

嗜酸乳杆菌对蓝靛果汁降酸效果的研究

马蕊, 王鑫, 韩春然, 庄星光

(哈尔滨商业大学 食品工程学院, 哈尔滨 150076)

摘要: **目的** 以蓝靛果汁为原料, 选取嗜酸乳杆菌通过发酵降低果汁的酸度, 以达到改善果汁口感的目的。**方法** 研究以果汁降酸率为指标, 经单因素和正交试验优化工艺条件, 并测定降酸前后果汁中主要有机酸含量变化情况和果汁相关指标。**结果** 得到的最佳降酸工艺条件为发酵温度 34 °C、菌接种量 2.5×10^7 CFU/mL、初始 pH 值 3.4、葡萄糖添加量(质量分数) 3%、胰蛋白胨添加量(质量分数) 3%, 此条件下果汁的降酸率达到 86.32%。采用 HPLC 法测得果汁中苹果酸、柠檬酸的含量分别下降了 49.37%、36.05%, 花色苷、还原糖等指标有小幅下降。**结论** 嗜酸乳杆菌可有效应用于蓝靛果汁降酸处理中, 有利于提升果汁的口感。

关键词: 嗜酸乳杆菌; 降酸; 蓝靛果汁

中图分类号: TS255.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)17-0027-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.17.005

Effect of *Lactobacillus Acidophilus* on Acid Reduction of *Lonicera Caerulea L.* Juice

MA Rui, WANG Xin, HAN Chun-ran, ZHUANG Xing-guang

(School of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: With the *Lonicera caerulea L.* juice as the raw material, the work aims to select the lactobacillus acidophilus to reduce the acidity of fruit juice by fermentation, in order to improve the juice taste. Taking the acid reduction rate of juice as the index, the technological conditions were optimized by single factor and orthogonal experiment, and the changes of the main organic acid content in the juice before and after acid reduction and the juice related indexes were measured. The optimum conditions obtained for acid reduction were as follows: fermentation temperature of 34 °C, inoculation volume of 2.5×10^7 CFU/mL, initial pH 3.4, additive amount (mass fraction) of glucose of 3%, and additive amount (mass fraction) of tryptone of 3%. Under these conditions, the acid reduction rate of juice was 86.32%, the malic acid and citric acid measured by HPLC in the juice were respectively decreased by 49.37% and 36.05%, and the indexes of anthocyanin and reducing sugar were slightly decreased. *Lactobacillus acidophilus* can be effectively used in acid reduction treatment of *Lonicera caerulea L.* juice, which helps improve the taste of juice.

KEY WORDS: lactobacillus acidophilus; acid reduction; *Lonicera caerulea L.* juice

蓝靛果 (*Lonicera caerulea L.*), 忍冬科忍冬属, 果实中维生素、氨基酸、花青素等成分丰富, 经常食用蓝靛果可以预防衰老、降低胆固醇^[1]。蓝靛果具有酸甜清新的口感, 以及较高的食用价值, 使其深受消

费者的喜爱。榨取果汁是蓝靛果深加工的重要操作, 蓝靛果果汁色泽鲜明, 富含营养且口味极佳, 其开发应用前景广阔^[2]。在小浆果果汁制备过程中, 酸度是影响果汁口感的重要因素, 酸度过高会导致果汁出现

收稿日期: 2019-05-07

基金项目: 哈尔滨商业大学研究生创新科研项目基金 (YJSCX2019-619HSD)

作者简介: 马蕊 (1996—), 女, 哈尔滨商业大学硕士生, 主攻食品科学。

通信作者: 王鑫 (1984—), 女, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品生物技术。

刺口等不良风味^[3],因此,降低蓝靛果汁酸度是加工过程中的关键技术,对果汁口感及风味的提升影响巨大。目前果汁降酸方法主要包括生物降酸法^[4]、物理降酸法^[5]、化学降酸^[6]等。生物降酸法因其具有的原料天然、无添加剂等特点,在果汁降酸工艺中正成为研究热点。

