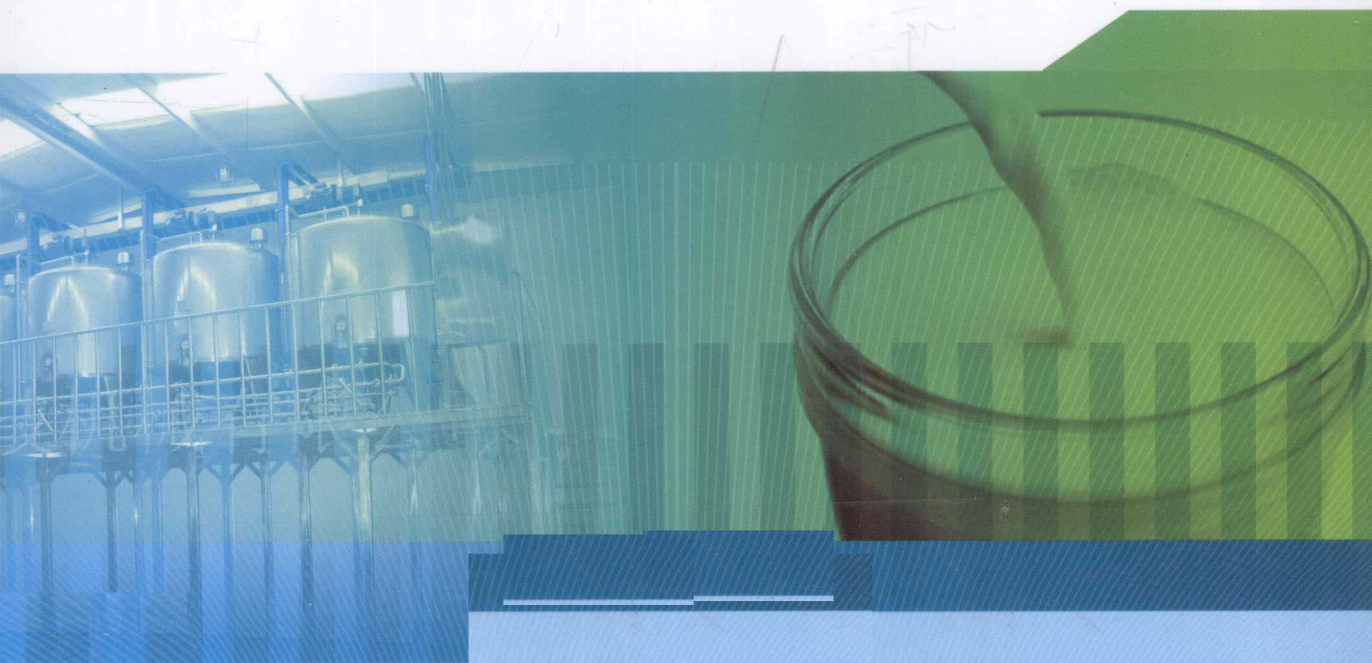


乳品工艺学

主编 李晓东



科学出版社

乳品工艺学

主编 李晓东

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面、系统地阐述了乳品科学的基础理论和各种乳制品加工技术,紧密结合我国乳品工业生产现状,反映了国内外乳品科学技术的最新进展。全书从总体上,可分为乳品科学和乳制品加工与质量控制两大部分。本书内容丰富,图文并茂,有理论,有实践,深入浅出,通俗易懂。为了便于学生自学,每章前列出了本章的学习目标、重点和难点,并在章后附有思考题。

本书可作为高等院校本科生的教材,也可作为有关中等技术学校和业余职业教育的参考教材,同时兼顾工厂的实际操作使用,可供乳品生产企业以及相关企业的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

乳品工艺学/李晓东主编. —北京:科学出版社,2011.2
ISBN 978-7-03-030064-5

I. ①乳… II. ①李… III. ①乳制品-食品加工-高等学校-教材
IV. ①TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 011242 号

责任编辑:吴美丽 王国栋 王 玥 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林局有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年2月第一次印刷 印张:23 3/4

印数:1—3 500

字数:530 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《乳品工艺学》编委会

主 编 李晓东 东北农业大学
副主编 包怡红 东北林业大学
刘滨城 东北农业大学
张根生 哈尔滨商业大学

参编人员 (按姓氏笔画排序)

