

甘蔗乳酸菌饮料制备工艺的优化

杨建波, 黄娇丽*, 陈信贤, 韦海轮
(百色学院 农业与食品工程学院, 广西 百色 533000)

摘要:以甘蔗为原料,通过单因素试验和正交试验确定利用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的混合菌制备甘蔗乳酸菌饮料的最优发酵工艺。结果表明:甘蔗乳酸菌饮料的最优发酵工艺为接种量 0.6%,发酵温度 40℃,发酵时间 11 h,在最优工艺条件下制成的产品的总酸含量为 30.2 mg/mL,总糖含量为 41.3 mg/mL,感官评价良好。

关键词:甘蔗;乳酸菌发酵;饮料;发酵工艺

Optimization of Preparation Process of Sugarcane Lactobacillus Beverage

YANG Jian-bo, HUANG Jiao-li*, CHEN Xin-xian, WEI Hai-lun

(College of Agriculture and Food Engineering, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract: Using sugarcane as raw material, the optimal fermentation process for the preparation of sugarcane lactobacillus beverage by using mixture of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* was determined by single factor test and orthogonal test. The results showed that the optimal fermentation process of sugarcane lactobacillus beverage was inoculation 0.6%, fermentation temperature 40℃, fermentation time 11 h. Under the optimum process conditions, the total acid content and total sugar content of the product were 30.2 mg/mL and 41.3 mg/mL, respectively, which achieved the excellent sensory evaluation.

Key words: sugarcane; lactobacillus fermentation; beverage; fermentation process

引文格式:

杨建波,黄娇丽,陈信贤,等.甘蔗乳酸菌饮料制备工艺的优化[J].食品研究与开发,2020,41(18):75-78

YANG Jianbo, HUANG Jiaoli, CHEN Xinxian, et al. Optimization of Preparation Process of Sugarcane Lactobacillus Beverage [J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 75-78

甘蔗(*Saccharum officinarum*)是一种热带亚热带多年生的药食两用的禾本科作物,茎液中含有大量的水分、糖分及人体所需的氨基酸、维生素等其他营养物质,是国内外食用糖生产的主要原料和酵母、糠醛等副产品的生产原料^[1-2]。中国传统中医认为,甘蔗有清热润燥、生津下气、补肺益胃的特殊效果。在众多的水果之中含糖量较高,有“补血果”之称^[3]。此外,甘蔗

汁含有抗氧化成分,具有较高的养生价值^[4]。

近年来,我国果汁饮料消费量逐年递增,市场前景广阔^[5]。其中乳酸发酵型果蔬汁饮料因其高吸收、高营养以及风味独特等优点,受到广大消费者的青睐,具有很大的开发价值^[6]。以植物性乳酸菌发酵而制成饮料“蔬菜的战士”,在日本市场上受到消费者的喜爱^[7]。张玉慧^[8]研究得出最佳原料配比为蓝莓果汁浓度 30%、葡萄糖 8%、脱脂乳 3%,宜在接种 4.9%的复合菌种(干酪乳杆菌:植物乳杆菌=1:2)后于 36℃下发酵 23 h。邢贺钦^[9]优化工艺并通过添加 5%的混合菌剂(保加利亚乳杆菌:嗜热链球菌=1:1)后于 37℃下发酵 12 h 的方法制得南瓜-苦瓜-胡萝卜-洋葱复合蔬菜汁发酵饮料。冯平平^[10]通过单因素和正交试验发现,将无花果汁、山药汁、枣汁按 50:40:9 体积比混合并接种 3%的混合菌种(保加利亚乳杆菌:嗜热链球菌=

基金项目:2017 年广西自然科学基金项目(2017GXNSFBA198002);
2015 年广西高等学校优势特色专业群建设项目:亚热带农业产业
专业群(桂教高教[2015]41 号);广西本科高校特色专业及实验实训
教学基地(中心)建设项目-“设施农业科学与工程”特色专业(桂教
高教[2018]52 号)

作者简介:杨建波(1985—),男(汉),讲师,博士,研究方向:植物生
理生化、农产品加工。

* 通信作者:黄娇丽,研究方向:农产品加工及贮藏。

1:1)后于40℃下发酵24 h,再以等量水、糖9%、柠檬酸0.3%进行调配,可制得最优的产品。

在上述发酵型饮料生产中,一般采用嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌作为发酵菌种,二者共生且相互作用,通过产酸、胞外多糖、风味物质来影响发酵产品的质地和风味^[10-13]。此外,研究表明,乳酸菌具有营养、净化调节肠道、拮抗病原菌和促进益生菌、降胆固醇、降血压、增强机体免疫等多种功能^[14]。

