 “十一五”高等学校通用教材（食品类）

乳与乳制品工艺学

Ru Yu Ruzhipin Gongyixue

顾瑞霞 主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”高等学校通用教材（食品类）

Ru Yu Ruzhipin Gongyixue

乳与乳制品工艺学

顾瑞霞 主编



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳与乳制品工艺学/顾瑞霞主编. —北京: 中国计量出版社, 2006. 8

“十一五”高等学校通用教材 (食品类)

ISBN 7-5026-2484-8

I. 乳… II. 顾… III. ①鲜乳—食品加工—工艺学②乳制品—食品加工—工艺学
IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 083313 号

内 容 提 要

本书共十六章, 其中第一章到第四章为乳品工艺基础知识部分, 分别介绍了乳的生产、乳的性质、原料乳、乳制品生产常用的加工处理方法; 第五章到第十四章分别就液态乳制品、浓缩乳产品、干燥乳产品、发酵乳及乳酸菌饮料、干酪、冰淇淋和雪糕、初乳产品、乳脂肪产品、乳蛋白产品、乳糖产品的加工工艺及质量控制进行了介绍; 第十五章介绍了乳品设备的清洗杀菌及乳品厂的废水处理; 第十六章介绍了乳品生产的安全质量管理。

本书在编写过程中考虑到教学的要求, 因此在保证知识面系统、完整的同时, 力求做到科学性与实用性、先进性与针对性的统一; 在着重于基本概念、基本方法介绍的同时, 配以大量图表, 直观而生动。

本书除可作为高等院校食品科学、食品工程、发酵工程、食品安全等专业教材外, 还可作为食品科学类专业成人教育、专科类专业教材。此外, 对乳品科技工作者亦有重要的参考价值。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)
电 话 (010) 64275360
网 址 <http://www.zgjl.com.cn>
发 行 新华书店北京发行所
印 刷 北京市迪鑫印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 24.25
字 数 582 千字
版 次 2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000
定 价 40.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换
版权所有 侵权必究

教材编委会

主任 陈宗道 刘国普

副主任 刘宝兰 汪志君 陆兆新 徐幸莲

委员 (按姓氏笔画排序)

邓少平 邓尚贵 王承明 王金华

艾志录 田呈瑞 李冬生 李建科

李保忠 肖作兵 吴 坤 励建荣

周才琼 周玉林 郑永华 孟岳成

段玉峰 姜发堂 胡秋辉 姚晓玲

徐 焱 高向阳 顾瑞霞 黄 文

屠 康 曾凡坤 韩永斌 董明盛

彭增起 蒋子箭 阚健全

策 划 刘宝兰 李保忠

— 本 书 编 委 会 —

主 编 顾瑞霞
(扬州大学)

副主编 孟岳成
(浙江工商大学)

张丽萍
(黑龙江八一农垦大学)

许小曦
(东北农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

王杏龙 (扬州大学)

甘伯中 (甘肃农业大学)

许小曦 (东北农业大学)

牟光庆 (大连轻工业学院)

刘爱萍 (蒙牛乳业)

汪家琦 (新希望乳业事业部)

张丽萍 (黑龙江八一农垦大学)

张建友 (浙江工业大学)

孟岳成 (浙江工商大学)

顾瑞霞 (扬州大学)

编写说明

近年来,随着食品科技的迅速发展和食品新产品的不断推出,人们不仅对各类食品的安全使用问题日益重视,而且对与食品安全相关的各类知识也进一步投入精力进行关注。另一方面,为了保障与人们生命和生活息息相关的各类食品的使用安全,政府的相关部门也投入很大力度进行食品生产各环节的监管。经过各食品相关主管部门的不懈努力,我国已基本形成并明确了卫生与农业主管部门抓原材料监管、质监部门抓各类食品生产环节的监管、工商部门从事食品成品监管的制度完善的食品监管体系。

目前,食品质量问题已成为全社会关注的焦点。为了适应当前的经济发展,从根本上解决与食品质量相关的各类实际问题,我们需要从最基础的专业教育抓起。这就对我国食品类高校的教育工作提出了更高的要求。

