

玉米乳酸饮料发酵过程初探

郑 敏 杨本宏

(合肥联合大学生化系 合肥 230022)

摘 要: 以玉米为原料进行乳酸发酵, 对制备乳酸饮料的发酵过程中的动态变化作了初步分析探讨。结果显示: 经过约 39h 的发酵, 饮料中乳酸值可达 2.1g/100mL, 另含寡糖、氨基酸等多种营养保健成份, 具可观的经济前景。对玉米乳酸饮料的生产工艺条件的进一步研究, 具有一定的指导意义。

关键词: 玉米, 乳酸饮料, 发酵, 乳酸菌

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A 0253-2654 (2002) 02-0013-04

STUDIES ON FERMENTATION OF CORN BEVERAGE BY LACTIC ACID BACTERIA

ZHENG Min YANG Ben-Hong

(Dept. of Chem. & Biochem Engineering, Hefei Union Univ., Hefei 230022)

Abstract: The processes of fermentation of corn powder by lactic acid bacteria was studied. The results indicated that, after 39 hours fermentation, the lactic acid content reached 2.1g/100mL, and some nutrients as oligosaccharides and amino acids were also produced. The result is of significance to the technological design of producing lactic acid beverage of corn.

Key words: Corn, Lactic beverage, Fermentation, Actobacillus

玉米含有丰富的氨基酸、维生素及多种矿物质, 因其营养价值高而被誉为“黄金食品”, 其中所含的谷胱甘肽被称为“抗癌因子”。很多资料表明, 经过乳酸菌发酵之后, 原所含必需赖氨酸、蛋氨酸的量可增加数倍, 特别是主产物——乳酸, 它具有良好的生理效用, 可以抑制肠道有害菌, 改善肠胃的吸收功能, 清理毒素, 对降低胆固醇, 改善肝功能亦有一定疗效。乳酸菌在肠道可以存活定居, 平衡肠道菌系, 并合成 B 族维生素、V_E、烟酸、叶酸等营养因子, 具有防癌抗癌功效, 同时还能促进人体对 Ca、P、Fe 等微量元素的吸收利用。所以乳酸饮料被公认为营养保健型饮料, 在世界各国市场都很畅销。

目前国内乳酸饮料品种不少, 但以粮食为原料发酵乳酸饮料的研究, 国内报道的资料较少, 市场上也尚未见相关饮料面市。

收稿日期: 2001-04-31, 修回日期: 2001-08-15

本文对制备玉米乳酸饮料的发酵过程进行了初步探讨。

1 材料与方法

1.1 菌种

保加利亚乳酸菌 (*Lactobacillus bulgaricus*), 嗜热链球菌 (*Streptococcus thermophilus*), 从市售酸奶中分离, 经本实验室筛选的保种培养基驯化培养而得。

1.2 培养基主要原料

玉米粉及氮源、营养盐等, pH 自然, 1×10^5 Pa, 30min。

1.3 培养条件

500mL 三角瓶, 装量 200mL, 接种量 5% (1:1), $42 \pm 1^\circ\text{C}$ 静置培养。

1.4 测定方法

1.4.1 总糖及还原糖的测定: 高效液相色谱法。

1.4.2 总氮量的测定: 微量凯氏定氮法。

1.4.3 氨基酸定量分析: 茚三酮比色法。

1.4.4 乳酸值测定: NaOH 直接滴定法。

1.4.5 pH 值测定: pHs-25 型酸度计 (上海雷磁仪器厂)。

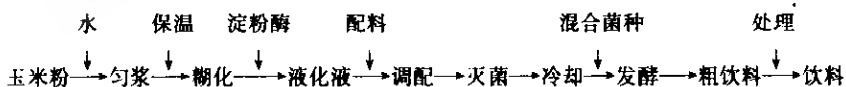
1.4.6 钙含量测定: 高锰酸钾间接滴定法。

1.4.7 粗脂肪测定: 索氏抽提法。

1.5 实验方法

首先, 依据乳酸菌的营养需求及生理特性, 设计了以玉米粉水解液为主要原料的系列培养基进行发酵实验, 从中筛选出一种配方。再分别以不同的接种量、培养温度、起始 pH 值及蔗糖梯度做发酵实验; 每次实验主要以口感和感观。产酸时间长短及镜检乳酸菌为主要指标。通过如上试验, 从中筛选出一种效果较佳的培养基配方及培养条件, 对其发酵过程作出进一步的分析。

