

全国高等农业院校教材



乳与乳制品工艺学

第二版

食品加工专业用

骆承庠 主编

中国农业出版社



全国高等农业院校教材

乳与乳制品工艺学

第二版

骆承庠 主编

食品加工专业用



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳与乳制品工艺学/骆承庠主编. - 北京: 中国农业出版社, 1999.11

全国高等农业院校教材·食品加工专业用

ISBN 7-109-06149-3

I. 乳… II. 骆… III. ①鲜乳-食品加工-高等学校-教材②乳制品-食品加工-高等学校-教材 IV. TS252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 64557 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑: 刘振生

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1992 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 2 版

2001 年 2 月第 2 版 北京第 2 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18

字数: 409 千字 印数: 2 001~6 000 册

定价: 21.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第二版编写说明

《乳与乳制品工艺学》是全国高等农业院校教材指导委员会规定编写的全国通用教材，供高等农业院校食品工程专业和畜产品贮藏与加工专业教学用，也可作为科研、生产部门科技人员的参考。自1992年第一版4次印刷以来，应用效果尚好，曾获农业部优秀教材二等奖。鉴于近年来国际间知识经济及科技创新的不断发展，我国乳品科技事业和学科也相应呈动态性变化，加之高校教学改革的深化要求，显然第一版的某些章节内容已不适应形势发展的需要。为此，对本书在保持原书的系统性、完整性的基础上，进行修订、增补和改写。改动较大的章节有绪论，第一、二、三、四、六、七、十一和十三章，其他章节变动较小。

本书改编后，力求内容充实，反映现代乳品科技、生产的最新理论、新工艺、新成就和新进展，以体现教材的系统性、科学性、适用性和先进性，便于理论联系实际，学以致用。

《乳与乳制品工艺学》为食品加工专业主要专业课。修订后内容字数比原来略有增加，其内涵外延有一定弹性。因此在使用时，可根据教学计划规定和具体情况灵活运用，有所取舍。

参加本书修订编写的人员多为我国首批本学科博士，他们在教学、科研和生产中查阅了大量国内外最新资料及专题研究成就，对教材进行了认真修订，触及学科前沿，反映了现代水平。

本书由内蒙古轻工研究所金世琳、东北农业大学赵梦瑞、刘希良审稿，东北农业大学食品学院畜产品加工研究所有关同事给予关心和支持。在此一并表示衷心感谢。

由于水平所限，时间仓促，不当之处，在所难免，敬希读者批评指正。

主编 骆承庠 1999年10月

第二版编写者

- 主 编 骆承庠 (东北农业大学)
- 参 编 (以姓名笔画为序)
- 朱 宏 (上海乳品培训中心)
- 吕加平 (东北农业大学)
- 陈有亮 (浙江大学农学院)
- 陈历俊 (北京三元乳品公司)
- 张和平 (内蒙古农业大学)
- 汪家琦 (华中农业大学)
- 郭本恒 (上海乳品培训中心)
- 顾瑞霞 (扬州大学农学院)
- 审稿人 金世琳 (内蒙古轻工乳品科学研究所)
- 赵梦瑞 (东北农业大学)
- 刘希良 (东北农业大学)

第一版编写说明

本书根据全国高等农业院校教材指导委员会有关规定和《乳与乳制品工艺学》编写大纲内容,由东北农学院编写,供农业高等院校农畜产品储藏与加工专业教学使用,也可供食品工程和食品工艺专业使用,并可供有关科技人员参考。

乳品工艺学课程,在食品专业的教学计划中暂定教学时数为108学时,其中实验实习课(实验指导另编)约30学时,课堂教学78学时。考虑到学生毕业后可作参考书使用,故本书部分内容略为多一点,教师可在教学中根据学时数和实际情况进行取舍,部分内容可供学生阅读和自学用。

本书按国务院1984年2月27日颁布的《关于我国统一实行法定计量单位的命令》规定,采用《中华人民共和国法定计量单位》,同时根据我国实际情况和乳品生产部门的传统习惯,采用了少量非国际单位。

