

安梨酒发酵菌株筛选及工艺优化

孙翠焕*, 陈丽媛, 徐 冲, 陈 杰, 冯 华

(辽宁省微生物科学研究院, 朝阳 122000)

摘 要: **目的** 以简化生产工艺、提高发酵型安梨果酒品质为出发点, 对发酵工艺进行优化及对发酵用菌株进行筛选。**方法** 通过不同榨汁方式、添加酶制剂及抗氧化剂对安梨汁进行预处理, 以发酵周期、残糖、酒精转化率、透光率、酒体品质等为考察指标, 研究不同预处理方法及发酵条件对安梨酒的影响。**结果** 在制汁过程添加 0.015% 的 *D*-异抗坏血酸钠可有效防止果汁褐变。用清汁发酵生产安梨果酒在酒体澄清度方面优于果浆发酵。发酵过程加入果酒专用酶制剂, 可使发酵周期缩短 1 d, 酒精转化率提高 2.32%, 透光率提高 4%。通过不同菌株在不同温度下发酵试验, 确定酵母 23[#] 为发酵安梨酒最佳菌株, 发酵温度为 25 ℃。**结论** 以上研究为开发安梨资源开辟了新途径, 为安梨的加工利用提供技术参考。

关键词: 安梨酒; 发酵; 工艺优化; 菌株筛选

Fermentation technology optimization and strain screening of sour pear perry

SUN Cui-Huan*, CHEN Li-Yuan, XU Chong, CHEN Jie, FENG Hua

(Liaoning Academy of Microbiology, Chaoyang 122000, China)

ABSTRACT: Objective Fermentation technology of sour pear perry was optimized and its strains were screened to simplify the production and improve the quality. **Methods** The juice of sour pear was preprocessed through different squeezing ways, enzyme addition and antioxidants addition; the influence of different pretreatment methods and fermentation conditions on sour pear perry were studied according to the indexes of fermentation period, residual sugar, alcohol conversion rate, light transmittance and perry quality. **Results** Sour pear perry was produced through fermentation technology; the juice of sour pear was added with 0.015% of sodium *D*-isoascorbate for effective prevention from oxidized browning. The clarity of sour pear perry from clear fruit juice fermentation is better than that direct fruit paste fermentation. The fruit juice was directly added with enzyme preparation during fermentation, the period could be shortened for 1 d. Alcohol conversion rate increased 2.32% and transmittance 4%. Different yeast strains were tested in different temperature, and the yeast 23[#] was confirmed the best strain for sour pear perry, the fermentation temperature was at 25 ℃. **Conclusion** The research opened a new way for the development of sour pear and provided the technical reference for the producing of sour pear.

KEY WORDS: sour pear perry; fermentation; technology optimization; strain screening

基金项目: 国家星火计划项目((2013)626)、辽宁省产业技术创新战略联盟计划项目(201101161)

Fund: Supported by the National Spark Plan Project ((2013)626), Liaoning Project of Industry Technology Innovation Strategic Alliance (201101161)

*通讯作者: 孙翠焕, 研究员, 主要研究方向为食品工程及应用微生物研究。E-mail: sch6812@163.com

*Corresponding author: SUN Cui-Huan, Researcher, Food Engineering and Application of Microorganism, Liaoning Academy of Microbiology, No. 820, 4 Sec. Longshan Str., Chaoyang 122000, China. E-mail: sch6812@163.com

1 引言

安梨(*Pyrus ussuriensis*), 俗称酸梨, 是秋子梨系统的代表品种之一, 为辽宁、河北、北京及天津等地栽培较多的地方优良品种^[1]。安梨果实中含糖、有机酸、果胶、多种维生素、钙、铁、锰、锌、氨基酸等。