马春丽 东北农业大学
车云波 黑龙江生物科技职业学院
刘妍妍 黑龙江八一农垦大学
孙 颖 黑龙江旅游职业学院
杜 鹏 东北农业大学
李 春 东北农业大学
冷友斌 黑龙江飞鹤乳业有限公司
陈智斌 东方学院
胡亚芹 浙江大学
姚春艳 黑龙江畜牧兽医学院
侯俊才 东北农业大学
崔旭海 山东枣庄学院
韩 冰 哈尔滨商业大学
蔡 丹 吉林农业大学
薛 璐 天津商业大学
主 审 郭明若 美国佛蒙特大学
孔保华 东北农业大学

前 言

本书全面系统地阐述了乳品科学的基础理论和各种乳制品加工技术,紧密结合我国乳品工业生产现状,反映了国内外乳品科学技术的最新进展。本书在编写过程中参阅了大量的中外文文献,总结了十几所院校的乳品教学成果,从总体上讲,可分为乳品科学和乳制品加工与质量控制两大部分。主要内容包括:乳品工业发展概况、乳的物理化学性质、原料乳的生产、乳中常见微生物及污染因素控制、乳品加工的工艺设备与设施、液态乳制品、发酵乳制品、干酪、乳粉、冰淇淋和其他类型冰淇淋产品、奶油、炼乳、乳蛋白制品及乳糖、乳中活性物质及功能性乳制品和乳品工厂设备的清洗消毒。

本书在编写上力求语言精炼、内容通俗易懂,以实用和便于学生自学为主,对目前正在研究、尚无定论的乳品方面的科研内容没有编入教材,查阅了国内外同类教材和相关书籍资料,力求所参考的资料在乳品定义、名词及工艺参数等基本理论内容方面是最新及权威的资料,能真实反映目前乳品加工行业产品的最新发展动态及实际生产情况。特别是对乳品加工常用的设备和设施在第四章进行了介绍,这样避免有些设备与设施在各章均有介绍,但每章却都又介绍不清楚的问题,如均质、杀菌、浓缩等处理设备与设施。但是第四章只介绍设备的原理、结构、性能、应用及设备自身的参数,而产品工艺参数还在各章介绍,避免内容的重复。

另外,参加编写的编委均是在乳品加工教学与生产一线工作多年,具有丰富的教学或生产实践经验的人员,具有博士、硕士学位或者高级职称,以保证本书的编写质量。本书美国佛蒙特大学的郭明若教授受邀作为本书的第一主审参与大纲的制订与编写内容的审核,这为本书内容与国际接轨及理论与实践相结合打下了坚实的基础,在此表示感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

李晓东

2010年9月于哈尔滨

目 录

前言

绪论	1
一、乳品与人类	1
二、我国乳品工业发展现状	2
三、我国乳品工业未来 5~10 年发展趋势及优先发展领域	5
四、学习“乳品工艺学”的内容和任务	7
第一章 乳的物理化学性质	8
第一节 乳的化学组成及其成分特性	8
一、水分	9
二、气体	9
三、乳脂质	9
四、乳糖	13
五、含氮化合物	16
六、酶类	26
七、维生素	28
八、无机物和盐类	29
九、乳中其他成分	31
第二节 乳的物理性质	32
一、乳的密度与比重	33
二、乳的光学性质	33
三、乳的酸度与 pH	34
四、乳的黏度与表面张力	35
五、乳的依数性	36
六、乳的热学性质	36
七、乳的电学性质	37
八、乳的声学性质	38
第三节 加工处理对乳性质的影响	38
一、热加工对乳性质的影响	38
二、冷冻加工对乳性质的影响	40
思考题	41
第二章 原料乳的生产	42
第一节 主要乳畜品种	42
一、乳用牛	42
二、乳肉兼用牛	43

