

现代食品深加工技术丛书

乳品生产新技术

主 编 杨贞耐



科学出版社

现代食品深加工技术丛书

乳品生产新技术

主 编 杨贞耐



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书的编写参考了国内外最新的乳品生产技术发展动态,重点结合我国的乳品加工技术状况,系统地介绍了液态乳、发酵乳、干酪、乳基粉类产品、冰淇淋和特种乳等产品,以及乳制品包装和质量安全在线检测等领域的前沿加工技术和理论知识。

本书旨在为相关院校、科研单位、企业中生产与科技人员的教学、研发与技术培训提供教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

乳品生产新技术/杨贞耐主编. —北京:科学出版社, 2015.7

(现代食品深加工技术丛书)

ISBN 978-7-03-044838-5

I. ①乳… II. ①杨… III. ①乳制品—食品加工 IV. ①TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 124430 号

责任编辑:贾超宁倩/责任校对:张小霞

责任印制:张倩/封面设计:东方人华

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>

三河市骏志印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年7月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015年7月第一次印刷 印张:23

字数:450 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“现代食品深加工技术丛书”

编写委员会

主 编 孙宝国

副主编 金征宇

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

毕金峰	曹雁平	程云辉	段长青	哈益明
霍贵成	江连洲	孔保华	林 洪	林亲录
刘新旗	陆启玉	马美湖	木泰华	单 杨
王 静	王 强	王 硕	王凤忠	魏益民
谢明勇	徐 岩	杨贞耐	叶兴乾	张 泓
张 敏	张 慇	张 偲	张春晖	张德权
张丽萍	张名位	赵谋明	周光宏	周素梅

秘 书 贾 超

联系方式

电话:010-6400 1695

邮箱:jiachao@mail. sciencep. com

本书编委会

主 编 杨贞耐 北京工商大学

编 委 （以姓氏汉语拼音为序）

李 妍 北京工商大学

王 辑 北京工商大学

王世杰 石家庄君乐宝乳业有限公司

张 健 北京工商大学

张 明 北京工商大学

郑 喆 北京工商大学

丛 书 序

食品加工是指直接以农、林、牧、渔业产品为原料进行的谷物磨制、食用油提取、制糖、屠宰及肉类加工、水产品加工、蔬菜加工、水果加工和坚果加工等。食品深加工其实就是食品原料进一步加工,改变了食材的初始状态,例如,把肉做成罐头等。现在我国有机农业尚处于初级阶段,产品单调、初级产品多,而在发达国家,80%都是加工产品和精深加工产品。所以,这也是未来一个很好的发展方向。随着人民生活水平的提高、科学技术的不断进步,功能性的深加工食品将成为我国居民消费的热点,其需求量大、市场前景广阔。

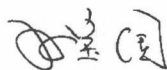
改革开放 30 多年来,我国食品产业总产值以年均 10% 以上的递增速度持续快速发展,已经成为国民经济中十分重要的独立产业体系,成为集农业、制造业、现代物流服务业于一体的增长最快、最具活力的国民经济支柱产业,成为我国国民经济发展极具潜力的新的经济增长点。2012 年,我国规模以上食品工业企业 33 692 家,占同期全部工业企业的 10.1%,食品工业总产值达到 8.96 万亿元,同比增长 21.7%,占工业总产值的 9.8%。预计 2015 年食品工业总产值将突破 12.3 万亿元。随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,食品产业在保持持续上扬势头的同时,仍将有很大的发展潜力。

民以食为天。食品产业是关系到国民营养与健康的民生产业。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,人民对食品工业提出了更高的要求,食品加工的范围和深度不断扩展,其所利用的科学技术也越来越先进。现代食品已朝着方便、营养、健康、美味、实惠的方向发展,传统食品现代化、普通食品功能化是食品工业发展的大趋势。新型食品产业又是高技术产业。近些年,具有高技术、高附加值特点的食品精深加工发展尤为迅猛。国内食品加工起步晚、中小企业多、技术相对落后,导致产品在市场上的竞争力弱,特组织了国内外食品加工领域的专家、教授,编著了“现代食品深加工技术丛书”。

本套丛书由多部专著组成,不仅包括传统的肉品深加工、稻谷深加工、水产品深加工、禽蛋深加工、乳品深加工、水果深加工、蔬菜深加工,还包含了新型食材及其副产品的深加工、功能性成分的分离提取,以及现代食品综合加工利用新技术等。

