

现代乳品加工技术丛书

酸奶

郭本恒 主编

 化学工业出版社

现代乳品加工技术丛书

酸奶

乳粉

液态奶

干酪

ISBN 7-5025-4768-1



9 787502 547684 >

ISBN 7-5025-4768-1/TS·117 定价: 45.00元

现代乳品加工技术丛书

酸 奶

郭本恒 主编

化学工业出版社
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

酸奶/郭本恒主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 8
(现代乳品加工技术丛书)
ISBN 7-5025-4768-1

I. 酸… II. 郭… III. 酸乳-食品加工 IV. TS252.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 076699 号

现代乳品加工技术丛书

酸 奶

郭本恒 主编

责任编辑: 管德存

文字编辑: 李 瑾

责任校对: 陶燕华

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20½ 字数 501 千字

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4768-1/TS·117

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

丛书编写人员

主 编 郭本恒

编写人员

《酸奶》：吴 昊 孙立国 何楚莹 夏宏钢 卜永士 华 伟

《乳粉》：孙克杰 孟令洁 叶 锦 杜 凌 秦玉青

《干酪》：张少辉 郑小平 莫蓓红 郑国冠 刘 南

《液态奶》：巫庆华 龚广予 苏米亚 李存瑞 钱 钊

前 言

乳制品是除母乳外营养最为均衡的全价食品，它在人们的膳食结构中有其他食品无法替代的地位和作用。由于饮食习惯和发展水平等各方面原因，我国的乳制品人均占有量很低，2002 年人均仅 8kg，这和世界人均 100kg，乳品发达国家人均 300kg 相比，存在较大的差距。随着近年来乳品业的快速发展，我国乳制品的加工技术和装备水平迅速提高，产品的种类发展迅速。液态奶、酸奶每年的递增达 40% 以上；奶粉等我国传统强项产品稳中有升，功能性奶粉成为主流的趋势愈加明显；干酪、黄油虽然基数很小，但发展迅速，说明它们的市场已开始启动。同时我国的原料乳、乳制品标准也进行了修订，已和国际标准接轨。但在乳品的书籍和资料方面，和国外乳品发达国家相比存在着较大的差距，主要反映在技术的滞后性和系统性方面，目前国内尚无系统的专类乳制品的系列著作面世，故编撰全面反映各类乳制品国际科技发展的最新成果的书籍，是十分必要的。

《液态奶》、《酸奶》、《干酪》、《乳粉》是丛书相互独立的四部著作，每部书对产品发展、生产原理、加工技术、质量控制、生产设备、工厂管理等均有详细的介绍；并以加工技术为主线，通过理论的阐述、产品的质量控制和 HACCP 分析，使读者能够较好地掌握产品加工的重点和难点。丛书编写过程中查阅了大量的国外书籍和资料，部分材料也来源于作者本人编写的乳品科学系列丛书《现代乳品加工学》、《乳品化学》、《乳品微生物学》。

在此，衷心感谢为本书写作付出大量心血和汗水的朋友和同事们。限于作者的水平和能力，书中难免有不妥乃至错误之处，敬请读者批评指正。

郭本恒
2003 年 4 月

内 容 提 要

本书主要包括酸奶生产技术、设备和生产线设计、质量控制、酸奶及其相关产品等内容。对酸奶的发展历史和分类、生产中所需的各种技术和设备均有较详尽的论述,对酸奶生产的质量控制以及国内外酸奶产品和未来发展趋势亦有较为全面的介绍。同时本书本着技术与科学并重的原则,对酸奶微生物、生物化学、发酵剂、营养价值等内容也进行了系统的阐述,较全面地反映了酸奶科学与技术的最新科研成果。全书具有较高的理论性、科学性与实践性。

