

现代乳品加工技术丛书

乳粉

郭本恒 主编

51



化学工业出版社

现代乳品加工技术丛书

乳 粉

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

乳粉/郭本恒主编. --北京: 化学工业出版社,
2003. 9
(现代乳品加工技术丛书)
ISBN 7-5025-4827-0

I. 乳… II. 郭… III. 乳粉-食品加工
IV. TS252.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 087361 号

现代乳品加工技术丛书

乳 粉

郭本恒 主编

责任编辑: 管德存

文字编辑: 温建斌

责任校对: 陈 静

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

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24 $\frac{1}{4}$ 字数 594 千字

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4827-0/TS·122

定 价: 56.00 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

本书为“现代乳品加工技术”丛书的一个分册。主要介绍乳粉、乳清粉、乳糖、干酪素的性质、功能、生产与应用等，配制乳粉的配方设计与生产，乳粉生产机械与设备，工厂设计与管理等内容。本书理论和实用并重，力求反映现代乳粉加工技术的最新发展趋势与动态。

本书可供从事乳粉研究人员、生产技术人员和管理人员使用，亦可供高等院校相关专业师生使用。

目 录

第一章 概论	1
第一节 乳粉的定义	2
一、狭义乳粉的定义	2
二、广义乳粉的定义	2
三、粉末状乳制品的定义	2
第二节 乳粉的种类	2
一、一般乳粉的分类	2
二、配方乳粉的分类	3
三、其他乳粉类产品	3
第三节 乳粉的质量标准	4
一、国家标准与要求	4
二、国际标准与要求	7
第四节 乳清粉的分类和标准	9
一、乳清粉的分类	10
二、乳清粉的质量标准	10
第五节 乳糖的分类和标准	11
第六节 干酪素的分类和标准	12
第七节 乳粉工业的发展趋势	13
一、乳粉工业的现状	13
二、乳粉工业的发展	16
参考文献	17
第二章 乳粉科学与技术	18
第一节 乳粉的物理性质	18
一、乳粉的颗粒结构	18
二、乳粉的颗粒特性	21
三、乳粉的热分类	23
四、乳粉的质量	26
第二节 乳粉的化学性质	27
一、乳粉加工过程的化学变化	27
二、乳粉生产过程中的营养损失	28
第三节 乳粉生产工艺	28
一、全脂乳粉	28
二、脱脂乳粉	29
三、乳清粉	30

四、脱盐乳清粉	31
五、代脂乳粉	31
六、代脂乳清粉	32
七、干酪素和酪蛋白酸盐	32
八、乳清蛋白浓缩物	33
九、调配乳粉	34
十、其他产品	34
第四节 蒸发浓缩技术	35
一、浓缩技术	35
二、乳粉的浓缩蒸发	42
三、蒸发浓缩处理引起的乳的变化	46
四、浓缩	48
五、蒸发	51
六、冷冻	51
第五节 干燥技术	52
一、干燥技术介绍	53
二、干燥系统的物料和热量衡算	59
三、干燥时间的计算	62
四、喷雾干燥技术	66
五、其他干燥技术	71
第六节 乳粉的速溶技术	76
一、速溶机理	76
二、速溶工艺	77
三、影响乳粉速溶的因素及改善方法	80
第七节 乳粉的质量控制	81
一、乳粉常见的质量缺陷及产生原因	81
二、影响乳粉质量的因素	84
第八节 乳粉的保藏	89
一、贮藏过程中可能出现的不良现象	89
二、乳粉中的微生物影响	90
参考文献	91
第三章 乳清粉科学与技术	93
第一节 概述	93
第二节 乳清粉的工艺流程	94
一、乳清粉	94
二、乳清浓缩蛋白	95
三、乳清分离蛋白	102
第三节 乳清的加工	103
一、浓缩前的预处理	104
二、乳清的浓缩	105