各部专著的作者由国内工作在食品加工、研究第一线的专家担任。所有作者都根据市场的需求,详细论述食品工程中最前沿的相关技术与理念。不求面面俱到,但求精深、透彻,将国际上前沿、先进的理论与技术实践呈现给读者,同时还附有便于读者进一步查阅信息的参考文献。每一部对于大学、科研机构的学生或研究者来说都是重要的参考。希望能拓宽食品加工领域科研人员和企业技术人员的思路,推进食品技术创新和产品质量提升,提高我国食品的市场竞争力。

中国工程院院士



2014年3月

前 言

乳含有丰富的蛋白质、脂肪、糖类、维生素、矿物质和免疫活性因子等营养成分，是人体成长不可或缺的食物。但乳中丰富的营养使其易于滋生腐败和病原微生物，导致营养流失和变质，不利于长期保藏和消费。乳品加工的基本目的是在最大化保留乳营养成分的同时，抑制和消除有害微生物对乳品品质的破坏，并在此基础上，通过改变乳的理化特性，创造出丰富的乳制品口感和风味。这是乳制品成为日常消费食品的重要前提。近年来，随着现代人生活质量的提高，人们对乳制品质量、风味、口感和功能等都提出了更高的要求，大量的新技术、新材料和新工艺被开发和应用于乳制品加工以满足消费者需求。

本书从原料乳的处理、不同种类乳制品的加工以及乳品包装和保藏等入手，在介绍乳品加工常用技术的基础上，详述了近年国内外出现的乳品加工新技术。第1章，介绍了我国乳品生产和消费的现状及存在的主要问题，并从加工技术角度探讨了解决当前问题的办法和思路，描述了我国未来乳品生产新技术的应用和发展趋势。第2章，从液态乳产品的种类细分，现有加工技术、液态乳的冷杀菌、近年新出现的液态乳产品等方面对液态乳加工做了详细介绍。第3章介绍了酸奶，乳酸菌饮料、醇性发酵乳和酪乳等发酵乳制品的加工工艺，并对近年在发酵乳中应用和研究较多的益生菌和乳酸菌胞外多糖的发酵乳加工特性和功能等做了详细介绍。第4章介绍了干酪的主要种类和功能性干酪新产品，并以加工流程为主线，介绍了原料乳的处理、发酵剂、凝乳酶、干酪促熟、干酪风味及品质控制和乳清利用等加工新技术。第5章介绍了乳基粉类产品的种类，详述了蒸发浓缩、膜分离和干酪等主要的乳基粉类产品的加工原理和生产工艺，介绍了速溶乳粉和婴幼儿配方乳粉，以及芝士粉、酸奶粉、水解乳蛋白粉和咖啡伴侣粉等新产品的生产技术，并介绍了相应产品的质量控制技术。第6章介绍了低温乳制品冰淇淋的种类和生产工艺，详述了主要原辅料如蛋白、脂肪、甜味剂、抗氧化剂、脂肪替代

物等的功能和对冰淇淋产品特性的影响机制,同时,还介绍了冰淇淋新产品如益生菌冰淇淋、果蔬冰淇淋和低热量冰淇淋的生产技术。第7章介绍了以羊乳为代表的特种乳加工技术,结合我国现有乳畜种类,介绍了牦牛乳、水牛乳制品如奶茶、酥油和奶酪等产品的加工技术,对特种乳在功能性乳制品领域应用的新技术做了详细阐释。另外,本书还在第8章和第9章分别介绍了各种乳制品的包装材料和包装技术,以及在线监测技术在乳制品加工和质量控制领域的应用。

本书的编写得到了国家自然科学基金项目(编号:31371804)、国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303085)的资助。本书着眼于在为读者提供乳品加工新技术知识的基础上,提供可操作的知识和技能,力求科学系统地反映乳制品加工的最新发展趋势。由于作者的学识和水平有限,书中难免存在疏漏,敬请读者批评指正,以便我们在今后的编写工作中改正。

编 者

2015年6月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 乳品生产与消费	1
1.1.1 我国乳品生产现状	1
1.1.2 我国乳品生产存在的主要问题	9
1.1.3 我国乳制品消费现状	12
1.2 乳品生产技术现状及发展趋势	14
1.2.1 我国乳品生产技术现状及存在的问题	15
1.2.2 乳品生产新技术的应用及发展趋势	19
参考文献	24
第 2 章 液态乳	25
2.1 液态乳的种类及加工工艺	25
2.1.1 液态乳的种类	25
2.1.2 液态乳产品加工工艺	26
2.2 原料乳杀菌新技术	43
2.3 新型液态乳产品加工技术	50
2.3.1 液态乳加工新技术	50
2.3.2 新型液态乳产品	57
参考文献	62
第 3 章 发酵乳生产技术	65
3.1 发酵乳的种类及加工工艺	65
3.1.1 发酵乳的定义及分类	65
3.1.2 酸奶加工工艺	68
3.1.3 乳酸菌饮料加工工艺	71
3.1.4 醇性发酵乳制品	72
3.1.5 发酵酪乳	75
3.2 益生菌及其应用	76
3.2.1 益生菌及其种类	76
3.2.2 益生菌的健康效应机制	79
3.2.3 益生菌应用及其评估策略	80
3.3 产胞外多糖乳酸菌及其应用	87