本书可供从事酸奶研究、教学和生产的科技人员参考,亦可作为各高等院校相关专业学生参考用书。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 酸奶的发展趋势	2
第三节 发酵乳制品的分类	2
第四节 酸奶产品的种类	3
第五节 生产方法的分类	3
参考文献	4
第二章 酸奶生产技术	5
第一节 概述	5
第二节 原料奶的预处理	6
一、原料奶	7
二、牛奶中细胞类物质和其他污染物的分离	8
三、牛奶的接收和存储	8
第三节 原料奶的标准化	9
一、标准化的目的与理论基础	9
二、原料奶标准化方法	10
三、乳脂肪的标准化	13
四、非脂乳固体的标准化	13
第四节 添加剂	22
一、稳定剂	22
二、甜味剂	25
三、其他添加剂	29
第五节 均质	33
一、均质对乳成分的作用效果	34
二、均质条件	36
第六节 热处理	37
一、加热处理对微生物的破坏作用	37
二、加热处理对发酵剂的激活或抑制作用	38
三、加热处理对乳物理化学性质的影响	40
四、加热处理对凝胶物理性质的影响	40
第七节 发酵工艺	40
一、简介	40
二、菌种种类	41
三、酸奶凝乳的形成	46

第八节 冷却	49
一、一级冷却	49
二、二级冷却	49
第九节 水果/香精/色素的使用	50
一、水果果料	51
二、香精	52
三、色素	53
第十节 包装	53
一、简介	53
二、包装材料的类型	54
三、对不同酸奶包装透过性的比较研究	57
四、包装材料的杀菌	58
第十一节 贮存、运输和销售	59
第十二节 结论	60
参考文献	60
第三章 酸奶设备和生产线设计	61
第一节 酸奶的主要设备	61
一、原料乳的处理	61
二、均质机	61
三、热处理	64
四、其他设备	69
五、包装机	76
第二节 酸奶生产线设计	77
一、酸奶分类	77
二、工艺设计原则	78
三、工厂设计中影响酸奶质量的因素	79
参考文献	88
第四章 酸奶质量控制	89
第一节 酸奶设备的清洗	89
一、清洗原理	89
二、清洗剂的选择和操作	90
三、清洗方法	93
四、影响清洗效率的因素	97
五、设备的特殊清洗和杀菌	100
第二节 酸奶设备的消毒与杀菌	107
一、热杀菌	107
二、应用化学试剂杀菌	108
三、过滤除菌	110
四、辐照杀菌	110
五、喷雾、成雾或烟熏法	111

第三节 车间卫生状况的评估	111
一、物理检测	111
二、化学检测	112
三、微生物检测	112
第四节 污水处理	112
一、衡量污水污染程度的标准	112
二、污水处理的方法	113
第五节 HACCP 在酸奶质量控制中的应用	115
一、HACCP 的介绍	116
二、HACCP 的特点	117
三、HACCP 系统的实施	118
第六节 加工车间监控	120
一、车间内环境的控制	120
二、生产设备的控制	122
第七节 原材料的验收	123
一、原料乳	123
二、奶粉	124
三、酸奶的发酵剂	125
四、生产益生菌酸奶的发酵剂	128
第八节 酸奶成品的质量监督	129
一、理化指标的检测	129
二、物理特性的评估	130
三、微生物检测	132
四、感官指标的评价	136
参考文献	139
第五章 酸奶及其相关产品	140
第一节 概述	140
第二节 普通酸奶和其他动物乳酸奶	141
一、市售商业酸奶	141
二、由其他哺乳动物乳制作的酸奶	142
第三节 巴氏杀菌/UHT/长货架期/热冲击酸奶	146
一、加工技术	147
二、加工过程对产品特性影响	148
第四节 饮用型酸奶和乳糖降解酸奶	148
一、饮用型酸奶	148
二、乳糖降解酸奶 (LHY)	151
第五节 脱乳清酸奶/浓缩酸奶	153
一、概述和术语	153
二、制作工艺	153
三、特性	157