由于目前有些名词翻译不统一,为了使学生容易辩解,部分专业名词和微生物名称后面附注原文,以供参考。

本书由东北农学院骆承庠同志主编,黑龙江省乳品培训中心高魁元同志和张保锋同志提供了部分资料。

本书由内蒙古轻工业研究所教授级高级工程师金世琳名誉所长和东北农学院赵梦瑞教授主审,并邀请黑龙江省乳品培训中心高魁元高级工程师参加部分章节的审稿工作。经农业部教材指导委员会农业工程学科组讨论通过指定为农业院校基本教材。

本书在编写过程中得到农业工程学科组的指导和关怀,东北农学院食品科学系领导和同事的热情支持,特此表示感谢。

由于编者水平所限,加之编写时间比较匆忙,错误和不妥之处敬希读者批评指正。

第一版编写者

主 编 骆承庠 (东北农学院)
审 稿 人 金世琳 (内蒙古轻工乳品科学研究所)
赵梦瑞 (东北农学院)
高魁元 (黑龙江省乳品培训中心)

目 录

第二版编写说明	
第一版编写说明	
绪论	1
第一章 乳的概念及乳的形成	8
第一节 乳的概念	8
一、常乳	9
二、异常乳	9
第二节 乳的形成	12
一、乳成分的原始化合物	12
二、乳中各种成分的形成	13
三、乳中的生物活性肽	16
第二章 乳的化学成分	19
第一节 乳中各成分的分散状态	19
一、呈乳浊液与悬浮液状态分散在乳中的物质	19
二、呈乳浊态与悬浮态分散在乳中的物质	20
三、呈分子或离子状态(溶质)分散在乳中的物质	20
第二节 牛乳中各种成分的含量	20
一、一些国家牛乳的基本组成	20
二、不同品种牛乳组成的差异	21
三、正常牛乳的主要成分及含量	21
四、牛乳加工处理后的名称	22
第三节 牛乳成分的化学性质	23
一、水分	23
二、干物质	25
三、乳中的气体	26
四、乳脂肪	26
五、磷脂类及甾醇	34

2 目 录

六、碳水化合物	35
七、乳蛋白质	38
八、乳中的酶	53
九、乳中的维生素	56
十、乳中的无机物和盐类	61
十一、其他农畜乳的化学组成和特性	65
第四节 影响牛乳成分含量的因素	66
一、品种对牛乳成分含量的影响	66
二、地区对牛乳成分含量的影响	67
三、泌乳期对牛乳成分含量的影响	67
四、乳牛年龄对牛乳成分含量的影响	68
五、饲料对牛乳成分含量的影响	68
六、挤奶对牛乳成分含量的影响	69
七、季节对牛乳成分含量的影响	70
八、乳牛健康状况对牛乳成分含量的影响	70
九、气温对牛乳成分含量的影响	71
十、乳牛饥、渴、运动对牛乳成分含量的影响	71
第三章 乳的物理性质和加工处理对乳性质的影响	72
第一节 乳的物理性质	72
一、牛乳的色泽	72
二、乳的滋味与气味	72
三、乳的氢离子浓度和酸度	74
四、相对密度和比重	76
五、黏度	77
六、表面张力	78
七、牛乳的比热	79
八、乳的冰点和沸点	79
九、电导	80
十、折射率	80
第二节 加工处理对乳理化性质的影响	81
一、加热对牛乳理化性质的影响	81
二、冷冻对牛乳理化性质的影响	82
第四章 乳中的微生物	85
第一节 乳中微生物的种类及来源	85
一、乳中主要微生物的种类及其性质	85
二、乳中微生物的来源	96
第二节 鲜乳中微生物的性状	97
一、刚挤出的鲜乳中微生物性状	97
二、混合乳的微生物性状	97
三、乳房炎乳的微生物性状	98
四、鲜乳保存期间微生物的变化	98

