

# 雪莲果乳酸菌发酵饮料的研制

罗水忠, 郑志, 潘利华, 姜绍通  
(合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 以雪莲果为原料、保加利亚乳杆菌为菌种开发研制雪莲果乳酸菌发酵饮料, 确定其最佳发酵条件和口感稳定性的工艺配方。结果表明: 100℃条件下热烫1min, 并添加抗坏血酸调整果汁pH值为4.0~4.5, 可以有效的阻止褐变的发生。最佳发酵工艺条件: 雪莲果原汁添加量60ml、蔗糖添加量4g、奶粉添加量4g、接种量10%、发酵温度41℃; 发酵饮料调配最佳配方: 在100ml雪莲果原汁的乳酸菌发酵液中添加蔗糖4g、黄原胶0.2g。

**关键词:** 雪莲果; 褐变; 乳酸菌; 发酵饮料

## Production of A Yacon Lactic Acid Fermentation Beverage from Yacon by Lactic Acid Bacteria

LUO Shui-zhong, ZHENG Zhi, PAN Li-hua, JIANG Shao-tong  
(School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** Yacon juice with added sucrose and milk powder was fermented by *Lactobacillus bulgaricus* and the formula and processing conditions for production of the fermentation beverage were optimized by orthogonal test design. Results showed that browning of yacon juice was effectively prevented by boiling in water for 1 minute and then ascorbic acid was added to adjust the pH of the yacon syrup within the range of 4.0 to 4.5. The optimum conditions fermentation by *Lactobacillus bulgaricus* in the yacon juice (60 ml-scale) were: temperature of 41 °C, inoculation amount of 10 % and with the contents of sucrose and milk powder 4 g and 4 g, respectively. The optimum formula of the fermented yacon beverage was that sucrose (4 g) and xanthan gum (0.2 g) were mixed with the fermented yacon juice (100 ml).

**Key words:** yacon; browning; lactic acid bacteria; fermentation beverage

中图分类号: TS275.5

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2009)22-0387-04

雪莲果, 又称雪莲薯(Yacon), 原产于南美洲安第斯山脉, 属菊科向日葵属, 外形似番薯, 皮薄汁多, 果肉晶莹剔透、香甜脆爽。雪莲果含有较高果寡糖和20多种人体必须的氨基酸, 以及钙、镁、铁、锌、钾、硒等微量元素, 具有降低血糖、血脂和胆固醇, 预防和治疗高血压和糖尿病, 对老年人心脑血管病有明显的保健作用<sup>[1-2]</sup>。

由于现代生物技术的日新月异, 使得雪莲果人工栽种获得巨大成功。因此, 雪莲果已成为新型大众水果。但是, 雪莲果的开发存在季节性食用瓶颈问题, 旺季时, 大量积压出现廉价和腐烂等问题, 而非季节时, 无法满足消费者需求。为充分发挥雪莲果的药理功效和营养功效, 本实验以雪莲果为主要原料、保加利亚乳杆菌为菌种研制一种营养丰富的大众饮品——雪莲果乳酸菌发酵饮料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

雪莲果 市售; 保加利亚乳杆菌 中国普通微生物菌种保藏管理中心。

### 1.2 雪莲果乳酸菌发酵饮料的加工工艺流程

雪莲果→清洗去皮→切片→打浆→榨汁→过滤→杀菌→冷却至40℃左右加入驯化后的保加利亚乳杆菌→发酵→加入已灭菌的蔗糖、稳定剂等→二次灭菌→装罐→成品

### 1.3 雪莲果原汁的制备

参考文献[3]方法, 略有改进。挑选无病虫害、腐烂、破皮, 根茎大的新鲜雪莲果, 用自来水清洗除去表面的泥污和杂质。用小刀刮掉外皮, 洗净, 并切成小块状后放入0.1%柠檬酸的沸水中, 烫漂1min。取出

收稿日期: 2009-05-09

基金项目: 安徽省自然科学基金项目(090411015)

