

乳酸生产新工艺的研究

无锡轻工业学院 赵玉莲 郑学翔 赵晓红 陈 刚

摘 要

乳酸是食品、医药、化工和印染工业上共用的有机酸。利用小麦加工的副产品——次粉，代替大米生产乳酸，不仅代替了我国人民的主食之一大米，而且还节省了其它辅料，提高了次粉的利用价值。从而取得了较好的社会效益与经济效益，因此，具有一定的实用意义。

本研究采用诱变育种手段，选得德氏乳酸杆菌 (*Lactobacillus delbrueckii*) 的变异菌株 U_{88} ，求得该变异株的比生长速率 $\mu = 0.59 \text{ hr}^{-1}$ ；采用次粉为原料的发酵试验结果表明，变异菌株 U_{88} 对底物的转化率为 92%；生产工艺的改造使其收得率较原工艺提高了 55%。

一、前 言

1847年，布洛得氏第一个发现乳酸系发酵产物的三十年后，即 1877 年才分离出纯粹的链球乳酸菌，直至 1881 年，方开始采用细菌进行发酵法生产乳酸的尝试。

1894 年麦克蒙氏发现霉菌、根霉等也产生乳酸，因而也有采用霉菌进行发酵法生产乳酸。

1942 年，我国汤腾汉等从牛奶中分离得到五种乳酸菌，并于 1944 年投入工业化生产。因此，乳酸是我国制造最早的有机酸发酵产品。近几年来，我国乳酸生产得到了很大的发展，然而在产酸率、产品质量等方面，尚有许多工作需进行研究。

乳酸，作为一种重要的食用酸，可分为左旋型、右旋型和消旋型三种。

在食品工业中，多利用食用乳酸作为调味剂。例如糖果和清凉饮料中可以用乳酸代替柠檬酸和酒石酸；在调味品中如酱油、酱和食醋中将乳酸作为增香剂的前体物；儿童食品中添加乳酸可以帮助消化，杀灭肠道中的病原菌，增进健康；在低度酒精饮料中添加乳酸亦可达到改进风味的效果。

乳酸酯的应用，为乳酸生产的发展起到了

极为重要的作用。随着人民生活水平的提高，不仅将乳酸酯用作食品添加剂，还可广泛地应用于化学工业，如油漆的溶剂和光亮剂，而乳酸铜又是金属电镀的重要溶剂。

在医药工业中，常利用乳酸盐，例如乳酸钙作为补充钙质的药品，乳酸铁可治疗贫血症，乳酸铵可以防止盗汗等等。

目前，我国的乳酸生产厂家，已近 100 多个；然而，这些厂家大多采用相同的工艺、原料。特别是出口数量的急剧增加，又刺激了一些单位的投资欲望。本文则是根据生产需要，对乳酸产生菌及生产工艺进行了研究。

二、材料与方法

(一) 菌种选育部份

1、供试菌株: *Lac delbrueckii*

2、培养基

1) 斜面培养基: 饴糖(或葡萄糖)琼脂培养基。

2) 产酸试验的发酵培养基: 米栖或次粉的糖化液，浓度为 5°Be 。

3、诱变剂

1) 硫酸二乙酯(DES)

取 DES 原液，用少量酒精溶解后，以生理盐水配制成 10% 的溶液，按照试验需要吸取不同的量与菌液混合，置于 45°C 水浴振荡处理 10 分钟后，进行稀释分离，观察诱变效应。

2) 紫外线(UV)

20 瓦，波长 2539\AA ，照射距离 30 厘米。

菌液厚度: $\phi = 9$ 厘米的培养皿中放置 3 毫升待照射的菌液。

(二) 产酸发酵试验部分

1、米栖和次粉成份(淀粉、蛋白质、脂肪、水份、纤维素与灰份)，分析方法见分析手册。

2、酸度测定：酸碱中和法(以乳酸表示)

3、产酸定性试验：纸层析

展开剂：正丁醇：甲酸：水=80:15:5

显色剂：0.1%溴酚蓝酒精溶液

(三)乳酸生产的提取工艺

1、离交柱：50毫升滴定管

2、离子交换树脂。

树脂产品编号：732；717。

三、结果与讨论

(一)菌种部份

1、诱变效应

1)DES对乳酸菌的诱变效应

无菌制备得到菌数为 10^6 ml的菌液后，根据试验设计所需的DES浓度，吸取10%DES溶液置于试管中，与无菌试管中的菌液混合后置于45°C水浴，保温振荡处理10分后进行稀释分离，根据透明圈的有无挑取菌落，并进行产酸的发酵试验，计数，算出存活率与正变率，结果见表1