当前,食品行业的快速发展和结构性调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更加具体的要求。因此,为了进一步提高食品专业教材的编写水平,以适应市场对素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才的需求,由中国计量出版社牵头组织了西南大学(原西南农业大学)、南京农业大学、华中农业大学、扬州大学、河南农业大学、陕西师范大学、湖北工业大学等 59 所高校参与的食品质量与安全以及食品科学与工程专业高校教材编写与出版工作。此次的教材编写与出版工作旨在为各食品类相关院校在教材建设方面的信息交流搭建一个平台,以促进各院校之间在教学内容方面相互取长补短,从而使该套教材的参编与使用院校的课程设置更趋合理化,最终培养出更加适应当前社会经济发展的应用型人才。为了达到这一要求,我们严把教材写作质量关,想方设法使参编教师的丰富教学实践能很好地融入教学理论体系之中,从而推出教师好教、学生好用的优秀教材。为此,我们特别邀请了西南大学、南京农业大学、华中农业大学、中国农业大学以及解放军第三军医大学等多所知名高校及科研

机构的专家从事相关教材的审稿工作,从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广并且与国际接轨的好教材提供了必要的保障,以此来满足食品专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内食品安全体系建设的迫切需要。

本次教材的编写尤其注重了理论体系的前沿性,不仅将食品科技发展的新理论合理融入教材中,而且使读者通过教材的学习可以深入把握国际食品科技发展的全貌,这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的推出必将会推动我国食品类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展,从而对国家新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2006年7月

前 言

• FOREWORD •

近年来，乳业已成为我国食品工业中发展最快、成长性最好的产业之一。高等学校作为科学技术人才培养的主要阵地，有关专业学生全面学习和了解乳品科学与技术，可以更好地为乳业输送科研、生产和管理人才，从而进一步促进我国乳品工业的健康和快速发展。

本书作为高等学校教材，在侧重全面介绍各乳品科学与技术知识点的同时，强调理论与应用并重。考虑到乳品科学技术日新月异，乳品加工技术和装备也在不断发展，因此本教材及时引入国内外最新科学技术成果，以适应时代和科学技术的进步。

本书由王杏龙编写第一章；牟光庆编写第二章；许小曦编写第六章、第七章和第十六章；孟岳成和张建友编写第八章和第九章；张丽萍编写第十一章、第十二章和第十三章；甘伯中编写第十四章和第十五章；刘爱萍参编第三章和第十二章；汪家琦参编第四章和第十三章；顾瑞霞编写绪论、第三章、第四章、第五章和第十章。全部书稿由顾瑞霞统筹完成。在书稿编写过程中，卞海榕、蔡敬敬、朱小红、张宜凤、许小刚、吕春、赵永、王惠晶等进行

了文字处理工作，在此一并表示感谢。

由于编写时间较为仓促，加之乳品加工工艺和技术的不断发展与更新、各编写人员写作风格差异等诸多因素，书中难免会有错误及疏漏之处，恳请读者批评指正，以便再版时及时修订。

编者

2006年7月

目 录

• CONTENTS •

绪 论	(1)
第一章 乳的生产	(5)
第一节 乳用家畜种类及其生产性能	(5)
第二节 乳的生成	(15)
第三节 农场牛乳的生产	(23)
思考题与习题	(27)
第二章 乳的性质	(28)
第一节 乳的定义及组成	(28)
第二节 乳成分的分散特性	(29)
第三节 乳成分的化学性质及其加工特性	(31)
第四节 乳的物理化学特性	(51)
第五节 牛乳的营养价值及功能特性	(57)
思考题与习题	(68)
第三章 原料乳	(69)
第一节 异常乳	(69)
第二节 乳中微生物	(72)
第三节 牛乳贮藏过程中的变化	(80)
第四节 原料乳的质量要求及检验	(83)
第五节 原料乳的验收与预处理	(87)
思考题与习题	(91)
第四章 乳制品生产常用的加工处理方法	(92)
第一节 热处理	(92)

