

枇杷乳酸发酵果汁饮料浊度模型的构建

梁璋成¹, 郭艳波^{1,2}, 何志刚¹, 李维新¹, 林晓姿^{*}

(1. 福建省农科院 农业工程技术研究所, 福建 福州 350003; 2. 福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350002)

摘要: 为研制高品质枇杷乳酸发酵果汁饮料及其规模化生产提供理论依据。采用离心法制备不同浊度的枇杷乳酸发酵原汁, 以饮料的表观粘度和稳定系数为指标, 建立了发酵原汁浊度与复合稳定剂最小使用量之间关系的数学模型。果汁饮料适宜最小使用量(y)与发酵原汁浊度(x)的关系符合二次曲线方程: $y=1.192x^2-1.859x+1.108$ ($R^2=0.9996, P<0.05$)。利用此模型生产的产品在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏 7 d 及在常温放置 180 d 后, 依然保持良好的稳定状态, 口感清爽淡雅。

关键词: 枇杷果汁; 乳酸发酵; 稳定剂; 浊度

中图分类号: TS 255.44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)08-0853-04

Establishment of Turbidity Model for Lactic Acid Fermentation Loquat Juice

LIANG Zhang-cheng¹, GUO Yan-bo^{1,2}, HE Zhi-gang¹, LI Wei-xin¹, LIN Xiao-zi^{*1}

(1. Institute of Agricultural Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural, Fuzhou 350003, China; 2. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: To provide theoretical basis for development and scale production of the lactic acid fermentation loquat beverage. The different turbidity lactic acid fermentation loquat juice was prepared by centrifugation in different conditions. The apparent viscosity and stability factor of beverage were taken as the index, the mathematical equation was established between the fermented juice turbidity and the minimum addition of a composite stabilizer. The quadratic curve equation " $y=1.192x^2-1.859x+1.108$ ($R^2=0.9996, P<0.05$)" could be used as the mathematical model describing the relationship between suitable minimum of composite stabilizer (y) and the fermented juice turbidity (x). The products based on the model were refrigerated 7 d at $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ and kept 180 d at room temperature, its steady state were still nice and the taste were still fresh and elegant.

Key words: loquat juice, lactic acid fermentation, stabilizer, turbidity

枇杷为蔷薇科枇杷属植物, 果实营养丰富, 含较多的钾元素和 VA, 风味独特, 具有润肺、止渴、

和胃、清热等功效^[1], 目前枇杷的精深加工制品较少, 现有枇杷酒及醋饮料等产品。随着食品科学的

收稿日期: 2011-09-13

基金项目: 福建省科技计划项目(2009R10033-3); 福建省财政专项(STIF-Y05)。

作者简介: 梁璋成(1985-), 男, 福建福州人, 农学硕士, 实习研究员, 主要从事食品发酵研究。E-mail: supper3231@163.com; njgzx@163.com

* 通信作者: 林晓姿(1975-), 女, 福建福州人, 副研究员, 主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail: njgzx@163.com

发展,具有潜在益生特性的乳酸菌也被用于果蔬汁饮料的加工,乳酸发酵不仅可提供愉快的乳酸发酵风味物质,还能产生人体所必需的多种维生素、消化酶等物质^[2,3],赋予果汁饮料整肠、健胃、助消化、降胆固醇及提高机体免疫能力的功效^[4-7],是新型果汁饮料研究的热点领域。

市售饮料按照其澄清度可分为澄清型和混浊型,前者有可口可乐、雪碧等,后者如果汁饮料等。混浊型饮料因含有更多的可见内容物而呈现出较高的浊度,产品原料更天然、营养更丰富,市场占有率逐年增加。除了含有果肉块的果汁饮料,大部分混浊型饮料都要求在加工生产期及货架期内保持均匀稳定的理想状态。但稳定剂使用不当,会导致产品出现絮凝、悬浮、分层,或者粘稠、结块等现象,而稳定剂使用量往往与清爽口感呈负相关,如何获得混浊饮料不影响口感的理想稳定状态,一直是研究的重点^[8-11],现有报道未见针对果汁原料物性,构建不同原料浊度与稳定剂使用量关系的研究。作者根据 GB2760-2011《食品添加剂使用标准》,结合枇杷乳酸发酵饮料物性,采用自主筛选的稳定剂组合,建立能反映果汁饮料的浊度与稳定剂使用量之间关系的数学模型,为高品质果汁饮料的研制及其产业化应用提供一定的理论依据和生产指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 枇杷鲜果 福建莆田产“早钟六号”枇杷。

