

# 现代食品发酵技术

——(第二版)——

王福源·主编




中国轻工业出版社

# 现代食品发酵技术

(第二版)

王福源 主编

 中国轻工业出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

现代食品发酵技术/王福源主编.—2版.—北京：中国轻工业出版社，2004.7

ISBN 7-5019-4359-1

I. 现… II. 王… III. 食品加工-发酵 IV. TS205.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 037538 号

责任编辑：李亦兵 唐是雯 责任终审：滕炎福 封面设计：张华伟  
版式设计：张颖 责任校对：李靖 责任监印：吴京一

出版发行：中国轻工业出版社(北京东长安街6号，邮编：100740)

印刷：河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经销：各地新华书店

版次：2004年7月第2版 2004年7月第1次印刷

开本：850×1168 1/32 印张：17.25

字数：448千字

书号：ISBN 7-5019-4359-1/TS·2584

定价：45.00元

读者服务部邮购热线电话：010—65241695 85111729 传真：85111730

发行电话：010—88390721 88390722

网 址：<http://www.chlip.com.cn>

Email：[club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30911K1X201ZBW

## 第二版序言

生物工艺学是阐述将生产原料通过微生物细胞或酶转化成产品技术的课程。现代食品发酵工艺学是以跟日常生活密切相关的食品为转化产品的生物工艺学,其内容包括:

- (1) 原料处理和培养基调制技术;
- (2) 生产菌种选择及种子扩大培养技术;
- (3) 发酵过程中物质变化及发酵过程控制技术;
- (4) 目的产物分离纯化技术。

上海大学将本书用作教材,将本书的各章节内容分别归入上述四大部分进行讲授,取得较好教学效果。

本书适用于高等学校生物工程专业、生物技术专业、食品科学与技术专业、发酵工程专业和生物化工专业。

《现代食品发酵技术》(第一版)自1998年出版以来,多次重印,并于2000年被评为上海市优秀教材。为了更适用于教学,编著者对第一版作了修改后重新出版,并在此向读者致以谢意。

参加本书第二版编写工作的有:王福源(第一章,第二章,第三章第一、第二、第六节,第四章),陈振风(第三章第三、第四节),王妙虎、王福源(第三章第五节)。

上海大学生命科学学院

王福源

# 目 录

第一章 发酵饮料	1
第一节 牛乳发酵饮料	1
一、发酵剂	3
二、乳酸发酵的类型	9
三、乳酸发酵过程中的物质变化	10
四、酸奶的生产	11
五、酸奶生产的注意事项	20
六、含乳饮料和酸牛乳的卫生标准	24
第二节 大豆发酵饮料	26
一、大豆中的酶及抗营养因子	28
二、酸豆奶	30
三、大豆乳清发酵饮料	36
四、菜汁酸豆奶	37
五、银耳豆奶	37
第三节 麦芽汁发酵饮料	38
一、乳酸菌发酵麦芽汁饮料	38
二、酵母菌发酵麦芽汁饮料	38
第四节 果蔬汁发酵饮料	39
一、酵母菌发酵果汁饮料	39
二、乳酸菌发酵蔬菜汁饮料	39
三、酵母菌和乳酸菌混合发酵果蔬汁饮料	40
第五节 食用菌饮料	40
第二章 酒的生产工艺	42
第一节 葡萄酒	42
一、葡萄酒的分类	42