四、微观结构.....	158
五、相关产品.....	161
第六节 冷冻酸奶.....	164
一、背景、标准和市场.....	164
二、生产技术.....	165
三、相关产品.....	167
第七节 酸奶粉.....	168
一、概述.....	168
二、加工方法.....	168
三、kishk 及其相关产品	170
第八节 其他类型酸奶.....	174
一、生物酸奶.....	174
二、脂肪替代品生产的酸奶.....	176
三、植物油酸奶.....	178
四、化学酸化酸奶.....	179
五、豆奶酸乳.....	180
六、混合酸乳制品.....	183
七、发酵酸奶的未来发展趋势.....	184
参考文献.....	185
第六章 酸奶的微生物	186
第一节 概述.....	186
一、历史背景与乳酸菌的分类.....	186
二、发酵剂的修饰.....	188
三、潜在的基因修饰.....	190
第二节 工业上常用乳酸菌.....	190
一、德氏乳杆菌保加利亚亚种.....	190
二、嗜酸乳杆菌.....	191
三、德氏乳杆菌德氏亚种.....	192
四、嗜热链球菌.....	192
五、乳酸乳球菌.....	193
六、双歧杆菌.....	193
第三节 微生物的生长特性.....	195
一、微生物在牛奶培养基中的生长.....	195
二、共生.....	197
第四节 影响菌种生长缓慢的因素.....	199
一、乳中的天然成分.....	199
二、接种温度和接种量的影响.....	200
三、乳腺炎乳和体细胞的影响.....	200
四、过氧化氢 (H ₂ O ₂) 的影响	201
五、抗生素的残留.....	201

六、清洗剂和消毒剂的影响·····	204
七、环境污染·····	205
八、噬菌体·····	206
九、细菌素·····	218
十、乳烃素·····	228
十一、游离脂肪酸·····	232
十二、其他因素·····	232
参考文献·····	235
第七章 发酵过程的生物化学 ·····	236
第一节 糖类代谢·····	236
一、同型发酵途径·····	236
二、异型发酵途径·····	238
三、乳糖酶的活性·····	243
四、乳酸的产生·····	244
五、EPS 的产生·····	245
六、风味物质的产生·····	247
第二节 蛋白质代谢·····	251
一、乳蛋白分子的组成·····	251
二、蛋白水解酶·····	251
三、乳酸菌的蛋白质水解作用·····	253
四、蛋白质水解产物·····	257
第三节 脂类代谢·····	259
一、简介·····	259
二、游离脂肪酸和脂化脂肪酸的变化·····	261
三、挥发性脂肪酸的变化·····	261
第四节 维生素代谢·····	262
一、简介·····	262
二、叶酸的生物合成·····	264
三、尼克酸的生物合成·····	265
四、维生素 B ₆ 的生物合成·····	265
第五节 其他生化变化·····	267
参考文献·····	267
第八章 酸奶发酵剂 ·····	269
第一节 概述·····	269
第二节 发酵剂保藏方法·····	271
一、液体发酵剂·····	273
二、粉末状发酵剂·····	274
三、冷冻发酵剂·····	280
第三节 发酵剂细胞生长工艺·····	286
一、发酵剂生长特点·····	286

二、细胞生长浓度	287
三、减少机械损害	287
四、pH 控制系统	288
五、渗透膜培养	289
六、细胞的固定化	289
第四节 发酵剂的生产系统	289
一、简介	289
二、简单的微生物生产设备	290
三、保护发酵剂特制的设备	291
四、pH 控制系统	294
五、抗菌素的培养基 (BRM/BIM)	294
参考文献	295
第九章 酸奶的营养价值	296
第一节 碳水化合物	297
一、可利用的碳水化合物	297
二、人体不可利用的碳水化合物	299
第二节 蛋白质	300
第三节 脂肪	302
第四节 维生素和矿物质	304
第五节 酸奶和健康	305
一、普通酸奶的医疗作用	306
二、益生菌酸奶的保健作用	309
参考文献	312

第一章 绪 论

第一节 概 述

人类运用发酵技术将牛乳转变为具有一定货架期的产品，尽管很难知道发酵乳制品的确切起源，但据史料记载，大约 10000~15000 年前，人类就已经从食物收集转变为食品生产。考古学家已经证实某些地区，如古巴比伦、古埃及和古印度，在农业和家畜养殖业方面以及发酵乳制品即酸奶方面，都有了很大的发展。

