

# 玉米双歧杆菌发酵饮料生产工艺的探讨

李凤林<sup>1</sup>, 梁永海<sup>1</sup>, 张丽丽<sup>2</sup>, 刘 波<sup>1</sup>

(1. 吉林农业科技学院生物工程系, 吉林 吉林 132101; 2. 吉林农业科技学院基础部, 吉林 吉林 132101)

**摘 要:**以玉米淀粉为主要原料,经液化、糖化后获得糖化液进行调配,然后接种双歧杆菌发酵,然后再与嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌进行混合发酵,调配后获得较高品质的产品。通过正交试验等实验方法进行优化,确定出最佳配方和工艺条件。

**关键词:**双歧杆菌;玉米淀粉;糖化;发酵

## Processing Technic on Health Drinks *Bifidobacteria* Fermented Corn

LI Feng-lin<sup>1</sup>, LIANG Yong-hai<sup>1</sup>, ZHANG Li-li<sup>2</sup>, LIU Bo<sup>1</sup>

(1. Department of Bi oengineering, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101, China;

2. Department of Basic Science, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101, China)

**Abstract:** In the article, cornstarch is used as raw material. After being liquefied and saccharified. They are mixed and inoculated by *Bifidobacteria*. And then the initial fermenter are again fermented by *S. thermophilus* and *L. bulgaricus* so products of high quality can be obtained. Various ways of experiments are tried, such as orthogonal test, to determine the optimum formulation and craft conditions. Ways of guarantee period experiments are tried to determine the optimum guarantee period.

**Key words:** *Bifidobacteria*; cornstarch; saccharifying; ferment

中图分类号: TS252.54; TS235.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)01-0135-04

我国是玉米生产和种植大国,其种植面积和总产量居世界第二位<sup>[1]</sup>。玉米作为我国的主要粮食作物之一,其营养价值远比大米、面粉丰富,含有大量的氨基酸、脂肪和粗纤维,其次还含有谷胱氨肽和大量的硒镁元素,对抑制癌细胞具有一定作用。双歧杆菌是一无毒、无害的细菌,国内外的研究表明,该菌是人体肠道内正常菌群之一,是肠道微生物区系中典型的对机体百利无一弊的有益菌<sup>[2]</sup>。另外,双歧杆菌还有许多生理活性,诸如免疫赋活作用,抗肿瘤、抗变异原性、降低胆固醇、降血压等<sup>[3]</sup>,此项实验以玉米淀粉为主要原料,经液化、糖化后接种乳酸菌发酵、调配后制成双歧杆菌发酵饮料,在实验过程中对配方加以调整,采用正交试验等实验方法进行优化,确定出最佳配方和工艺条件。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

玉米淀粉、CMC(Carboxymethyl Cellulose,羧甲基纤维素)、PGA(Polyglycolic Acid,聚乙交酯)、米曲霉-淀粉酶、葡萄糖淀粉酶、双歧杆菌(婴儿双歧杆菌)、保加利亚乳杆菌、嗜热乳酸链球菌、半胱氨酸、

苹果酸等。

### 1.2 设备

超净工作台、恒温培养箱、PHS-25 酸度计、均质机、手提式杀菌锅、电子天平、可调电炉、罐装机、玻璃仪器等。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 工艺流程

双歧杆菌 驯化 母发酵剂 工作发酵剂

玉米淀粉 调乳 液化 糖化 灭酶 接种双歧杆菌 单独发酵  
嗜热链球菌:保加利亚乳杆菌=1:1

接种普通乳酸菌 混合发酵 冷却 调配 均质 罐装 (热处理或不处理) 冷藏

#### 1.3.2 工艺要点

1.3.2.1 玉米淀粉调乳 选用优质玉米淀粉,复合GB12309-90食用玉米理化指标,调整成30%的淀粉乳。

1.3.2.2 液化、糖化 调pH6.5(-淀粉酶不耐酸),调温55℃,加入米曲霉-淀粉酶(12μg/g),保温1h,进行液化。再调pH4.5,温度60℃,加入葡萄糖淀粉酶(200μg/g),保温24h,进行糖化。测定DE值,糖

收稿日期:2005-11-20

作者简介:李凤林(1973-),男,讲师,硕士,主要从事食品科学的教学与科研。

化后可达95%以上。

1.3.2.3 灭酶 升温至90℃，保温10min，灭酶，同时为促进双歧杆菌的生长，故在糖化液加入还原剂半胱氨酸0.05%，生长促进剂玉米浸出液0.25%。在121℃，灭菌15min，冷却至40℃。