3.3.1 乳酸菌 EPS	88
3.3.2 乳酸菌 EPS 的生成及其影响因素	90
3.3.3 乳酸菌 EPS 的应用	92
3.4 新型发酵乳加工技术	97
3.4.1 新型发酵乳制品	97
3.4.2 发酵乳制品加工新技术	101
参考文献	106
第4章 干酪生产技术	108
4.1 干酪的种类及加工工艺	108
4.1.1 干酪的定义	108
4.1.2 干酪的发展史	109
4.1.3 干酪分类	110
4.1.4 干酪加工工艺	112
4.2 凝乳酶及其应用	118
4.2.1 凝乳酶的分类	118
4.2.2 凝乳酶凝乳机理与活力测定	120
4.2.3 影响凝乳酶活性的因素	122
4.2.4 凝乳酶的选择标准及其使用方法	124
4.2.5 凝乳酶对干酪品质的影响	125
4.2.6 凝乳酶在其他方面的应用	127
4.3 干酪促成熟技术	127
4.3.1 干酪促成熟定义	127
4.3.2 干酪促成熟方法	128
4.3.3 干酪促成熟技术发展趋势	134
4.4 干酪的风味及品质控制技术	135
4.4.1 干酪的风味	135
4.4.2 影响干酪质量的因素及控制技术	142
4.5 干酪加工新技术	145
4.5.1 原料乳预处理技术	145
4.5.2 乳清综合利用技术	147
4.5.3 功能性干酪加工技术	148
参考文献	149
第5章 乳基粉类产品的生产技术	152
5.1 乳基粉类产品的种类	152

5.1.1 乳基粉类产品的定义	152
5.1.2 乳基粉产品的分类	152
5.2 蒸发、膜处理及喷雾干燥技术	154
5.2.1 蒸发浓缩	154
5.2.2 膜分离技术	161
5.2.3 干燥技术	171
5.3 乳基粉加工	181
5.3.1 乳粉加工的目的和要求	181
5.3.2 乳粉加工	181
5.3.3 速溶化乳粉	184
5.3.4 婴儿配方乳粉	188
5.3.5 其他类型乳粉	196
5.4 乳粉质量安全控制技术	200
5.4.1 微生物质量	200
5.4.2 理化特性	203
5.4.3 乳粉的变质	213
5.5 新型乳基粉产品加工	215
5.5.1 芝士粉(干酪粉)	215
5.5.2 酸奶粉	216
5.5.3 水解乳蛋白粉	216
5.5.4 咖啡伴侣粉	217
参考文献	219
第6章 冰淇淋生产技术	221
6.1 冰淇淋的种类及加工工艺	221
6.1.1 冰淇淋的定义及分类	221
6.1.2 冰淇淋生产中的主要原辅料	224
6.1.3 冰淇淋的加工工艺	232
6.2 功能性配料及其应用	241
6.2.1 功能性甜味剂	242
6.2.2 抗氧化成分	246
6.2.3 乳清蛋白	252
6.3 新型冰淇淋的加工技术	255
6.3.1 益生菌冰淇淋加工技术	255
6.3.2 果蔬冰淇淋	256

6.3.3 低脂低糖冰淇淋	261
参考文献	262
第7章 其他乳品及乳成分分离产品生产技术	263
7.1 羊乳及羊乳加工	263
7.1.1 山羊乳	264
7.1.2 绵羊乳	265
7.2 水牛乳	267
7.2.1 液态水牛乳	268
7.2.2 高脂乳制品	269
7.2.3 水牛炼乳与乳粉	270
7.2.4 水牛乳干酪	271
7.3 牦牛乳	273
7.3.1 奶茶	273
7.3.2 牦牛乳干酪	274
7.3.3 酥油	274
7.3.4 其他牦牛乳产品	275
7.4 乳成分的分离及产品加工技术	275
7.4.1 乳蛋白分离技术	276
7.4.2 乳中生物活性成分的提取	278
7.4.3 基于乳成分分离技术的主要产品及工艺	286
参考文献	290
第8章 乳制品的包装	294
8.1 乳制品包装的目的及组成	294
8.1.1 乳制品包装的目的	294
8.1.2 乳制品包装的组成	295
8.2 乳制品包装材料及包装制品	296
8.2.1 纸类包装材料及包装制品	296
8.2.2 塑料包装材料及包装制品	300
8.3 乳制品包装机械与设备	311
8.3.1 灌装机械的基本类型与特点	311
8.3.2 无菌包装机	312
8.4 各类常见乳制品的包装	320
8.4.1 鲜奶的包装	320
8.4.2 酸奶的包装	322