三、乳清的干燥	106
四、乳清固形物的回收	108
第四节 乳清的脱盐	111
一、离子交换	111
二、电渗析	115
三、热量和 pH 值处理	120
四、“Loose”反渗透	120
五、污水处理	121
六、生产成本	122
第五节 乳清的超滤	123
一、综述	123
二、乳清超滤	123
第六节 乳清的营养	126
一、乳清蛋白	126
二、矿物质和微量元素	132
三、维生素	132
四、乳清蛋白的生理功能	133
第七节 乳清蛋白的功能特性	134
一、成胶性	134
二、起泡性和搅打性	135
三、乳化性	135
四、持水能力	136
五、成膜性	136
六、抗氧化性	136
第八节 乳清蛋白的应用	137
一、在酸奶和发酵乳制品中的应用	137
二、在低脂食品中的应用	140
三、在焙烤食品中的应用	141
四、在运动型食品中的应用	143
五、在婴儿食品中的应用	146
六、乳清的发酵产品	147
第九节 乳清产品的微生物学	149
一、原料乳清中的微生物	149
二、微生物污染对乳清产品质量的影响	150
三、微生物污染对膜滤过程的影响	150
参考文献	151
第四章 乳糖科学与技术	153
第一节 乳糖的物理性质	153
一、概述	153
二、乳糖的合成	153

三、乳糖的物理性质·····	155
第二节 乳糖的化学性质·····	162
一、乳糖的水解·····	162
二、氧化与还原性质·····	162
三、褐变反应·····	163
四、乳糖发酵·····	163
五、异构化乳糖和裂解产物·····	164
六、乳糖的衍生物·····	165
第三节 乳糖的生理功能·····	165
一、对钙的作用·····	165
二、对肠道菌群的作用·····	165
三、糖与细胞的关系·····	166
四、其他的生理功能·····	166
第四节 乳糖的生产·····	166
一、生产原理·····	166
二、乳糖的生产制造·····	168
三、乳糖生产的其他方法·····	170
第五节 乳糖的应用·····	171
一、在食品工业中的应用·····	171
二、在制药方面的应用·····	172
第六节 乳糖的水解产品·····	172
一、乳糖的耐受性·····	172
二、甜度和溶解性·····	174
三、乳糖水解产品的生产·····	175
四、乳糖水解产品在食品中的应用·····	181
参考文献·····	183
第五章 配制乳粉科学与技术·····	185
第一节 婴幼儿配方乳粉·····	185
一、概述·····	185
二、设计原理·····	185
三、配方设计·····	187
四、生产工艺·····	194
第二节 成人营养配方乳粉·····	195
一、概述·····	195
二、分类·····	195
三、配方设计原理·····	195
四、配方设计·····	200
五、一般成人配方乳粉的生产工艺·····	202
第三节 功能性配方粉·····	203
一、免疫乳粉·····	203

二、降血糖乳粉·····	204
三、降血脂乳粉·····	207
第四节 初乳粉·····	210
一、概述·····	210
二、配方设计·····	210
三、生产工艺·····	210
参考文献·····	213
第六章 干酪素科学与技术 ·····	214
第一节 干酪素的分类和性质·····	214
第二节 酪蛋白胶体·····	215
一、酪蛋白胶体中酪蛋白组分的位置·····	215
二、酪蛋白胶体的结构·····	215
三、酪蛋白胶体的解离·····	215
四、胶体磷酸钙·····	216
五、牛乳酪蛋白胶体的理论模型·····	216
第三节 干酪素的生产原理·····	218
一、酸法干酪素的生产原理·····	219
二、酶法干酪素的生产原理·····	219
第四节 干酪素生产技术·····	224
一、对原料乳及其辅料的要求·····	224
二、干酪素生产工艺流程·····	225
三、干酪素产品质量及其影响因素·····	229
第五节 干酪素盐的生产·····	230
一、工艺流程·····	230
二、干酪素盐的细分产品·····	231
第六节 干酪素及其盐类的功能特性及应用·····	233
一、在皮革制品中的应用·····	233
二、在肉类制品中的应用·····	234
三、在布丁和冰淇淋中的应用·····	234
参考文献·····	234
第七章 生产机械与设备 ·····	236
第一节 设备用材料·····	236
一、金属材料·····	236
二、非金属材料·····	237
三、合成材料·····	237
第二节 机械设备安装与维护·····	237
一、设备基础和安装·····	238
二、设备的固定·····	238
三、设备安装前准备·····	238
四、设备的安装·····	239