第二节	乳的离心	(104)
第三节	均质	(108)
第四节	真空浓缩及干燥	(110)
第五节	冷却和冷冻	(117)
第六节	牛乳的真空脱气	(119)
第七节	包装	(121)
	思考题与习题	(127)
第五章	液态乳产品	(128)
第一节	液态乳的概念、种类及一般加工工艺	(128)
第二节	巴氏杀菌乳	(129)
第三节	ESL 牛乳	(136)
第四节	超高温灭菌乳	(139)
第五节	保持式灭菌乳的生产	(144)
第六节	再制乳的加工	(146)
第七节	调味乳及含乳饮料	(151)
	思考题与习题	(155)
第六章	浓缩乳产品	(156)
第一节	浓缩乳产品的分类及标准	(156)
第二节	甜炼乳	(156)
第三节	淡炼乳	(168)
	思考题与习题	(173)
第七章	干燥乳产品	(174)
第一节	乳粉的分类及质量标准	(174)
第二节	乳粉的一般生产工艺	(176)
第三节	速溶乳粉的生产	(186)
第四节	配方乳粉的生产	(187)
第五节	降糖乳粉的生产	(190)
	思考题与习题	(191)
第八章	发酵乳及乳酸菌饮料	(192)
第一节	概述	(192)
第二节	发酵剂制备	(195)
第三节	酸乳	(201)
第四节	乳酸菌饮料	(210)
第五节	其他发酵乳	(213)
第六节	乳酸菌制剂	(217)

思考题与习题	(218)
第九章 干酪	(219)
第一节 概述	(219)
第二节 天然干酪的加工工艺	(224)
第三节 几种主要干酪的加工工艺	(232)
思考题与习题	(240)
第十章 冰淇淋和雪糕	(241)
第一节 冰淇淋的生产	(241)
第二节 雪糕的生产	(250)
思考题与习题	(252)
第十一章 初乳产品	(253)
第一节 牛初乳成分及生物学功能	(253)
第二节 牛初乳理化性质	(257)
第三节 液态初乳加工	(259)
第四节 干燥初乳制品加工	(261)
思考题与习题	(267)
第十二章 乳脂肪产品	(268)
第一节 稀奶油	(268)
第二节 稀奶油产品	(272)
第三节 奶油的种类及性质	(277)
第四节 奶油加工	(278)
第五节 无水奶油及新鲜涂抹奶油	(289)
第六节 再制奶油的生产	(295)
思考题与习题	(296)
第十三章 乳蛋白产品	(297)
第一节 乳蛋白制品种类	(297)
第二节 乳活性肽及 CPP 生产	(298)
第三节 干酪素加工	(301)
第四节 酪蛋白酸盐加工	(305)
第五节 乳清浓缩蛋白	(307)
第六节 其他乳蛋白产品生产	(308)
第七节 乳清蛋白制品的功能特性和应用	(312)
思考题与习题	(316)

第十四章 乳糖产品	(317)
第一节 乳糖生产	(317)
第二节 乳清粉的加工	(324)
思考题与习题	(330)
第十五章 乳品设备的清洗杀菌及乳品厂废水处理	(331)
第一节 乳品生产设备的清洗	(331)
第二节 就地清洗 (CIP)	(338)
第三节 乳品设备的杀菌	(345)
第四节 乳品厂废水处理	(353)
思考题与习题	(359)
第十六章 乳品生产的安全质量管理	(360)
第一节 乳制品生产过程中的风险	(360)
第二节 食品安全体系的起源及国内外的应用状况	(365)
思考题与习题	(373)
主要参考文献	(375)

绪 论

乳是哺乳动物产犊以后，由乳腺分泌的产物，是一种十分复杂的生物学液体。乳的高度营养价值、对人和动物免疫保护与生长调节中的独特功能，以及各种成分之间的合适比例，使之成为新生哺乳动物极其重要的活性营养源。