三、乳用山羊	43
第二节 挤乳与挤乳设备	44
一、挤乳	44
二、挤乳设备	45
第三节 乳的验收与预处理	45
一、原料乳的验收标准与检验	45
二、原料乳的预处理	48
第四节 异常乳	51
一、异常乳的概念和种类	51
二、异常乳的产生原因和性质	51
思考题	53
第三章 乳中常见微生物及污染因素控制	54
第一节 乳中常见微生物来源及控制	54
一、乳中微生物污染来源及途径	54
二、原料乳中的病原微生物	55
三、原料乳中的病毒和噬菌体	55
四、原料乳中的腐败微生物	56
五、原料乳中的乳酸菌	57
六、嗜温菌	59
七、嗜冷菌	60
八、嗜热菌	61
九、芽孢菌	62
十、原料乳微生物数量的动态变化	63
十一、原料乳中微生物的控制	65
第二节 原料乳中毒素和抗生素污染及控制	66
一、原料乳中可能被污染的毒素及来源	66
二、牛乳中抗生素残留来源和危害	68
第三节 原料乳中有害化学物质残留及控制	68
一、原料乳中有害化学物质残留	68
二、原料乳中有害化学物质控制	68
第四节 原料乳的物理性污染及控制	69
一、常见物理性污染物及来源	69
二、污染物的控制	69
思考题	70
第四章 乳品加工的工艺设备与设施	71
第一节 流体输送设备	71
一、离心泵	71
二、螺杆泵	72
第二节 离心分离与乳脂肪标准化	72

一、离心分离设备	72
二、乳脂肪标准化系统	75
第三节 均质设备	75
一、三柱塞高压均质机	76
二、胶体磨	77
第四节 膜分离	78
一、工作原理和设备结构	78
二、膜分离类型	78
第五节 热交换设备	79
一、直接加热设备	79
二、贮槽式热交换器	80
三、板式热交换设备	81
四、管式热交换设备	82
五、釜式杀(灭)菌设备	83
第六节 真空浓缩设备	84
一、真空浓缩设备分类	84
二、非膜式真空浓缩设备	84
三、膜式真空浓缩设备	85
第七节 干燥设备	86
一、滚筒干燥设备	86
二、喷雾干燥设备	87
三、流化床干燥设备	90
四、典型的乳粉喷雾干燥系统	90
第八节 罐	93
一、平衡罐	93
二、暂贮罐	94
三、混料罐	94
四、发酵罐和结晶罐	94
五、乳仓	95
第九节 真空脱气	95
一、原料乳收购环节	95
二、原料乳入厂环节	95
三、在线生产环节	95
思考题	97
第五章 液态乳制品	98
一、概述	98
二、液体乳的种类	98
第一节 巴氏杀菌乳	99
一、生产工艺	99

二、生产技术要求	99
三、巴氏杀菌乳生产线范例	104
第二节 延长货架期的巴氏杀菌乳 (ESL 乳)	106
一、概述	106
二、ESL 乳的基本生产工艺	106
三、新技术在 ESL 乳生产中的应用	107
第三节 超高温灭菌乳和瓶装灭菌乳	111
一、概述	111
二、超高温灭菌乳	112
三、瓶装灭菌乳	119
第四节 再制乳加工	121
一、再制乳	121
二、复原乳	124
第五节 含乳饮料加工	125
一、概述	125
二、中性含乳饮料	125
三、调配型酸性含乳饮料	129
第六节 其他液态乳	131
一、高铁牛乳	131
二、膳食纤维牛乳	132
思考题	133
第六章 发酵乳制品	134
第一节 概述	134
第二节 酸乳的定义与分类	135
一、酸乳的定义	135
二、酸乳的分类	135
第三节 酸乳生产所用原料	136
一、原料乳	136
二、乳粉	137
三、甜味剂	137
四、发酵剂菌种	137
五、果料	137
六、添加剂	138
第四节 发酵剂选择与制备	139
一、发酵剂的概念与种类	139
二、酸乳的发酵剂菌种	140
三、发酵剂的选择	141
四、发酵剂的制备	142
五、发酵剂的质量要求	144