嗜酸乳杆菌是一种肠道益生菌,其分泌的 β -半乳糖苷酶可起到缓解乳糖不耐症的作用,因此广泛应用于发酵稀奶油、酸奶等乳制品行业中^[7]。嗜酸乳杆菌也具有引发苹果酸-乳酸发酵(Malic acid Lactic acid Ferment, MLF)的作用,此发酵途径下,带有2个羧基的苹果酸转化为只有1个羧基的乳酸和二氧化碳,降低了苹果酸含量,即达到了改善果汁口感的效果^[8]。基于此降酸原理,结合部分已有研究,采用嗜酸乳杆菌对蓝靛果果汁进行发酵,优化其发酵工艺以期达到一定的降酸效果。在发酵过程中,有机酸、花色苷、还原糖、可溶性固形物含量、色差等指标也是影响果汁品质的因素,对于研究果汁降酸尤为重要^[9]。解决蓝靛果加工果汁制作过程中酸度过高的技术难题,对于蓝靛果深加工项目的丰富及其产业的发展有着重要作用。

1 实验

1.1 材料

主要材料:蓝靛果,8月初采摘于黑龙江省勃利县,冷冻贮藏;嗜酸乳杆菌,哈尔滨商业大学工程学院;柠檬酸三铵,分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司;磷酸氢二钾、硫酸镁,分析纯,天津市天新精细化工开发中心;胰蛋白胨、葡萄糖 Oxoid,生物试剂;苹果酸、柠檬酸、乳酸标准品, Sigma-Aldrich,纯度均为98%。

1.2 仪器与设备

主要仪器与设备:DL-5-B 低速容量离心机,上海智诚分析仪器制造有限公司;HWS-26 型数显 pH 计,上海一恒科学仪器有限公司;SW-CJ-ECU 型无菌工作台,苏州净化设备有限公司;YX-280D 型高压蒸汽灭菌锅,合肥华泰医疗设备有限公司;UV-5200 型紫外可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;Agilem-1100 高效液相色谱仪,美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 蓝靛果果汁降酸方法

蓝靛果果汁降酸流程:蓝靛果→清洗→打浆(原液)→离心(4000 r/min, 15 min)取上清液→高压蒸汽灭菌(120 °C, 5 min)→接种→发酵→取样检测。

1.3.2 嗜酸乳杆菌的培养

对嗜酸乳杆菌进行活化扩培,并绘制菌体生长曲线。活菌数的测定采用平板菌落计数法^[10]。

1.3.3 嗜酸乳杆菌降酸单因素试验

选取对数期的嗜酸乳杆菌,并以总酸含量为 8.51 g/kg 的蓝靛果原果汁为原料,进行降酸研究,在发酵过程中监测总酸含量的变化,直至其稳定,最后以降酸率为指标,考察温度(25, 28, 31, 34, 37 °C)、嗜酸乳杆菌接种量(1×10^7 , 2×10^7 , 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 CFU/mL)、果汁初始 pH 值(3.00, 3.20, 3.40, 3.60, 3.80)、碳源(葡萄糖)添加量(质量分数为 0%, 1%, 2%, 3%, 4%)、氮源(胰蛋白胨)添加量(质量分数为 0%, 1%, 2%, 3%, 4%)等 5 个因素对降酸效果的影响。

1.3.4 嗜酸乳杆菌降酸正交试验

在温度为 34 °C,胰蛋白胨添加量(质量分数)为 3%条件下,基于单因素试验结果,根据 $L_9(3^4)$ 进行正交试验设计。试验因素与水平见表 1。

表 1 正交试验设计因素水平
Tab.1 Level of orthogonal experimental design factors

水平	因素		
	A 接种量($\times 10^7$) /(CFU·mL ⁻¹)	B 初始 pH 值	C 葡萄糖质 / (质量分数/%)
1	2.50	3.4	2.5
2	3.00	3.6	3.0
3	3.50	3.8	3.5

