

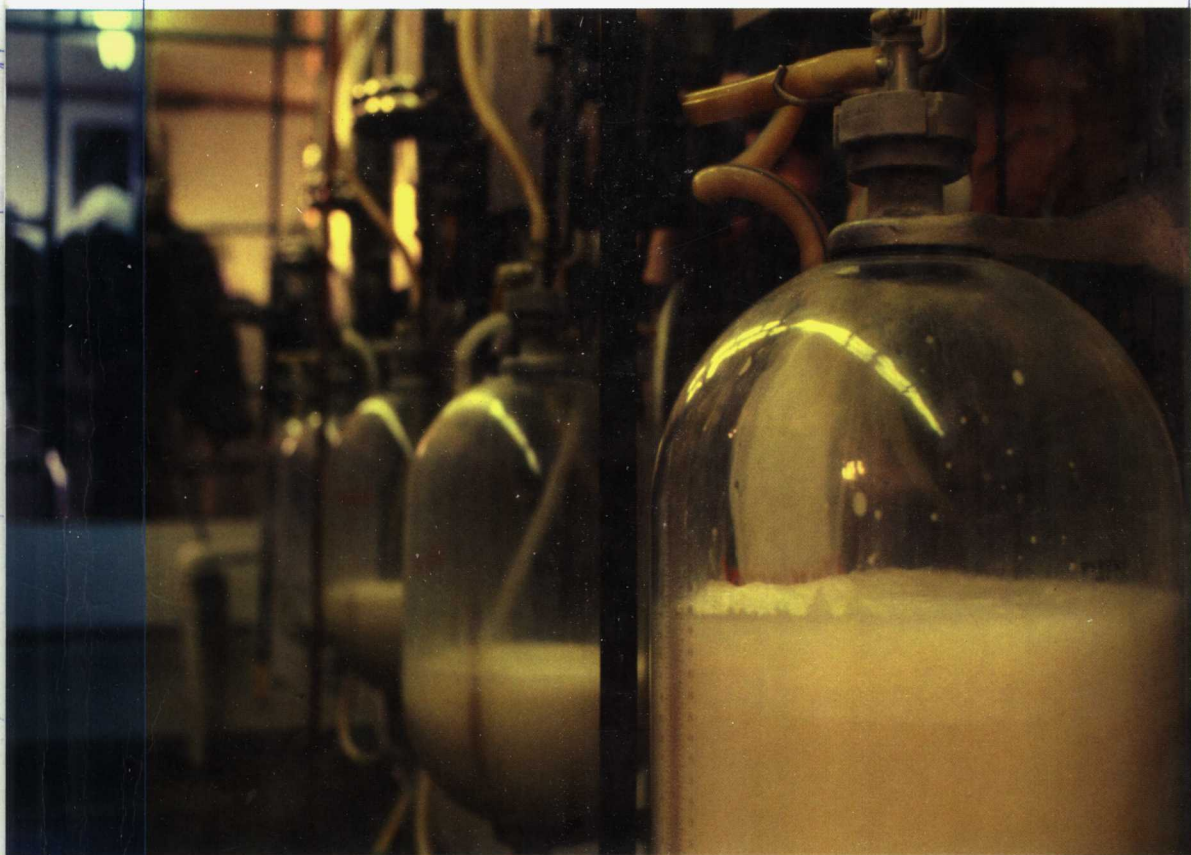


高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专食品类教材系列

乳品生产技术

■ 主编 武建新



科学出版社

www.sciencep.com

中国轻工业出版社 中国轻工业出版社 中国轻工业出版社

中国轻工业出版社 中国轻工业出版社

乳品生产技术

中国轻工业出版社



中国轻工业出版社 中国轻工业出版社

● 高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专食品类教材系列

乳品生产技术

主 编 武建新

副主编 侯建平 雒亚洲
张邦建 罗红霞

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是按照高等职业教育食品类专业规定的职业培养目标编写的。面向乳品企业的第一线生产操作、技术管理、质量检验、品质控制,突出综合职业能力和实践能力的培养,充分突出实用性,能适应现代化乳品企业技能培训的教学要求,同时还反映出在乳品生产中所推广、应用的新知识、新技术、新工艺、新方法、新标准和新动态,其主要内容包括:原料乳的成分及性质,液体乳生产技术,发酵乳生产技术,乳粉生产技术,冰淇淋生产技术等其他乳制品的生产技术。