《本草再新》中记载梨皮有清心降火、滋肾益阴、生津止渴、除烦去湿的作用。安梨果皮粗糙, 果肉中含有较多石细胞, 影响了梨的品质, 鲜食价值较低, 也不适合罐头等果肉制品的加工, 但因其酸含量高, 有独特香味, 较适合于果汁、果酒类制品的生产^[1,2]。高海生等^[1]研究了在破碎安梨果实榨汁时添加 5% 的白酒大曲可使出汁率达 70.3%, 并采用加入果酒酵母前添加 8% - 10% 的裂殖酵母的苹果酸-乙醇发酵生物降酸法可使降酸率达 55.6%, 研究了采用带皮渣发酵再分离皮渣继续发酵的方法生产安梨果酒的发酵工艺。郭意如等^[3]研究了在安梨浆中添加 50 mg/L 的果胶酶酶解 24 h, 出汁率可达 70% 以上, 并采用发酵前添加有机酸的方式调整果汁酸度到(0.4~0.6) g/100 mL。本文以简化生产工艺、提高安梨酒品质为出发点, 对发酵型安梨果酒的发酵工艺进行优化^[4], 并对发酵用酵母菌株进行筛选, 为安梨的加工利用提供依据。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 供试菌株: 辽酿 1[#]: 辽宁省菌种保藏管理中心提供; 酵 23[#]: 食品工程研究室筛选的耐酸酵母; 果酒专用干酵母(湖北安琪酵母股份有限公司), 活化后使用。

2.1.2 原材料: 安梨采自朝阳市双塔区长宝乡; 果浆复合酶(和氏壁生物技术有限公司), 推荐用量 0.001%~0.01%, 使用条件为 pH 3.2~5.0, 温度 10~55 ℃, 酶解时间 12~24 h, 静置或适当搅拌; 果酒专用酶制剂(和氏壁生物技术有限公司), 推荐用量为 0.001%~0.01%, 使用条件为 pH 3.0~5.5, 温度 4~55 ℃, 制汁或发酵过程加入; 白砂糖、D-异抗坏血酸钠等均为食品级, 市售。

2.1.3 仪器设备: ZX-360 打浆机(曲阜市汇众机械设备有限公司), FH-200 型不锈钢压滤机(新乡市福合机械设备有限公司), SPH-2102 摇床(上海世平实验设备

有限公司), GUJZ-5L*5C 型自动机械搅拌不锈钢发酵罐(镇江东方生物工程设备技术有限责任公司), YGFJ10-2 酒精计(上海华岩仪器设备有限公司), 723P 型分光光度计(上海光谱仪器有限公司), 酒精蒸馏系统, 酸碱滴定系统。

2.2 培养基

2.2.1 酵母固体斜面培养基: 葡萄糖 2 g, 蛋白胨 2 g, 酵母膏 1 g, 琼脂粉 1.6 g, 水 100 mL。

2.2.2 一、二级液体种子培养基: 白糖 5 g, 尿素 0.2 g, 酵母膏 0.5 g, 水 100 mL。

2.2.3 三级液体种子培养基: 白糖 5 g, 尿素 0.2 g, 酵母膏 0.5 g, 安梨果汁 5 mL, 水 95 mL。

2.3 分析方法

(1) 残糖: 按照 GB/T 5009.7-2003 还原糖的测定方法。

(2) 总酸: 酸碱中和滴定法。

(3) 透光率: 采用可见光分光光度计法, 以蒸馏水为空白, 用 1 cm 比色皿在 680 nm 处测透光率^[5]。

(4) 酒精度: 蒸馏比重法(20 ℃时测定)。

$$\text{酒精转化率}(\%) = \frac{\text{实际酒精得率}}{\text{糖分} \times 0.6479} \times 100\%$$

2.4 生产工艺流程

如图 1

2.5 实验方法及工艺参数要点

2.5.1 安梨制汁过程抗氧化研究

在制浆过程分别添加 0.005%、0.01%、0.015%、0.02% 的 D-异抗坏血酸钠, 以不加 D-异抗坏血酸钠的为对照, 观察其对安梨汁褐变的影响。

2.5.2 糖度调整

本实验原料安梨的还原糖为 10.5 g/100 mL。果酒的酒精度一般控制在 9%~13%(v), 以 1.7 g 糖生成 1%(v) 的酒精计, 在安梨酒生产过程中, 10.5 g/100 mL 的初始含糖量不能满足酒精转化的需要^[6], 因此, 发酵前要对安梨汁进行糖度调整。调配发酵液时要根据所需成品酒酒精度的多少来调整糖量, 本试验中用白砂糖补足发酵液糖含量为 20 g/100 mL。