表1 DES对乳酸菌的诱变效应

效果 \ DES 浓度 (%)	0.5	1.0	1.5	0 (对照)
存活率(%)	82	76	58	100
正变率(%)	62	53	40	/
酸度提高率(%)	12	12	12	/

由表1可以看出，DES对乳酸菌的效应，其存活率随着处理的DES浓度的提高而降低，而正变率也是如此；但在产酸能力方面，DES处理是有效的，提高幅度均在10%左右，与DES的浓度没有显著影响。

2)UV对乳酸菌的诱变效应

将待试菌液(菌液浓度为 10^6 个/毫升)的培养皿置于已稳定的紫外光灯管下照射不同时间，并采取相应措施防止光复活；培养后挑取菌落进行发酵产酸试验，结果见表2：

由表2可以看出，紫外线对乳酸菌的诱变效应，其存活率随照射剂量的增加而下降；产酸提高的幅度及正变率与剂量无明显关系。

2. 诱变菌株 U_{88} 的比生长速率

表2 UV对乳酸菌的诱变效应

剂量(分钟) \ 效果	2	6	10	0 (对照)
存活率(%)	48.5	39.1	19.5	100
正变率(%)	50.1	34.3	48.7	/
酸度提高率(%)	10~18	10~18	10~20	/

微生物的生长速率，通常表现为细胞物质或细胞数目增加1倍所需的时间。细胞物质增加1倍的时间可能不同于细胞数目增加1倍的时间。因为细胞数目不增加，细胞物质也能增加。当然，如果在特定的条件与环境中，细胞物质或细胞数目增加1倍的时间间隔是常数，则微生物是以指数速度生长。在这种情况下，可将生长描述为：

$$dX/dt = \mu X \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{或 } dN/dt = \mu_n X \dots \dots \dots (2)$$

式中：X=细胞重量(克/升)

N=细胞浓度(细胞数/升)

t=时间(小时)

μ =比生长速率(1/小时)

μ_n =比生长速率(数目)

方程(1)表示细胞物质的重量随时间而增加；方程(2)则表示细胞数目随时间而增加。

在大多数情况下，生长是以物质的增加来衡量的。因此符号 μ 便得到应用。 μX 值为单位体积生长速率，以(克/升·小时)表示。

将方程(1)积分得

$$\int_{x_1}^{x_2} dx/x = \int_{t_1}^{t_2} \mu \cdot dt \dots \dots \dots (3)$$

若比生长速率 μ 为常数，方程(3)可得出

$$\ln \frac{x_2}{x_1} = \mu \cdot \Delta t \dots \dots \dots (4)$$

则方程(4)可在 $\Delta t = td$ 时求解，td即为 $X_2 = 2X_1$ 时所需的时间，于是

$$td = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu} \dots \dots \dots (5)$$

将变异菌株 U_{88} 在相同条件下培养，间隔一定时间取出离心，将菌体烘干、称重，结果见表3。

根据方程(5)求得 $U_{88} = 0.59 (\text{hr}^{-1})$

表3 U_{88} 变异株生长不同时间菌体的重量

生长时间(小时)	细胞重(克/升)	比生长速率 μ (小时 ⁻¹)
0	1.0	0.59
12	1.1	
24	1.3	
36	1.6	
48	1.8	
60	2.3	
72	3.1	
84	4.4	
96	6.3	
108	9.0	
120	8.9	

(二) 发酵工艺部份

1、米粬与次粉的成份比较

在相同条件下,测定米粬与次粉的六大组份,结果见表4

表4 米粬与次粉成份比较(%干基)

成 份	米 粬	次 粉
水 份	13.52	13.153
淀 粉	70.58	65.225
蛋 白 质	11.66	11.95
脂 肪	0.4723	1.695
粗纤维素	0.89	1.60
灰 份	0.72	1.791

由于没有对米粬与次粉两者含有的维生素等进行全成份测定。对其进行全面评价尚缺乏足够的依据。仅就表4与人们已经掌握的知识,可以认为,在乳酸生产中,次粉有可能代替米粬作为主要原料。