1.3.5 果汁中相关指标测定

- 1) 总酸测定参照 GB/T 12456—2008。
- 2) 还原糖的测定参照 GB/T 5009.7—2016。
- 3) 花色苷的测定采用 pH 示差法^[11]。
- 4) 色差采用 CM-5 型色差仪进行测定,总色差

$$\Delta E = \frac{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}{2}$$

- 5) 可溶性固形物(TSS)采用手持折光仪进行测定。

- 6) 有机酸参照 GB 5009.157—2016 食品中有机酸的测定-高效液相色谱法。含量计算采用归一化法。

- 7) 降酸率的计算公式:

$$\text{降酸率} = \frac{\text{原果汁总酸含量} - \text{降酸后总酸含量}}{\text{原果汁总酸含量}} \times 100\%$$

1.4 数据处理

采用 SPSS17.0 软件进行数据分析,平行试验重复 3 次,结果以平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 嗜酸乳杆菌生长曲线绘制

嗜酸乳杆菌生长曲线见图 1。由图 1 可见，嗜酸乳杆菌在 24~28 h (对数期) 时菌数扩增速度较快，此期间外界环境因子对其作用较容易，在后续试验中取 24 h 时的菌体，经离心 (6000 r/min, 4 °C, 10 min) 得到菌悬液，用无菌生理盐水洗涤 2~3 次，生理盐水重悬，调整细菌浓度至 1.0×10^7 CFU/mL。

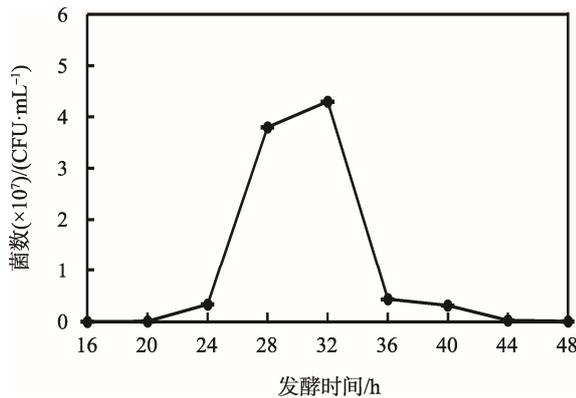


图 1 嗜酸乳杆菌生长曲线
Fig.1 Lactobacillus acidophilus growth curve

2.2 嗜酸乳杆菌降酸单因素试验结果

2.2.1 发酵温度对降酸效果的影响

通过发酵温度对嗜酸乳杆菌进行发酵，以降低蓝靛果果汁的酸度，其结果见图 2。在一定范围内，各温度下果汁发酵结束后，发现在 34 °C 时降酸率最大，达到 76.36%。在发酵过程中，温度的变化对嗜酸乳杆菌的生长状态有较大的影响，适宜的温度使其具有良好的生物活性，可促进嗜酸乳杆菌对果汁发酵能力的提升，有利于蓝靛果汁降酸的进行^[12]。

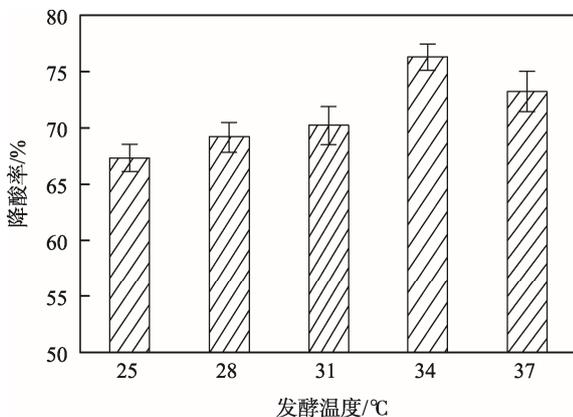


图 2 发酵温度对降酸效果的影响
Fig.2 Effect of fermentation temperature on acid reduction effect

2.2.2 菌接种量对降酸效果的影响

嗜酸乳杆菌接种量对果汁降酸效果的影响结果见图 3。当菌接种量为 3.00×10^7 CFU/mL 时果汁降酸率达到最大，之后继续增加菌接种量，降酸率有微降趋势。考虑嗜酸乳杆菌的生长习性与发酵体系的构成，出现此现象的原因可能是发酵时菌接种量的增加，导致菌数扩增速度增大，菌数量过大，体系中营养物质不足以满足嗜酸乳杆菌的正常生长，导致菌数维持平稳，所以果汁总酸含量不随菌接种量的增加而显著下降^[13]。考虑到后期降酸效果，选择接种量为 3.00×10^7 CFU/mL 进行后续试验。