2.5.3 酸度调整

有研究表明, 由于安梨果实有机酸含量高, 为提高安梨酒品质及减少高酸度对酵母的抑制作用, 在发酵前需进行降酸处理。由于各地区原料品质不尽相同, 本研究的原料酸度为 0.518 g/100 mL, 前期研

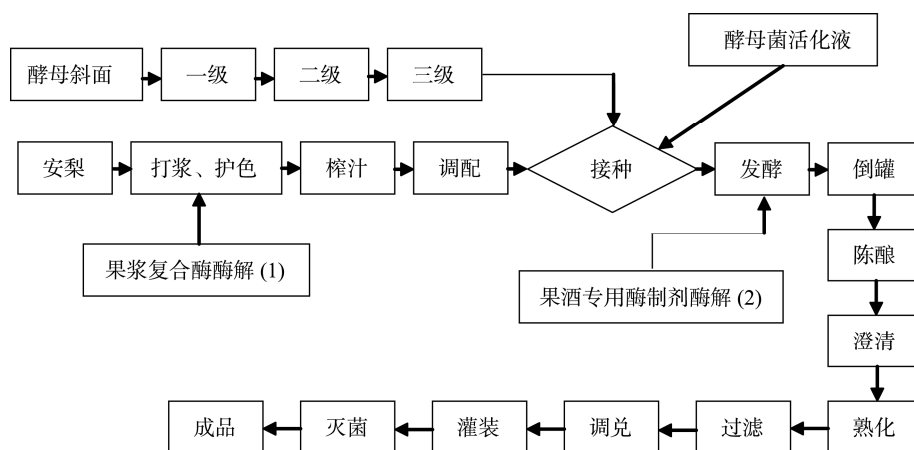


图1 工艺流程图

Fig. 1 The flow chart of technology

究结果也表明了安梨酸度并未抑制辽酿1[#]、酵23[#]、果酒干酵母3株酵母菌的增殖与发酵。因此本研究不需要进行安梨汁的降酸处理。

2.5.4 果浆、清汁对发酵的影响

分别用安梨果浆、清汁进行发酵试验。辽酿1[#]、酵23[#]、果酒专用干酵母3株酵母菌的最佳生长温度均在25~30℃。根据前期研究结果选择发酵温度为25℃，定期测定发酵液还原糖含量，低于1g/100mL时停止主发酵，置于5~10℃进行陈酿。

2.5.5 不同果汁预处理方式对发酵的影响

打浆过程中添加果浆复合酶以提高安梨出汁率和澄清果汁。复合酶添加量为最大推荐用量0.01%，反应温度为室温(20~25℃)，反应时间24h，适当搅拌。以不加酶的为对照。

分别以果浆复合酶酶解果浆后榨汁、果浆直接榨汁、果浆直接榨汁并在发酵过程加入果酒专用酶制剂，制得3种发酵液。果酒专用酶制剂添加量为最大推荐用量0.01%。以酵23[#]为生产菌种，接种量为 1×10^6 个/mL，25℃发酵，考察发酵启动时间、发酵周期、残糖、酒精度、酒精转化率、总酸、透光率、酒品质各项指标。

2.5.6 安梨果酒的发酵菌株及最佳发酵温度筛选

根据辽酿1[#]、酵23[#]、果酒专用干酵母3株酵母菌生理特性，试验设计了20℃、25℃两个发酵温度，接种量为 1×10^6 个/mL，以发酵启动时间，发酵周期，主发酵结束时的残糖、总酸、酒精转化率、菌体活力，酒体外观状态、透光率、香气作为考察指标，进行安梨果酒的发酵试验。

2.5.7 陈酿

将酒液在5~10℃下陈酿180d，以改善酒体品质。

2.5.8 澄清

经过陈酿的安梨果酒仍会发生物理、化学和生化变化，影响酒体品质，需用本研究室研制的絮凝剂进行净化处理。事先把絮凝剂1[#]和2[#]配成一定比例的胶液，先加入1[#]，搅匀后再加入2[#]，出现絮凝物后停止搅拌，絮凝稳定后进行离心。