2、次粉酶法制糖试验

为了进一步探讨次粉代替米粬进行乳酸生产的可能性,首先对次粉的制糖工艺进行了试验,并以米粬为对照,结果见正交试验

次粉制糖的正交试验

由表7比较五个因素的极差R可知,决定液化结果(DE)值的主要因素的主次顺序为:

主——0——0——0——次

D B A E C

直观分析:取因素的水平为横座标,DE值

表5 次粉液化试验表

因素 水平	A 次粉浓度 (%)	B 酶用量 (C/g)	C pH	D 温度 (°C)	E 酶解时间 (分钟)
1	10	10	6.0	60	7
2	15	20	6.5	70	14
3	20	30	7.0	80	21
4	25	40	7.5	90	28

*₁ 酶为 α -淀粉酶

表6 次粉糖化试验表

因素 水平	A 次粉浓度 (%)	B 酶用量 (v/g)	C pH	D 温度 (°C)	E 酶解时间 (分钟)
1	10	100	3	40	7
2	15	200	3.5	50	14
3	20	300	4.0	60	21
4	25	400	4.5	70	28

*₂ 酶为葡萄糖淀粉酶(糖化酶)

表7 次粉液化结果分析(DE值)

因素 K 值	A	B	C	D	E
K ₁	58.37	40.51	57.04	22.61	50.86
K ₂	48.99	55.98	51.81	47.66	58.35
K ₃	57.00	62.08	52.34	62.06	50.44
K ₄	51.17	56.96	54.31	83.20	55.88
k ₁	14.59	10.13	14.27	5.65	12.72
k ₂	12.25	13.40	12.95	11.92	14.59
k ₃	14.25	15.52	13.09	15.52	12.61
k ₄	12.79	14.24	13.59	20.80	13.97
R	2.34	5.29	1.32	15.15	1.98

为纵座标,作图一

由图一可知,液化的优惠条件为D₄B₃A₁E₁C₁,即液化温度为90°C,酶用量为30u/g,次粉浓度为10%,酶解时间为14分钟,pH=6.0。鉴于试验是在实验室进行,正交试验目的主要用

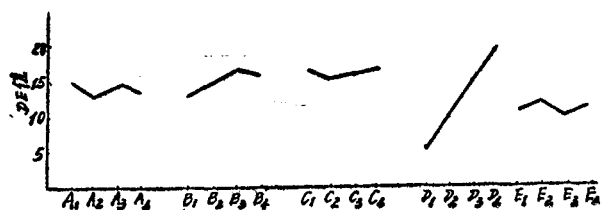


图1 次粉液化正交试验的直观分析

于判断决定液化条件因素的主次。

液化后的次粉液，添加葡萄糖淀粉酶进行糖化，糖化结果见表8，直观分析见图2。

由表8可知，按照极差大小决定因素的主次顺序为：

主→0→0→0→次
D A B E C

表8 糖化结果(还原糖%)

因素 K 值	A	B	C	D	E
K ₁	20.66	25.94	28.52	25.52	25.83
K ₂	22.73	25.24	24.91	35.16	27.78
K ₃	32.45	27.39	27.69	32.82	26.14
K ₄	36.34	33.61	31.06	18.69	32.41
k ₁	5.17	6.48	7.13	6.38	6.47
k ₂	5.68	6.31	6.23	8.79	6.95
k ₃	8.11	6.85	6.92	8.20	6.54
k ₄	9.09	8.40	7.76	4.67	8.10
R	3.92	2.92	1.54	4.12	1.64

由图2可知，在实验室条件下，次粉糖化的优惠条件为D₂A₄B₄E₄C₄，即糖化温度为50℃，次粉浓度为25%，酶用量为400u/g，酶解时间为28分钟，pH=4.5

在相同条件下，酶法水解次粉与米粳的结果见表9

表9 淀粉含量为15%时的情况比较

测定值	次粉	米粳
液化后DE值	43.7	49.9
糖化后还原糖(%)	13.967	12.940

3、发酵试验

为了比较不同淀粉浓度的米粳与次粉制糖

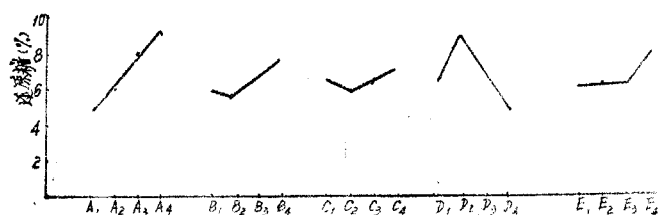


图2 次粉糖化正交试验的直观分析

后的发酵情况，按正交试验所得的工艺参数，将糖液灭菌，冷却后按5%的接种量，种子的种令为36小时，恒温发酵，于不同时间测定酸度与还原糖，观察其变化情况，结果见图3、图4