1.3.2.4 接种双歧杆菌、单独发酵 由于双歧杆菌发酵产酸速度较慢，故先单独发酵。将已驯化好的双歧杆菌(婴儿双歧杆菌)接种在糖化液中，接种量5%，温度42℃，发酵时间4h。

1.3.2.5 接种普通乳酸菌、混合发酵 向发酵罐中投入普通乳酸菌种(嗜热链球菌:保加利亚乳杆菌=1:1)3%，温度41~43℃，与双歧杆菌共同混合发酵2~3h。当酸度大于80℃T，即停止发酵。

1.3.2.6 冷却、调配 发酵结束后，冷却至20℃，加入已经经过杀菌过滤的蔗糖溶液，稳定剂，加水调浆至20%~30%，用苹果酸调酸，至pH值为3.9~4.2。

1.3.2.7 均质 调配后的发酵玉米饮料先预热到53℃，由均质机均质，均质压力为25MPa。

1.3.2.8 罐装、冷藏 均质结束后，罐装，然后在4℃以下进行冷藏。

### 1.3.3 试验因素的选定

#### 1.3.3.1 影响双歧杆菌与发普通乳酸菌混合发酵正交试验因素的确定

选普通乳酸菌(嗜热链球菌:保加利亚乳杆菌=1:1)添加量，发酵温度、发酵时间等因素，在其它各项工艺条件都不变的情况下，进行3因素2水平的 $L_4(2^3)$ 正交试验，以酸度(吉尔涅尔度)为指标，来确定混合发酵的工艺条件。试验设计见表1。

表1 双歧杆菌与普通乳酸菌混合发酵正交试验因素水平表 $L_4(2^3)$   
Table 1 *Bifidobacteria* and common lactic acid mixed ferment orthogonal test  $L_4(2^3)$

| 实验号 | A 普通乳酸菌添加量(%)        | B 发酵温度(℃)           | C 时间(h)              |
|-----|----------------------|---------------------|----------------------|
| 1   | A <sub>1</sub> (2.5) | B <sub>1</sub> (41) | C <sub>1</sub> (2.5) |
| 2   | A <sub>1</sub>       | B <sub>2</sub> (43) | C <sub>2</sub> (3)   |
| 3   | A <sub>2</sub> (3)   | B <sub>1</sub>      | C <sub>2</sub>       |
| 4   | A <sub>2</sub>       | B <sub>2</sub>      | C <sub>1</sub>       |

#### 1.3.3.2 饮料稳定剂的选择

饮料不加稳定剂，储藏一段时间后外观上易出现浑浊、沉淀、分层等现象，口感上会发现颗粒存在、不细腻等现象。为解决这一问题，必须加入稳定剂，如CMC、PGA、果胶等，所以有必要对不同稳定剂进行平行试验，确定对稳定剂的选择。见表2。

#### 1.3.3.3 影响饮料配方正交试验因素的确定

笔者选蔗糖添加量，玉米糖化液的浓度，饮料的

表2 稳定剂选择试验  
Table 2 Stability reagent alternative experiment

| 稳定剂        | 添加量(‰)    |           |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|
|            | 1         | 2         | 3         |
| A(CMC)     | 0.15      | 0.20      | 0.25      |
| B(PGA)     | 0.15      | 0.20      | 0.25      |
| C(果胶)      | 0.10      | 0.15      | 0.20      |
| D(CMC与PGA) | 0.10/0.10 | 0.15/0.15 | 0.20/0.20 |
| E(CMC与果胶)  | 0.10/0.10 | 0.15/0.10 | 0.20/0.15 |
| F(PGA与果胶)  | 0.10/0.10 | 0.15/0.10 | 0.20/0.15 |

酸度(用苹果酸调酸)等因素，在其它各项工艺条件都不变的情况下，进行3因素2水平的 $L_4(2^3)$ 正交试验，以感官评价为指标(以100分计)来确定饮料的最佳配方。试验设计见表3。

表3 饮料配方正交试验因素及水平表 $L_4(2^3)$   
Table 3 Factors and levels of drinks' formula orthogonal test  $L_4(2^3)$

| 实验号 | A 蔗糖添加量(%)         | B 玉米糖化液的浓度(%)       | C 饮料的酸度(pH)          |
|-----|--------------------|---------------------|----------------------|
| 1   | A <sub>1</sub> (3) | B <sub>1</sub> (20) | C <sub>1</sub> (3.9) |
| 2   | A <sub>1</sub>     | B <sub>2</sub> (30) | C <sub>2</sub> (4.2) |
| 3   | A <sub>2</sub> (5) | B <sub>1</sub>      | C <sub>2</sub>       |
| 4   | A <sub>2</sub>     | B <sub>2</sub>      | C <sub>1</sub>       |