第三节 微生物在乳品工业中的应用	99
一、微生物在乳品中的发酵类型及其应用	99
二、微生物的蛋白质水解与脂肪水解特性及其应用	101
三、微生物酶及其应用	102
四、微生物抑菌物质的产生及其应用	103
五、微生物的微生态作用及其应用	103
第四节 微生物引起的乳品变质	104
第五章 鲜乳的处理	106
第一节 鲜乳的质量标准和初步加工	106
一、鲜乳的验收	106
二、乳的过滤及净化	107
三、乳的冷却、贮存及运输	108
第二节 取乳卫生	112
一、乳牛的健康和卫生对原料乳的影响	112
二、挤奶员健康对原料乳的影响	112
三、牛舍内的尘埃、昆虫的防除	112
四、牛体的清洁对原料乳的影响	112
五、乳房卫生对原料乳的影响	113
六、挤奶用具对原料乳的影响	113
第三节 鲜乳处理设备的清洗与消毒	114
一、清洗消毒的目的	114
二、清洗剂的选择	114
三、清洗消毒方法	115
第六章 保鲜乳的加工	117
第一节 消毒鲜乳	118
一、消毒鲜乳的概念及种类	118
二、消毒乳的加工工艺	118
第二节 灭菌奶	125
一、灭菌奶的概念和种类	125
二、UHT 灭菌乳的加工工艺	126
第三节 再制奶和风味奶的加工	130
一、再制奶的加工	130
二、风味奶的加工	135
第七章 酸乳制品及乳酸菌制剂	138
第一节 概述	138
一、酸乳制品的历史	138
二、酸乳制品的种类及标准	139
三、酸乳制品对人体健康的作用	140
第二节 菌种及发酵剂的制备	143
一、发酵剂的种类及菌种构成	144

二、发酵剂的制备	147
三、发酵剂的质量要求及鉴定	149
第三节 酸乳制品的生产工艺	150
一、酸奶生产技术	150
二、牛奶酒和马奶酒生产技术	157
三、特殊酸奶	158
第四节 发酵型酸乳饮料	159
一、工艺流程	160
二、加工方法	160
第五节 乳酸菌制剂	161
一、工艺流程	163
二、生产工艺简介	163
三、乳酸菌素的质量标准	163
第八章 炼乳的加工	164
第一节 甜炼乳的加工	164
一、甜炼乳的生产工艺	164
二、加糖炼乳的缺陷及防止方法	179
第二节 淡炼乳的生产	181
一、淡炼乳的生产工艺	181
二、淡炼乳的缺陷及防止办法	184
第九章 乳粉的生产	186
第一节 概述	186
一、乳粉的概念	186
二、乳粉的种类和组成	186
三、乳粉的生产方法	187
第二节 乳粉的生产工艺	188
一、工艺流程	188
二、生产操作方法	188
第三节 速溶奶粉	205
一、速溶奶粉的生产方法及工艺特点	205
二、速溶奶粉的生产工艺过程简介	205
三、压力喷雾大颗粒速溶奶粉	207
第四节 配制奶粉的生产	210
一、配制奶粉性状	210
二、配制奶粉生产中主要成分的调整方法	211
三、配制奶粉的生产工艺	212
第十章 奶油生产	215
第一节 乳的分离	215
一、乳的分离方法及原理	215
二、离心分离机的类型及构造	217

三、使用分离机时经常出现的故障及调整方法	222
四、影响乳分离的因素	223
五、使用分离机的操作要点	224
第二节 奶油生产工艺	225
一、奶油的种类及性质	225
二、奶油的生产工艺过程	227
第十一章 干酪的加工	242
第一节 干酪的概述	242
一、干酪的概念	242
二、干酪的种类	242
三、干酪的营养价值	243
四、干酪的理论产率	244
第二节 天然干酪的一般加工方法	245
一、原料乳	245
二、标准化	247
三、杀菌处理	248
四、添加发酵剂和预酸化	249
五、其他添加成分	250
六、凝乳酶	250
七、切割	252
八、搅拌和加温	252
九、乳清排放	253
十、压榨成型	253
十一、加盐	253
十二、成熟和贮存	254
第三节 融化干酪的加工	254
一、融化干酪的特点	255
二、融化干酪的加工方法	255
三、融化干酪的缺陷及防止方法	256
第十二章 冰淇淋和雪糕的生产	258
第一节 冰淇淋的生产	258
一、冰淇淋生产工艺	258
二、冰淇淋的主要缺陷及产生原因	263
第二节 雪糕的生产	264
一、加工雪糕的主要机械	264
二、雪糕的生产工艺(以罗洛雪糕为例)	266
第十三章 其他乳品简介	268
第一节 干酪素的加工	268
一、干酪素的概念及原料乳的要求	268
二、盐酸干酪素的生产工艺	268
第二节 乳清的加工	269