甘蔗是广西的第一大战略经济作物和支柱产业,种植面积广,产量大,占全国总产糖量的65%左右,影响着我国的食用糖产业,是当地农民增收的主要经济来源^[1-2, 15]。为了推动甘蔗深加工产品的开发、丰富市面饮料的种类并减少发酵饮料制备对白砂糖的消耗,以糖料蔗蔗汁为原料,利用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的混合菌发酵蔗汁制备乳酸菌型蔗汁饮料,通过单因素试验和正交试验研究接种量、发酵时间、发酵温度3个因素对蔗汁发酵效果的影响,根据感官评价对发酵工艺进行优化,为蔗汁饮料开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

甘蔗:百色市四塘镇;菌种(嗜热链球菌与保加利亚乳杆菌为1:1,食品级):北京川秀科技有限公司。

1.1.2 试剂

葡萄糖(分析纯)、乙醇(分析纯):天津市致远化学试剂有限公司;氢氧化钠(分析纯):上海国药集团;盐酸(分析纯):廉江市爱廉化学试剂公司;3,5-二硝基水杨酸(分析纯):上海展云化工有限公司。

1.2 仪器与设备

LCZ-80 甘蔗榨汁机:浙江应晓工贸有限公司;BIC-300 人工气候箱:上海博迅实业有限公司;HX-HX-3 电热鼓风干燥箱:苏州恒新烘箱电炉制造设备有限公司;pHS-3C 酸度计:上海雷磁仪器厂;PAL-1 糖度计:维欣仪奥科技公司;WYT 型手持糖度计:上海易测仪器设备有限公司;UV2700 紫外分光光度计:厦门仪宸科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

新鲜甘蔗→清洗→去皮→榨汁→过滤→灭菌→接种→发酵→冷藏

1.3.2 操作要点

原料选择:选用健康、新鲜的糖料蔗蔗茎。

榨汁:将甘蔗洗净后削皮、榨汁,经无菌纱布过滤

后装罐。

灭菌:采用巴氏杀菌法进行蔗汁灭菌,最大限度地保留蔗汁的营养成分和清香味。

接种:按照一定的比例(菌种质量/蔗汁体积)将发酵菌种直投式接种到灭菌后降温至28℃的蔗汁。

1.3.3 单因素试验

根据前期试验结果,在接种量0.6%,发酵温度40℃,发酵时间11 h的工艺条件的基础上对接种量、发酵温度及发酵时长进行单因素试验,接种量为0.1%、0.3%、0.5%、0.7%、0.9%,发酵温度为36、38、40、42、44℃,发酵时长为6、8、10、12、14 h。通过对制备好的饮料的感官评分和pH值测定来评价各因素对饮料品质的影响。

1.3.4 正交试验

基于单因素试验的感官评价得分,找出每个因素的较优水平,进而采用 $L_9(3^4)$ 正交表进行正交试验,因素水平如表1所示。

表1 甘蔗乳酸菌饮料发酵条件优化正交试验的因素及水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment for fermentation conditions optimization of sugarcane lactobacillus beverage

水平	A 接种量/%	B 发酵时间/h	C 发酵温度/℃
1	0.4	9	39
2	0.5	10	40
3	0.6	11	41

1.3.5 感官评价

待蔗汁发酵完成后,由30个人按照既定感官评分标准对组织状态、香味、色泽和滋味进行综合性评分,进而据此分析较优的工艺条件。感官评分表见表2。

表2 甘蔗乳酸菌饮料的感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of sugarcane lactobacillus beverage

项目	单项总分	评分标准	分值
组织状态	20分	优:澄清或均匀,无悬浮物或沉淀	15~20
		良:有少量悬浮物或沉淀,振荡可消除	10~14
		一般:有大量悬浮物或沉淀,甚至振荡也无法消除	<10
香味	30分	优:具有蔗汁和乳酸发酵的淡淡香味	25~30
		良:几乎无香味	20~24
		一般:有明显异味	<20
色泽	20分	优:颜色鲜亮,呈黄绿色	15~20
		良:颜色较为暗沉,呈浅黄色	10~14
		一般:颜色暗沉,呈棕褐色	<10
滋味	30分	优:口感柔和,酸甜适口,入口无异味	25~30
		良:口感稍差,偏甜或偏酸,入口无异味	20~24
		一般:口感差,过酸、过甜或伴有腐败味	<20

1.3.6 指标测定

总酸含量采用 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》中的酸碱滴定法进行测定;总糖含量采用 GB/T 15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中的直接滴定法进行测定;pH 值用 pH 计进行测定。

1.4 数据处理方法

数据处理、极差分析以及图表制作均通过 Microsoft Office Excel 2007 软件完成。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 接种量对 pH 值和感官评价的影响