1.1.2 菌株 植物乳杆菌 R23 (*Lactobacillus plantarum* R23)、干酪乳杆菌 R35 (*Lactobacillus casei* R35)^[4],作者所在实验室分离、鉴定并保存。

1.1.3 培养基 LH18 培养基^[12]。

1.1.4 复合稳定剂 4233# 作者所在实验室自主筛选复配。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程 枇杷鲜果→去皮去核榨汁→粗滤→果汁→杀菌→乳酸发酵→发酵原汁→调配→煮沸→加入复合稳定剂→均质→脱气→灌装→杀菌→冷却→成品。

1.2.2 不同浊度的发酵原汁制备 按照 1.2.1 工艺流程发酵枇杷果汁,并按表 1 设计的不同离心转速及时间,分别制备浊度为 1.50、1.20、0.92、0.67

$\times 10^3$ NTU 的 4 种发酵原汁,备用。

表 1 不同浊度的发酵原汁制备

Tab. 1 Preparation of lactic acid fermentation loquat juice with different turbidity

处理	离心转速/ (r/min)	离心时间/ min	浊度值/ ($\times 10^3$ NTU)
1	0	0	1.50
2	3 000	5	1.20
3	3 600	10	0.92
4	4 500	10	0.67

1.2.3 发酵原汁浊度与复合稳定剂最少使用量的数学模型 以 1.2.2 制备的不同浊度发酵原汁为原料,采用不同使用量的复合稳定剂生产果汁饮料,以稳定系数、粘度和沉淀程度为指标,考察枇杷果汁发酵原汁浊度与复合稳定剂最小使用量之间的关系,并建立数学模型。

1.3 检测方法

1.3.1 稳定系数 将饮料置于 $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下冷处理 3 d,取适量在 3 600 r/min 的转速下离心 15 min,测定离心前后果汁在 500 nm 处的吸光度值。稳定系数(%) = $(A_{500\text{nm后}}/A_{500\text{nm前}}) \times 100\%$ 。

1.3.2 数据处理 使用 DPS3.01 数据处理系统进行统计分析。所有数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示,结果以 $P < 0.05$ 为差异显著,表示为小写英文字母 abcd; $P < 0.01$ 为差异极显著,表示为大写英文字母 ABCD。

1.4 仪器及药品

UV-1750 紫外可见分光光度计:岛津仪器(苏州)有限公司产品;AQ3010 便携式浊度仪:上海洪富仪器仪表有限公司产品;NDJ-9S 型数显粘度计:上海精密科学仪器有限公司产品;TDL-80-2B 高速冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂产品;所用添加剂均为国产食用级,所用化学试剂均为国产 AR 级。

2 结果与分析

2.1 发酵原汁浊度与复合稳定剂最少使用量的数学模型

根据表 2 不同发酵原液浊度添加复合稳定剂不同使用量的稳定性评价来看,稳定系数 $\geq 79\%$ 且黏度 $\leq 16 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的饮料稳定性好。果汁浊度越大,则达到稳定所需要的稳定剂用量越大,浊度为 1.50×10^3 、 1.20×10^3 、 0.92×10^3 、 0.67×10^3 NTU

的发酵原汁所需复合稳定剂最少使用量分别为 1.0、0.6、0.4、0.4 g/kg(见表 2)。通过 DPS3.01 数据处理系统对以上数据进行回归分析,结果表明,复合稳定剂最少使用量(y)与浊度(x)在 $0.62 \times 10^3 \sim 1.50 \times 10^3$ NTU 的发酵原汁的关系符

合二次曲线方程: $y=1.192x^2-1.859x+1.108$ ($R^2=0.9996$)。表 3 的方差分析显示方程 $F>F_{0.05(2,1)}$, $P<0.05$,说明方程回归显著,所建立的数学模型可指导实际生产。