乳作为一种重要的食物资源，千万年来伴随着人类的进化与发展，发挥着重大的作用。可以说，乳是自然界赋予人类最完美的食品。目前在自然界中还没有哪一种天然食物，有乳的营养如此全面和均衡。牛乳提供了人类营养所有已知的必需氨基酸、脂肪酸、矿物质、维生素和其他物质；提供了必须的生长素；提供了人体所需的免疫活性物质。

乳与人类自身的历史一样悠久，乳的饮用历史无明确记载，早在公元前 6000~8000 年，古人就已懂得驯化动物，并获得乳汁。人类利用乳的最早记录发现于幼革拉底附近的寺院中，距今已有 5000 多年的历史。

一些重大事件推动了近代乳品工业的发展。中世纪欧洲的传教士发明了如何制作干酪；13 世纪在成吉思汗的军队中已有干燥乳作为军粮；1835 年英国人获得了炼乳的加工专利；1856 年法国科学家路易斯·巴斯德发明了巴氏杀菌法；1922 年 Danone 公司开创了欧洲酸奶的工业化生产；1948 年人类发明了超高温灭菌技术，使得可以生产长货架期的液态乳制品。

一、世界乳品工业概况

从世界范围来看，地处世界奶牛带（北纬 43° ~ 53° ）的爱尔兰、荷兰、丹麦、加拿大、美国北部地区奶牛数与人口几乎相等，甚至比例达到 2:1~3:1，奶牛业相当发达，良种繁殖、饲养管理和牛奶单产量均较高。发达国家乳产量占世界总产量的一半以上，从增长速度来看，发展中国家发展较快。历年来，主要乳产区在欧洲，进入 20 世纪 90 年代开始向美洲、亚洲、大洋洲转移，增长最快的是阿根廷、新西兰、澳大利亚和印度等。

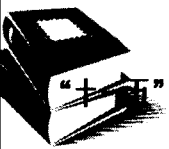
1. 奶牛数量

全世界奶牛头数基本保持平稳状态，2004 年全世界奶牛头数排名前 10 位的国家分别是（万头）：印度，8232；巴西，1520；中国，1108；俄罗斯，1100；美国，901；墨西哥，680；德国，425；乌克兰，406；法国，395；阿根廷，390。这些国家的奶牛数之和几乎占全世界奶牛总数的 50%。

发达国家的牛奶生产已由过去的依靠牛群规模发展到逐渐减少奶牛头数，不断提高单产水平，同时注重环境保护；发展中国家则在扩大奶牛群的同时，依靠科技进步，努力提高个体奶牛产量，并逐渐向环保型、节约型饲养发展。

2. 乳产量

20 世纪 70 年代以来，乳品工业的发展趋势稳步上升，到 1979 年世界奶产量已位居农产品产量的首位，该年度乳类总产量为 4.152 75 亿吨，其余依次为小麦（3.857 36 亿



吨), 大米(3.764 84 亿吨), 玉米(3.629 7 亿吨)。2004 年世界奶产量达到 6.12 亿吨。

20 世纪 80 年代中期以来, 发达国家奶类总量基本呈稳定状态, 而同期发展中国家奶业发展速度较快, 其中亚洲国家的发展尤为迅速, 奶产量逐年增加。2004 年奶类总产量前 10 位的国家分别是(万吨): 印度, 8570; 美国, 7748; 俄罗斯, 3199; 德国, 2825; 法国, 2433; 巴西, 2331; 中国, 2260; 英国, 1423; 乌克兰, 1374; 波兰, 1181。

从奶类总产量的结构看, 2005 年牛奶总产量约为 5.27 亿吨, 占奶类总产量的 84.12%; 水牛奶 0.775 亿吨, 占 12.4%; 山羊奶 0.123 亿吨, 占 1.96%; 绵羊奶 0.082 亿吨, 占 1.31%, 其他奶 0.013 亿吨, 占 0.21%。2005 年全球乳产量约为 6.25 亿吨, 比 2004 年增长 0.12 亿吨, 同 10 年前(1995 年)相比增长 0.85 亿吨。