2.5.9 杀菌

将安梨酒经调兑过滤后，密闭换热加热至50℃，装瓶后置于60~70℃水中巴氏杀菌20min，取出冷却。

3 结果与讨论

3.1 安梨制汁过程抗氧化研究

传统方法多使用二氧化硫作为果汁的杀菌剂及抗氧化剂，加D-异抗坏血酸钠可减少安梨酒中硫的残留量^[7]。安梨在打浆过程，不加D-异抗坏血酸钠则有明显褐变现象，安梨汁较混浊；添加量为0.005%、0.01%时，防止褐变效果不明显；添加量为0.015%、0.02%时，果汁无明显褐变发生。根据食品安全国家标准 食品添加剂使用标准GB 2760-2011，确定使用0.015%的D-异抗坏血酸钠来防止安梨汁的褐变。

3.2 果浆、清汁对发酵的影响

研究结果显示，安梨果浆具有一定粘稠度，加入果浆复合酶处理后粘度下降不明显；分别利用3种酵母菌进行发酵，主发酵周期均为5~6d，在香气方面无明显差别；但发酵过程粘度下降不明显，这在大生产中将影响物料输送，甚至造成浪费；果浆发酵的酒体均较清汁发酵的混浊。因此，确定用清汁发酵生产安梨果酒^[8]。

3.3 不同果汁预处理方式对发酵的影响

植物细胞壁主要由纤维素、半纤维素、果胶质组成。添加果胶酶、纤维素酶等可以使果胶等多糖物质被大量降解^[9,10]。为提高安梨出汁率和澄清果汁, 研究在打浆过程中添加果浆复合酶对安梨出汁率的影响。研究结果显示, 使用果浆复合酶对果浆进行酶解处理, 板框过滤机过滤, 出汁率为 83.33%。果浆不经酶制剂处理, 用板框过滤机直接榨汁的出汁率为 82.76%, 仅提高 0.57%, 提高幅度不明显, 可能是安梨中存在大量的石细胞, 在过滤过程加大了果浆分子间空隙, 增加了直接取汁的出汁率。

将酵 23[#] 分别接种于复合酶酶解果汁、直接榨汁、加入果酒专用酶制剂的 3 种发酵液, 进行发酵试验。结果见表 1。

从表 1 看出, 处理一发酵启动时间为 2 d, 延滞期较处理二、三多 1 d, 发酵周期长, 主酵期与处理二、三相同, 均为 4 d, 说明一旦开始发酵, 加酶与不加酶则无明显差别; 三个处理在主酵结束时的酸度及残糖两项指标上相近, 说明酵 23[#] 在 25 ℃下, 在 3 个处理的发酵液中对还原糖的转化及产酸能力方面无明显差别; 处理一酒精转化率较处理二、三的分别低 1.55%和 2.32%, 分析原因, 可能是在复合酶解过程产生了部分还原糖, 继而发酵产生酒精, 也有可能是未加酶处理中果胶等成份对酵母菌的生长及酒精发酵有一定抑制作用^[11-13]; 3 个处理的发酵液经陈酿、板框过滤、灭菌后, 处理二、三的酒体在澄清度方面好于处理一, 而处理三更有优势, 三者色泽及香气方面无明显差异。分析表明, 用果浆复合酶对果浆进行酶解处理, 在生产周期方面, 常温下酶解时间

至少需要 12 h, 使打浆、榨汁过程由连续性变成间歇操作, 增加了工艺的复杂程度, 延长了生产周期, 也增加了容器设备投入^[14], 同时, 使用果浆复合酶处理果浆, 与用板框过滤机直接过滤在出汁率上提高幅度不明显。而果浆直接榨汁并用果酒专用酶制剂在发酵过程酶解, 避开了原料果大量集中采摘需要及时榨汁处理的时间段, 且边酶解边发酵, 在酒精转化率及酒品质方面均占优势^[15,16]。因此, 通过综合分析, 确定以果浆直接榨汁进行发酵, 并在发酵过程加入果酒专用酶制剂, 使酶解与发酵同步进行。