接种量对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响见图 1。

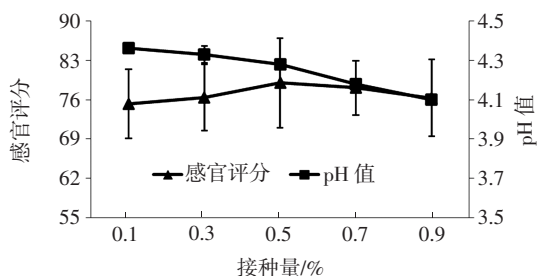


图 1 接种量对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响

Fig.1 Effect of inoculum on pH and sensory evaluation of sugarcane lactobacillus beverage

如图 1 所示,在 0.1%~0.9% 的接种量范围内,随着接种量的增加,蔗汁中的乳酸菌产酸量随着菌种接种量的增加而增多,而蔗汁发酵液的感官评价得分先升高后下降,并在接种量为 0.5% 时的蔗汁发酵饮料的感官评价最好,平均得分为 79.0 分。由此看来,在发酵温度 40℃、发酵时长 8 h 的条件下,菌种的接种量在 0.5% 左右较为适宜。

2.1.2 发酵温度对 pH 值和感官评价的影响

发酵温度对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响见图 2。

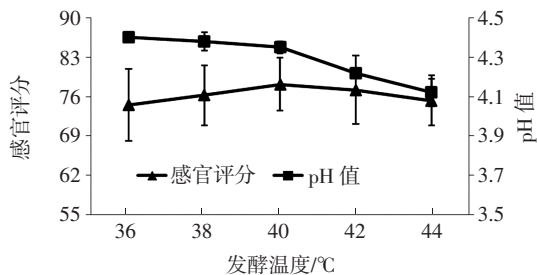


图 2 发酵温度对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响

Fig.2 Effect of fermentation temperature on pH and sensory evaluation of sugarcane lactobacillus beverage

由图 2 可知,发酵温度在 36℃~44℃ 范围内,随着发酵温度的提高,蔗汁中乳酸菌的产酸量随着发酵温度的升高而增多,于 40℃ 以上的温度下发酵的蔗汁的 pH 值下降更快,而感官评价得分呈先升高后下降的变化,且在接种量 0.5% 和发酵时间 8 h 的条件下,40℃ 发酵的蔗汁饮料的感官评价最好,平均得分为 78.2 分。可见,在接种量 0.5% 和发酵时间 8 h 的条件下,发酵温度 40℃ 较为适宜。

2.1.3 发酵时间对 pH 值和感官评价的影响

发酵时间对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响见图 3。

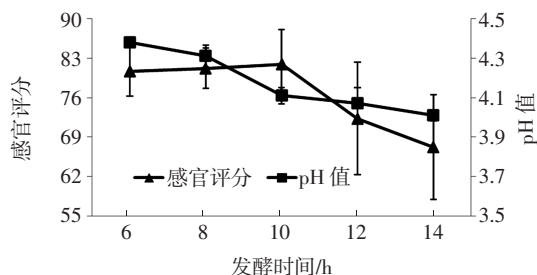


图 3 发酵时间对甘蔗乳酸菌饮料 pH 值和感官评价的影响

Fig.3 Effect of fermentation time on pH and sensory evaluation of sugarcane lactobacillus beverage

由图 3 可知,在 6 h~14 h 的发酵时间里,蔗汁中乳酸菌的产酸量随着发酵时间的增加而增加,其中,蔗汁在发酵 8 h~10 h 之间的 pH 值快速降低,而感官评价得分则在 6 h~14 h 的发酵时间里先升高而后下降,并在发酵时间为 10 h 时蔗汁发酵饮料口感最好,感官评价平均得分为 81.9 分。可见,在接种量 0.5% 和发酵温度 40℃ 的条件下,发酵 10 h 较为适宜。

2.2 正交试验

甘蔗乳酸菌饮料发酵条件优化正交试验结果与分析见表 3。

如表 3 中正交试验分析结果所示,极差 $R_A > R_B > R_C$,即 3 个因素对蔗汁发酵饮料感官评价结果的影响大小排序为:接种量>发酵时间>发酵温度。由表 3 中 k 值可知,当接种量为 0.6%、发酵时间为 11 h、发酵温度为 41℃ 时的感官评价最高,即得到的最优发酵工艺为 $A_3B_3C_3$ 。然而发酵温度在 39℃~41℃ 之间时,极差 R 值与试验误差(空白列)相当,可见其对乳酸菌型蔗汁发酵饮料的感官评价影响不大,所以正交试验中感官评分最高的工艺条件 $A_3B_3C_2$ 比 $A_3B_3C_3$ 更容易实现也更经济。进一步将两组发酵工艺进行验证性试验,根据 10 个人的感官评价结果,最终确定最优的发酵工艺为 $A_3B_3C_2$,即接种量 0.6%,发酵温度 40℃,发酵时间 11 h。