适用层次:高职高专、职业培训、乳品企业技术管理人员。

适用专业:乳品加工技术、食品营养与检测、食品储运与营销、食品机械与管理、食品生物技术等。

图书在版编目(CIP)数据

乳品生产技术/武建新主编. —北京:科学出版社, 2004. 8

高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专食品类教材系列
ISBN 7-03-013795-7

I. 乳… II. 武… III. 乳制品-生产工艺-高等学校:技术学校-教材
IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064870 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:晓 进

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>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年8月第 一 版 开本:BS(720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张:17 3/4

印数:1—3 500 字数:333 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《高等职业教育人才培养创新教材》 出版工程说明

一、特色与创新

随着高等教育改革的进一步深化,我国高等职业教育事业迅速发展,办学规模不断扩大,办学思路日益明确,办学形式日趋多样化,取得了显著的办学效益和社会效益。

毋庸置疑,目前已经出版的一批高等职业教育教材在主导教学方向、稳定教学秩序、提高教学质量方面起到了很好的作用。但是,有关专家也诚恳地指出目前高等职业教育教材出版中还存在一些问题,主要是:教材建设仍然是以学校的选择为依据、以方便教师授课为标准、以理论知识为主体、以单一纸质材料为教学内容的承载方式,没有从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育观念。

经过细致的调研,科学出版社和中国高等职业技术教育研究会共同启动了“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”。在教材出版过程中,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,策划出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位(群)所需的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

二、精品与奉献

“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”的启动，得到了教育部高等教育司高职高专处领导的认可，吸引了一批职业教育和高等教育领域的权威专家积极参与，共同打造精品教材。其实施的过程可以总结为：教育部门支持、权威专家指导、一流学校参与、学术研究推动。

国内的高等职业教育院校特别是北京联合大学、天津职业大学以及中国高等职业技术教育研究会的其他副会长、常务理事、理事单位等积极参加本教材出版工程，提供了先进的教学经验，在此基础上出版一大批特色教材。

在教材的编写过程中，得到了许多行业部委、行业协会的支持，对教材的推广起到促进作用。

先进的理念、科学的方法、有力的支持，必然导致精品的诞生。“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”主要包括高职高专层次的基础课、公共课教材；各类紧缺专业、热门专业教材；实训教材、引进教材等特色教材；还包含部分应用型本科层次的教材。根据我们的规划，下列教材即将与读者见面：

（一）高职高专基础课、公共课教材

（1）基础课教材系列

（2）公共选修课教材系列

（二）高职高专专业课教材

（1）紧缺专业教材

——软件类专业系列教材

——数控技术专业教材

——汽车类专业教材

.....

（2）热门专业教材

——电子信息类专业教材

——交通运输类专业教材

——财经类专业教材

——旅游类专业教材

——生物技术类专业教材

——食品类专业教材

——精细化工类专业教材

——广告类专业教材

——艺术设计类专业教材

.....

(三) 高职高专特色教材

——高职高专院校实训教材

——国外职业教育优秀教材

.....

(四) 应用型本科教材系列

.....