第三节 预处理设备	241
一、储奶设备	241
二、奶泵	243
三、均质设备	247
四、计量装置	250
第四节 离心分离设备	251
一、离心分离原理	251
二、离心分离设备分类	251
三、牛乳净乳机	252
四、牛乳分离机	252
五、间歇式离心分离机	257
六、影响分离效果的因素	260
第五节 热交换设备	260
一、热交换的基本计算	260
二、储槽式热交换器	262
三、管式热交换器	263
四、板式热交换器	266
五、超高温 (UHT) 杀菌设备	268
第六节 真空浓缩设备	278
一、概述	278
二、真空浓缩设备及其分类	278
三、单效真空浓缩设备	279
四、双效和多效真空浓缩设备	280
五、TVR 蒸发设备和 MVR 蒸发设备	281
六、真空浓缩设备中常见故障及原因	284
第七节 结晶设备	287
一、间歇式冷却结晶器	287
二、真空冷却结晶器	287
第八节 喷雾干燥设备	289
一、喷雾干燥原理	289
二、喷雾干燥设备的构成及其分类	290
三、常见喷雾干燥设备	294
四、成套喷雾干燥设备	298
五、喷雾干燥设备的自动控制	299
六、喷雾干燥设备生产中出现的問題及其解决方法	302
第九节 附聚、造粒设备	303
一、速溶乳粉的发展	303
二、附聚的定义及其分类	304
三、新一代附聚干燥设备	304
四、速溶工艺	305

五、流化床设备	307
六、喷涂设备	308
第十节 干酪素生产设备	308
第十一节 干混合设备	311
一、概述	311
二、容器固定式混合机	312
三、容器回转型混合机	314
四、影响干混合效果的因素	315
五、选择混合器考虑因素	316
第十二节 包装设备	316
一、填充计量设备	316
二、真空包装机	319
三、充氮包装	320
参考文献	321
第八章 工厂设计和管理	322
第一节 概述	322
一、乳粉工厂设计原则	322
二、乳粉工厂厂址选择	324
第二节 乳粉工厂总平面设计	326
一、总平面设计原则	326
二、主要经济指标	327
三、主要建筑物和构筑物	328
四、厂区物流设计	328
第三节 乳粉工厂工艺设计	329
一、规模确定	329
二、生产车间布局	329
三、物料平衡计算	332
四、生产设备选型	333
五、生产车间用水用汽量的估算	334
六、辅助部门	335
七、环境保护及污水处理	336
第四节 土建工程	340
一、土建工程特点	340
二、地面、内外墙面和吊顶	342
第五节 给排水工程	343
一、设计内容以及设计所需要的基础资料	343
二、设计注意事项	343
三、水质和水源	344
四、用水量估算	345
五、给水系统及水处理	346

六、排水系统.....	347
第六节 供电及自动控制.....	348
一、设计内容及要求.....	348
二、车间配电.....	349
第七节 采暖和通风.....	352
一、采暖和通风的一般原则.....	352
二、车间采暖系统.....	353
三、车间通风系统.....	354
第八节 供汽系统设计.....	356
一、供汽系统的设计原则.....	356
二、热汽容量的计算.....	356
三、辅助设备的计算.....	357
第九节 工程设计预算.....	362
一、编制工程设计预算书的目的和作用.....	362
二、预算文件的组成和内容.....	362
三、预算编制.....	363
四、项目划分.....	364
五、乳粉厂预算投资比例及主要建材表.....	364
第十节 技术经济分析和设计方案的选择.....	365
一、技术经济分析的主要指标.....	365
二、技术经济效果的分析评价.....	368
三、设计方案的选择.....	370
参考文献.....	371

第一章 概 论

牛乳是一种复杂的生物液体,富含脂肪、蛋白质、矿物质、维生素、生物酶、乳糖和水。牛乳不仅是一种高营养食品,也是一种功能性配料。然而牛乳中含有大量的水分(88%左右),作为液态形式难以实现安全运输和保藏;另外,不同国家和地区之间,不同的奶牛产奶季节,乳品工业的生产和消费之间也存在着不平衡。因此,为了延长乳品的保质期和调节生产消费的不协调,多数生产商采用浓缩和干燥工艺将牛乳中的大部分水除去,制成了通常所说的乳粉。

乳粉产业的发展贯穿于世界乳品的发展历史之中。乳品工业是食品工业中非常重要的部分,具有悠久的历史。但是很久以来,人们公认只有奶油和干酪可以长期保存。1856年,甜炼乳产品出现,1890年淡炼乳产品出现。一直到20世纪初,乳粉类产品才出现在人们的视野当中。但是,由于干燥设备和工艺加工大生产化的发展滞后,导致乳粉产品没有得到人们的青睐,生产技术和新产品发展缓慢。