表3 甘蔗乳酸菌饮料发酵条件优化正交试验结果与分析

Table 3 Results and analysis of orthogonal experiment for fermentation conditions optimization of sugarcane lactobacillus beverage

试验号	A 接种量/%	B 发酵时间/h	C 发酵温度/℃	D 空列	感官评价得分
1	1(0.4)	1(9)	1(39)	1	68.46
2	1(0.4)	2(10)	2(40)	2	66.88
3	1(0.4)	3(11)	3(41)	3	69.34
4	2(0.5)	1(9)	2(40)	3	70.15
5	2(0.5)	2(10)	3(41)	1	75.34
6	2(0.5)	3(11)	1(39)	2	74.15
7	3(0.6)	1(9)	3(41)	2	75.77
8	3(0.6)	2(10)	1(39)	3	77.23
9	3(0.6)	3(11)	2(40)	1	77.68
k ₁	68.23	71.46	73.28	73.83	
k ₂	73.21	73.15	71.57	72.27	
k ₃	76.89	73.72	73.48	72.24	
R	8.66	2.25	1.91	1.59	

2.3 理化指标

采用最优工艺制得的发酵产品部分理化性质如表4所示。其可溶性固形物达15.0%,总酸和总糖含量分别为30.2 mg/mL和41.3 mg/mL,pH值为4.09,为酸甜口味。

表4 最优发酵条件下的甘蔗乳酸菌饮料的理化特性

Table 4 Physical and chemical properties of sugarcane lactobacillus beverage under optimal fermentation conditions

测定指标	测定结果
总酸含量/(mg/mL)	30.2
可溶性固形物/%	15.0
总糖含量/(mg/mL)	41.3
pH值	4.09

3 结论

本研究以甘蔗为原料,利用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的混合菌发酵蔗汁制成乳酸菌型饮料,以pH值和感官评分作为评价指标,通过单因素试验和正交

试验确定了乳酸菌型蔗汁发酵饮料的最优发酵工艺为菌种接种量0.6%,发酵时间11 h,发酵温度40℃。采用最优工艺所制得的乳酸菌型蔗汁发酵饮料的pH值为4.09,总酸含量为30.2 mg/mL,总糖含量为41.3 mg/mL。此研究所用原料丰富,制备工艺简单,为进一步丰富蔗汁发酵饮品的种类提供工艺参考。

参考文献:

- [1] 李杨瑞.现代甘蔗学[M].北京:中国农业出版社,2010:1-10
- [2] 韦巧,杨宝玲,高振江.我国甘蔗产业化现状浅析[J].农机化研究,2015,37(4):247-254
- [3] 保国裕.从甘蔗中提制若干保健品的探讨(上)[J].甘蔗糖业,2003(1):40-46
- [4] 李友杰,张振华,谢彬,等.甘蔗养生价值探析[J].安徽农业科学,2014,42(5):1520-1522
- [5] 王磊,陈宇飞,刘长姣.发酵饮料的开发现状及研究前景[J].食品工业科技,2005(10):379-382
- [6] 宋苏华.发酵果蔬饮料益生乳酸菌的强化筛选及其发酵工艺技术研究[D].南昌:南昌大学,2012
- [7] 张玉慧.乳酸菌发酵蓝莓果汁的工艺研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2016
- [8] 邢贺钦.复合蔬菜汁发酵饮料的加工工艺研究[D].长春:吉林农业大学,2008
- [9] 冯平平.无花果、山药、枣复合汁乳酸发酵饮料的研制[D].保定:河北农业大学,2015
- [10] 吴荣荣,马静,裴家伟,等.保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌相互作用的研究[J].中国乳品工业,2003(4):9-13
- [11] 邵洪涛,吕嘉彬,闫肃,等.嗜热链球菌对酸奶发酵的影响及应用前景[J].中国酿造,2010(11):5-8
- [12] 包维臣,陈霞,邵玉宇,等.保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌共生机理的研究进展[J].中国乳品工业,2011,39(12):20-23
- [13] 刘文俊.嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌产酸、风味特性及其功能基因分型和表达研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014
- [14] 华鹤良.乳酸菌的分离鉴定及其抗菌肽与发酵性能研究[D].扬州:扬州大学,2014
- [15] 邓宇驰,王维赞,张荣华,等.2016年崇左、百色蔗区糖料蔗生产情况调研报告[J].中国糖料,2016,38(6):48-51

收稿日期:2019-09-20