第五节 酸乳生产工艺	144
一、工艺流程	144
二、原料预处理	145
三、凝固型酸乳的加工工艺及质量控制	145
四、搅拌型酸乳的加工工艺及质量控制	148
五、酸乳的包装	150
六、发酵乳的质量标准	151
第六节 乳酸菌饮料	152
一、乳酸菌饮料的定义	152
二、乳酸菌饮料的分类	153
三、乳酸菌饮料的加工工艺流程	153
四、工艺要求	154
五、乳酸菌饮料的质量控制	154
六、发酵型酸性含乳饮料标准	155
第七节 其他发酵乳制品	156
一、发酵稀奶油	156
二、开菲尔酸乳酒	157
三、酸牛乳酒和马奶酒	158
四、发酵酪乳	159
第八节 乳酸菌制剂的加工	159
一、乳酸菌制剂的生产工艺流程	159
二、工艺操作要点	160
三、质量标准	160
思考题	160
第七章 干酪	161
第一节 干酪的概述	161
一、干酪的概念	161
二、干酪的分类及主要干酪品种	162
三、干酪的组成及营养价值	165
第二节 干酪发酵剂	167
一、发酵剂概述	167
二、发酵剂的作用及组成	167
三、发酵剂的制备	168
四、发酵剂调制的新技术	169
第三节 皱胃酶及其代用酶	169
一、皱胃酶	169
二、皱胃酶的代用凝乳酶	171
第四节 天然干酪的一般加工工艺及质量控制	173
一、天然干酪生产	173

二、干酪的质量缺陷及其控制措施·····	185
第五节 再制干酪的加工工艺及质量控制·····	186
一、再制干酪的概念及种类·····	186
二、再制干酪的加工工艺·····	188
三、再制干酪质量缺陷及控制措施·····	190
第六节 模拟干酪及酶修饰干酪生产·····	191
一、模拟干酪·····	191
二、酶修饰干酪·····	196
第七节 几种主要天然干酪的加工工艺·····	201
一、契达干酪·····	201
二、农家干酪·····	202
三、高达干酪·····	204
四、荷兰圆形干酪·····	204
五、夸克干酪·····	205
思考题·····	206
第八章 乳粉·····	207
第一节 概述·····	207
一、乳粉的概念·····	207
二、乳粉的种类·····	207
三、乳粉的化学组成·····	208
四、乳粉的生产方法·····	208
第二节 全脂普通乳粉的加工·····	209
一、工艺流程·····	209
二、全脂乳粉的加工技术·····	209
三、乳粉颗粒的理化特性·····	213
四、乳粉常见的质量缺陷及产生原因·····	215
第三节 速溶乳粉与乳粉的速溶工艺·····	219
一、速溶乳粉的特点·····	219
二、速溶乳粉的生产方法·····	219
三、影响乳粉速溶的因素及改善方法·····	224
第四节 婴幼儿配方乳粉的生产·····	224
一、婴儿配方乳粉(0~6个月)·····	224
二、婴儿配方乳粉(6~12个月龄婴儿)·····	227
三、幼儿成长配方乳粉(12~36个月龄幼儿)·····	228
四、婴幼儿配方乳粉生产·····	228
五、婴幼儿配方乳粉的最新进展·····	229
第五节 功能性乳粉的生产·····	231
一、免疫乳粉·····	231
二、降血糖乳粉·····	231

三、降血脂乳粉	232
第六节 其他乳粉的生产	233
一、脱脂乳粉的生产	233
二、稀奶油粉	234
三、速溶稀奶油粉	234
四、奶油粉	235
五、冰淇淋粉	235
六、麦乳精粉	236
思考题	236
第九章 冰淇淋和其他类型冰淇淋产品	238
第一节 冰淇淋的分类与组成	238
一、冰淇淋的定义	238
二、冰淇淋的分类	238
三、冰淇淋的组成	239
四、冰淇淋的结构	240
第二节 冰淇淋生产的主要原辅料	240
一、水和空气	240
二、脂肪	241
三、非脂乳固体	241
四、蛋与蛋制品	241
五、甜味料	241
六、乳化剂	242
七、稳定剂	242
八、复合乳化稳定剂	242
九、香味剂	243
十、食用色素	243
第三节 冰淇淋的生产	244
一、冰淇淋的生产工艺流程及配方	244
二、冰淇淋的生产	245
第四节 冰淇淋的质量标准及控制	257
一、冰淇淋的质量标准	257
二、冰淇淋的主要质量缺陷及控制措施	258
三、冰淇淋的收缩现象及其控制	259
第五节 其他类型冰淇淋产品	260
一、雪糕的生产	260
二、膨化雪糕的生产	264
三、雪糕缺陷	264
四、雪泥的生产	265
思考题	266