3.4 安梨果酒的发酵菌株及最佳发酵温度筛选

温度是果酒发酵的主要因素, 不同温度条件会影响酵母菌的活性、发酵速度以及副产物的形成, 影响果酒品质。速度过快易造成酒质粗糙、品质欠佳, 速度过慢, 如管理不善易受杂菌污染^[17]。以辽酿 1[#]、酵 23[#]、果酒专用干酵母为发酵菌株, 分别在 20 ℃、25 ℃下发酵, 结果见表 2。

从表 2 结果看出, 在 20 ℃、25 ℃下发酵, 辽酿发酵启动均较慢, 延滞期分别较其他 2 株酵母菌长 1 d, 可能是安梨汁酸度一定程度延长了其延滞期; 在 2 种发酵温度下, 酵 23[#] 的发酵周期均相应少于辽酿 1[#]和果酒专用干酵母, 分别为 7 d 和 5 d, 在大生产中可有效提高生产效率, 降低生产成本; 3 株酵母菌在 20 ℃下发酵, 主发酵结束时残糖均高于相应菌株在 25 ℃下发酵, 但 3 株菌之间差异不显著, 残糖均低于 1 g/100 mL; 主发酵结束时, 各菌株在 25 ℃下的发酵液酸度均较 20 ℃高, 说明较高的发酵温度利于酸的生成^[18]; 辽酿 1[#]酸度最低, 但并未使酒精转化率提高, 可能是还原糖更多地转化为其他代谢物。3 株

表 1 不同果汁预处理方式对发酵的影响
Table 1 Effects of different pretreatment methods on the fermentation of fruit juice

预处理	发酵启动 时间/d	发酵周期 /d	残糖 /g.100mL ⁻¹	酒精度 /%(v)	酒精转化率 /%	总酸 /g.100mL ⁻¹	透光率 /%	酒品质
处理一: 果浆直接榨汁	2	6	0.86	10.0	77.17	0.69	90	较澄清、有光泽、淡黄色、有梨香及酒香
处理二: 果浆复合酶酶解果浆后榨汁	1	5	0.88	10.2	78.72	0.69	94	澄清、有光泽、淡黄色、有梨香及酒香
处理三: 果浆直接榨汁并在发酵过程加入果酒专用酶制剂	1	5	0.85	10.3	79.49	0.68	96	澄清、有光泽、明亮的淡黄色、有梨香及酒香

表 2 不同酵母菌在不同温度下发酵情况比较
Table 2 Comparison of different yeast fermentation at different temperatures

菌种	发酵温度 /℃	发酵启动 时间/d	发酵周期 /d	残糖 /g.100mL ⁻¹	酒精度 /(%v)	酒精转化 率/%	总酸 /g.100mL ⁻¹	透光率 /%	酒品质
酵 23 [#]	20	2	7	0.86	9.5	73.31	0.65	96	澄清、有光泽 明亮的淡黄色 果香及酒香浓郁
	25	1	5	0.74	10.2	78.72	0.68	96	澄清、有光泽 明亮的淡黄色 果香及酒香浓郁
辽酿 1 [#]	20	3	10	0.89	9.3	71.77	0.62	94	澄清、有光泽 淡黄色 果香及酒香略淡
	25	2	8	0.87	10.0	77.17	0.64	92	较澄清、有光泽 淡黄色 果香及酒香略淡
果酒专用干酵母	20	2	9	0.86	9.5	73.31	0.65	95	澄清、有光泽 明亮的淡黄色 果香及酒香浓郁
	25	1	7	0.78	9.7	74.86	0.68	95	澄清、有光泽 明亮的淡黄色 果香及酒香浓郁

酵母菌在 25 ℃下发酵的酒精转化率均高于对应菌在 20 ℃发酵, 25 ℃较利于酒精转化, 其中酵 23[#]的酒精转化率在 25 ℃下最高, 为 78.72 %; 酵 23[#]及果酒专用干酵母的发酵酒透光率均好于辽酿 1[#], 酵 23[#]则达到了 96%, 酒体澄清、有光泽, 呈明亮的淡黄色; 从酒体香气来看, 酵 23[#]及果酒专用干酵母的发酵酒果香及酒香浓郁, 有安梨酒的独特风格; 发酵过程中, 通过显微镜跟踪观察 3 种酵母菌生长情况, 酵 23[#]菌体活力好于其他 2 种酵母菌, 在主发酵结束时, 酵 23[#]活力较强, 菌体自溶现象远远少于其他 2 种酵母菌, 这在大生产中可增加菌体回收的附加值。通过综合分析, 确定酵 23[#]为发酵安梨酒最佳菌株, 发酵温度为 25 ℃。