表 2 发酵原液浊度与复合稳定剂使用量的关系

Tab. 2 Relationship between the turbidity and the composite stabilizer

处理	浊度/ ($\times 10^3$ NTU)	稳定剂添加量/ (g/kg)	表观黏度/ (MPa·s)	稳定 系数/%	沉淀
1	1.50	1.4	21 $\pm$ 0.55Aa	89.85 $\pm$ 0.07Aa	—
2		1.2	16 $\pm$ 0.45Bb	95.99 $\pm$ 0.12Bb	—
3		1.0	13 $\pm$ 0.00Cc	85.08 $\pm$ 0.05Cc	—
4		0.8	10 $\pm$ 0.45Dd	75.98 $\pm$ 0.22Dd	++
5	1.20	1.0	14 $\pm$ 0.71Aa	89.33 $\pm$ 0.17Aa	—
6		0.8	11 $\pm$ 0.55Bb	87.30 $\pm$ 0.32Bb	—
7		0.6	7 $\pm$ 0.55Cc	79.02 $\pm$ 0.05Cc	—
8		0.4	5 $\pm$ 0.00Dd	77.89 $\pm$ 0.13Dd	+
9	0.92	0.8	10 $\pm$ 0.55Aa	90.41 $\pm$ 0.07Aa	—
10		0.6	7 $\pm$ 0.45Bb	86.00 $\pm$ 0.12Bb	—
11		0.4	4 $\pm$ 0.00Cc	79.47 $\pm$ 0.03Cc	—
12		0.2	2 $\pm$ 0.00Dd	68.96 $\pm$ 0.05Dd	++
13	0.67	0.8	8 $\pm$ 0.45Aa	95.32 $\pm$ 0.15Aa	—
14		0.6	7 $\pm$ 0.45Bb	95.82 $\pm$ 0.23Bb	—
15		0.4	3 $\pm$ 0.00Cc	84.84 $\pm$ 0.22Cc	—
16		0.2	2 $\pm$ 0.00Dd	60.24 $\pm$ 0.04Dd	+++

注:“—”表示没有沉淀,“++++”表示沉淀严重,其他类推。

表 3 方差分析结果

Tab. 3 Results of variance analysis

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平 P
回 归	0.239 91	2	0.119 95	1 305.33	0.019 57
剩 余	0.000 09	1	0.000 09		
总 和	0.240 00	3	0.080 00		

2.2 模型验证

制备浊度为 1.15×10^3 NTU 的发酵原汁为原料,进行验证实验,复合稳定剂最少使用量根据回归方程计算应为 0.55 g/kg,所生产的饮料在(5 $\pm$ 1) $^{\circ}$ C 冷藏 7 d 及在常温放置 180 d,依然保持良好的稳定状态,口感清爽淡雅,说明该方程可指导原汁

浊度为 $0.62 \times 10^3 \sim 1.50 \times 10^3$ NTU 的枇杷发酵原汁进行乳酸发酵果汁饮料的实际生产,保证产品的稳定性及感官综合指标。

3 结 语

果汁饮料中含有大量的果肉纤维、蛋白质、果

胶等成分,常引起饮料出现分层和颗粒沉淀等问题^[13,14],因此需要利用适宜稳定剂之间的协同增效作用,构建出果汁饮料的稳定体系。对浑浊饮料来说,在保证良好稳定状态的前提下,为了获取清爽怡人的口感,稳定剂添加量越少越好^[9]。在实际生产中,制作饮料的原料存在物性差异,而原料的浊度指标是影响最终产品的重要因素,尚未见有针对

原料物性构建产品稳定体系的数学模型。作者建立了发酵原汁浊度(x)与复合稳定剂最少使用量(y)之间关系的数学模型: $y=1.192x^2-1.859x+1.108$ ($R^2=0.9996, P<0.05$),为清爽可口的高品质枇杷乳酸发酵果汁饮料的产业化生产提供一定的理论基础。

参考文献(References):