3. 乳制品产量及结构

目前, 发达国家乳产品品种多达 2000 多种, 其中干酪 500 种。2001 年全世界乳制品产量(不包括液态乳)为 2975 万吨, 液态乳产量一直维持在 1.25 亿吨。在目前的 2975 万吨乳制品中, 奶油产量为 410 万吨, 占乳制品产量的 13.8%; 干酪产量为 1490 万吨, 占 50.1%; 脱脂奶粉产量为 290 万吨, 占 9.7%; 全脂奶粉和半脱脂奶粉产量为 300 万吨, 占 10.1%; 甜炼乳产量为 200 万吨, 占 6.7%; 乳清粉产量为 200 万吨, 占 6.7%; 干酪素和酪蛋白酸盐产量为 25 万吨, 占 0.8%; 乳糖产量估计为 60 万吨, 占 2.0%。在液态乳产品中, 主要以生产巴氏杀菌乳奶为主, 以及各种风味的功能性液态乳、果汁乳、蔬菜乳等。

4. 乳的消费量

世界牛奶和奶制品的消费量稳中有升。奶业发展呈现了发达国家发展平稳、发展中国家发展迅速、亚洲国家增长较快的势头。

2002 年, 世界人均奶类占有量为 97.6 kg, 其中发达国家为 268 kg, 大洋洲的新西兰和澳大利亚居发达国家前位, 分别为 3180 kg 和 584 kg, 其次是北美洲为 312 kg, 欧洲为 248 kg; 发展中国家平均为 50.9 kg, 亚洲为 25 kg; 同年, 中国人均占有量为 10.9 kg, 仅相当于世界人均水平的 1/9, 发展中国家人均的 1/5。

二、我国乳品工业概况

我国乳与乳制品饮用历史相当悠久, 两千多年前就有“奶酒”的生产记载, 后魏贾思勰的《齐民要术》中已有乳酪、马酪等的制造方法。13 世纪意大利人马可波罗在他的中国游记中也叙述了我国元代军队中以干燥乳制品作为军粮的记载。至今仍然有许多传统乳制品, 如云南的乳饼、乳扇, 内蒙古的奶皮子、奶豆腐、奶酒, 醃糊(奶油)等。在封建社会由于长期封建统治, 我国的乳品工业基本未得到什么发展。解放前我国的民族资本家也兴建了一些乳品厂, 但由于外国大公司的倾销, 基本未得到发展。

1. 我国乳品工业发展历史回顾

我国乳品工业的发展大致经过以下几个发展阶段。

(1) 初创期(1949~1978)

1949 年前我国谈不上乳品业。解放后, 用奶牛改良黄牛的工作有较大的发展, 使农区、草原地区奶牛业有了一定的发展。开始有少量巴氏杀菌乳生产, 同时乳粉工业也开始起步。在此期间, 奶牛饲养头数由 12 万头增至 48 万头, 鲜乳总量由 20 万吨增至 88.3 万吨, 乳制品产量由 0.06 万吨(1952 年)增至 4.65 万吨。

(2) 快速增长期 (1979~1992)

在此期间, 奶牛饲养头数由 1978 年末的 48 万头, 增至 313.9 万头; 奶类总产量达到 563.9 万吨。

(3) 调整期 (1993~1997)

在此期间, 奶牛饲养头数由 1993 年的 342.1 万头, 增至 442 万头; 牛乳总产量由 562.5 万吨仅增加到 681 万吨。其中在 1993 年、1997 年出现奶牛头数和牛乳总产量两次下滑。

(4) 产业整合期 (1998~2005 年)

在此期间, 奶牛饲养头数由 1998 年的 427 万头, 增至 2004 年的 1108 万头; 牛乳总产量由 745 万吨增加到 2004 年的 2368.4 万吨。

经过几年的调整, 在消费增长的拉动下, 我国乳品业逐步进入快速发展的轨道。其特征是乳品业向一体化、集团化发展, 产业化进程加速。在竞争中, 一批中、小型企业开始分化, 加盟大的乳业集团。同时资本和机会型企业也不断产生和发展, 从而加速了整合过程。激烈的竞争促进了我国乳品业的发展和技术的进步。