8.4.3 乳粉的包装	323
8.4.4 奶油的包装	324
8.4.5 液态乳饮料的包装	325
8.4.6 炼乳的包装	325
8.4.7 冰淇淋的包装	326
参考文献	326
第9章 乳品质量安全在线检测技术	327
9.1 在线检测技术及其在乳品生产中的应用	328
9.1.1 在线检测技术概述	328
9.1.2 物理参数的在线检测	331
9.1.3 产品成分的检测	331
9.1.4 在线微生物检测	334
9.1.5 热处理效力的检测	335
9.1.6 污垢和清洗情况的检测	336
9.2 不同种类乳品的在线检测技术	338
9.2.1 液体乳的在线检测技术	338
9.2.2 发酵乳的在线检测技术	340
9.2.3 乳粉的在线检测技术	342
9.2.4 干酪的在线检测技术	345
参考文献	348

第 1 章 概 论

1.1 乳品生产与消费

1.1.1 我国乳品生产现状

乳业是现代农业的重要组成部分。牛奶产量和牛奶人均占有量被视为一个国家经济发达程度与综合国力的重要标志之一。世界卫生组织把人均乳制品消费量作为衡量一个国家人民生活水平的重要标志。当今世界各国都普遍重视乳业的发展。发达国家乳业产值一般会占到畜牧业总产值的 1/3 左右, 显而易见, 乳业已成为发达国家农业的主导产业。发展中国家, 特别是亚洲国家近年来也高度重视乳业发展。我国乳业已发展成为增长最为强劲的食品工业之一, 属于朝阳产业, 具有巨大的潜在发展空间。近年来我国奶牛饲养业、乳品工业发展迅速, 在奶源基地建设、产品产量、结构调整、包装水平、技术装备水平、消费市场、进出口贸易等方面都有了明显改善。然而, 在我国乳业高速发展的背后也潜藏着风险, 主要存在奶牛良种覆盖率低、优质原料奶不足、奶牛单产水平低、奶牛养殖规模小和模式落后、乳制品品种结构单一、检测技术落后、产品质量问题严重、乳制品加工规模小、关键设备性能及配套技术落后、企业重复建设现象严重、企业加工能力利用率低等问题。

1. 奶牛存栏和牛奶总产量稳定增加

近年来, 我国乳业逐渐进入了稳步增长阶段。从 2005~2013 年的奶牛存栏量数据分析得出 (表 1.1), 2005 年我国奶牛的存栏量为 1216 万头, 2012 年的存栏量达到 1494 万头, 同比增长 22.9%。与此同时, 牛奶产量也处于稳定的增长态势, 2005 年牛奶总产量为 2753 万 t, 经过 3 年的增长, 到 2008 年由于受到三聚氰胺事件的影响, 2009 年小幅下降了 0.98%, 为 3521 万 t, 随后于 2010 年又恢复稳定增长, 到 2012 年牛奶产量为 3744 万 t。2013 年是我国奶牛养殖业结构调整的关键一年, 受散户退出和牛肉价格上涨的影响, 我国奶牛存栏量和牛奶产量均出现不同程度的下降, 全国牛奶产量 3531 万 t, 较 2012 年下降 213 万 t, 下降 5.7%, 奶牛存栏量下降 10% 左右, 是 2003~2013 年我国牛奶产量和奶牛数量的最大降幅。

表 1.1 2005~2013 年我国奶牛存栏和牛奶产量

年份	奶牛存栏 (万头)	牛奶产量 (万 t)
2005	1216.1	2753.4
2006	1068.9	3193.4
2007	1218.9	3525.2
2008	1233.5	3555.8
2009	1260.3	3520.9
2010	1420.1	3575.6
2011	1440.2	3657.8
2012	1493.9	3743.6
2013	—	3531.1