作者简介: 罗水忠(1975—), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向为农产品加工生物技术。E-mail: luoshuizhong@163.com

趁热放入打浆机里打浆,将打好的雪莲果浆液进行粗过滤,并在滤液中加入VC护色(使滤液pH值为4.0~4.5),杀菌。常温下自然冷却,备用。

#### 1.4 雪莲果原汁的发酵

活化培养:将保加利亚乳杆菌接入10%脱脂乳液中,41℃恒温培养,传代培养3~4次。如果4h内凝乳,说明乳酸菌的活力已达到要求,放置冰箱备用<sup>[4]</sup>。

果汁发酵:为了得到最佳配方,选用L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>)正交试验进行筛选,选择雪莲果原汁添加量、蔗糖添加量、奶粉添加量、接种量、发酵温度作为影响因素,以发酵24h产生的乳酸量为检测指标,从而确定乳酸菌发酵雪莲果原汁的最佳发酵工艺参数。因素水平见表1。

表1 雪莲果原汁发酵正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test for fermentation of natural yacon juice

水 平	因素				
	A 雪莲果原汁(ml)	B 蔗糖(g)	C 奶粉(g)	D 接种量(%)	E 发酵温度(℃)
1	40	2	2.5	6	25
2	50	3	3.0	8	30
3	60	4	3.5	10	37
4	70	5	4.0	12	41

#### 1.5 雪莲果乳酸菌发酵饮料口感调配及稳定性试验

通过正交试验筛选出的雪莲果乳酸菌发酵液,添加不同浓度的蔗糖、柠檬酸、CMC-Na,经均质后,对发酵液进行口感稳定性试验研究。选用L<sub>4</sub>(2<sup>3</sup>)正交表安排正交试验。评分指标为:香气满分20分,色泽满分20分,滋味满分30分,组织形态满分30分,色泽要求白色或乳白色色、纯正、协调,其他评价标准参见文献[3]。由15位同学品尝后打分。雪莲果发酵饮料口感调配及稳定性试验正交因素水平见表2。

表2 雪莲果发酵饮料口感调配及稳定性试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal test on taste and steady of fermented yacon

水平	因素		
	A 蔗糖(g/100ml)	B 空列	C 黄原胶(g/100ml)
1	2		0.1
2	4		0.2

#### 1.6 分析方法

##### 1.6.1 雪莲果原汁营养成分的测定

总糖含量采用苯酚-硫酸法<sup>[5]</sup>测定;还原糖含量采用DNS法测定<sup>[6]</sup>;蔗糖、葡萄糖、果糖的测定参考文献[7-9]进行;灰分含量的测定采用灼烧法(GB/T 14707—39);脂肪含量的测定采用索氏提取法(GB/T 14772—3);蛋白质含量采用Bradford法测定<sup>[10]</sup>。

##### 1.6.2 乳酸菌数的测定

血球计数板显微镜下计数<sup>[11]</sup>。

##### 1.6.3 雪莲果汁乳酸菌发酵饮料稳定性观察

参考文献[12]进行。

##### 1.6.4 雪莲果汁乳酸菌发酵饮料成品测定

酸度测定根据国标法GB/T 5009—1996进行;可溶性固形物采用阿贝折光仪直接测定;pH值用酸度计直接测定;VC含量参考文献[13]测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 雪莲果原汁褐变的控制

白色透明的雪莲果,由于加工和自身成分的影响,其果汁很容易发生绿变,不仅影响了产品的外观品质,而且造成营养和风味的改变。本研究发现,雪莲果去皮后热烫1min再破碎,在破碎液中添加VC以调整使汁液pH值为4.0~4.5,能够抑制绿变发生,获得白色或乳白色的雪莲果果汁。与文献[14]报道的结果相比,效果更优。