一、乳糖的生产	269
二、浓缩乳清的生产	271
三、乳清粉的生产	271
第三节 酪乳的利用和加工	272
一、酪乳的概念及组成	272
二、酪乳的利用	272
三、利用酪乳生产乳酸饮料	273
第四节 麦乳精	273
一、生产麦乳精主要原料及配方	273
二、麦乳精生产工艺	274
主要参考资料	276

绪 论

一、乳及乳制品工艺学的概念及内容

乳及乳制品工艺学是主要阐明原料乳和乳制品的性质、生产理论、工艺技术及产品质量变化规律的一门应用技术学科，其内涵包括乳品科学和乳制品加工两部分，外延则涉及乳业生产全过程。

乳是指乳用品种牛（奶牛）产的乳，即通常所说的牛奶，它是国内外研究的主要对象和大宗产品。另外还有其他品种牛的乳、羊乳、驼乳、马乳及鹿乳等，如水牛乳在印度，牦牛乳在我国西藏，山羊乳在东南欧，马乳在高加索，驯鹿乳在拉普兰等地均为地区性生产。本学科主要阐述专用品种乳牛生产的乳及乳制品，其内容有：

1. 乳的概念和乳的形成
2. 乳的成分和理化学性质
3. 乳品微生物
4. 原料乳的获得及初步加工
5. 饮用液体奶的加工
6. 酸乳制品加工
7. 炼乳的加工
8. 奶粉的加工
9. 奶油的加工
10. 干酪的加工
11. 冷饮乳制品的加工
12. 酪乳的加工利用
13. 其他乳制品加工简介

二、乳业在国民经济及生活中的意义

乳业属于食品工业及大农业范畴，它是包括奶畜饲养繁殖、品种改良、乳品生产加工及市场销售在内的系统工程。当前和今后一段时期内我国国民经济发展的战略重点是农

业, 食品工业和农业互为作用, 农业发展为食品工业提供丰富的原料并促其发展, 食品工业发展又带动农业大发展, 形成良性循环。包括乳品加工在内的农畜产品加工跟不上去, 将影响农业大规模的产业化生产。经济发达国家食品工业的产值均高于农业产值的 1 倍多。1996 年我国食品工业产值达 4741.44 亿元, 占工业部门总产值的比重已由第三位跃升为第一位。通过农畜产品加工不但创造更高的产值, 还能充分合理地利用资源, 提高土地利用效率, 成为“无形的农业增产”。我国有 2.67 亿 hm^2 成片的草原、0.67 亿 hm^2 草山及分散的山区和农区的草地, 发展乳业有着广阔的前景。将饲料转化为奶, 是获得蛋白质既经济又优质的最好途径, 试验证明, 奶牛能将饲料中 20% 的能量和 30% 的蛋白质转化到乳中, 1kg 饲料所获得的蛋白质, 鸡肉为 110g, 鱼 90g, 蛋 59g, 猪肉 24g, 而牛奶则为 140g, 远远超过其他动物性食品。1 头年产 6.5t 奶的奶牛, 可产 215kg 蛋白质, 扣除自身消耗, 净产 106kg, 相当于 1360kg 大米、1260kg 玉米、292kg 大豆的蛋白质含量, 按粮豆平均计算, 产这些蛋白质, 需要 0.33 hm^2 耕地。牛奶的生物效价为 85, 消化率为 98%。1kg 牛、羊奶的热能含量等于 8 个鸡蛋, 100g 牛肉。乳向人们提供丰富的优良蛋白质和热能, 各种营养素比较齐全, 配比合理, 最接近于“完善的食品”。食用乳及乳制品可促进我国人民饮食结构的改善, 由温饱型向营养型转化。乳特别是初乳中含有各种生物活性物质, 如 IgG、补体、溶菌酶、超氧化物歧化酶、乳铁蛋白、激素及生长因子等, 具有良好的免疫、保健营养及疗效功能, 可增强人的体质健康。发展乳业对发展国民经济, 提高人民生活水平具有重要意义。