资料来源:《中国奶业年鉴》, 2013。

2. 乳制品结构发生巨大变化

近年来,我国乳制品产量增长的同时,乳制品结构也发生了巨大变化,首先表现为液体乳比重增长和固体乳比重下降。根据国家统计局数据分析(表 1.2),2000~2012 年,我国液体乳产量保持稳定增长。2012 年液体乳产量达到 2146.57 万 t,是 2000 年产量的 17 倍,液体乳占乳制品产量的比重由 2000 年的 60%上升至 2012 年的 84%。2000~2007 年,我国固体乳产量同样保持稳定增长趋势。但到 2008 年,由于国内乳制品消费量及出口量的减少,我国固体乳产量有所下降,由 2007 年的 346.42 万 t 降低至 285.33 万 t,随后又恢复到增长趋势。2012 年我国固体乳产量达到 398.62 万 t,约为 2000 年产量的 5 倍,然而固体乳占乳制品产量的比重则由 2000 年的 40%下降至 2012 年的 16%。

表 1.2 2000~2012 年我国乳制品产量

年份	乳制品产量 (万 t)	液体乳		固体乳	
		产量 (万 t)	比重 (%)	产量 (万 t)	比重 (%)
2000	207.49	124.57	60	82.92	40
2001	295.41	189.98	74	105.43	26
2002	447.04	353.70	79	93.34	21
2003	723.49	582.90	81	140.59	19
2004	949.19	806.73	85	142.46	15
2005	1310.42	1145.80	87	164.62	13
2006	1459.58	1244.04	88	215.54	12
2007	1787.44	1441.02	81	346.42	19
2008	1810.56	1525.23	84	285.33	16

续表

年份	乳制品产量 (万 t)	液体乳		固体乳	
		产量 (万 t)	比重 (%)	产量 (万 t)	比重 (%)
2009	1935.12	1641.65	85	293.47	15
2010	2159.60	1845.80	85	313.80	15
2011	2387.50	2060.80	86	326.70	14
2012	2545.19	2146.57	84	398.62	16

资料来源:《中国奶业年鉴》, 2013。

液体乳生产逐步扩大到原料乳产量大的北方地区。1997 年以后北方开始生产灭菌乳, 液体乳快速发展主要得益于超高温灭菌乳的发展, 使得北方低成本的牛乳通过采用超高温灭菌和无菌灌装技术, 保质期可长达 6 个月, 能够长途运输到南方市场, 以及没有冷链条件的农村市场。2000 年液体乳中灭菌乳、杀菌乳、酸乳所占的比重分别是 25.0%、55.0%和 20.0%, 到 2006 年此比重变成 69.6%、13.4%、16.9%。灭菌乳在液体乳中已占有举足轻重的地位, 灭菌乳的快速发展加快了中国乳制品结构调整的步伐, 为推动中国乳业的发展, 扩大液体乳消费区域做出了贡献。

《中国奶业统计资料 2011》中的相关数据表明, 2010 年乳制品消费中, 液态奶约占 67.21%, 酸奶约占 15.14%。而干酪等产品在国外都属大宗产品, 在国内基本没有生产, 尤其是深加工、高科技和高附加值的产品更少, 不能满足市场需求。国内乳制品消费仍以液态奶为主。在我国液体乳制品中, 益生菌发酵乳以其良好的风味及特有的健康功能, 成为增长最快的品种, 同时因发酵乳的高附加值而使企业获得较好的经济效益。此外, 随着人们收入的提升和城镇化的推进, 我国人均酸奶消费量增加较快。统计局数据显示, 2012 年城镇居民人均酸奶消费量是 2001 年的 2.5 倍。酸奶更符合年轻消费群体的喜好, 是乳制品中潜力较大的细分市场。2012 年我国酸奶消费额同比增长 15%以上。

在我国固体乳制品中, 乳粉是最主要的产品, 占到了固体乳制品产量的 70%左右, 产值约占乳制品工业总产值的三分之一。近 20 年来, 中国乳粉结构发生了较大变化, 婴幼儿乳粉、全脂乳粉、中老年乳粉已占到了乳粉的绝大部分。2009 年全国规模以上企业乳粉产量 111.7 万 t。其中, 全脂乳粉约占 23.8%; 加糖乳粉约占 6.1%; 脱脂乳粉约占 2.6%; 婴幼儿乳粉约占 50.8%; 中老年乳粉约占 6.4%; 其他乳粉约占 10.4%。从乳粉构成来看, 婴幼儿配方乳粉占乳粉类产品的一半。婴幼儿乳粉也是我国乳制品进口的主要品种, 2009 年进口乳粉类产品 30.94 万 t, 货值 11.86 亿美元, 其中婴幼儿乳粉 6.24 万 t, 货值 6.05 亿美元, 分别占乳粉类产品进口总量和货值的 20.2%和 51.0%。另外, 中国干酪、炼乳和奶油产量都不