玉米乳酸饮料的发酵流程如下:



从零点开始, 每隔 7h 取一次样, 离心法除菌后, 立即测定总糖、还原糖、总氮及 pH 值, 同时对原样进行口感和感观测评, 并做镜检。

整个发酵过程共 39h。

2 结果与讨论

2.1 乳酸发酵试验及发酵过程分析

根据实验结果分析, 玉米粉经乳酸菌混合发酵的产酸和 pH 变化, 以及基质中总氮、总糖和还原糖量的变化过程分别见图 1 和图 2, 从中可以看出, 整个发酵过程大致可分为 5 个阶段。

2.1.1 第 1 阶段 (0~7h): 镜检显示此期间菌量基本无变化。在新环境中, 乳酸菌一方面分泌胞外酶降解玉米水解液中蛋白质、糊精和低聚糖, 另一方面吸收利用还原糖和小分子氮合成细胞物质, 两者共同效应使得还原糖含氮量略有上升 (图 1)。

2.1.2 第 2 阶段 (7~14h): 这段时间还原糖和含氮量分别从 5.6g/100mL 和 56.3mg/

100mL 下降至 3.4g/100mL 和 37.3mg/100mL，下降的幅度较大，而且 pH 值下降了 0.9 (图 2)，这是由于乳酸菌大量繁殖，利用了较多的碳、氮源，同时少量乳酸开始形成。镜检结果也证实了这一点：此期乳酸菌不仅数量在增多，且形态典型规则，杆菌粗壮链较长，链球菌也成对成链^[4]。

2.1.3 第 3 阶段 (14 ~ 28h)：此期间 pH 值下降态势明显，说明乳酸菌已进入产乳酸的主要阶段，消耗了大量的还原糖。据文献报导，当嗜热链球菌发酵葡萄糖的 pH 值达 4.0 ~ 4.5 时就可抑制嗜热链球菌的增殖^[4]，而在试验中发酵至 21h，pH 值下降至 3.3，但其副产物甲酸等却是保加利亚乳杆菌的发育促进物^[4]，所以促进了乳杆菌的生长，含氮量亦随之减少。

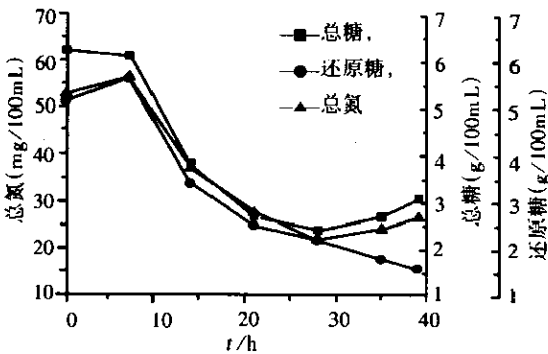


图 1 玉米乳酸饮料发酵进程曲线

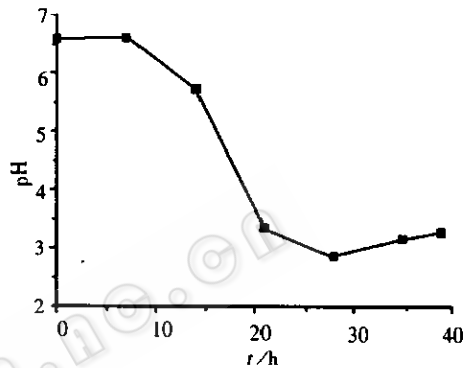


图 2 玉米乳酸饮料发酵产酸曲线

2.1.4 第 4 阶段 (28 ~ 35h)：这期间还原糖下降趋缓，pH 值也下降至 2.8 ~ 3.1，表明产酸已接近尾声，较高的酸度抑制了乳酸菌的生理活性。镜检显示此时菌体近衰老，开始自溶，向发酵液中释放细胞物质，导致总糖、总氮以及 pH 值略有上升，发酵已到后期。

2.1.5 第 5 阶段 (35 ~ 39h)：此间总糖、总氮继续上升，还原糖 pH 值变化不大，菌体大量自溶，乳酸发酵基本停止，但口感较第 4 阶段要柔和圆润了一些，且有香气形成。