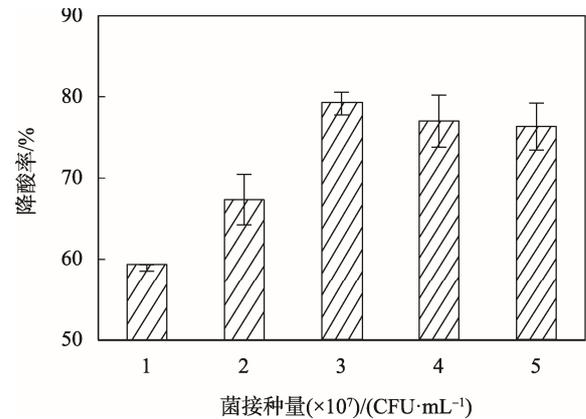


图 3 菌接种量对降酸效果的影响
Fig.3 Effect of inoculation amount on acid reduction effect

2.2.3 初始 pH 值对降酸效果的影响

初始 pH 值对降酸效果的影响结果见图 4。选用嗜酸乳杆菌对果汁进行降酸时，随着果汁初始 pH 值的增大，降酸效果越好。当初始 pH 值为 3.8 时，其降酸率达到 83.2%，但是当果汁的初始 pH 值达到 3.8 后，果汁的降酸效果开始下降。较低的体系 pH 值会使嗜酸乳杆菌菌体细胞的通透性降低，新陈代谢堆积，从而加快嗜酸乳杆菌的自身溶解，使得菌数浓度降低，进而影响到降酸效果。体系 pH 值过大时，

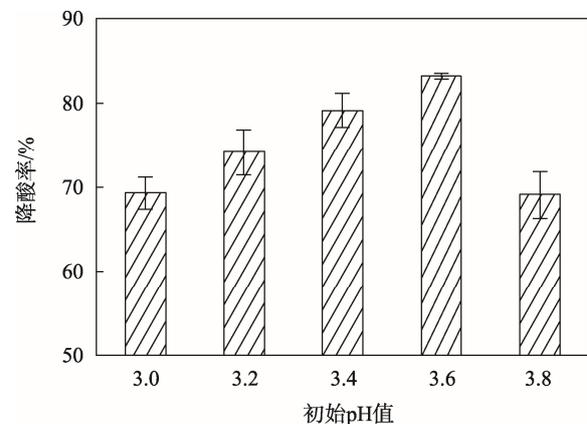


图 4 初始 pH 对降酸效果的影响
Fig.4 Effect of initial pH on acid reduction effect

也会影响嗜酸乳杆菌的生长及活性,所以找到适合嗜酸乳杆菌生长的体系 pH 值(3.6)有利于降酸的进行^[14-15]。

2.2.4 碳源添加量对降酸效果的影响

葡萄糖添加量对嗜酸乳杆菌降酸效果的影响见图 5。随着碳源添加量的增加,降酸率也会上升。当葡萄糖的质量分数为 3%时,降酸率达到最高值,继续增大葡萄糖的添加量并未见降酸率提高。原因可能是当嗜酸乳杆菌进行代谢时,由于果汁中葡萄糖量的增多,代谢速率也随之加快,达到了促进嗜酸乳杆菌,从而达到了降酸的作用^[16],而当葡萄糖增加到一定量时,菌体对碳水化合物已充分利用,不能完全代谢葡萄糖,因此后续降酸效果并未得到提升。