二、葡萄酒的化学成分 .....	44
三、葡萄酒的酿造 .....	49
四、葡萄酒的混浊、氧化、褐变及其防止 .....	61
五、加强葡萄酒的酿造 .....	65
六、香槟酒的酿造 .....	67
七、白兰地的生产 .....	69
<b>第二节 黄酒 .....</b>	<b>73</b>
一、原料及其成分在酿酒过程中的变化 .....	73
二、糖化剂及酒母 .....	79
三、黄酒的生产 .....	86
四、成品酒 .....	94
五、特种黄酒 .....	96
<b>第三节 啤酒 .....</b>	<b>99</b>
一、原辅料和生产用水 .....	100
二、麦芽的制备 .....	107
三、麦芽汁的制备 .....	114
四、啤酒发酵 .....	130
五、啤酒过滤与包装 .....	150
六、啤酒的质量指标 .....	157
七、啤酒的稳定性 .....	159
<b>第四节 白酒 .....</b>	<b>163</b>
一、原辅料和填充料 .....	164
二、白酒生产工艺 .....	169
三、白酒的贮存和勾兑 .....	219
<b>第三章 调味剂 .....</b>	<b>224</b>
<b>第一节 味精 .....</b>	<b>224</b>
一、味精的安全性和质量标准 .....	224
二、谷氨酸发酵原料 .....	226
三、国内常用的谷氨酸生产菌株 .....	238
四、味精生产工艺流程 .....	242

五、培养基的配制、灭菌和空气净化 .....	243
六、种子扩大培养和谷氨酸发酵 .....	252
七、糖质原料的谷氨酸其他发酵方法 .....	270
八、谷氨酸的提取方法 .....	279
九、谷氨酸制造味精 .....	316
十、味精生产中常见的质量问题及原因 .....	339
十一、主要技术经济指标及生产计算 .....	341
第二节 5'-肌苷酸和 5'-鸟苷酸发酵 .....	344
一、核苷酸的生物合成途径及其代谢调控 .....	344
二、5'-肌苷酸发酵 .....	347
三、鸟苷酸发酵 .....	356
第三节 酱油 .....	360
一、原料 .....	361
二、酱油酿造用微生物 .....	365
三、种曲 .....	372
四、制曲 .....	376
五、发酵 .....	394
六、浸出 .....	405
七、加热及配制 .....	407
八、其他几种酱油酿造工艺 .....	411
九、酱油生产新技术 .....	417
十、技术经济指标 .....	419
第四节 食醋 .....	422
一、原料及预处理 .....	423
二、食醋酿造用微生物 .....	427
三、酿醋过程中色、香、味、体的形成 .....	432
四、糖化剂及糖化工艺 .....	438
五、酒母的制备 .....	443
六、醋母的制备 .....	444
七、常用酿醋方法 .....	446

八、食醋的传统酿造方法 .....	458
九、食醋生产新技术 .....	466
十、食醋出品率和原料利用率 .....	468
<b>第五节 柠檬酸</b> .....	469
一、柠檬酸发酵用微生物 .....	470
二、柠檬酸发酵机理 .....	474
三、柠檬酸发酵的原料及其处理 .....	485
四、柠檬酸发酵 .....	488
五、柠檬酸的提取 .....	509
六、我国食品添加剂柠檬酸标准(GB 1987—1986) .....	517
<b>第六节 苹果酸</b> .....	518
一、苹果酸发酵 .....	518
二、苹果酸的提取和精制 .....	521
三、苹果酸的检验 .....	523
四、富马酸和马来酸的含量测定 .....	525
五、苹果酸的质量标准(GB 13737—1992) .....	527
<b>第四章 黄原胶</b> .....	528
一、概况 .....	528
二、黄原胶的分子结构及其性质 .....	529
三、黄原胶的生产 .....	531
<b>参考文献</b> .....	539



# 第一章 发酵饮料

所谓发酵饮料,是指通过微生物发酵酿制而成,酒精含量在 1% (体积分数)以下的饮料。发酵饮料的色、香、味和营养成分以及功能性成分,均由原料提供和微生物发酵产生,生产中一般不使用添加剂。

## 第一节 牛乳发酵饮料

利用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌共同作用,使按要求配制的乳或乳制品进行乳酸发酵而制成的酸奶饮料,不仅口味好,而且富含营养物,极易被人体吸收利用。

从形态上区分,可将酸奶分成凝固型、搅拌型和饮料型 3 种。按产品中是否含活乳酸菌,可分为活菌型和杀菌型 2 个品种。在生产过程中添加果汁的酸奶,被称为果汁型酸奶。使用乳酸菌和双歧杆菌作为混合发酵剂,通过发酵制成的酸奶称双歧乳杆菌奶。