3.5 产品质量标准

3.5.1 感官指标

酒体呈明亮的淡黄色, 澄清、透明, 无悬浮物, 有光泽; 具有纯正、和谐的果香与酒香, 酒体醇厚, 余味悠长。

3.5.2 理化指标

成品酒酒精度 10%(v)~11%(v); 总糖 0.41~1.2 g/100 mL; 总酸 0.6~0.8 g/100 mL, 挥发酸(以乙酸计) ≤ 0.12 g/100 mL; 干浸出物 ≥ 1.6 g/100 mL。

4 结 论

研究结果表明, 在安梨制汁过程使用 0.015%的 *D*-异抗坏血酸钠, 可有效防止果汁褐变, 降低了产品硫残留的隐患。用清汁发酵生产安梨果酒,在酒体澄清度方面优于果浆发酵。目前酶制剂的发展趋势是操作简化、酶解高效, 本研究中使用的酶制剂不需要事先活化, 果浆榨汁后直接加入果酒专用酶制剂进行发酵, 实现酶解与发酵同步进行, 简化了生产工艺, 同时可使发酵周期缩短 1 d, 酒精转化率提高 2.32%, 透光率提高 4%, 提高了酒体澄清度。当起始糖度为 20 g/100 mL, 起始酸度为 0.518 g/100 mL 时, 通过不同菌株在不同温度下发酵, 分析试验结果, 确定酵 23[#]为发酵安梨酒最佳菌株, 发酵温度为 25 ℃, 发酵启动时间为 1 d, 发酵周期为 5 d, 发酵液残糖 0.74 g/100 mL, 酒精度 10.2%(v), 酒精转化率达 78.72%, 总酸 0.68 g/100 mL, 酒体呈明亮的淡黄色, 澄清透明, 有光泽, 果香及酒香浓郁。

参考文献

[1] 高海生, 柴菊华, 张建才, 等. 安梨酒的酿造工艺及营养成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(12): 73-76.