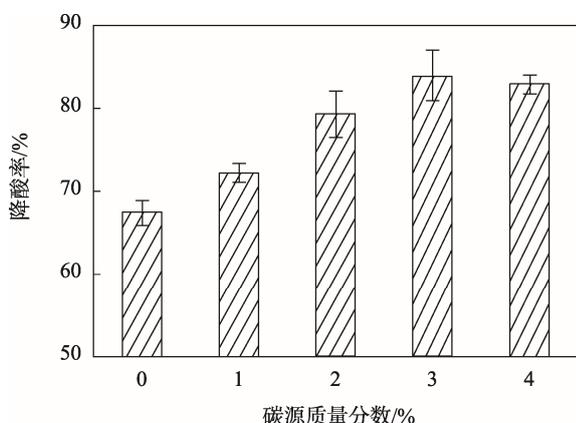


图 5 碳源添加量对降酸效果的影响

Fig.5 Effect of carbon source addition on acid reduction effect

2.2.5 氮源添加量对降酸效果的影响

在发酵过程中,通过添加胰蛋白胨作为氮源,考察氮源添加量对嗜酸乳杆菌降低果汁酸度的影响,结果见图 6。由图 6 可以看出,未添加胰蛋白胨的发酵体系其降酸率较低,添加后降酸率开始上升,在氮源质量分数为 3%时,降酸率达到最高值。原因可能是

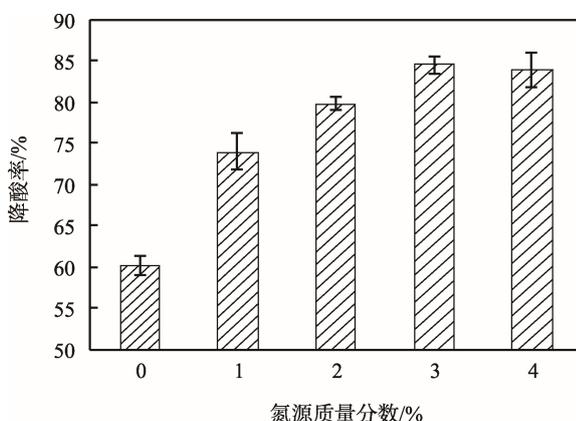


图 6 氮源添加量对降酸效果的影响

Fig.6 Effect of nitrogen source addition on acid reduction effect

胰蛋白胨能为嗜酸乳杆菌的新陈代谢提供能量,使得体系中嗜酸乳杆菌菌数增加,活性增高,这样促进了降酸率的上升^[17]。

2.3 嗜酸乳杆菌降酸正交试验结果

嗜酸乳杆菌降酸正交试验结果见表 2。由于此方案并没有出现在正交试验中,所以选用组合 A₁B₁C₂进行验证试验,并进行 3 次平行实验,结果显示果汁降酸率为(86.32±0.82)%。

表 2 嗜酸乳杆菌降酸正交试验结果

Tab.2 Orthogonal experimental results of acid reduction of lactobacillus acidophilus

试验号	A 接种量 (×10 ⁷)/ (CFU·mL ⁻¹)	B 初始 pH 值	C 氮源质量 分数/%	D 空列	降酸率 /%
1	1 (2.50)	1 (3.4)	1 (2.5)	1	78.12
2	1	2 (3.6)	2 (3.0)	2	82.47
3	1	3 (3.8)	3 (3.5)	3	79.88
4	2 (3.00)	1	2	3	84.71
5	2	2	3	1	75.77
6	2	3	1	2	77.89
7	3 (3.5)	1	3	2	79.36
8	3	2	1	3	71.12
9	3	3	2	1	73.23
K ₁	240.47	242.19	227.13	227.12	
K ₂	238.37	229.36	240.41	239.72	
K ₃	223.71	231.00	235.01	235.71	
k ₁	80.16	80.73	75.71	75.71	$\bar{x} = 78.06$
k ₂	79.46	76.45	80.14	79.91	
k ₃	74.57	77.00	78.34	78.57	
极差 R	5.59	4.28	4.43	4.20	
因素主次	A > C > B				
优方案	A ₁ B ₁ C ₂				