欢迎广大教师、学生在使用过程中提出宝贵意见，以便我们改进教材出版工作、提高质量。

中国高等职业技术教育研究会

科 学 出 版 社

前 言

为了落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》中提出的“积极推进课程和教材改革,开发和编写反映新知识、新技术、新工艺、新方法,具有职业教育特色的课程和教材”的要求,实施《2003~2007年教育振兴行动计划》,深化高等职业教育教学改革,坚持以就业为导向,以能力为本位,面向市场、面向社会,为经济结构调整和科技进步服务,为就业和再就业服务,为农业服务,推动职业教育与培训全面发展,大力提高教学质量。高职高专食品类专业教材编写委员会决定,编写高职高专食品类专业系列教材,以适应我国食品类专业高等职业技术教育发展的需要。

本书主编武建新,副主编侯建平、雒亚洲、张邦建、罗红霞,编写人员有周春田、杨军飞、高宇萍、姜国龙、赵鑫、徐莹、赵洪双、鲁永强、王文磊、乌雪岩、刘利清、康永平、刘瑞敏、孙来华、王锡香、黄慧芙、寇德运。全书插图由康永平制作。

本书在编写过程中,得到了全国高职高专食品类专业教材编写委员会、全国轻工职业教育食品专业教学指导委员会、中国高等职业技术教育研究会的悉心指导及科学出版社的大力支持和包头轻工职业技术学院、北京农业职业学院、郑州轻工职业学院的大力支持和热情帮助,谨在此表示衷心感谢。

本书的编写得到了内蒙古蒙牛乳业(集团)公司、内蒙古伊利集团公司、瑞典 Tetra Pak(利乐)公司的支持与帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中的错误和不足之处敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 牛乳的成分及性质	1
1.1 牛乳的化学成分	1
1.2 牛乳的物理性质	11
1.3 牛乳中的微生物	18
1.4 异常乳	43
第2章 液态乳生产技术	49
2.1 巴氏杀菌乳生产技术	49
2.2 超高温灭菌乳	59
2.3 超高温灭菌含乳饮料	77
第3章 发酵乳生产技术	89
3.1 酸乳的定义和分类	89
3.2 发酵乳的营养价值	91
3.3 发酵剂制备	93
3.4 酸牛乳的生产	107
3.5 其他发酵乳	121
第4章 炼乳生产技术	127
4.1 甜炼乳生产工艺	127
4.2 淡炼乳生产工艺	133
第5章 乳粉生产技术	140
5.1 乳粉的理化及其功能特性	142
5.2 全脂乳粉的生产技术	149
5.3 脱脂乳粉的生产技术	166
5.4 配方乳粉的生产技术	168
5.5 速溶乳粉	172
5.6 乳粉的质量控制	175
第6章 奶油生产技术	180
6.1 奶油的种类	180
6.2 奶油的质量标准	181
6.3 奶油的生产工艺	182

第7章 干酪素、乳糖与乳清粉生产技术	194
7.1 干酪素	194
7.2 乳糖	203
7.3 乳清粉	213
第8章 冷冻饮品生产技术	220
8.1 冰淇淋生产技术	220
8.2 雪糕生产技术	233
8.3 冰霜生产技术	236
8.4 棒冰生产技术	238
8.5 冷冻饮品的品质控制	240
第9章 干酪生产技术	247
9.1 干酪的种类	247
9.2 干酪的成分和营养价值	248
9.3 干酪的质量标准	249
9.4 干酪中的微生物	249
9.5 对原料及其他原料的质量要求	250
9.6 干酪的一般加工技术	251
9.7 常见干酪的制作工艺	258
参考文献	271

牛乳的成分及性质

1.1 牛乳的化学成分

乳中主要成分是：水、乳脂肪、蛋白质、乳糖和矿物质。乳还含有其他微量成分，例如：酶类、维生素、磷脂、色素及气体。乳中除去水和气体之外的物质称为干物质（DS）或乳的总固形物含量。