三、我国乳品工业发展概况

乳的加工利用, 在我国有着悠久的历史, 据史料记载, 约在 1 万年前的黄帝时代, 牛、羊被驯化为家畜以后, 曾“取乳以食”。当时并用陶器蒸煮和发酵食物, “……以炙, 以烹, 以为醴酪”, “牧羊酪酪, 以俟伏腊”。汉文帝时(公元前 170 年)已能作“奶子酒”。《汉书》注引:“主乳马以革囊为兜, 受数斗, 呈马乳, 桐取其上肥, 因名为桐马。”桐马即马乳酒。北魏高阳太守贾思勰著《齐民要术》详细记述了“作酪法”, “作干酪法”、“作漉酪法”、“作马酪醇法”及“拌酥法”等, 其工艺过程, 基本与现在相吻合。特别是在 1000 多年前, 温度计尚未发明时, 以人体温作为干酪发酵保温的标准(“卧酪时, 令如人体”), 是难能可贵的。唐朝陈藏器著《本草拾遗》把水牛奶列为滋补疗效食品。宋朝设有“牛羊司乳酪院”专管奶油、奶酪生产。南守淳熙年间(1174 年)已发现乳糖, 比国外早 600 多年。元朝时曾利用干乳制品作军粮, 驼乳糜、紫玉浆(紫羊奶)、玄玉浆(马奶子)及醍醐(奶油)被列为元代“迤北八珍”之一。明朝李时珍著《本草纲目》对牛乳、羊乳、马乳、驼乳及其制品均有记述。清朝及民国年间乳制品多种多样并开始走向专门化生产。在北京就有奶油八件、奶油三台、奶乌突、奶酒、奶干及奶卷等食品。19 世纪初广东、浙江一带, 以水牛挤奶作奶豆腐、奶饼食用。随着历史的发展, 东西方文化交流, 外国资本的输入, 刺激中国民族乳品工业的兴起。最先于 1907 年广东揭西县棉湖镇村民曾广全自养水牛, 办了炼乳厂, 生产飞雁牌炼乳。1920 年尤德本在上海建立自由牧场, 引进美国低温杀菌设备生产消毒鲜奶。1924 年浙江瑞安县李牧师等人建立了康宁炼乳厂, 生产奶油和炼乳。1926 年吴伯亨在温州开设百好炼乳厂。1930 年肖家干在浙江海

宁开办牧场和乳品加工厂，引进全套设备，最先应用真空浓缩生产炼乳和滚筒干燥加工奶粉，为我国乳品工业的起步奠定了基础。以上历史演变，反映我国乳品加工源远流长，不断进步。但作为商业性的奶业不过百余年的历史，底子薄、起点低。由于长期的封建统治，闭关自守，加之帝国主义侵略和掠夺，几经战乱摧残，生产停顿，工厂倒闭，使我国乳品工业处于奄奄一息之境地。

真正乳品工业的兴起，走向近代化生产，是在中华人民共和国成立后，并随着各项经济建设事业的蓬勃发展，50年来取得了长足进步。在奶畜饲养、种畜改良、奶源开发、企业的兴建和改造、机械加工设备、乳及乳制品的产量品种、技术进步及人才培养等方面，均取得显著成效。

