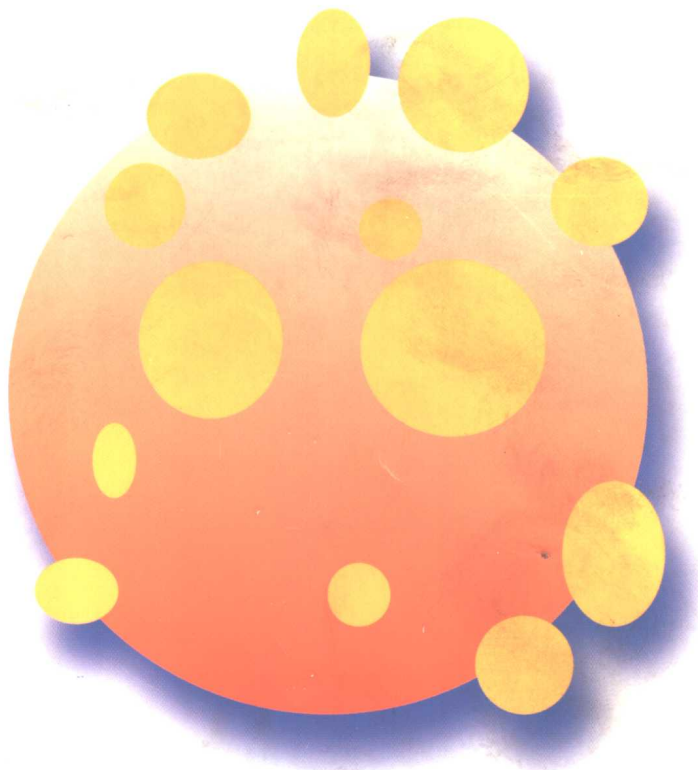


现代食品发酵技术

王福源 主编



中国轻工业出版社

现代食品发酵技术

王福源 主编

陈振风 王锦华 王妙虎 编著

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.-北京:中国轻工业出版社,1998.5

ISBN 7-5019-2161-X

I. 现… II. 王… III. 食品发酵-生产工艺 IV. TS201.3

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第22584号

责任编辑:唐是爱 李 菁

*

中国轻工业出版社出版发行

(100740北京市东长安街6号)

中国人民大学印刷厂印刷 新华书店经销

1998年5月第1版 1998年5月第1次印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:20.125

字数:522千字 印数:1-3000册

定价:48.00元

ISBN7-5019-2161-X/TS·1357

前 言

随着人们物质生活水平的提高以及科学技术的进步,利用微生物发酵技术生产发酵食品的数量日益增多,品种也更为丰富。酿酒、制醋、制酱油在我国有着非常悠久的历史,生产上除采用传统的工艺外,近年来也引进了生物新技术。自1965年我国采用发酵法生产味精以来,无论在产酸率、提取率的提高,还是在生产设备的改进方面,都有显著的进步。苹果酸、柠檬酸、肌苷酸钠和鸟苷酸钠以及发酵饮料、黄原胶等的生产,发展也相当迅速。以上这些产品,其发酵用菌种、生产技术、成品分离、提取手段各有特色。本书对发酵技术作了较详细的阐述,力求理论与生产实际相结合,努力体现生产工艺的科学性和合理性,并积极反映近年来的生产工艺革新和科学研究新成就。

本书由王福源主编。参加编著的有:王福源(第一章,第二章,第三章第一、六节),王锦华(第三章第五节),王妙虎(第三章第二节和第四章),陈振风(第三章第三、四节)。

本书中凡成分的含(浓)度等以%表示的,一般均指质量分数。酒精含(浓)度一般指体积分数。

限于编著者的学识和水平,书中不当甚至错漏之处在所难免,望读者随时赐教。

上海大学生物工程系 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	(22)
六、含乳饮料和酸牛乳的卫生标准	(26)
第二节 大豆发酵饮料	(27)
一、大豆中的酶及营养成分	(30)
二、酸豆奶	(32)
三、大豆乳清发酵饮料	(38)
四、菜汁酸豆奶	(39)
五、银耳豆奶	(39)
第三节 麦芽汁发酵饮料	(40)
一、乳酸菌发酵麦芽汁饮料	(40)
二、酵母菌发酵麦芽汁饮料	(41)
第四节 果蔬汁发酵饮料	(41)
一、酵母菌发酵果汁饮料	(41)
二、乳酸菌发酵蔬菜汁饮料	(42)
三、酵母菌和乳酸菌混合发酵果蔬汁饮料	(42)
第五节 食用菌饮料	(43)
第二章 酒的生产工艺	(45)
第一节 葡萄酒	(45)

一、酿酒用的葡萄	(45)
二、葡萄酒的化学成分	(47)
三、葡萄酒的酿造	(52)
四、葡萄酒的混浊、氧化、褐变及其防止	(64)
五、加强葡萄酒的酿造	(69)
六、香槟酒的酿造	(71)
七、白兰地的生产	(73)
第二节 黄酒	(77)
一、原料及其成分在酿酒过程中的变化	(78)
二、糖化剂及酒母	(83)
三、黄酒的生产	(91)
四、成品酒	(98)
五、特种黄酒	(100)
第三节 啤酒	(103)
一、原辅料和生产用水	(104)
二、麦芽的制备	(111)
三、麦芽汁的制备	(118)
四、啤酒发酵	(134)
五、啤酒过滤与包装	(154)
六、啤酒的质量指标	(161)
第四节 白酒	(163)
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	(224)
第五节 酒的理化检验	(228)
一、酒精的测定	(228)
二、糖的测定	(229)
三、总酸的测定	(233)
四、挥发酸的测定	(234)