酸奶有非常好的保健作用:

(1) 营养作用 表 1-1 列出了几种类型的酸奶的营养成分。牛奶中的乳糖经乳酸菌发酵,其中 20%~30% 被分解成葡萄糖和半乳糖。前者进一步转化成为乳酸或其他有机酸,这些有机酸有益于身体健康;后者被人体吸收后,可参与幼儿脑苷脂和神经物质的合成,并有利于提高乳脂肪的利用率。牛奶中的蛋白质经发酵作用后,乳蛋白变成微细的凝乳粒,易于被人体消化吸收。酸奶中的磷、钙和铁易被吸收,有利于防止婴儿佝偻病和老人骨质疏松病。牛奶中的脂肪经乳酸菌作用后,发生解离或酯键受到破坏,易于被机体吸收。发酵过程中,乳酸菌还会产生人体所必需的维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>6</sub>、维生素 B<sub>12</sub>、烟酸和叶酸等营养物质。

表 1-1

每 100g 酸奶的营养成分

单位: mg

成分 种类	蛋白质	脂肪	糖质	灰分	钙	磷	铁	钠	维生素 B <sub>1</sub>	维生素 B <sub>2</sub>
	( $\times 10^3$ )	( $\times 10^3$ )	( $\times 10^3$ )	( $\times 10^3$ )						
普通酸奶	3.9	3.2	5.4	0.8	115	104	0.1	57	0.04	0.16
饮料型酸奶	3.1	1.2	13.0	0.8	135	92	0	64	0.03	0.15
双歧乳杆菌奶	3.3	2.1	5.4	0.8	109	99	0.1	55	0.04	0.16

成分 种类	烟酸	维生素 C	A 效价	胡萝卜素	视黄醇	备注
	普通酸奶	0.1	0	91(IU)	8	23
饮料型酸奶	0.1	1	32(IU)	3	8	
双歧乳杆菌奶	0.1	0	68(IU)	6	17	

(2) 缓解乳糖不耐症 乳酸菌产生的乳糖酶能降解牛奶中的乳糖,因此乳糖不耐症患者饮用酸奶,就不会出现饮用牛奶时发生的乳糖不耐症状,如腹胀、腹痛、肠道痉挛、下泻等。

(3) 整肠作用 人体肠道内存在有益菌群和有害菌群。在人体正常情况下,前者占优势;当人患病时,肠道内有害菌群占优势。饮用酸奶就可以维持有益菌群的优势。

(4) 抑菌作用 嗜酸乳杆菌(*L. acidophilus*)和双歧杆菌(*Bifidobacterium*)不受胃液和胆汁的影响,可进入肠道,在肠道内存留较长时间。这两种乳酸菌以及在它们影响下生长起来的肠道中的其他乳酸菌,可产生嗜酸乳菌素等抗菌物质,这些物质对大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌等有明显的抑菌作用。

(5) 改善便秘作用 进入肠道中的活的乳酸菌能产生乳酸、醋酸等有机酸。这些有机酸有刺激肠道,加强蠕动的作用,故可改善便秘。

(6) 降低胆固醇 牛乳中的乳清酸、乳糖和钙,以及酸奶中存在的羟基戊二酸都有降低胆固醇的作用。

(7) 抗癌作用 酸奶有抑制 3 种酶的活性的作用,这些酶能引起癌变。另外,酸奶能激活巨噬细胞,抑制肿瘤细胞,从而起到抗癌

作用。

## 一、发 酵 剂

发酵剂是指为生产酸奶而调制的特定微生物的培养物。发酵剂的优劣与产品质量有密切关系,因此调制发酵剂的技术,是制作酸奶的关键技术之一。

### (一) 发酵剂分类

(1) 菌种 一般是指试管培养物。

(2) 母发酵剂 母发酵剂是指在三角瓶中培养的种子扩大培养物。

(3) 中间发酵剂 它是母发酵剂进一步扩大培养所得到的种子培养物。

(4) 工作发酵剂 它是中间发酵剂在小型发酵罐中扩大培养后的种子培养物,用来投入牛奶中直接生产酸奶。

### (二) 常用菌种

(1) 传统用菌 习惯上采用嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)和保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)的混合菌作为酸奶的发酵剂。