(一) 奶畜及原料乳增长情况 我国奶资源丰富，可利用的奶畜除专用品种的奶牛外，还有奶山羊、水牛、黄牛及牦牛。特别是建国后对奶牛进行的品种改良，大量繁殖，数量增长迅速，1949年仅12万头，1997年已达442万头，增长20多倍（表1）。

表 1 1949年以来中国奶畜增长情况（单位：万头）

年 度	奶 牛 及 改良种奶牛	奶山羊	水 牛	黄 牛	其中：牦 牛
1949	12.0	17.0	118.4	2867.2	508
1959	19.0	30.0	1291.3	4306.1	512
1960	26.8	50.0	1545.0	4355.0	755
1978	48.0	150.0	1772.3	4355.1	917
1979	55.7	150.0	1837.7	4296.2	945
1980	64.1	200.0	1852.0	4277.5	974
1981	69.8	210.0	18777.0	4348.3	1035
1982	81.7	226.9	1914.4	4551.2	1060
1983	95.1	243.8	1914.9	4698.4	1100
1984	133.6	244.3	1950.6	4938.6	1190
1985	162.7	233.4	1993.4	5265.9	1260
1986	184.6	233.0	2043.4	5658.4	1280
1987	216.4	300.1	1089.0	5858.9	1300
1988	222.2	321.8	2106.7	6065.9	1400
1989	252.6	325.5	2139.5	7683.1	1400
1990	269.1	315.0	—	—	—
1991	294.6	318.0			
1992	313.9	325.0	2220.0		
1993	342.1	328.0			
1994	384.3				
1995	411.8				
1996	447.0				
1997	442.0				
1998					

由于奶畜逐年增多，原料奶的产量也大幅度增长，牛奶产量1949年为20万t，1993年为498万t（表2）。

表 2 1949—1993 年我国历年原料奶增长情况 (单位: 万 t)

年 度	牛、羊奶产量	其 中:		牛奶制品产量
		牛 奶	山 羊 奶	
1949	21.7	20.0	1.7	0.1 (1952 年)
1959	29.9	27.0	2.9	1.8
1969	56.1	51.0	5.1	2.6
1978	97.0	38.3	8.7	4.7
1979	130.1	106.5	23.6	5.4
1980	136.7	114.1	22.6	6.3
1981	154.8	129.1	25.7	7.9
1982	196.0	161.8	34.1	10.0
1983	221.9	184.5	37.4	11.3
1984	259.6	218.6	41.0	12.3
1985	289.4	249.9	39.5	15.8
1986	332.9	289.9	43.0	21.2
1987	378.8	330.1	48.7	27.2
1988	418.9	366.0	52.9	29.4
1989	435.8	381.3	54.5	28.7
1990	475.1	415.7	59.4	31.2
1991	525.7	464.8	60.9	37.7
1992	563.9	501.0	62.0	41.29
1993	562.5	498.0	65.1	41.74
1994	608.9	528.8		42.45
1995	651.1	566.7		45.13
1996	735.8	629.4		50.41
1997	804.6			

(二) 乳品加工企业 建国后得到迅速恢复和发展, 50 年代初, 改建、扩大了旧有的乳品厂, 同时在上海、黑龙江、内蒙古及广州等地, 新建了一批乳品加工企业, 为现代化乳品生产奠定了基础, 改革开放后, 伴随农业经济改革及市场机制引入, 各省、自治区、直辖市兴建的乳品加工企业如雨后春笋, 蓬勃兴起, 因地制宜, 大中小结合, 日处理鲜奶 100t、数 10t、100t 到 200t。目前, 全国不同规模的乳品加工厂有 1000 多个, 有许多合资企业和企业集团, 使我国乳品工业进入一个前所未有的飞速发展时期。

(三) 乳品加工设备 建国前基本是空白, 从 50 年代初一些轻工机械厂开始生产乳品加工机械, 以后建有专门生产乳品机械的企业。目前, 乳品机械生产厂家有 30 多个, 产品有 24 大类 264 个品种, 如挤奶、运奶、贮奶、收奶设备, 高压均质机, 热交换器, 蒸