- [1] 何志刚,李维新,林晓姿,等. 枇杷果实成熟和贮藏过程中有机酸的代谢[J]. 果树学报,2005,22(1):23—26.
HE Zhi-gang, LI Wei-xin, LIN Xiao-zi, et al. Organic acids metabolism of loquat fruit during maturity and storage[J]. *Journal of Fruit Science*, 2005, 22(1): 23—26. (in Chinese)
- [2] Devine D A, Hancock R E. Cationic peptides: distribution and mechanisms of resistance[J]. *Current pharmaceutical design*, 2002, 8(9): 703—714.
- [3] Elmadfa L, Klein P, Meyer A L. Immune-stimulating effects of lactic acid bacteria in vivo and in vitro[J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2010, 69(3): 416—420.
- [4] 林晓姿,梁璋成,何志刚,等. 枇杷汁乳酸发酵优良菌株筛选及其发酵特性研究[J]. 热带作物学报,2011,32(3):1—7.
LIN Xiao-zi, LIANG Zhang-cheng, HE Zhi-gang, et al. Bacteria strains selection for the lactic acid fermentation loquat juice and their fermentation characteristics[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2011, 32(3): 1—7. (in Chinese)
- [5] YOSHITAKA H, SHINJI M, YOSHIHIRO Y, et al. Daily intake of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 augments acquired immunity in healthy adults[J]. *The Journal of Nutrition*, 2006, 136: 3069—3073.
- [6] 尹军霞,沈国娟,谢亚芳. 分离自酸菜汁的乳酸乳球菌体外去除胆固醇特性[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(6):850—853.
YIN Jun-xia, SHEN Guo-juan, XIE Ya-fang. Study on characteristic of reducing cholesterol in vitro by *Lactococcus lactis* isolated from sauerkraut juice[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2009, 28(6): 850—853. (in Chinese)
- [7] 李宗军,杨秀华,刘元元,等. 乳酸菌 S 层蛋白的多样性及其研究方法[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(6):721—726. LI Zong-jun, YANG Xiu-hua, LIU Yuan-yuan, et al. Heterogeneity of putative surface layer proteins in *Lactobacilli* and its research methods[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2009, 28(6): 721—726. (in Chinese)
- [8] 顾蓓,常忠义,高红亮. 果汁乳饮料中稳定剂三元复配剂最佳配比的筛选[J]. 大豆科学,2008,27(6):1081—1084.
GU Ran, CHANG Zhong-yi, GAO Hong-liang. Screening mixing proportion of stabilizers in fruit juice milk beverages[J]. *Soybean Science*, 2008, 27(6): 1081—1084. (in Chinese)
- [9] 朱庆刚,赵武,林泽伟. 梨梨与菊花、草莓复合浑浊果汁饮料的加工工艺[J]. 中国野生植物资源,2002,21(5):47—48.
ZHU Qing-gang, ZHAO Wu, LIN Zewei. Processing technology compound juice made from *Rosa roxbunghii*, *chrysanthemum* and strawberry [J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2002, 21(5): 47—48. (in Chinese)
- [10] OKOTH M W, KAAHWA A R, IMUNGI J K. The effect of homogenisation, stabiliser and amylase on cloudiness of passion fruit juice[J]. *Food Control*, 2000, 11(4): 305—311.
- [11] IBRAHIM G E, HASSAN I M, ABD-ELRASHID A M, et al. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage[J]. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25(1): 91—97.
- [12] 梁璋成,何志刚,任香芸,等. MLF 植物乳杆菌 R23 培养基优化[J]. 福建农业学报,2009,24(6):570—574.
LIANG Zhang-cheng, HE Zhi-gang, REN Xiang-yun, et al. Optimization of culture medium for *Lactobacillus plantarum* R23 for malotactic fermentation[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 24(6): 570—574. (in Chinese)
- [13] 冯彤,于新,庞杰. 银杏外种皮麦胚保健饮料加工工艺研究[J]. 中国食品学报,2005,5(3):25—30.
FENG Tong, YU Xin, PANG Jie. Study on the processing technology of ginkgo exocarps and wheat germ health beverage [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2005, 5(3): 25—30. (in Chinese)
- [14] 陈仪男. 菠萝汁饮料稳定性研究[J]. 亚热带植物科学,2005,34(1):36—38.
CHEN Yi-nan. Study on the stability of pineapple juice[J]. *Subtropical Plant Science*, 2005, 34(1): 36—38. (in Chinese)