(2) 添加其他乳酸菌 在上述传统采用的两种菌的基础上,添加嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*)或两歧双歧杆菌(*Bifidobacterium bifidum*),也可以同时添加这两种能在肠道中定植的乳酸菌,使酸奶的保健作用进一步增强。另外,还可添加明串珠菌(*Leuconostoc*),提高酸奶中维生素 B<sub>2</sub> 和维生素 B<sub>12</sub>的含量,并增加香味。添加双乙酰乳链球菌(*Streptococcus diacetylactis*),也可为酸奶增添香味。

### (三) 菌种的特性

#### 1. 嗜热链球菌

该菌种具有以下特性:①属微需氧菌。②革兰氏阳性菌。③最适培养温度为 40~45℃。④能发酵葡萄糖、果糖、蔗糖和乳糖。⑤在 85℃条件下,能耐 20~30min。⑥蛋白分解力微弱。⑦对抗生素极敏感。⑧细胞呈卵圆形,成对或形成长链。细胞形态与培养条件

有关:在 30℃ 乳中培养时,细胞成对,而在 45℃ 时呈短链;在高酸度乳中细胞形成长链;液体培养时,细胞呈链状,平板培养时细胞膨胀变粗,有时会呈杆菌状,形成针尖状菌落;嗜热链球菌的某些菌株在平板移接时,如中间不经过牛乳培养,直接将细胞涂平板培养,往往得不到菌落,这些菌株是典型的牛乳菌。⑨属同型发酵乳酸菌,产生 L(+) - 乳酸。⑩能产生香味物质双乙酰。

## 2. 保加利亚乳杆菌

该菌种特性为:①属微厌氧菌。②革兰氏阳性菌。③最适培养温度为 40~43℃。④能发酵葡萄糖、果糖和乳糖,但不能利用蔗糖。⑤对热耐受性差,个别菌株 75℃ 时能耐 20min。⑥对蛋白分解力较强。⑦对抗生素不如嗜热链球菌敏感。⑧细胞两端钝圆,呈细杆状,单个或成链,频繁传代易变形。培养基和培养温度对细胞形态影响很大:在 20℃ 乳中培养,细胞可成为长的纤维状菌;50℃ 下培养,细胞停止生长,如在此温度下继续培养,细胞形状变得不规则;在冷的酸奶中,由于温度和高酸度的影响,会有异常杆菌出现;可能是由于氧的阻碍作用或者因为氮源不适当,在琼脂平板上培养时,细胞形状不规则。⑨属同型发酵乳酸菌,产生 D(-) - 乳酸。⑩将嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌混合培养,两者的生长情况都比各自单独培养时好。这是因为保加利亚乳杆菌分解酪蛋白,游离出来的氨基酸为嗜热链球菌的生长提供了营养物质,而嗜热链球菌产生的甲酸,能促进保加利亚乳杆菌的生长。对牛乳进行杀菌处理时,如采用 90℃ 加热 5min 或 85℃ 加热 20~30min,牛乳中的甲酸含量就比较多,用这样的牛乳来培养保加利亚乳杆菌就可得到满意结果。⑪能产生香味物质乙醛。

## 3. 嗜酸乳杆菌

该菌种特性如下:①属微厌氧菌。②革兰氏阳性菌。③最适培养温度为 35~38℃。④能发酵葡萄糖、果糖、蔗糖和乳糖。除此之外,还能利用麦芽糖、纤维二糖、甘露糖、半乳糖和水杨苷等作为生长的碳源。⑤对热耐受性差。⑥蛋白分解力弱。⑦对抗生素比嗜热链球菌更敏感。⑧细胞两端钝圆,呈杆状,单个或成双或成短链。⑨属