### 2.2 雪莲果原汁的主要营养成分

雪莲果营养丰富,具有高含量的低聚糖,几乎不含淀粉,在营养功能方面表现出极大优势<sup>[15]</sup>。将鲜重50g的雪莲果可食部分制成雪莲果原汁100ml。从表3可以看出,雪莲果原汁中含有乳酸菌生长所需要的葡萄糖、蔗糖等碳源,以及蛋白质等氮源,但是,乳酸菌能发酵利用的还原糖与蛋白质的比例较低,约为2.3。因此,雪莲果原汁进行乳酸菌发酵时,有必要添加外源碳、氮源以调整碳氮比。

表3 雪莲果原汁营养成分

Table 3 Nutrient composition of natural yacon juice

成分	总糖	还原糖	果糖	葡萄糖	蔗糖	灰分	脂肪	蛋白质
含量(mg/100ml)	8641.3	1696.7	35.1	14.6	7.6	526.2	41.9	725.5

### 2.3 雪莲果原汁的乳酸菌发酵工艺优化

#### 2.3.1 单因素试验结果

单因素试验中,以雪莲果原汁添加量60ml、蔗糖添加量4g、奶粉添加量3g、接种量10%、发酵温度37℃为基本条件因素,每次改变一个因素进行单因素试验。各因素对乳酸产量的影响曲线见图1~5。

图1显示了雪莲果原汁添加量对乳酸产量的影响,可以看出,当雪莲果原汁添加量低于60ml时,随着雪莲果原汁添加量的增加乳酸产量随之增加;继续增加雪莲果原汁添加量,乳酸产量变化不大。蔗糖添加量对乳酸产量的影响结果(图2)显示,蔗糖添加量在4~10g之间时,乳酸产量增加不明显( $P > 0.05$ )。图3是奶粉添加量对乳酸产量的影响曲线,可以看出,在试验选定的时间范围内,乳酸产量随着奶粉添加量的增加而增加。图4是接种量对乳酸产量的影响曲线,由图4可以

看出,当接种量在4%~10%之间时,随着接种量的增加乳酸产量随之增加,当接种量在大于10%时,乳酸产量开始下降。温度对乳酸产量的影响结果(图5)表明,当温度范围在20~40℃之间时,随着发酵温度的增加,乳酸产量增加;继续升高温度,乳酸产量随着发酵温度的增加而降低。

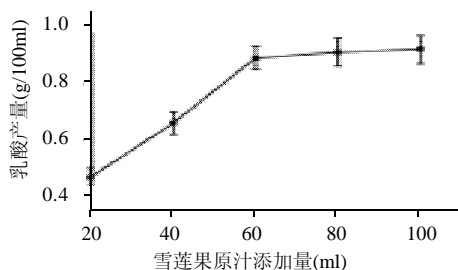


图1 雪莲果原汁添加量对乳酸产量的影响曲线  
Fig.1 Effect of content of natural yacon on yield of lactic acid