第十章 奶油	268
第一节 概述	268
一、奶油的概念和种类	268
二、奶油的特点	268
三、影响奶油性质的因素	269
第二节 稀奶油的生产	269
一、稀奶油的分类	270
二、稀奶油的生产	270
第三节 甜性和酸性奶油的生产	272
一、工艺流程	272
二、加工工艺要点	273
三、奶油的连续化生产	283
四、奶油的质量缺陷及其产生原因	284
第四节 无水乳脂的生产	285
一、无水乳脂的种类	285
二、无水乳脂的生产	285
第五节 其他奶油产品	289
一、重制奶油	289
二、新型涂抹制品	290
思考题	291
第十一章 炼乳	292
第一节 甜炼乳的生产	292
一、甜炼乳加工工艺	292
二、甜炼乳生产和贮藏过程的质量缺陷及控制措施	300
第二节 淡炼乳的加工	303
一、淡炼乳的加工工艺	304
二、淡炼乳生产和贮藏过程的质量缺陷及控制措施	307
第三节 其他浓缩乳制品	308
一、Creamer	308
二、其他浓缩乳	308
思考题	308
第十二章 乳蛋白制品及乳糖	310
第一节 干酪素	310
一、干酪素的概念及分类	310
二、干酪素的生产工艺	310
三、干酪素的质量标准及控制	314
四、干酪素的用途	315
第二节 乳清粉及乳清蛋白制品	316
一、乳清粉及乳清蛋白制品的种类及组成	316

二、乳清粉的生产工艺	317
三、乳清蛋白制品的生产工艺	318
四、乳清粉及乳清蛋白制品的质量标准及控制	319
五、乳清粉及乳清蛋白制品的用途	321
第三节 乳糖	321
一、乳糖的概述	321
二、乳糖的生产工艺	322
三、乳糖的质量标准及控制	325
四、乳糖的用途	326
思考题	327
第十三章 乳中活性物质及功能性乳制品	328
第一节 牛初乳制品	328
一、牛初乳的成分与生理功能	328
二、牛初乳制品	331
三、牛初乳粉的生产工艺	332
第二节 乳活性肽	333
一、乳蛋白源生物活性肽	333
二、主要活性肽制品生产工艺	338
三、乳源性生物活性肽在食品中的应用	339
第三节 其他功能型乳制品	340
一、免疫乳	340
二、免疫乳制品的生产	341
思考题	344
第十四章 乳品工厂设备的清洗消毒	345
第一节 清洗与消毒	345
一、清洗消毒的含义与目的	345
二、设备与管路的清洗	346
三、设备与管路的消毒	350
第二节 CIP 系统	355
一、CIP 系统组成	355
二、CIP 系统的典型清洗程序	356
三、CIP 系统	358
思考题	360
主要参考文献	361

绪 论

一、乳品与人类

（一）世界乳品发展

根据考古学家推测，早在 12 000 年前，人类就开始驯服哺乳动物作为家畜，并把乳汁作为重要食物来源。牛乳作为古代游牧民族的重要食物，常装在羊皮口袋里随身携带。天气炎热，羊皮口袋里牛乳发酵变酸，这就是酸乳的起源。由于古代缺乏有效的交通工具，人们生活资料自给自足，剩余的牛乳要保存起来供全年食用，这就为干酪的制作创造了条件，也使牛乳以多样的形式长期渗透到人们的生活中去。

1864 年，法国微生物学家 Louis pasteur 发明了至今仍被广泛使用的巴氏杀菌法，这种方法不仅可杀死牛乳的有害细菌，大大减少了因喝生牛乳而染结核病的患者数量，又在最大限度上保持了牛乳的营养素及自然风味，延长了牛乳的保质期。1879 年，离心机的发明实现了奶油的工业化分离。随后，现代化的超滤、反渗透等膜技术用于乳的浓缩、分离，ISO9000、HACCP 等质量监控体系用于乳品工业安全生产，以及新型灌装设备和包装材料的应用使乳制品以更安全的品质、更多样的形式运输到千家万户，为人们的生活提供营养保障，乳制品成为人们日常生活不可缺少的伴侣。