同型发酵乳酸菌,产生 D,L-乳酸。⑩嗜酸乳杆菌的最适生长 pH 为 5.5~6.0。⑪对培养基营养成分要求较高。用牛乳培养时,一般都添加酵母膏、肽或其他生长促进物质;使用合成培养基时需添加西红柿汁或乳清。⑫能耐胃酸和胆汁,能在肠道中存活。若每天摄入  $2.5 \times 10^{10}$  个活嗜酸乳杆菌,对人体健康大有益处。

#### 4. 双歧杆菌

该菌种特性: ①属专性厌氧菌,耐氧能力因菌种不同而异。耐氧能力可驯化而提高,目前用于生产各种乳酸菌制剂的一些菌株是耐氧菌株,甚至可以在有氧环境下培养。②革兰氏阳性菌。但经多次传代培养,革兰氏染色反应转呈阴性。③最适培养温度为 37℃ 左右。④能发酵葡萄糖、果糖、乳糖和半乳糖。除两歧双歧杆菌 (*B. bifidum*) 仅缓慢利用蔗糖外,短双歧杆菌 (*B. breve*)、长双歧杆菌 (*B. longum*) 和幼儿双歧杆菌 (*B. infantis*) 等均能发酵蔗糖。⑤对热耐受性差。⑥蛋白分解力微弱。⑦对抗生素敏感。⑧细胞形状多样。不同菌种,不同培养条件,细胞的形态很不一样,有棍棒状、勺状、V 字形、弯曲状、球杆菌状和 Y 字形等。⑨属异型发酵酸奶菌,除产生 L(+)-乳酸外,还有乙酸、乙醇和二氧化碳等生成。⑩抗酸性弱。⑪对营养要求复杂,含有水苏糖、棉子糖、乳果糖、异构化乳糖、聚甘露糖和 N-乙酰- $\beta$ -D-氨基葡萄糖苷中的一种或几种的培养基有助于双歧杆菌的生长。在培养基中添加还原剂维生素 C 和半胱氨酸对培养双歧杆菌有好处,有些菌株无需厌氧培养就能生长。

在婴儿肠道中有婴儿双歧杆菌和短双歧杆菌,而在成人肠道中寄生着两歧双歧杆菌、青春双歧杆菌、长双歧杆菌。因为单一用双歧杆菌发酵牛乳,发酵乳的口味不佳,而且菌数较少,所以生产酸奶一般都是将双歧杆菌跟乳酸菌联合使用。

下面将几种常用乳酸菌的特性列于表 1-2 中。

#### (四) 菌株的选择

制作酸奶的发酵剂应挑选产酸缓和、产香性强和后熟性好(即在酸奶保存期间酸度增加较少)的菌株,用这样的菌株作发酵剂,才能

得到质量上乘的酸奶制品。

表 1-2 常用的乳酸菌特性

菌名	最适生长温度	耐盐含量/%	产酸含量/%	发酵产柠檬酸
乳酸链球菌	约 30℃	4.0~6.5	0.8~1.0	-
嗜热链球菌	40~45℃	2.0	0.8~1.0	-
丁二酮乳酸链球菌	约 30℃	4.0~6.5	0.8~1.0	+
乳酪链球菌	25~30℃	4.0	0.8~1.0	-
蚀橙明串珠菌	20~25℃	—	少量	+
嗜酸乳杆菌	35~40℃	—	1.5~2.0	-
保加利亚乳杆菌	40~50℃	2.0	1.5~2.0	-
乳酸杆菌	40~50℃	2.0	1.5~2.0	-
瑞士乳杆菌	40~50℃	2.0	2.5~3.0	-

