of Human and the relative ACE inhibitory activity[J]. Food and Machinery, 2018, 34(8): 135–138.]
- [11] 蒋成,魏妙宏,刘路,等. 猕猴桃果酒专用酵母的筛选与鉴定[J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 202–207. [JIANG Cheng, WEI Miaohong, LIU Lu, et al. Screening and identification of special yeast for kiwi wine[J]. Food and Machinery, 2018, 34(6): 202–207.]
- [12] 韦婷,何靖柳,杨冬雪,等. 一种猕猴桃果酒专用酵母的高效筛选方法[J]. 中国酿造, 2020, 39(5): 115–119. [WEI Ting, HE Jingliu, YANG Dongxue, et al. High-efficiency screening method of special yeast for kiwi fruit wine[J]. China Brewing, 2020, 39(5): 115–119.]
- [13] 郝爱玲,冯莉,秦义,等. 降解柠檬酸酵母菌的筛选及其发酵性能研究[J]. 中国食品学报, 2018, 18(11): 72–80. [HAO Ailing, FENG Li, QIN Yi, et al. Studies on selection and fermentation characteristics of citric acid-degradation yeast[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(11): 72–80.]
- [14] 孙锐锐,李刚,刘瑶,等. 猕猴桃果酒酿造工艺优化研究[J]. 现代食品, 2021(18): 109–112, 124. [SUN Ruijie, LI Gang, LIU Yao, et al. Optimizaiton of brewing technology of kiwi fruit wine[J]. Process Technology, 2021(18): 109–112, 124.]
- [15] 王荣荣,刘坤峰,朱静,等. 野生猕猴桃酿酒酵母的筛选及其发酵特性[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 115–119. [WANG Rongrong, LIU Kunfeng, ZHU Jing, et al. yeast selection and its fermentation characteristics for wild kiwi wine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(16): 115–119.]
- [16] WEI J P, ZHANG Y X, QIU Y, et al. Chemical composition, sensorial properties, and aroma-active compounds of ciders fermented with *Hanseniaspora osmophila* and *Torulaspora quercuum* in co- and sequential fermentations[J]. Food Chemistry, 2020, 306: 125623.
- [17] 中国国家标准化管理委员会. GB 15038-2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006. [Standardization Administration of China. GB 15038-2006 Analytical methods of wine and fruit wine[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.]

- [18] ZHU J, Shi J, PAN Z. Purification and characterization of a hexanol degrading enzyme extracted from apple[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(12): 3246–3252.
- [19] HAN Q A, SHI J L, ZHU J, et al. Enzymes extracted from apple peels have activity in reducing higher alcohols in Chinese liquors[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62: 9529–9538.
- [20] 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 Xiaoqin, LIU Wei, XU Wan, et al. Effect of different yeasts on the quality of navel orange wine[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(5): 1–10, 25.]
- [21] VALERA M J, BOIDO E, DELLACASSA E, et al. Comparison of the glycolytic and alcoholic fermentation pathways of *Hanseniaspora wineae* with *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts[J]. *Fermentation*, 2020, 6(3): 78.
- [22] 马佳佳, 李华佳, 魏冰倩, 等. 徐香猕猴桃酒发酵过程中品质动态变化的研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(4): 86–90. [MA Jiajia, LI Huajia, WEI Bingqian, et al. Dynamic changes of Xuxiang kiwifruit wine quality during fermentation process[J]. *China Brewing*, 2020, 39(4): 86–90.]
- [23] 李影, 韩立杰, 刘子菱, 等. 不同种类酵母对蓝莓果酒品质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(4): 73–77. [LI Ying, HAN Lijie, LIU Ziling, et al. Effect of different types of yeast on the quality of blueberry wine[J]. *Food Science and Technology*, 2014, 39(4): 73–77.]
- [24] WEI J P, ZHANG Y X, WANG Y X, et al. Assessment of chemical composition and sensorial properties of ciders fermented with different non-*Saccharomyces* yeasts in pure and mixed fermentations[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2020, 318: 108471.
- [25] 黎星辰, 文静, 唐敏, 等. 野生猕猴桃酒发酵过程中理化指标变化规律研究[J]. 食品工业, 2016, 37(5): 23–25. [LI Xingchen, WEN Jing, TANG Min, et al. Study on changes in physicochemical indicators of wild kiwifruit wine during fermentation[J]. *The Food Industry*, 2016, 37(5): 23–25.]
- [26] 黎星辰, 唐敏, 曹琳, 等. 不同酿酒酵母对猕猴桃酒理化性质、抗氧化能力及感官的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(6): 16–20. [LI Xingchen, TANG Min, CAO Lin, et al. Effect of different yeasts on physicochemical properties, antioxidant ability and sensory of kiwifruit wine[J]. *Food Science and Technology*, 2016, 41(6): 16–20.]
- [27] 董玉影, 梁成云, 金铁岩. 3种不同酵母对软枣猕猴桃果酒品质的影响[J]. 食品科技, 2013, 38(8): 142–145. [DONG Yuying, LIANG Chengyun, JIN Tieyan. Effect of three kinds of yeasts on *Actinidia arguta* wine quality[J]. *Food Science and Technology*, 2013, 38(8): 142–145.]
- [28] 咎立峰, 杨香瑜, 陈江魁, 等. 黑枣果酒发酵过程主要成分变化规律及香气成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(2): 12–17. [ZAN Lifeng, YANG Xiangyu, CHEN Jiangkui, et al. Analysis of chemical ingredients changes and aroma components in fermentation process of date plum fruit wine[J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(2): 12–17.]
- [29] 信春晖, 许玲, 董乔娟, 等. 酿酒微生物对酒体质量及风格的影响[J]. 酿酒, 2016, 43(2): 38–47. [XIN Chunhui, XU Ling, DONG Qiaojuan, et al. Effects of brewery microbes on the quality and style of liquor[J]. *Liquor Making*, 2016, 43(2): 38–47.]
- [30] HUANG J T, WANG Y Q, REN Y C, et al. Effect of inoculation method on the quality and nutritional characteristics of low-alcohol kiwi wine[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, 156: 113049.
- [31] HAZELWOOD L A, DARAN J M, VAN MARIS A J, et al. The ehrlich pathway for fusel alcohol production: A century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2018, 74(8): 2259–2266.
- [32] PENG W Y, MENG, D Q, YUE T L, et al. Effect of the apple cultivar on cloudy juice fermented by a mixture of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus fermentum*[J]. *Food Chemistry*, 2021, 340: 127922.
- [33] 周元, 贵浩, 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, 30(12): 263–270, 240. [ZHOU Yuan, BEN Hao, FU Hongfei. Effect of yeast strains on the aromatic composition of kiwifruit wine[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(12): 263–270, 240.]
- [34] 马荣山, 王舒. 猕猴桃酒酿造过程中 V_C 含量变化的研究[J]. 中国酿造, 2008(20): 44–46. [MA Rongshan, WANG Shu. The change of V_C in the processing of kiwi wine brewing[J]. *China Brewing*, 2008(20): 44–46.]
- [35] 黎星辰. 猕猴桃酒酿酒菌种性能分析、优选与混合发酵工艺优化研究[D]. 成都: 西华大学, 2017. [LI Xingchen. Study on performance analysis as well as preferred selection of *Saccharomyces cerevisiae* and optimization of fermentation technology of kiwifruit wine[D]. Chengdu: Xihua University, 2017.]