#### 1.3.3.4 产品保质期的确定

对于发酵饮料来说，产品的保质期是一个十分棘手的问题，一方面，我们要保证产品的活菌数，在灌装后就不应杀菌，但酸度会持续升高，保质期要短；而另一方面，产品要进行销售，就要求有较长的保质期和稳定的酸度，需要杀菌，但营养功效要降低。为此，我们做了两方面的研究，一方面，我们在低温条件下对其贮藏，3~7d内，连续检查其活菌数及大肠杆菌的数量；另一方面，我们采用保温加热的方式钝化乳酸菌，同时杀死产品中的一些有害微生物。对这两项研究，比较其优缺点，确定出合适的后期处理方法，使产品具有一个稳定的保质期，同时又要保证我们研究的初衷。

## 2 结果与分析

### 2.1 双歧杆菌与普通乳酸菌混合发酵工艺条件的确定

混合发酵工艺条件确定的正交试验结果见表4，以酸度(吉尔涅尔度)为指标进行判定。

比较表中R值的大小，可以看出发酵工艺中对酸度起决定性的因素为普通乳酸菌添加量，其次分别为时间、温度，故混合发酵适宜条件为：普通乳酸菌添加量为3%，混合发酵时间为3h，发酵温度41℃。

### 2.2 稳定剂选择及用量的确定

对于稳定效果的判定，主要从饮料的混浊度、分层情况、色泽是否发生变化、口感是否粗糙等方面进

表4 双歧杆菌与普通乳酸菌混合发酵正交试验表 $L_4(2^3)$ Table 4 *Bifidobacteria* and common lactic acid mixed ferment orthogonal test  $L_4(2^3)$ 

| 实验号            | A<br>普通乳酸菌添加量(%) | B<br>发酵温度( )        | C<br>时间(h)           | 酸度<br>(°T) |
|----------------|------------------|---------------------|----------------------|------------|
| 1              | A <sub>1</sub>   | B <sub>1</sub> (41) | C <sub>1</sub> (2.5) | 74         |
| 2              | A <sub>1</sub>   | B <sub>2</sub> (43) | C <sub>2</sub> (3)   | 76         |
| 3              | A <sub>2</sub>   | B <sub>1</sub>      | C <sub>2</sub>       | 84         |
| 4              | A <sub>2</sub>   | B <sub>2</sub>      | C <sub>1</sub>       | 78         |
| K <sub>1</sub> | 150              | 158                 | 152                  |            |
| K <sub>2</sub> | 162              | 154                 | 160                  |            |
| X <sub>1</sub> | 75               | 79                  | 76                   |            |
| X <sub>2</sub> | 81               | 77                  | 80                   |            |
| R              | 6                | 2                   | 4                    |            |
| 较优水平           | A <sub>2</sub>   | B <sub>1</sub>      | C <sub>2</sub>       |            |
| 主次因素           | A > B > C        |                     |                      |            |

行鉴定。在饮料保存 15d 后, 由吉林农业科技学院生物工程系 03 级学生 10 人进行鉴定(以 100 分计)见表 5。

表5 稳定剂选择及用量试验结果表

Table 5 Result of stability reagent's choice and dosage

| 稳定剂            | 稳定效果 | 稳定剂            | 稳定效果 | 稳定剂            | 稳定效果 |
|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| A <sub>1</sub> | 76   | C <sub>1</sub> | 64   | E <sub>1</sub> | 84   |
| A <sub>2</sub> | 78   | C <sub>2</sub> | 72   | E <sub>2</sub> | 86   |
| A <sub>3</sub> | 82   | C <sub>3</sub> | 72   | E <sub>3</sub> | 90   |
| B <sub>1</sub> | 74   | D <sub>1</sub> | 83   | F <sub>1</sub> | 82   |
| B <sub>2</sub> | 78   | D <sub>2</sub> | 93   | F <sub>2</sub> | 83   |
| B <sub>3</sub> | 80   | D <sub>3</sub> | 88   | F <sub>3</sub> | 81   |

由表 5 可以看出, 当选择 CMC 与 PGA 复合稳定剂, 它们之比为 0.15%/0.15% 时, 多人从饮料的混浊度、分层情况、色泽是否发生变化、口感是否粗糙等方面进行鉴定, 认为此时饮料稳定性最佳, 故选用 CMC 与 PGA 的复合稳定剂, 添加量为 0.15%/0.15%。