注：(1) - 表示不产柠檬酸。

(2) + 表示产柠檬酸。

(3) 耐盐、产酸含量为质量分数%。

菌种的选择标准,有以下几点。

### 1. 产酸程度适宜

以 2% 的接种量将乳酸菌接种到灭菌脱脂乳中,在 42℃ 下培养 3h,滴定酸度以 95~100°T [用 0.1mol/L NaOH 标准溶液滴定 10mL 样品溶液,每消耗掉 1mL NaOH 溶液称为 1 滴定酸度(°T)] 为宜。如果菌株的产酸力太强,就会影响酸奶的风味,而且,高酸度会抑制乳酸菌生长,使酸奶制品中活菌数不足。对产酸力强的菌株,可采取以下方法来抑制其产酸:①在 45℃ 以上不正常的高温下发酵。②将菌种于酸性培养基平板上保存 8d 以上,然后再用来制作发酵剂。③将菌龄 2~6d 的不同发酵剂组合起来应用。

### 2. 后熟性好

对于后熟性好的菌株,发酵乳在 7℃ 条件下,贮存 3 周,滴定酸度仅增加 7.5~10°T,这对保持酸奶风味是十分有利的。

### 3. 产香性好

发酵乳的香味主要来自乙醛和挥发性酸等,因此所选用的菌株

一定要有产生这些物质的能力。

#### 4. 保健效果好

(1) L(+)-乳酸是人体生理性酸,具有营养价值,但不同乳酸菌产生的乳酸,旋光性或构型并不相同,可分为右旋乳酸[L(+)-]、左旋乳酸[D(-)-]和消旋乳酸(D,L-)3种。

(2) 活菌在肠道中定植性好,粪便中被检出的活菌数高。

(3) 对蛋白分解力强。

(4) 对沙门氏菌、结核杆菌等人体有害菌的拮抗力强。对人体服用的抗生素有耐性。

(5) 在酸奶保存期间不易死亡。

(6) 有较强的产生维生素的能力。

#### (五) 菌种的保存

(1) 在 920mm×16mm 的长试管中加入 15mL 石蕊乳,经杀菌、放冷、接种、37℃ 培养后,置 4~8℃ 冰箱保存,7~10d 传代 1 次。石蕊乳的配制:每 100mL 脱脂乳中添加 5mL 5% 石蕊。

(2) 将含碳酸钙的牛奶培养物置于 4~8℃ 的冰箱保存,20~50d 传代 1 次。

(3) 冷冻干燥培养物在 4~8℃ 冰箱保存,若干年传代 1 次。这种冷冻干燥培养物可直接作为生产发酵剂使用。

#### (六) 发酵剂的调制

投入原料乳中,用来制作酸奶的工作发酵剂有两种:

(1) 从市场上选购的利用冷冻干燥技术制成的颗粒状发酵剂。使用这种发酵剂有以下优点:①不必进行菌种的保存和管理。②省去了逐级扩大培养过程。③减少杂菌污染的机会。④嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌两者的比例固定,对保持酸奶质量有很大好处。

(2) 经逐级扩大培养制得的发酵剂。

##### 1. 颗粒状发酵剂

这是利用冷冻干燥技术,将活菌培养液(活菌数  $1 \times 10^{11}$  个/mL)制成干燥颗粒,然后真空分装在铝制的薄袋中保存。这种颗粒状发酵剂,可投入原料乳中,直接用来作为工作发酵剂。

## 2. 逐级扩大法

从安瓿管中取出菌种,或将颗粒状乳酸菌发酵剂接种到灭过菌的脱脂乳中,经培养,制成母发酵剂,由母发酵剂扩大培养成中间发酵剂。最后,再经扩大培养,制成工作发酵剂。工作发酵剂的数量,取决于原料乳的体积和接种量。