- Gao HS, Chai JH, Zhang JC, *et al.* Analysis of brewing process and nutrition of *an* Pear wine [J]. Food Ferment Ind, 2006, 32(12): 73–76.
- [2] 石超, 吕长鑫, 冯叙桥, 等. 果蔬汁饮料现状及发展前景分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(3): 970–976.
- Shi C, Lv CX, Feng XQ, *et al.* Analysis on prospects and current situation of fruit and vegetable juice beverages [J]. J Food Safe Qual, 2014, 5(3): 970–976.
- [3] 郭意如, 胡云峰, 张珂, 等. 发酵安梨果酒实用加工技术[J]. 农产品加工 学刊, 2011, (4): 93–94, 98.
- Guo YR, Hu YF, Zhang K, *et al.* Practical processing technology of fermenting *Anli* pear wine [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2011, (4): 93–94, 98.
- [4] Panesar PS, Panesar R, Singh B. Application of response surface methodology in the optimization of process parameters for the production of Kinnow wine [J]. Nat Prod Radiance, 2009, 8(4): 366–373 .
- [5] 周文化, 周晔, 周其中, 等. 壳聚糖在荔枝果酒澄清中的应用研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(3): 106–108.
- Zhou WH, Zhou Y, Zhou QZ, *et al.* Research on application of chitosan in clarification of litchi fruit wine [J]. J Cent South Univ Forest Technol, 2007, 27(3): 106–108.
- [6] 王丹姝. 山梨果酒的生产技术[J]. 酿酒, 2012, 39(2): 81–82.
- Wang DS. Production technology of pear fruit wine [J]. Liquor Making, 2012, 39(2): 81–82.
- [7] 黄丹丹, 李谣, 周海媚, 等. 发酵酒的抗氧化活性研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(7): 1–4.
- Huang DD, Li Y, Zhou HM, *et al.* Progress on antioxidant activity of fermented drinks [J]. China Brewing, 2013, 32(7): 1–4.
- [8] 刘苏苏, 吕长鑫, 李萌萌, 等. 酶制剂在果蔬汁澄清及加工中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014.5(10): 3276–3283.
- Liu SS, Lv CX, Li MM, *et al.* Application progress of enzyme preparation in fruit and vegetable juice clarification and processing [J]. J Food Safe Qual, 2014, 5(10): 3276–3283.
- [9] 严红光, 程江华. 金秋梨果酒澄清工艺比较研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 20051–20052.
- Yan HG, Cheng JH. Comparative study on clarification technology for jinqiu pear fruit wine [J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(32): 20051–20052.
- [10] Vine RP. Commercial Winemaking, Processing and Control [M]. Westport, Conn: The AVT Publishing Co., Inc., Westport, Conn, 1991.
- [11] 孙翠焕, 王淑华, 王洪奇, 等. 沙棘果酒发酵工艺研究[J]. 沙棘, 2000, 13(3): 30–34.
- Sun CH, Wang SH, Wang HQ, *et al.* Study on the fermentation technology of sea-buckthorn fruit wine [J]. Sea-buckthorn, 2000, 13(3): 30–34.
- [12] 范琳琳, 陈启和. 传统发酵食品中的微生物及其代谢作用[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(4): 996–1001.
- Fan LL, Chen QH. Composition and its mechanism of microflora in traditional fermented foods [J]. J Food Safe Qual, 2014, 5(4): 996–1001.
- [13] 徐国强, 杜婕, 吴满珍, 等. 酒精发酵过程中酿酒酵母耐受环境胁迫的研究进展[J]. 微生物学杂志, 2013, 33(6): 80–83.
- Xu GQ, Du J, Wu MZ, *et al.* Advances in tolerance of *saccharomyces cerevisiae* to circumstances coercion during alcohol fermentation process [J]. J Microbiol, 2013, 33(6): 80–83.
- [14] 牛黎莉, 张盛贵, 毕阳, 等. 梨果酒酿造工艺的研究[J]. 农产品加工 学刊, 2009, (8): 30–32, 44.
- Niu LL, Zhang SG, Bi Y, *et al.* Study on the brewing technology of pear wine [J]. Acad Period Farm Pro Process, 2009, (8): 30–32, 44.
- [15] 李瑛, 吕明生, 王淑军, 等. 海洋耐高温酸性 α -淀粉酶水解玉米淀粉的研究[J]. 微生物学杂志, 2012, 32(2): 31–35.
- Li Y, Lv MS, Wang SJ, *et al.* Marine thermo-resistant acidic α -amylase to hydrolyze corn starch [J]. J Microbiol, 2012, 32(2): 31–35.
- [16] 李晓东, 周明, 杨丽娜, 等. 黑曲霉 β -葡萄糖苷酶的酶学特性研究[J]. 微生物学杂志, 2014, 34(3): 14–18.
- Li XD, Zhou M, Yang LN, *et al.* Enzymologic Properties of β -Glucosidase from *Aspergillus niger* [J]. J Microbiol, 2014, 34(3): 14–18.
- [17] 黄夏, 农志荣, 杨昌鹏, 等. 香蕉-菠萝复合果酒双酵母混合发酵工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(10): 89–93.
- Huang X, Nong ZR, Yang CP, *et al.* Study on the technology of double yeast fermentation in Banana-Pineapple wine [J]. Food Res Dev, 2011, 32(10): 89–93.
- [18] 胡小露, 刘卉, 鲁宁, 等. HPLC 法同时测定蓝莓汁及其发酵酒中 9 种有机酸[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 229–232.
- Hu XL, Liu H, Lu N, *et al.* Determination of 9 organic acids in blueberry juice and wine by HPLC [J]. Food Sci, 2012, 33(16): 229–232.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



孙翠焕, 研究员, 主要研究方向为食品工程及应用微生物研究。
E-mail: sch6812@163.com