五、单宁的测定	(235)
六、干浸出物的测定	(236)
七、游离二氧化硫的测定	(237)
八、总二氧化硫的测定	(240)
九、二氧化碳的测定	(241)
十、原麦芽汁浓度的测定	(242)
十一、真正发酵度	(243)
十二、色度	(243)
十三、双乙酰的测定	(244)
十四、苦味质的测定	(245)
十五、混浊度的测定	(246)
十六、铁的测定	(247)
十七、卫生指标	(249)
第三章 调味剂	(255)
第一节 味精	(255)
一、味精的安全性和质量标准	(255)
二、谷氨酸发酵原料	(256)
三、国内常用的谷氨酸生产菌株	(269)
四、味精生产工艺流程	(273)
五、培养基的配制、灭菌和空气净化	(273)
六、种子扩大培养和谷氨酸发酵	(284)
七、糖质原料的谷氨酸其他发酵方法	(302)
八、谷氨酸的提取方法	(312)
九、谷氨酸制造味精	(351)
十、味精生产中常见的质量问题及原因	(376)
十一、主要技术经济指标及生产计算	(378)
十二、生产过程的检验方法	(381)
第二节 5'-肌苷酸和5'-鸟苷酸发酵	(426)
一、核苷酸的生物合成途径及其代谢调控	(427)

二、5'-肌苷酸发酵·····	(429)
三、鸟苷酸发酵·····	(438)
第三节 酱油·····	(443)
一、原料·····	(444)
二、酱油酿造用微生物·····	(448)
三、种曲·····	(454)
四、制曲·····	(458)
五、发酵·····	(477)
六、浸出·····	(488)
七、加热及配制·····	(490)
八、其他几种酱油酿造工艺·····	(494)
九、酱油生产新技术·····	(500)
十、技术经济指标·····	(502)
第四节 食醋·····	(506)
一、原料及预处理·····	(507)
二、食醋酿造用微生物·····	(511)
三、酿醋过程中色、香、味、体的形成·····	(516)
四、糖化剂及糖化工艺·····	(522)
五、酒母的制备·····	(528)
六、醋母的制备·····	(529)
七、常用酿醋方法·····	(531)
八、食醋的传统酿造方法·····	(545)
九、食醋生产新技术·····	(553)
十、食醋出品率和原料利用率·····	(556)
第五节 柠檬酸·····	(556)
一、柠檬酸发酵用微生物·····	(557)
二、柠檬酸发酵机理·····	(562)
三、柠檬酸发酵的原料及其处理·····	(572)
四、柠檬酸发酵·····	(575)

五、柠檬酸的提取·····	(597)
六、我国食品添加剂柠檬酸标准(GB1987—86)·····	(607)
第六节 苹果酸·····	(607)
一、苹果酸发酵·····	(608)
二、苹果酸的提取和精制·····	(611)
三、苹果酸的检验·····	(613)
四、富马酸和马来酸的含量测定·····	(615)
五、苹果酸的质量标准(GB13737—92)·····	(616)
第四章 黄原胶·····	(618)
一、概况·····	(618)
二、黄原胶的分子结构及其性质·····	(619)
三、黄原胶的生产·····	(621)
主要参考资料·····	(628)

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B₁、维生素B₂、维生素B₆、维生素B₁₂、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 (×10 ³)	脂肪 (×10 ³)	糖质 (×10 ³)	灰分 (×10 ³)	钙	磷	铁	钠	维生素 B ₁	维生素 B ₂
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	添加双歧杆菌
双歧乳杆菌奶	0.1	0	68(IU)	6	17	使用嗜酸乳杆菌和双歧杆菌

(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这些乳酸菌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B₂和维生素B₁₂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蛋白分解力弱。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°C。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 2.5×10^{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，但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°C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、乳糖、异构化乳糖、聚甘露糖和N-乙酰-β-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，有些菌株无须厌氧培养就能生长。

下面将几种常用乳酸菌的特性列于表1-2中。

表 1-2

常用的乳酸菌特性

菌 名	最适生长温度	耐盐浓度/%	产酸浓度/%	发酵产柠檬酸
乳酸链球菌	约30°C	4.0~6.5	0.8~1.0	-
嗜热链球菌	40~45°C	2.0	0.8~1.0	-
丁二酮乳酸链球菌	约30°C	4.0~6.5	0.8~1.0	+
乳酪链球菌	25~30°C	4.0	0.8~1.0	-
蚀橙明串珠菌	20~25°C	-	少量	+
嗜酸乳杆菌	35~40°C	-	1.5~2.0	-
保加利亚乳杆菌	40~50°C	2.0	1.5~2.0	-
乳酸杆菌	40~50°C	2.0	1.5~2.0	-
瑞士乳杆菌	40~50°C	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、产酸浓度为质量分数%。

(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。

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°C下培养3h,滴定酸度以95~100°T[用0.1mol/LNaOH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°C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8天以上,然后再用来制作发酵剂。③将菌龄2~6天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°C条件下,贮存3周,滴定酸度仅增加7.5~10³T,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°C培养后,置4~8°C冰箱保存,7~10天传代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°C的冰箱保存,20~50天传代1次。

(3) 冷冻干燥培养物在4~8°C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 1×10^{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°C 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