2. 近年来我国乳品工业出现的几个特点

(1) 国家对奶业的重视程度提高

近年来, 政府部门和国家领导人对乳品工业的关注程度加大, 支持力度加强, 为奶业发展注入新的活力, 促进了乳品工业发展。

(2) 持续价格战中高速增长

乳品工业激烈的价格战从 2003 年开始在全国范围内爆发, 加之国家实行宏观经济调控, 乳业竞争环境开始变得愈加恶劣, 行业平均毛利率严重下滑, 品牌集中度大幅提高。

(3) 大量资金投向乳业

由于乳业市场巨大, 前景广阔, 从而使得许多资本涌向乳业。

(4) 乳业成为多方关注的焦点

近年来, 不仅政府关注, 老百姓、投资者关注, 而且媒体也特别关注, 乳业已成为多方关注的焦点。

3. 我国乳品工业科技发展趋势

我国乳品工业发展已经进入一个新阶段, 从整体情况来看: 加强奶牛的饲养管理、奶牛的疫病防治、加强原料乳质量控制和管理; 不断加强新产品的研究与开发、提高产品和生产的技术含量、改善生产设备, 提高乳品安全控制、检测技术水平, 加强标准化及质量管理体系建设等, 是我国乳业得到持续、稳定、健康发展的重要保证。

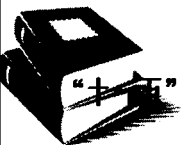
(1) 加强奶牛饲养管理, 强化原料乳品质控制

只有好的原料乳才能生产出优质的乳产品, 这已经成为所有乳品从业人员的共识。因此近年来无论国家还是加工企业都十分重视优质原料乳的建设。从行业来看, 也应该尽快修订原料乳质量标准。

(2) 乳品新产品的研究与开发

乳品新产品的研究与开发, 一直是乳品企业最为关心的。由于我国乳品工业起步晚, 发展快, 许多方面都在影响和制约着乳品新产品的开发。开发新型乳制品必须以安全、天然、营养、风味、保健为目标, 全面提高其质量要求。

(3) 乳制品质量控制与安全



我国乳制品安全问题也十分突出,已经直接影响了我国乳品工业的可持续发展,乳制品安全问题甚至已经成为关系到国计民生的十分紧迫的任务。“毒奶粉”、“抗生素残留牛奶”等事件的出现,这些问题可以通过行加强行政部门的执法力度和提高人们的安全意识等来消除,而从技术层面来看,主要表现在如下几个方面:①乳品化学危害和微生物危害控制;②乳品安全检测与控制技术;③乳品原料、生产、产品的风险评估;④乳品安全控制体系的建立和完善。

(4) 乳品加工设备的研制和新技术应用与集成

乳制品深加工的发展离不开加工机械装备的支撑,乳制品深加工企业的现代化水平很大程度上依赖于乳品加工机械设备的发展与应用。先进的乳品加工机械设备可以大幅度提高劳动利用率,降低工耗与成本,更好地保证产品的质量,同时也能提高企业新产品新技术开发的动力,增强国际国内市场的竞争力。

三、乳品科学与技术的概念与特点

乳品科学与技术是以家畜乳为研究对象,研究其物理、化学、营养、微生物学特性以及各种乳制品加工工艺的一门学科。主要包括乳畜品种,乳的组成及物理、化学、营养、微生物学特性,加工处理对乳及乳制品品质、特性的影响,各种乳制品加工工艺等。

乳与乳制品工艺学不仅具有实践性,同时也有很强的理论性,因此在学习过程中,应该将理论学习和实验、生产实践进行有机结合。由于科学技术的日新月异,乳品科学与技术也会不断发展,因此在学习过程中,要密切注视最新乳品科学技术的发展动态。同时由于乳品科学技术涉及的学科广泛,包括微生物学、营养学、食品化学、食品工程原理、生物化学、食品分析等,因此只有在广泛学习上述科学技术的基础上,才能学好本门课程。