据考证，酸奶已有 4 千多年的历史。虽然对于酸奶的起源没有确切的记录，但在某些地区人们早就已经知道它的营养价值及对身体健康的重要作用。传说佛祖在斋戒冥思时，由于禁食较长，渐渐失去知觉，在这危急时刻，一位妇人给了佛祖一碗酸奶使他恢复了知觉。所以，在佛经中认为酸奶是最有价值的食品。另外，酸奶在圣经和古兰经中都有记载。据波斯人传说，亚伯拉罕把自己的健康和长寿归功于酸奶。古罗马皇帝和成吉思汗都曾经命令他们的士兵携带酸奶以保证士兵的身体健康，防止疾病，确保战争的胜利。在近代，据说法兰西帝国的国王弗朗西斯一世通过饮用山羊奶制成的酸奶治愈了他的体弱病。

在公元前 200 年，印度、埃及和古希腊人等已掌握了酸奶的手工制作方法，在我国古代《齐民要术》中也有如何制造酸奶的记载。古代人制作酸奶是靠天然发酵。

保加利亚人是最早食用酸奶的民族之一，因此酸奶的起源很可能是在中东地区。很久以前，生活在保加利亚的色雷斯人过着游牧生活，他们身上常常背着灌满了羊奶的皮囊，带着羊群在大草原上放牧。由于外部的气温，加上人的体温等作用，皮囊中的羊奶常常变酸，而且变成渣状。当他们要喝时，常把皮囊中的奶倒入煮过的奶中，煮过的奶也会变酸，这就是最早的酸奶。随着时光的流逝，色雷斯人烹调技术的提高带动了发酵制品的发展。

20 世纪初期，俄国科学家伊·缅奇尼科夫专门研究人类长寿问题，他在对保加利亚人的调查中，发现每千名死者中有四名是百岁以上去世的，这些高龄人生前都爱喝酸奶，故其断定这些人的长寿是喝酸奶的结果。缅奇尼科夫对色雷斯人喝的酸奶进行化验后发现，酸奶中有一种能有效抑制肠道腐败菌的杆菌，将它命名为“保加利亚乳酸杆菌”。这一消息被西班牙商人伊萨克·卡拉索得知，他便立即开了一家制作酸奶的工厂。他开始时只不过将酸奶当做药品在药房出售，生意并不理想。第二次世界大战后，伊萨克·卡拉索又到美国建立了一家酸奶工厂，美国人很喜欢喝这种营养价值高的酸奶，不久酸奶便风靡世界。

随着科技的进步，酸奶已由纯种微生物菌种进行发酵，这样就保证了酸奶的质量。酸奶的流行是近 30~40 年的事，这是因为制作酸奶的技术和酸奶品种的发展及人们对其健康作用认识的结果。

第二节 酸奶的发展趋势

过去在中东地区，乳制品的生产是季节性的，一年中许多个月乳品的生产受到限制。受限制的主要原因是原料乳并不是时常都有的，在古代，牧民因为放牧而不断迁移进行着农作，这种生活方式会迫使牧民在荒野里一年要漂泊数月，那里远离他们能够卖原料乳的城镇和村庄；另一个主要原因则是中东地区是亚热带气候，夏季温度高达 40°C ，在这样的气候条件下，牛乳会在挤出后的短时间内变酸凝结，那时的牛乳是手工挤出的，没有冷藏，很容易被来自空气、动物和饲料的微生物污染，故使牛乳不能长时间运输或保存。结果人们很少能喝到牛乳，即使是牧民也必须在挤完奶后立即食用。

早期牛乳变酸多是杂菌发酵过程，非乳酸菌发酵将更多地给产品带来乏味和腐味，而且凝乳也不规则，会产生气孔和大量的乳清析出。若用乳酸菌发酵牛乳，所生产出的发酵制品有宜人的滋气味，它是现在意义上的酸奶。

中东地区牧民饲养的动物有奶牛、山羊、绵羊和骆驼，他们逐渐地发展了发酵方法，用来控制各种乳的变酸。具体方法如下：

- ① 使用相同的容器，加入鲜乳进行发酵，主要利用本身含有的微生物使奶变酸；
- ② 在火炉上加热牛乳使其略微浓缩，由于酪蛋白变性，使最后的凝乳获得良好的黏度，从而提高产品的品质；
- ③ 从先前的发酵乳中取出少量，加入到热处理过的冷却乳中，这样能使嗜热乳酸菌更适宜生长；
- ④ 逐渐挑选出耐酸性强并能给产品带来特有风味的乳酸菌；
- ⑤ 杀灭乳中所有的致病微生物。