### (1) 母发酵剂

① 调制:用灭过菌的毛细管吸取灭菌乳,将此灭菌乳加到安瓿管中,使乳酸菌冻干物溶解。如果是冷冻干燥颗粒状发酵剂,就不必预先溶解,可以直接加到灭菌乳中。将上述种子液加到灭菌乳中,在一定温度下恒温培养。接种保加利亚乳杆菌的乳,在40℃经5h培养发生乳凝,嗜热链球菌需6h发生乳凝,而将上述两种菌进行混合培养的话,乳凝时间就提前为3~4h。培养过程中一旦乳发生乳凝,立即取出冷却,置冰箱中保存,作为母发酵剂。保存中的母发酵剂,为保持乳酸菌的活力,必须每周移接1次。

② 传代:取5支母发酵剂牛乳保存试管,分别移接到灭过菌的新鲜牛乳中,并分别做3次平行移接,总计15支。经培养后,按照培养物的香味、酸度和硬度,来确定哪些新培养的试管可以作为母发酵剂保存。

③ 选择性培养:母发酵剂经多次移接传代,某些特性就会丧失或发生改变,因此必须对母发酵剂进行选择培养。具体操作如下:1)将母发酵剂涂布在平板培养基上,进行单菌落分纯培养。2)挑出各单菌落,制成发酵剂,然后将其分别接种到灭菌脱脂乳中。经培养后,根据培养物的质量优劣,确定最佳菌种。

(2) 中间发酵剂的调制 为了满足制作工作发酵剂所需要的种量,将母发酵剂作为种子液加入到一定体积的灭菌乳中,经恒温培养,制成中间发酵剂。

(3) 工作发酵剂的调制 用中间发酵剂作为种子液,将其加入到灭菌乳中,在小型发酵罐中进行培养,制成工作发酵剂。

无论制作哪一种发酵剂,所使用的牛乳或由奶粉配制成的调制乳中不得含有抗生素等阻碍乳酸菌生长的物质。牛乳经强烈加热,



会产生出促进乳酸菌生长的某些物质,为避免嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的快速生长,应在较温和的条件下对牛乳加热灭菌。制作种子培养基时,一般在 110~115℃ 的条件下,将牛乳加热 30min。母发酵剂培养基所使用的牛乳,需经 90~95℃ 加热灭菌 30~35min。制作工作发酵剂的牛乳,也是经 90~95℃ 加热灭菌 30~35min 处理过的。牛乳经加热灭菌处理后,在 37℃ 下恒温空白培养 24h,检查后确定无异常变化时,再进行接种操作。

## 二、乳酸发酵的类型

按乳酸菌对糖发酵类型的不同,可将发酵乳制品加工中起主要作用的乳酸菌发酵分为同型乳酸发酵和异型乳酸发酵。

### (一) 同型乳酸发酵

乳酸链球菌等链球菌以及许多乳酸杆菌进行乳酸发酵时,首先,乳糖被  $\beta$ -半乳糖苷酶分解为葡萄糖和半乳糖。接着,葡萄糖按照糖酵解途径被转换成 2 分子丙酮酸,再经乳酸脱氢酶催化,还原生成乳酸。半乳糖经转化依次生成半乳糖-1-磷酸、葡萄糖-1-磷酸、葡萄糖-6-磷酸,最后进入糖酵解途径(EMP 途径),也被转换成 2 分子丙酮酸,然后被还原成乳酸。这样,由 1 分子乳糖生成 4 分子乳酸(如图 1-1 所示)。

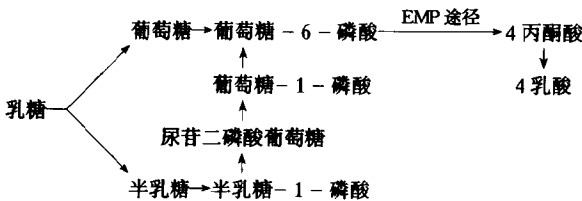


图 1-1 同型乳酸发酵

### (二) 异型乳酸发酵

明串珠菌属 (*Leuconostoc*) 的乳酸菌以及某些乳酸杆菌,例如肠膜状明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides*)、短乳杆菌 (*Lactobacillus brevis*)、甘露醇乳杆菌 (*Lactomanitophoeum*) 以及真菌中的根霉等,它