2.2 菌种问题

本实验之所以选用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌 (1:1) 作为发酵菌种，是因为两者混合生长时，乳杆菌为链球菌生长提供必需的氨基酸，而链球菌所产甲酸等物质又可促进乳杆菌生长^[5]。本实验亦显示出双菌发酵较单菌发酵产酸率高出约 10%，风味也略佳。菌种从酸乳转移到粮食培养基，存在一个驯化过程。本实验在设计菌种培养基成份时，如何使菌种能较快适应新环境，保持产酸优良性能是考虑的首要问题。这里我们发现添加 B 族维生素是必要的，另外，适量的蕃茄汁也有益于菌种的生长。

2.3 饮料风味的形成

除了主酵产品赋予饮料清爽的酸味，其少量的副产品如乙醛、双乙酰、乙醇、有机酸^[5]等对风味的调整亦起重要的作用。值得提出的是，在发酵第 35 ~ 39h 期间内，看上去进入了溶菌期，产酸不明显，似无保留的必要，但口感指标显示此期间风味大大增加 (表 1)。

这说明在发酵的最后 35 ~ 39h 内，乳酸的积累已达到饱和，残留的中间产物如丙酮酸、有机酸等被利用合成如双乙酰、脂类等物质^[6]，而产生特殊的风味，溶菌亦使饮

料中游离的氨基酸增加。可以看出, 后酵虽然延长了生产周期, 但促进了风味物质的形成, 应予以保留。总之, 以玉米为原料经乳酸菌发酵制备乳酸饮料, 不仅存在可行性, 还使玉米的营养成份更加均衡^[7], 生物效价得到提高 (表 2、3)。

表 1 玉米乳酸饮料感观指标

感观指标	发酵时间(h)						
	0	7	14	21	28	35	39*
口感	甜(++++)	甜(++++)	甜(+++)	甜(++)	甜(++)	酸甜适口	酸甜可口
	酸(-)	酸(-)	酸(-)	酸(+)	酸(+++)	感觉到风味	入口柔绵
	玉米味	玉米味					风味更佳
气味	甜(++)	甜(++)	甜(+)	甜(-)	甜(-)	甜(+)	甜(+)
	酸(-)	酸(-)	酸(+)	酸(+)	酸(++)	酸(+)	酸(+)
	玉米香	玉米香				香气(+)	香气浓郁
外观	黄色	黄色	浅黄色	浅黄色	浅黄色	黄色	米黄色
	浑浊(+)	浑浊(+)	清	清	透明	透明	清
	沉淀(++)	沉淀(++)	沉淀(++)	沉淀(+)	沉淀(+)	沉淀(+)	沉淀(+)

* 经过 4℃ 过夜处理, 外观澄清透明, 沉淀凝聚, 口感风味更佳。

表 2 玉米乳酸饮料中的糖组份 (g/100mL)

组分	果糖	葡萄糖	蔗糖	麦芽糖	乳糖	麦三糖	麦四糖	麦五糖
含量	0.14	0.95	1.18	0.59	0.26	0.41	0.19	0.47

表 3 玉米乳酸饮料部分营养成分表 (g/100mL)

组分	单糖	寡糖	粗蛋白	真蛋白	游离氨基酸	乳酸	游离 Ca ⁺⁺	粗脂肪
含量	1.09	3.09	0.59	0.37	0.11	2.1	5.8 × 10 ⁻³	0.12

另外, 在作糖梯度试验中发现, 添加蔗糖有利于风味的形成。但有资料表明^[5], 一定浓度的蔗糖对乳酸菌的生长有影响, 因此选择一个合适的蔗糖比例是有必要的。关于如何促使风味物质更早更好地产生, 有待进一步探讨。

参考文献

- [1] 恩斯明格 A H. 食品百科全书——营养素. 北京: 农业出版社, 1986.
- [2] 宁正祥. 食品成分分析手册. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [3] 北京大学生物系生化教研室. 生物化学实验指导. 北京: 高教出版社, 1989.
- [4] 布坎南 R E, 吉布斯 N E. 伯杰氏鉴定手册 (第八版, 中译本). 北京: 科学出版社, 1984, 694.
- [5] 李增译. 食品科学, 1981, (4): 38~41
- [6] 金世琳编. 乳与乳制品生产. 北京: 轻工出版社, 1977.
- [7] 蔡同一, 赵文娟. 食品科学, 2000, 21 (1): 6~8.