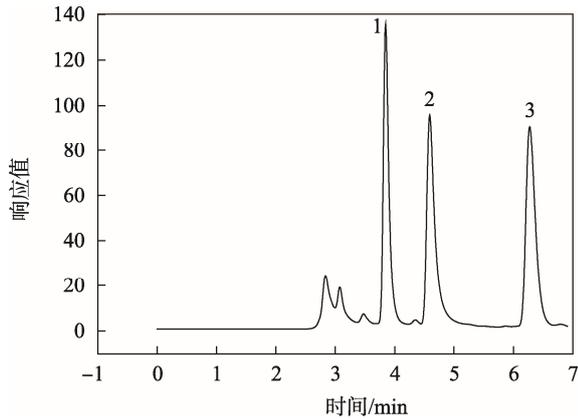
2.4 果汁中降酸前后相关指标的测定

2.4.1 混合标准品色谱

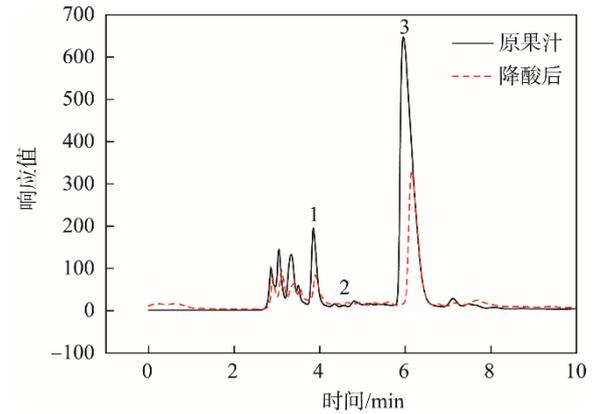
配置不同浓度梯度的标准有机酸混合溶液,经 0.22 μm 滤膜过滤后对混标进行液相分析,混合标准品色谱见图 7。此后果汁降酸前后有机酸的测定以此为参照。

2.4.2 蓝靛果果汁降酸前后色谱

对蓝靛果果汁原液降酸后试样过滤后进行液相分析,色谱见图 8。通过归一化法计算得到果汁降酸前后有机酸含量,变化结果见表 3。



1.苹果酸 2.乳酸 3.柠檬酸
图 7 混合标准品色谱
Fig.7 Mixed standard color spectrum



1.苹果酸 2.乳酸 3.柠檬酸
图 8 果汁降酸前后有机酸色谱
Fig.8 Chromatography of organic acids before and after deacidification of fruit juices

嗜酸乳杆菌对果汁的降酸机制为苹果酸-乳酸发酵 (MLF)，因此对苹果酸、乳酸及蓝靛果汁中主要有机酸柠檬酸的含量进行测定。果汁中存在较高含量的苹果酸，导致酸涩不良的口感。由结果看出，蓝靛果汁经发酵降酸后，苹果酸含量下降了 49.37%，而乳酸含量上升了 0.06 mg/mL，达到了改善口感的目标。此现象也证实了该果汁中的柠檬酸含量出现变化，降低幅度达到 36.05%，此现象的产生也有利于果汁口感的改善及品质的提升^[18]。

2.4.3 蓝靛果汁降酸前后相关指标变化结果

采用嗜酸乳杆菌对蓝靛果汁进行发酵降酸处理，

表 3 果汁降酸前后有机酸含量变化

Tab.3 Changes of organic acid content before and after acid reduction of juice mg/mL

有机酸	降酸前	降酸后	变化值
苹果酸	0.79	0.40	-0.39
乳酸	0.03	0.09	0.06
柠檬酸	3.19	2.04	-1.15

由于微生物的生长消耗导致果汁中部分营养物质的变化，因此对降酸前后果汁相关指标进行测定，结果见表 4。

表 4 果汁降酸前后相关指标变化结果

Tab.4 Results of changes of related indexes before and after deacidification of juice

指标	花色苷含量/(mg·(100 g) ⁻¹)	还原糖含量/(g·L ⁻¹)	色差	可溶性固形物质量分数/%
降酸前	447.5±0.62	125.7±0.94	21.47±0.78	25.47±0.71
降酸后	376.3±0.79	97.13±0.99	20.88±0.53	21.29±0.56

蓝靛果汁中含有大量的花色苷，降酸后其含量下降了 15.91%，可能是在发酵过程中由于嗜酸乳杆菌的消耗或随着发酵的进行被水解生成糖基和花色素^[19]。果汁中还原糖的含量下降了 22.73%，说明在果汁发酵过程中由于嗜酸乳杆菌进行糖代谢，使得还原糖含量下降^[20]。果汁降酸后色差和可溶性固形物的含量也均有下降，分别为 2.75%，16.41%，经肉眼观察未发现降酸后的果汁与原果汁相比颜色发生显著变化。由于果汁酸度的大幅下降，使果汁达到了适合的糖酸比例，保持了果汁的酸甜风味，果汁基本指标的变化幅度对果汁品质影响在可接受范围内，而不良口感问题已得到解决，更易于加大消费者对果汁的青睐度。