乳品加工行业最初出现在1860年,主要是欧洲、美国的一些私人或合作形式的乳制品企业。这些乳品企业主要从事奶油和干酪的生产。1930年喷雾干燥工艺和干燥塔发展迅速,使乳制品干燥技术实现了大规模集约化,从而促进乳粉类产品越来越受到人们的认可和重视,乳粉类产品也成为连接奶牛牧场和最终消费市场的重要组成部分,同时乳粉的贸易和进出口优势也越来越得到全世界的认可。由于本身的营养特性、功能特性和经济特性,乳粉作为配料在焙烤食品、糖果、乳制品、复原乳、肉制品、营养性饮料和方便食品等食品行业得到广泛的应用。

乳清粉作为乳粉类产品的组成部分,只是在近几年才发展起来。虽然干酪产品是最早的乳制品之一,但是作为干酪生产的副产物——乳清,多年以来一直被人们弃用或用做动物饲料。乳清蛋白质虽然不如酪蛋白的营养和功能特性,但是也具有独特的易消化和凝胶特性,使具有良好蛋白质特性和低廉成本价格的乳清粉得到了广泛的应用。在婴幼儿配方食品、焙烤食品、糖果工业和乳制品工业中,乳清粉的应用范围相当广泛,甚至在饮料行业出现了以乳清为主题的乳清饮料和运动饮料等。

在中国,乳粉类产品的发展与中国乳品行业的发展息息相关。由于中国地大物博,乳制品的高消费区往往处于不适合奶牛生长区域,而畜牧业和奶牛业发达的地区多数处于边远不发达地区,人均乳制品的消费远远落后于乳品加工业;另外,中国整体的乳品加工业和奶牛饲养业已经不能满足人们越来越多的消费需求,特别在上海、北京和广州等大城市。因此,复原乳的应用在现代乳制品生产中扮演很重要的角色,带动了国内外乳粉行业的快速发展。每年中国都要从澳大利亚、新西兰和美国进口大量的脱脂乳粉,而国内的大包装全脂乳粉、各种各样的食品专用乳粉和工业乳粉也在迅猛发展。

但是,在中国用于直接消费的乳粉类产品却呈现逐年降低的趋势。其主要原因是液态牛奶的迅速发展,特别是长保质期牛奶,包括利乐包、康美包和利乐枕等产品。另外,发酵乳制品、乳酸菌饮料和干酪产品的拓展,以及乳品加工业的本地化趋势和运输物流行业的发展,也影响到消费者直接消费乳粉类产品。然而,作为乳粉类产品中比较特殊的组成——婴

幼儿配方乳粉却独树一帜，得到广大消费者和乳制品生产商的重视。比较大的乳制品生产企业纷纷致力于研究开发母乳化的婴幼儿配方乳粉，各种各样的宣传卖点、营养特点和独特性层出不穷；同时，更多的企业将婴幼儿乳粉生产技术作为企业自身的核心技术，可以更好地塑造企业营养、健康的品牌形象。

乳粉类产品是乳制品工业中的重要组成部分。

第一节 乳粉的定义

一、狭义乳粉的定义

仅以牛乳或羊乳为原料，经过浓缩、干燥制成的粉末状产品。

二、广义乳粉的定义

以生乳或乳粉为原料，添加或不添加食品添加剂和（或）食品营养强化剂等辅料，经脱脂或不脱脂、浓缩干燥或干混合的粉末状产品。此类产品中乳固体应不低于 70%，即全脂型乳蛋白质不低于 16.5%，脂肪不低于 18%，脱脂型乳蛋白不低于 22%。

三、粉末状乳制品的定义

乳粉概念的延伸主要包括乳清粉、酪乳粉、奶油粉和干酪素、乳糖等产品，它们的共同点在于以牛乳或羊乳的部分成分，或乳制品加工后的剩余部分为原料，经过回收、分离、浓缩和干燥而制成的粉末状乳制品。

第二节 乳粉的种类

一、一般乳粉的分类

根据乳粉的特征，分为以下几大类。

1. 全脂乳粉 (whole milk powder)

仅以乳为原料，添加或不添加食品营养强化剂，经浓缩、干燥制成的蛋白质不低于非脂乳固体的 34%，脂肪不低于 26.0% 的粉末状产品。

2. 脱脂乳粉 (skimmed milk powder)