虽然以上发展过程几乎都是凭直觉进行的，但酸奶生产已成为保存牛乳的一种公认方法。自 1900 年开始，指定的微生物被用于这类产品而进行大规模生产。逐渐地，其他国家也知道了这种简单保存牛乳的方法，产品名称即是从土耳其语“jugurt”衍化而来。

第三节 发酵乳制品的分类

在世界上，传统的和工业化的发酵乳制品的名称种类有 400 多种。虽然产品名称不同，但实际上它们是相同的，只是在一小部分产品中存在某些细微变化。考虑到产品中使用牛乳的种类以及赋予产品风味和主要代谢产物的微生物种类，Robinson 和 Tamime 为发酵乳提出了一个分类方案，将它们大致分为三大类：乳酸菌发酵乳、酵母菌发酵乳及霉菌发酵乳。

虽然酸奶有很多利用价值，但它容易变质，尤其易受周围温度的影响，因此中东地区的人们一直在探索如何使用简单的技术来延长其保质期。加工中的第一步相对来说是比较简单的，因为世代相传被牧民用来做酸奶制品的容器是用动物皮制成的。在正常情况下，酸奶会被很快喝掉，但如果把它留在包裹的皮中放置一段时间，产品的品质会发生显著改变。这样，由于乳清通过容器的渗漏和蒸发，酸奶的总固形物含量就会相应升高，酸度也随之上升。结果成为一种大于 2.0% 乳酸度和 25g/100g 总固形物含量的浓缩型酸奶，而原来的酸奶为 12~13g/100g 的总固形物含量和大约 1.5% 乳酸度。就牧民而言，他们财产和食物的主要来源是他们所饲养的动物和动物所产出的乳，因此防止浓缩型酸奶变质这一问题是非常重要的。

这一发展的证据在亚美尼亚被发现，在那儿 mazun（亚美尼亚酸奶）通常被压榨制成一种称为 tan 或 than 的产品。同样地，在土耳其的偏远山村，人们把每天剩余的奶包裹在山羊皮或绵羊皮里制成浓缩型酸奶。另一种做浓缩型酸奶的方法就是把奶放在陶瓷器皿里使其自然发酵，埃及人把这个产品称为 Leben zeer。

尽管酸奶在 1~2 周后就会变得很难吃，但它还是很流行。腌制是人类用来保存食品的古老方法，不过若把腌制运用到酸奶制作中，就起到了中和的作用，可以减少产品的酸性口味。在土耳其，人们就通过添加不等量的盐制成不同类型的酸奶。在黎巴嫩，人们把腌过的酸奶产品分割成直径为 2cm 的小球，放到阳光下晒干，然后再放入陶瓷器皿中，用橄榄油覆盖表面。利用这种传统的方法来延长酸奶的保质期，一般酸奶可以跨季食用，它的保质期可达 18 个月。这种酸奶可使用在面包涂层上。

另一种延长保质期的方法是：把做好的酸奶用一种特殊的木质小火烤几分钟，制成烟熏酸奶，而后放在罐子中，表面覆盖橄榄油或动物油，这样产品可存放过冬。

在一些国家（土耳其、黎巴嫩、叙利亚、伊拉克和伊朗），酸奶可经过加工生产成各种几乎没有确定保质期的产品。有一种是固型的酸奶：先把奶制成酸奶，再和小麦粉、粗粒小麦粉、半熟小麦粉混合，而后把混合物切成小块，晒干，这种产品就叫 kishk，同时它还可以做成粉末状。kishk（作为一道菜）可用水慢慢煮，恢复其酸奶、麦粉的原状，该食品可和面包一起食用，类似于麦片粥。