（二）中国乳品发展

我国饲养乳畜、食用乳和乳制品的历史悠久，马可·波罗在他的游记中有对元代蒙古骑兵食用马乳食品的记述，匈奴人对马奶进行巧妙的干燥处理，做成了方便携带的粉末状乳粉作为军需物质。到了明代，对乳品的认识有了新的飞跃，李时珍所著《本草纲目》中对各种乳的特效和医疗效果有详细阐述。在古代中国，虽然乳制品对北方游牧民族来说早已是日常食品，但对我国传统农业地区的人们来说，由于乳糖的消化不良比例较高，还谈不上是大众化食品。我国乳业在国家鼓励支持下，呈高速发展态势。通过调节产业结构，投产大批新项目，北方优秀乳源的乳制品得以运到更远的地方，获得广阔的市场。我国乳业规模化迅速发展，也为国家解决农村和西部两个重点地区以及少年儿童、妇女、老年人三个重点人群的食物与营养问题提供主要动力。从 1995 年到 2005 年，中国牛乳产量增长了 10 倍，2008 年达 3781.5 万 t，仅次于印度和美国，成为世界第三大产乳国。

（三）乳的营养及重要性

乳，作为哺乳动物包括人类在内的生命初期的唯一食物，其营养价值毋庸置疑。它是自然界中唯一含有机体所需所有营养素的一种食物。2007 年版中国居民平衡膳食宝塔中也将乳及乳制品的每日推荐摄入量由 1997 年版膳食宝塔推荐摄入量 100g 增加为 300g。

牛乳中蛋白质含量为 3% 左右, 是人乳中蛋白质含量的两倍多。乳中酪蛋白、乳白蛋白作为完全蛋白质, 所含必需氨基酸种类齐全、数量充足、比例适当, 容易被人体消化吸收。500g 牛乳就可满足全部氨基酸的每日推荐量。牛乳中含丰富脂类, 据不完全测定含有 500 种不同的脂肪酸及其衍生物。其本身胆固醇含量就较低, 所含不饱和脂肪酸也可降低人体胆固醇, 防治动脉硬化。短链水溶性脂肪酸不需合成甘油酯, 而直接被小肠壁吸收, 成为快速能量来源。乳糖也不仅是供能物质, 在乳糖酶作用分解出半乳糖, 半乳糖能促进脑苷脂类和黏多糖类的生成, 因而对婴幼儿的智力发育非常重要, 并且它可促进钙等矿物质的吸收。此外, 牛乳中含有几乎所有种类脂溶性维生素 A、维生素 E、维生素 D、维生素 K 及维生素 C 和 B 族水溶性维生素。所含矿物质有磷、钙、铁、锌、铜、锰、铝, 其中钙的含量尤为突出, 牛乳常作为强化钙的营养食品。酸乳和干酪作为发酵产品, 乳糖的水解, 避免了成人“乳糖不耐症”的发生, 且由于蛋白质水解为肽和氨基酸, 更利于人体的吸收利用。用于发酵的乳酸菌及其代谢产物有利于维持人体肠道内正常菌群的平衡和稳定, 抑制肠道有害菌的产生, 促进消化功能, 防止腹泻与便秘, 提高人体抵抗力。

二、我国乳品工业发展现状

(一) 乳产量逐年增大

总体上, 我国乳品生产总量逐年增大趋势, 由图 1 可看出, 2008 年, 全国原料乳产量 $37.82 \times 10^6 \text{t}$, 是 1980 年的 27.7 倍, 年均增长率为 12.6%, 其中牛乳产量占 95%。

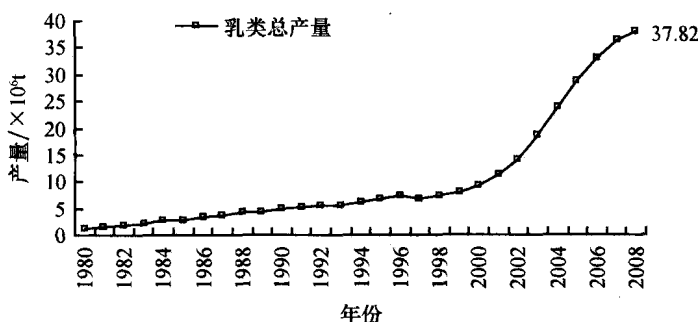


图 1 乳类总产量变化

资料来源:《中国统计年鉴 2009》

(二) 产业国际地位逐渐提高

2008 年, 中国乳总产量已连续 3 年居世界第 3 位 (见表 1)。

表 1 2008 年中国与世界乳品生产比较

项 目	中国/ $\times 10^5 \text{t}$	世界/ $\times 10^5 \text{t}$	所占比例/%	排 名
乳总产量	3 781.5	63 684.9	5.9	3