仅以乳为原料，添加或不添加食品营养强化剂，经脱脂、浓缩、干燥制成的，蛋白质不低于非脂乳固体的 34%，脂肪不低于 2.0% 的粉末产品。

3. 调制乳粉 (recombined milk powder)

以乳为原料，添加或不添加食品营养强化剂和其他辅料，经浓缩、干燥制成的粉末状产品；或在乳粉中添加食品营养强化剂和其他配料而制成的粉末状产品。

4. 全脂加糖乳粉

添加白砂糖，蛋白质不低于 15.8%，脂肪不低于 20.0%，蔗糖不超过 20.0% 的调制乳粉。

5. 调味乳粉

对风味和某些营养成分做了调整，乳固体不低于 70%，蛋白质不低于 16.5%（全脂）或不低于 22.0%（脱脂），脂肪不低于 18.0% 的调制乳粉。

6. 配方乳粉

调整了乳粉的天然营养成分和（或）含量比例，满足特定人群的营养需要，乳固体不低于 65.0% 的调制乳粉。

二、配方乳粉的分类

1. 婴幼儿配方乳粉

母乳是婴幼儿最合适的食品。只有在母乳不足或缺乏时，婴幼儿配方乳粉作为母乳的替代品可以满足3岁以下婴幼儿的生长发育和营养需求。

婴幼儿配方乳粉是指以新鲜牛乳为原料，以母乳中的各种营养元素的种类和比例为基准，添加适量的乳清蛋白、多不饱和植物脂肪酸、乳糖、复合维生素和复合矿物质等物质，达到配方乳粉的蛋白质母乳化、脂肪酸母乳化、碳水化合物母乳化和维生素矿物质母乳化的目的，以及各种原料混匀后经均质、杀菌、浓缩、干燥等工艺而制得的粉末状产品。

根据婴幼儿出生时间的不同分为：0~6个月婴儿乳粉、6~12个月较大婴儿乳粉和12~36个月幼儿成长乳粉。

2. 儿童学生配方乳粉

儿童学生配方乳粉是以新鲜牛乳为主要原料，添加一定量儿童学生生长发育所必需的营养物质，经杀菌、浓缩、干燥等工艺而制得的粉末状产品。

根据食用对象的不同分为：儿童配方粉、中学生配方乳粉和大学生配方乳粉。

3. 中老年配方乳粉

以新鲜牛乳或脱脂乳为主要原料，添加一定量的蛋白质、碳水化合物以及中老年人容易缺乏的维生素和矿物质，混匀后经杀菌、浓缩、干燥等工艺而制得的粉末状产品。

4. 特殊配方乳粉

特殊配方乳粉是指以新鲜牛乳为主要原料，根据特定人群特殊的营养需求和功能需求，添加一定量特殊人群所需要的营养元素、功能性成分或因子，配料混合均匀后，经杀菌、浓缩、干燥等工艺而制得的粉末状产品。

常见的特殊配方乳粉包括：高钙乳粉、早产儿乳粉、降糖乳粉、降血压乳粉、低过敏婴幼儿乳粉、酪乳粉、孕妇乳粉和免疫乳粉等。

三、其他乳粉类产品

1. 焙烤专用粉

根据饼干等焙烤行业的特殊营养需求和生产加工工艺的特殊功能需求，要求专用粉可替代焙烤行业中使用的通用型乳粉，具有理想的水合性、乳化性、起泡性、发泡性和凝胶性。

2. 冰淇淋专用粉

根据冰淇淋行业的特殊营养需求和冰淇淋生产工艺的特殊功能需求，要求专用粉可以替代冰淇淋行业中使用的通用型乳粉，具有理想的起泡性、发泡性和乳化性。

3. 酸乳粉

酸乳粉是根据目前发酵乳制品采用复原乳和发酵剂的要求，将乳粉和粉末状发酵剂采用特殊的加工工艺，达到两者物理和化学的良好混合，使生产厂商只需要复原酸乳粉即可完成良好发酵乳制品的制造。

4. 巧克力专用粉

根据巧克力行业的特殊营养需求和巧克力生产工艺的特殊功能需求，要求专用粉可以替代巧克力行业中使用的通用型乳粉，具有理想的起泡性、乳化性和较高的游离脂肪酸含量。