4、氮源对乳酸发酵的影响

将次粉按淀粉浓度5%制得糖液后，添加不同氮源进行灭菌，冷却后接种发酵72小时，测定酸度，结果见表10

表10 氮源对乳酸发酵的影响

测定项目	氮源	硫酸铵 0.2%	尿素 0.5%	玉米浆 0.5%	对照
酸度(相对值)		92	90	155	100
克酸/克糖		1.81	1.51	2.41	1.85

由表10可以看出，添加玉米浆有助于乳酸发酵。这是因为，玉米浆中除有机氮源外，还含有丰富的生长素，这是硫酸铵与尿素无法比拟的。

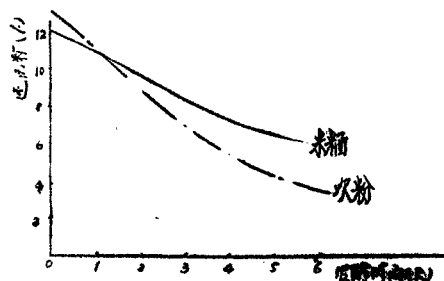


图3 淀粉浓度为15%时的发酵情况

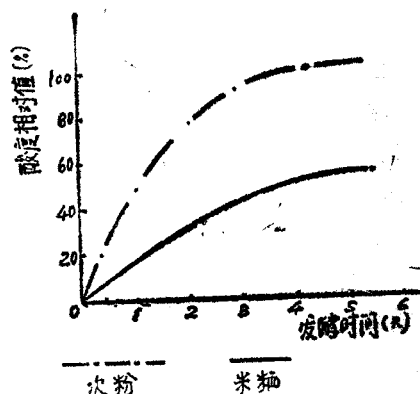


图4 淀粉浓度为15%时的发酵情况

1、原来的乳酸工艺(A)

间歇添加碳酸钙 硫酸

↓ ↓

糖液灭菌→接种发酵→乳酸钙→压滤→**乳酸钙**

(自然结晶)

↓压滤→乳酸→浓缩→离交→包装

糖液灭菌→接种发酵→压滤→乳酸→浓缩→离交→包装

四、小结

2、在粮食资源紧张情况下，开拓农副产品的利用是具有长远的政治意义的。而次粉代替大米生产乳酸是行之有效的。特别是次粉中维生素含量丰富，满足了乳酸菌的生理需要，为改进生产工艺提供了有利条件。

参考文献

- 〔1〕本江元吉·村田：发酵与微生物Ⅱ卷(3)
〔2〕汤腾汉等：中国化学会会志9：112~118(1942)
〔3〕AH罗斯“化学微生物——《生理学导论》第三版”

广西北流县罐头食品厂 黎旭东

价值工程是一门新兴的技术和经济相结合的学科。它将技术、经济、管理三者有机地结合在一起，运用调查、分析、对比、计算、评价的方法，研究某一问题的技术经济效益。由于价值工程既研究技术，又研究经济，目的是使技术和经济相结合，使其综合效果处于最佳状态。因此价值工程是提高技术经济效益的有效方法。

功能或补足不足功能)。因此,价值工程是能够更好的实现上述两个目的的管理技术。价值工程就是以最低的寿命周期成本,为可靠地实现产品(或作业)的必要功能所进行的致力于功能分析的有组织的活动。价值工程的基本思想就是有效地利用资源,尽可能用最少的资源满足用户对产品功能的需要,并使得所形成的寿命周期成本最低。

产品寿命周期成本的高低与产品的功能水平具有内在的联系,如图1所示。

图1中可见,在一般情况下,随着产品功能水平的提高,则生产成本(或制造成本) C_1 上升,使用成本 C_2 下降;反之,当产品功能水平降低时,则生产成本 C_1 下降,使用成本 C_2 上升。产品寿命周期成本 C 则呈马鞍形曲线变化。无论功能水平过高或过低均会使寿命周