酸奶有很多品种，其中有一种叫 chanklich，酸奶制成后烘干，再添加香草、药草，然后成型为小球状，放入罐子中，覆以橄榄油。这些都证实了酸奶产品的多样性。

第四节 酸奶产品的种类

随着冰箱的普及，人们对一些传统食品也渐渐不感兴趣了。在中东国家里，一批新型酸奶出现了，它们大多由一些大型乳品工厂生产，且市场占有率很高，零售销路也很好，大多产品的存放温度小于 7℃。最初，产品被界定为自然酸奶，市场占有率也不高，购买者都是那些认为酸奶有利于身体健康的人。逐渐地，人们对酸奶的态度变了，1950 年水果酸奶的出现给了酸奶一个崭新的面貌。拥有健康食品这一头衔的酸奶，成为了流行但并不昂贵的休闲食品及甜点，市场的扩张使产品销售数量逐渐上升。如今在世界其他地方酸奶也一样流行，各国酸奶产量均在不断增长。

发酵乳尤其是酸奶，在世界上已被广泛消费，其影响因素如下：①牛奶的来源；②饮食习惯；③收入水平；④广告；⑤市场品种分布；⑥配送体系；⑦相对于其他日用品的消费；⑧宗教信仰。

然而，在大多数国家里，酪乳并没有更细致的分类，原因如下：①传统的酪乳是生产奶油时的副产品，它由上浮的、发酵的奶皮制成；②酸酪乳是由脱脂牛奶发酵并添加黄油薄片制成；③甜酪乳并没有经过发酵，而是在生产粗制黄油时获得的副产品。由嗜温乳酸菌发酵而成的酸奶在斯堪的纳维亚国家已得到认可，酵母菌发酵乳在前苏联、蒙古等国家都非常流行。

第五节 生产方法的分类

近几年，酸奶的生产方法也在更新，但从本质上讲，变动很小，尤其在菌种发酵上，其

主要步骤仍然相同。

(1) 提高固形物含量至 14~16g/100g。

(2) 牛奶杀菌。运用巴氏消毒的原理, 允许牛奶在一定温度下加热 5~30min, 而具体的杀菌温度、时间应由实际情况定。

(3) 接种。

(4) 发酵。发酵的环境要有利于产品的黏度和芳香。

(5) 冷却。如果需要, 可在此时添加果粒、果汁等其他原料。

(6) 灌装、库藏。均要在冷藏 (0~6℃) 条件下进行。

目前, 很多酸奶的生产方法均已被广泛运用。Tamime 和 Deeth (1980) 提出依据酸奶的不同特性, 可将其分为几大类。酸奶分类的依据有如下四个方面: ①法律标准, 依据化学成分或脂的含量 (全脂、中脂、低脂); ②酸奶的自然属性 (凝固型、搅拌型、饮料型); ③风味 (原味、水果味或其他风味); ④发酵后处理 (添加维生素或热处理等)。

目前, 所有的商业生产均围绕“酸奶”二字来变动产品, 如干固酸奶、冷冻酸奶和无菌酸奶。而这些变动必须在酸奶还含有能提供人体某些成分的基础上, 因为酸奶中必须包含原始的乳酸菌。然而, 只要在外包装上详细注明产品特性, 如无菌酸奶, 丝毫未被污染过的产品, 也许消费者还是会接受这种流行的吧。

这种探讨同样暗示了酸奶的加工过程必须包括发酵阶段, 它是由乳酸的增加而产生的凝乳过程。牛奶中某些成分的变动、发酵剂的异常变化、培养温度的不完善控制以及许多生产过程中伴随而来的一些小的变化, 都会使最终产品在质量上有欠缺, 因此, 只有彻底地了解发酵过程, 才能从长远意义上减少生产中的损失。尽管生产中所有的步骤都是相互关联的, 但只有把这些背景原因记住, 才可以把相关的问题分开讨论, 下面的章节将由此展开。

参 考 文 献

- 1 A Y Tamime, R K Robinson. Yoghurt Science and Technology. Washington DC: CRC Press, 1984
- 2 《乳品工业手册》编写组编. 乳品工业手册. 北京: 中国轻工业出版社, 1987
- 3 林庆文. 乳品制造学. 台湾: 华香园出版社, 1974
- 4 无锡轻工业学院和天津轻工业学院合编. 食品微生物学. 北京: 中国轻工出版社, 1980