资料来源:《中国统计年鉴 2009》; FAOSTAT。

(三) 人均占有乳量显著提高

2008年,世界人均原料乳占有量达95.4kg,中国为28.5kg,如图2所示(此处以人均占有量代替人均消费量,因历年《中国统计年鉴》中两者差异较大)。

2008年我国人均年消费量虽然已经上升到28.5kg,但仍处于很低的水平,与世界人均占有95.4kg、发达国家人均占有320kg的水平相差很大。不但低于欧美发达国家,而且远远低于亚洲的一些国家和地区,如印度60kg、中国台湾71kg。但是通过我国乳业十年的努力,与2000年人均7.3kg相比,人均年消费乳量已经显著提高。北京、上海、广州等大城市液态乳的消费增长达20%~30%。但我国农村乳制品消费水平低,人均不足6kg。

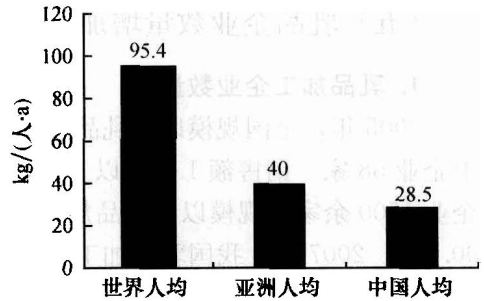


图2 乳类人均年消费量

资料来源:《中国统计年鉴2009》;FAOSTAT

(四) 乳制品种类与结构不断优化

目前,我国乳制品共分7大类,200多种。2006年,乳粉类总量、液态乳类总量的结构分别见图3、图4,其中,液态乳类总量中巴氏杀菌乳占43.0%,超高温瞬时灭菌乳(UHT乳)占35.4%,酸乳占14.6%。2008年,液态乳类和乳粉类总量占乳制品80%以上,其结构约为50:50(按折算成原料乳计)。液态乳类中巴氏杀菌乳约占33.0%,UHT乳占45.4%,酸乳约占18.6%,其他乳占3.0%。总体上,适应市场需求的具长保质期的UHT乳和具保健价值的发酵酸乳发展较快。

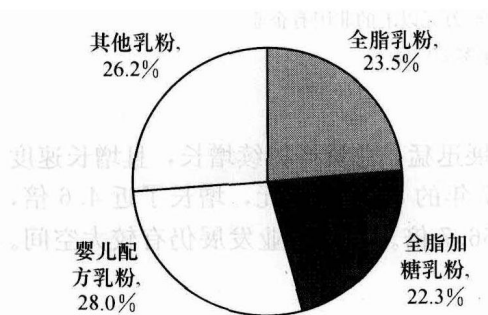


图3 2006年乳粉类总量的组成结构

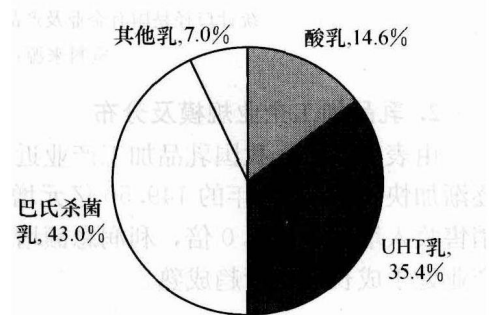


图4 2006年液态乳类总量的组成结构

产品存在的问题:

(1) 我国乳制品结构不合理,品种相对单一。液态乳品中常温长保质期UHT乳比例大,而巴氏杀菌乳、发酵乳比例小;乳粉类制品中优质奶粉及高端配方奶粉比例偏小,见图3、图4;功能性乳制品(如功能性酸乳、益生菌酸乳、益生菌乳粉)、干酪、乳油、炼乳等制品少,乳中生物活性物质开发薄弱,高新技术在乳品加工中的应用还有待于进一步普及。