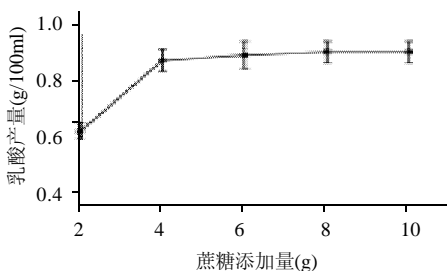


图2 蔗糖添加量对乳酸产量的影响曲线  
Fig.2 Effect of sucrose content on yield of lactic acid

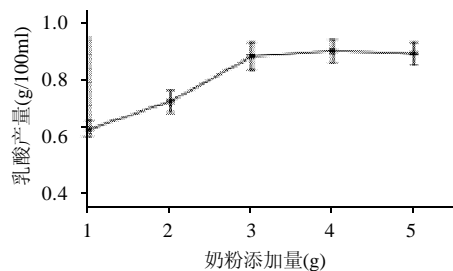


图3 奶粉添加量对乳酸产量的影响曲线  
Fig.3 Effect of milk powder on yield of lactic acid

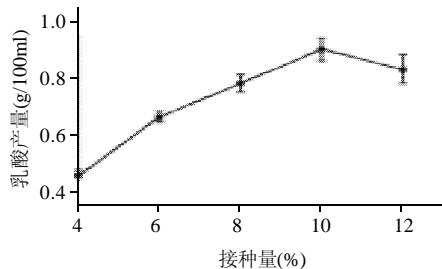


图4 接种量对乳酸产量的影响曲线  
Fig.4 Effect of inoculum on yield of lactic acid

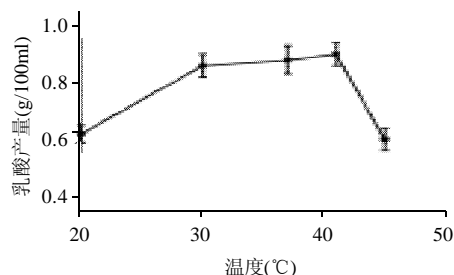


图5 发酵温度对乳酸产量的影响曲线  
Fig.5 Effect of fermentation temperature on yield of lactic acid

因而单因素试验得出的雪莲果乳酸菌发酵饮料的最佳发酵工艺为:雪莲果原汁添加量60ml、蔗糖添加量4g、奶粉添加量3g、接种量10%、发酵温度40℃。

2.3.2 正交试验结果

表4 正交试验结果及直观分析  
Table 4 Results and range analysis of orthogonal test

试验号	A	B	C	D	E	乳酸产量(g/100ml)
1	1	1	1	1	1	0.34
2	1	2	2	2	2	0.79
3	1	3	3	3	3	1.08
4	1	4	4	4	4	1.06
5	2	1	2	3	4	1.09
6	2	2	1	4	3	0.99
7	2	3	4	1	2	0.85
8	2	4	3	2	1	0.52
9	3	1	3	4	2	1.04
10	3	2	4	3	1	0.94
11	3	3	1	2	4	1.03
12	3	4	2	1	3	0.84
13	4	1	4	2	3	1.03
14	4	2	3	1	4	0.87
15	4	3	2	4	1	0.83
16	4	4	1	3	2	1.06
$k_1$	0.82	0.88	0.86	0.73	0.66	$T=14.36$
$k_2$	0.86	0.90	0.89	0.84	0.94	
$k_3$	0.96	0.95	0.88	1.04	0.99	
$k_4$	0.95	0.87	0.97	0.98	1.01	
R	0.14	0.08	0.11	0.31	0.35	

表5 正交试验方差分析表

Table 5 Analysis of variance deviation

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	$F_{(0.01)}$ 值	显著性
A	0.0574	3	0.0191	2.22	5.95	
B	0.0151	3	0.0050	0.58	5.95	
C	0.0303	3	0.0101	1.17	5.95	
D	0.2424	3	0.0808	9.40	5.95	**
E	0.3196	3	0.1065	12.38	5.95	**
误差	0.1028	12				
总和	0.7676	27				

将正交试验数据用DPS统计软件进行统计分析,试

验和方差分析结果分别见表4和表5。由表4可以看出,雪莲果原汁添加量:  $k_3 > k_4 > k_2 > k_1$ ; 蔗糖添加量:  $k_3 > k_2 > k_1 > k_4$ ; 奶粉添加量:  $k_4 > k_2 > k_3 > k_1$ ; 接种量:  $k_3 > k_4 > k_2 > k_1$ ; 发酵温度:  $k_4 > k_3 > k_2 > k_1$ 。因此,最佳萃取组合为  $A_3B_3C_4D_3E_4$ , 即雪莲果原汁添加量 60ml、蔗糖添加量 4g、奶粉添加量 4g、接种量 10%、发酵温度 41℃。雪莲果原汁添加量、蔗糖添加量、奶粉添加量、接种量、发酵温度五因素的极差分别为 0.14、0.08、0.11、0.31、0.35, 表明发酵温度对乳酸产量的影响最大; 各因素对乳酸产量的影响主次为: 发酵温度 > 接种量 > 雪莲果原汁添加量 > 奶粉添加量 > 蔗糖添加量。方差分析显示, 发酵温度和接种量对乳酸产量的影响在显著性水平 0.01 上均极显著(表5)。