3 结语

考察嗜酸乳杆菌发酵降低蓝靛果果汁酸度研究中各项工艺条件，并经正交试验对其进行优化，得到

了最佳降酸条件：发酵温度为 34 °C、菌接种量为 2.50×10⁷ CFU/mL、初始 pH 值为 3.4、葡萄糖添加量（质量分数）为 3%、胰蛋白胨添加量（质量分数）为 3%，降酸率为(86.32±0.82)%。导致果汁不良口感出现的苹果酸和柠檬酸含量的下降幅度分别为 49.37%，36.05%，果汁口感得到明显改善。降酸后，果汁中的花色苷、还原糖、色差、可溶性固形物等相关指标的含量分别下降了 15.91%，22.73%，2.75%，16.41%。

参考文献：

[1] 曾德永, 张立钢, 赵玉红. 澄清剂对蓝靛果果汁活性成分和特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 43—48.
ZENG De-yong, ZHANG Li-gang, ZHAO Yu-hong. Effects of Clarifiers on Active Ingredients and Properties of Indigo Fruit Juice[J]. Food Science, 2018, 39(4): 43—48.

[2] 张旺, 史学伟, 郑晓吉, 等. 库尔勒香梨果醋发酵工

- 艺条件的优化[J]. 中国调味品, 2018, 43(9): 41—43.
ZHANG Wang, SHI Xue-wei, ZHENG Xiao-ji, et al. Optimization of Fermentation Conditions of Korla Fragrant Pear Vinegar[J]. Chinese Condiment, 2018, 43(9): 41—43.
- [3] MATTEWS A, GRIMALDI A, WALKER M, et al. Lactic Acid Bacteria as a Potential Source of Enzymes for Use in Vinification[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2004, 70: 5715—5731.
- [4] RICARDO S O, MARSELLE M D N S, PAULO L D C L, et al. Extraction of Aroma Compounds of Fruit Juices by Air Stripping Using a Bubble Column Operating with Antifoam and Its Effect on Juice Properties[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 159: 1—8.
- [5] 王鸥, 魏颖, 唐苗苗, 等. 北五味子鲜果分析及其果汁降酸工艺研究[J]. 中国食品学报, 2015, 15(8): 163—169.
WANG Ou, WEI Ying, TANG Miao-miao, et al. Fresh Fruit Analysis of Schisandra Chinensis and Acid-reducing Technology of Its Juice[J]. Chinese Journal of Food, 2015, 15(8): 163—169.
- [6] 张海平, 朱月, 韦玉龙, 等. 植物乳杆菌发酵黑果腺肋花楸果汁的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 133—151.
ZHANG Hai-ping, ZHU Yue, WEI Yu-long, et al. Process Optimization of Lactobacillus Plantarum Fermentation of Black Fruit Glandular Rib Catalpa Juice[J]. Food Industry Science and Technology, 2018, 39(17): 133—151.
- [7] JOSE A C, ROSARIO M, FELIX L de F. pH and Dose-dependent Effects of Quercetin on the Fermentation Capacity of Lactobacillus Plantarum[J]. LWT-food Science and Technology, 2010, 43(6): 926—933.
- [8] 李静, 樊明涛, 孙慧焯. 植物乳杆菌对猕猴桃酒降酸效果的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(1): 165—169.
LI Jing, FAN Ming-tao, SUN Hui-ye. Study on the Acid-reducing Effect of Lactobacillus Plantarum on Kiwifruit Wine[J]. Food Industry Science and Technology, 2016, 37(1): 165—169.
- [9] 周杨, 李思伦, 李晓娟, 等. 百香果降酸及混合果汁酿酒研究[J]. 酿酒科技, 2018(2): 91—96.
ZHOU Yang, LI Si-lun, LI Xiao-juan, et al. Study on Acid-reducing and Mixed Juice Brewing of Passion Fruit[J]. Brewing Technology, 2018(2): 91—96.
- [10] 江耀伦, 刘广芹, 涂玉蓉, 等. 低聚果糖对大肠杆菌和嗜酸乳杆菌体外生长的影响[J]. 广东畜牧兽医科技, 2018, 43(3): 34—37.
JIANG Yao-lun, LIU Guang-qin, TU Yu-rong, et al. Effects of Fructooligosaccharides on the Growth of Escherichia Coli and Lactobacillus Acidophilus in Vitro[J]. Guangdong Animal Husbandry and Veterinary Science and Technology, 2018, 43(3): 34—37.