### 2.3 饮料配方确定

饮料配方确定的正交试验结果见表 6, 以感官评价为指标(以 100 分计)来确定饮料的最佳配方。

表6 饮料配方正交试验因素及水平表 $L_4(2^3)$ Table 6 Factors and levels of drinks' formula orthogonal test  $L_4(2^3)$ 

| 实验号            | A<br>蔗糖添加量<br>(%) | B<br>玉米糖化液的浓度<br>(%) | C<br>饮料的酸度<br>(pH) | 感官<br>评价<br>(100分) |
|----------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1              | A <sub>1</sub>    | B <sub>1</sub>       | C <sub>1</sub>     | 85                 |
| 2              | A <sub>1</sub>    | B <sub>2</sub>       | C <sub>2</sub>     | 81                 |
| 3              | A <sub>2</sub>    | B <sub>1</sub>       | C <sub>2</sub>     | 92                 |
| 4              | A <sub>2</sub>    | B <sub>2</sub>       | C <sub>1</sub>     | 89                 |
| K <sub>1</sub> | 166               | 177                  | 174                |                    |
| K <sub>2</sub> | 181               | 170                  | 173                |                    |
| X <sub>1</sub> | 83                | 88.5                 | 87                 |                    |
| X <sub>2</sub> | 90.5              | 85                   | 86.5               |                    |
| R              | 3.75              | 1.75                 | 0.25               |                    |
| 较优水平           | A <sub>2</sub>    | B <sub>1</sub>       | C <sub>1</sub>     |                    |
| 主次因素           | A > B > C         |                      |                    |                    |

由表 6 比较 R 值的大小, 可以看出对饮料品质影响最大的是蔗糖添加量, 其次分别为玉米糖化液的浓度、饮料的酸度, 最佳配方为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, 但正交表中没有此项组合, 故按此组合重新进行试验, 所得产品经感官评定后认为品质优良。故采用此组合为最佳配方, 即蔗糖添加量为 5%, 玉米糖化液的浓度 20%, 饮料的酸度(用苹果酸调酸)为 pH3.9。

### 2.4 产品保存期的确定

#### 2.4.1 在 4 的低温条件下贮藏时, 保质期的确定

我们在 4 的低温条件下贮藏, 3~7d 内连续检查其活菌数及大肠杆菌的数量, 结果见图 1、2。

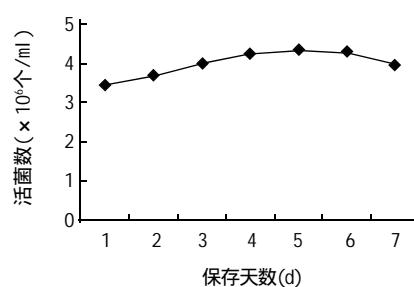


图1 4 条件下贮藏时产品中活菌数量的变化

Fig.1 Change of the amount of bacteria in products when being stored at 4

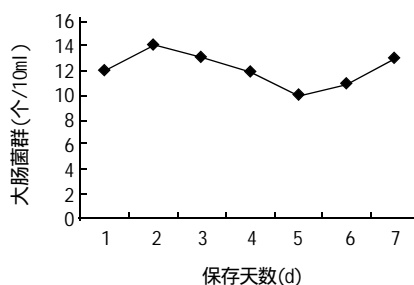


图2 4 条件下贮藏时产品中大肠菌群数量的变化

Fig.2 Change of the amount of coliform group in products when being stored at 4

由图 1 可以看出, 产品在 4 条件下贮藏第 5d 时, 活菌数量达到最高值  $4.28 \times 10^6$  个/ml, 并且由图 2 可以看出此时大肠菌群的数量为 12 个/10ml, 与其它天数的数量相比变化不大, 但在 7d 后大肠菌群的数量会直线上升。因此, 我们确定出在 4 贮藏 5d, 产品中的活菌数将达到最高值, 同时其它有害菌的数量与刚贮存时变化不大。所以不进行热处理的产品在 4 条件下, 其保质期为 5d。

#### 2.4.2 保温加热处理条件下保质期的确定

为了延长饮料的保质期, 我们参考有关资料<sup>[6]</sup>选择 72、10min 的热处理条件, 因为在此条件下保温处理, 一方面可以杀死饮料中的有害菌, 另一方面对于乳酸菌和双歧杆菌来说, 还可以保存一定量的活菌数,