## 2.4 雪莲果乳酸菌发酵饮料的口感调配及稳定性试验

表6 雪莲果发酵饮料口感调配及稳定性试验结果

Table 6 Results and range analysis of orthogonal test on taste and steady of fermentation of yacon beverage

试验号	A	B	C	香气得分	色泽得分	滋味得分	组织形态得分	总分
1	1	1	1	17	16	22	23	78
2	1	2	2	18	18	22	26	84
3	2	1	2	18	19	29	25	91
4	2	2	1	17	18	27	28	90
$k_1$	81	85	84					
$k_2$	91	87	88					
R	10	2	4					

由表6可见, 3、4号样调配得分较高, 3号样的配方是  $A_2C_2$ , 4号样的配方是  $A_2C_1$ , 根据极差分析得到配方  $A_2C_2$ 。为了得到最佳配方将这两个配方做重复试验, 结果3号样得分最高, 因此选择3号样为最佳配方, 即在 100ml 雪莲果原汁的乳酸菌发酵液中添加蔗糖 4g, 黄原胶 0.2g。

## 3 结论

雪莲果是一种新型功能性水果, 对糖尿病患者的保

健作用尤为明显。制备雪莲果果汁时, 将雪莲果去皮后在 100℃ 下热烫 1min, 并添加抗坏血酸调整果汁 pH 值为 4.0~4.5 可以有效的阻止绿变。以 50g 去皮雪莲果制成 100ml 雪莲果原汁, 取雪莲果原汁 60ml、蔗糖 4g 和脱脂奶粉 4g, 混匀灭菌后接种 10% 的活化保加利亚乳杆菌, 41℃ 恒温发酵 24h 得雪莲果原汁的乳酸菌发酵液; 在 100ml 雪莲果原汁的乳酸菌发酵液中添加 4g 蔗糖和 0.2g 黄原胶, 均质后得到雪莲果乳酸菌发酵饮料。

## 参考文献:

- [1] LACHMAN J, FERNÁNDEZ EC, ORSÁK M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use-a review[J]. *Plant Soil Environ*, 2003, 49 (6): 283-290.
- [2] 李卓亚. 雪莲果化学成分及其药理作用的研究进展[J]. *食品与药品*, 2007, 9(6): 41-43.
- [3] 吴龙英, 吴翔, 王宜文, 等. 雪莲果芦荟复合汁饮料的研制[J]. *饮料工业*, 2008, 11(4): 32-35.
- [4] 方祥, 胡文锋, 张辉华, 等. 乳酸菌的分离、鉴定及其生长特性[J]. *中国微生物学杂志*, 2000, 12(5): 260-264.
- [5] DUBIOS M, GILLES K A, HAMILTON J K, et al. Colometric method for the determination of sugars and related substances[J]. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1956, 28(3): 350-356.
- [6] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 95-100.
- [7] HALHOUL M N, KLEINBERG I. Differential determination of glucose and fructose, and glucose- and fructose-yielding substances with anthrone [J]. *Analytical Biochemistry*, 1972, 50(2): 337-343.
- [8] 张友杰. 以蒽酮分光光度法测定果蔬中的葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉[J]. *分析化学*, 1977, 5(3): 167-171.
- [9] BERGMAYER H U. *Methods of enzymatic analysis*[M]. New York: Academic Press, 1974: 1200-1209.
- [10] BRADFORD M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72(1/2): 248-254.
- [11] 沈萍, 范秀容, 李广武, 等. 微生物学试验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 69-72.
- [12] 赵晋府. 食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 78-79.
- [13] 王元秀, 庄海燕. 微量滴定法测定猕猴桃中维生素 C 的含量[J]. *济南大学学报: 自然科学版*, 2001, 15(4): 374-375.
- [14] 王文光, 袁唯. 雪莲果加工过程中绿褐变原因初探[J]. *中国食品添加剂*, 2008(2): 92-95.
- [15] 饶之坤, 封良燕, 张虽栓, 等. 雪莲果营养成分分析研究[J]. *云南化工*, 2007, 34(1): 52-53.