- [11] 王艺菲, 辛秀兰, 陈亮, 等. pH 示差法测定不同种类蓝果忍冬总花色苷含量[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(7): 75—78.
WANG Yi-fei, XIN Xiu-lan, CHEN Liang, et al. Determination of Total Anthocyanin Content in Different Species of Lonicera Japonica by pH Differential Method[J]. Food Research and Development, 2014, 35(7): 75—78.
- [12] MTSHALI P S, DIVOL B T, UANRENSBURG P, et al. Genetic Screening of Wine-related Enzymes in Lactobacillus Species Isolated from South African Wines[J]. Journal of Applied Microbiology, 2010, 108: 1389—1397.
- [13] 李晓静, 李腾, 李永库, 等. 高效液相色谱法测定蓝莓果汁中 11 种有机酸含量[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 83—86.
LI Xiao-jing, LI Teng, LI Yong-ku, et al. Determination of 11 Organic Acids in Blueberry Juice by High Performance Liquid Chromatography[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(1): 83—86.
- [14] LANDETE JM, RODRIGUEZ H, DELASRIVAS B, et al. High-added-value Antioxidants Obtained from the Degradation of Wine Phenolics by Lactobacillus Plantarum[J]. Journal of Food Protection, 2007, 70: 2670—2675.
- [15] 何志刚, 梁璋成, 任香芸, 等. 植物乳杆菌 R23 在枇杷酒中生长及苹果酸乳酸发酵特性研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(4): 36—41.
HE Zhi-gang, LIANG Zhang-cheng, REN Xiang-yun, et al. Growth of Lactobacillus Plantarum R23 in Loquat Wine and Fermentation Characteristics of Malic Acid and Lactic Acid[J]. Chinese Journal of Food, 2011, 11(4): 36—41.
- [16] RUIZ P, IZQUIERDO P M, SESENA S, et al. Intraspecific Genetic Diversity of Lactic Acid Bacteria from Malolactic Fermentation of Cencibel Wines as Derived from Combined Analysis of RAPD-PCR and PFGE Pattern[J]. Food Microbiology, 2008, 25: 942—948.
- [17] 徐佳, 高萌. 桑葚果醋发酵条件的优化[J]. 中国酿造, 2015, 34(8): 160—163.
XU Jia, GAO Meng. Optimization of Fermentation Conditions of Mulberry Vinegar[J]. Brewing in China, 2015, 34(8): 160—163.
- [18] 丁玉萍, 高鹏飞, 陈琦, 等. 山葡萄酒主发酵降酸工艺筛选及优化[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(5): 125—129.
DING Yu-ping, GAO Peng-fei, CHEN Qi, et al. Selection and Optimization of Acid-reducing Technology for Main Fermentation of Mountain Wine[J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 44(5): 125—129.
- [19] 李祎, 王萍. 龙葵果汁发酵工艺优化及其抗炎、抑菌活性评价[J]. 现代食品科技, 2017, 33(6): 248—254.
LI Yi, WANG Ping, Solanum Nigrum Juice Fermentation Process Optimization and Evaluation of Its Anti-inflammatory and Bacteriostatic Activities[J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(6): 248—254.
- [20] 张忠爽. 欧李果酒的酿造工艺及其品质评价[D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
ZHANG Zhong-shuang. Brewing Technology and Quality Evaluation of Ouli Fruit Wine[D]. Beijing: Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2018.