然后在常温下保存 40d, 测定产品中活菌的数量及酸度的变化。具体结果见图 3、4。

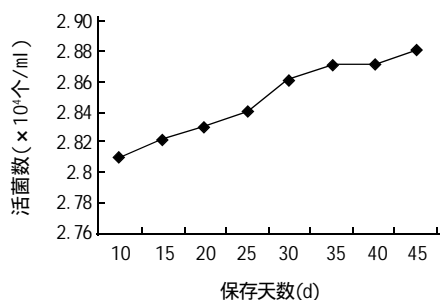


图3 72 °C、10min的热处理后常温贮藏时产品中活菌数量的变化  
Fig.3 After heating at 72 °C for 10min, change of the amount of bacteria in products when being stored at average temperature

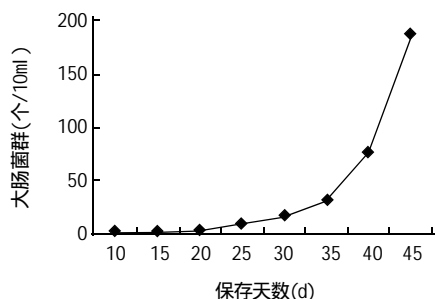


图4 72 °C、10min的热处理后常温贮藏时产品中  
大肠菌群数量的变化

Fig.4 After heating at 72 °C for 10min, change of the amount of coliform group in products when being stored at average temperature

由图3可以看出, 产品中乳酸菌及双歧杆菌的活菌数量在10~40d内数量变化不大, 一直是一个极缓慢上升的过程, 但与热处理前相比活菌数明显减少, 最高为  $2.88 \times 10^4$  个/ml, 由图4可以看出, 大肠菌群的数量在前20d内极少, 为2个/10ml, 超过35d后数量急剧上升。因此, 我们选30d做为其保质期, 在此期间, 大肠菌群的数量维持在一个较低的水平, 同时又有一定量乳酸菌及双歧杆菌的活菌。

### 3 结 论

3.1 通过多次反复试验, 证明该工艺完全可行, 即利

用玉米淀粉为原料, 可以生产出所期望的产品。

3.2 由发酵正交试验确定出双歧杆菌与普通乳酸菌(嗜热链球菌: 保加利亚乳杆菌=1:1)混合发酵的最佳工艺条件: 普通乳酸菌添加量为3%, 混合发酵时间为3h, 发酵温度41 °C。

3.3 由稳定性试验得出, 使用CMC与PGA的复合稳定剂, 添加量为0.15%/0.15%时, 稳定效果最好。

3.4 由配方正交试验确定出最佳配方, 即蔗糖添加量为5%, 玉米糖化液的浓度20%, 饮料的酸度(用苹果酸调酸)为pH3.9。

3.5 由产品保存期的确定试验我们可以看出, 采用不同的方法处理产品可以得到不同的保质期, 但相应产品的功效也会不同。不进行热处理的产品在4 °C条件下, 其保质期为5d, 活菌数为  $4.28 \times 10^6$  个/ml; 选择72 °C、10min的热处理条件, 其保质期为30d, 活菌数为  $2.88 \times 10^4$  个/ml。由于产品最终要面向市场, 因此我们倾向于选择72 °C、10min的热处理条件, 其保质期为30d。

3.6 该产品色泽透明澄清, 光泽度好, 呈淡乳白色; 口感细腻、均匀、酸甜适口, 无异味; 在产品保质期内无沉淀和上浮现象。

3.7 从我国现代发酵工业状况来看, 玉米发酵饮料的生产具有发酵时间短、成本低、自动化程度高等优点, 因此玉米发酵饮料可进行工业化生产, 并有一定的发展前景。

### 参考文献:

- [1] 毛晓英, 谢晓霞, 吴庆智, 等. 玉米发酵饮料工艺的探讨[J]. 山西食品工业, 2002(1): 19-21.
- [2] 周马林, 黄立武. 双歧杆菌发酵中国黑米口服液的研制[J]. 食品工业科技, 1996, 17(2): 46-47.
- [3] 金世琳. 双歧杆菌的功能-健康科学的探索[J]. 中国乳品工业, 1999, 27(3): 40-41.
- [4] 韩涛, 王磷, 李丽萍. 红小豆纤维饮料的研究[J]. 食品工业科技, 1996 (3): 20-22.
- [5] 蒋爱民. 乳制品工艺及进展[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996: 99-100.
- [6] 加桑斯基 M M[苏]. 乳与乳制品工艺学[M]. 勤奋, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 1981.

欢迎订阅 2007 年《食品科学》杂志