乳中包括 87% 的水和 12% 干物质，这些干物质或悬浮或溶解于水中，取决于这些物质在水相中的不同分散系统。在水分中溶解着各种可溶性盐类、乳糖物形成真溶液（以分子或离子形式溶解于水中），同时在水中还分别分散着两个胶体系统。其一是脂肪球，每个脂肪球都由极薄的脂肪球膜包围着，形成了乳状液（一种液体以液滴形式悬浮于另一种液体中），此系统对于机械搅拌作用很敏感（例如利用搅拌制造奶油的生产过程）；另一个是酪蛋白胶束，是由蛋白质分子和不溶性盐（主要是磷酸钙络合物）构成，这个系统对于酶的作用很敏感（例如利用凝乳酶制造干酪的生产过程）。两种胶体系统在正常情况下是稳定的，从而使乳能够形成均匀的胶体溶液（胶体溶液：当物质以从真溶液到悬浊液的中间状态存在时称胶体溶液或胶体悬浊液。胶体的典型特征为：①粒子直径很小；②带电荷；③与水分子之间具有亲和能力）。

除上述乳的内在性成分之外，乳中还至少含有三种外在性成分，这就是尘埃杂质、细菌和白细胞。其含量的多少往往根据奶牛场的卫生管理水平而变动很大。较大的尘埃杂质颗粒可以通过过滤而除去，小的尘埃颗粒及一部分细菌和白细胞可以由离心分离而除去，绝大部分细菌或全部细菌只能由加热处理的办法杀死，以达到杀菌和灭菌的目的。

牛乳是多种成分的混合物，有很大的变动性。其成分不仅受乳牛品种、遗传等因素的影响，而且同一品种的乳牛产的乳也受饲料、饲养条件、季节、泌乳期以及乳牛年龄和健康条件等的影响。牛乳的成分见表 1-1。

表 1-1 牛乳的主要成分

主要成分	范围/%	平均值/%	主要成分	范围/%	平均值/%
水分	85.5~89.5	87.5	乳糖	3.6~5.5	4.6
总乳固体	10.5~14.5	12.5	矿物质	0.6~0.9	0.7
脂肪	2.5~5.5	3.8	非脂乳固体	8.4~9.0	8.7
蛋白质	2.9~4.5	3.4			

1.1.1 乳脂肪

1. 乳脂肪的作用

乳脂肪是乳中的最主要成分之一，它在乳与乳制品中具有以下四个方面的重要作用，即营养价值、风味、物理性质和经济价值。

乳脂肪的营养价值涉及的内容很广，脂肪是一种丰富的能量来源，其发热量高；乳脂肪中含脂溶性维生素，并能帮助人类吸收，含有相当数量的必需脂肪酸，较其他动物性脂肪易于消化。

乳脂肪在乳制品中具有另一个重要作用是风味。乳脂肪的丰润圆熟的风味绝非其他脂肪所能模拟，乳脂肪赋予很多乳制品的那种柔润滑腻而细致的组织状态和风味同样不能为其他脂肪所代替。奶油、稀奶油、冰淇淋等许多乳制品中乳脂肪之所以能与其他廉价代用脂肪竞争的原因也在于此。

乳脂肪的经济价值是众所周知的，乳脂肪比其他乳成分的经济价值高。

2. 乳脂肪的成分

牛乳中除含有称为真脂的脂肪之外，同时还含有很少量的磷脂（约为 0.03%）及微量的游离脂肪酸。这些成分合起来统称为乳脂质。

乳脂肪是各种脂肪酸的甘油三酯的混合物，脂肪酸可分为三类：一是水溶性挥发性脂肪酸，其代表为丁酸、己酸、辛酸和癸酸。二是非水溶性挥发性脂肪酸，其代表为十二烷酸。三是非水溶性不挥发性脂肪酸，其代表为十四烷酸、十六烷酸、十八烷酸、二十烷酸、十八碳烯酸和十八碳二烯酸。

其中第一类的脂肪酸构成的脂肪，风味好而且易于消化吸收。一般在动植物性油脂中，乳脂肪特别是反刍动物的乳脂肪中这种脂肪酸含量高。故乳脂肪是所有食用油脂中风味最佳而易于消化的脂肪。

乳脂肪酸的种类如表 1-2 所示。

表 1-2 乳脂肪酸的种类

脂肪酸	占脂肪酸总量/%	熔点/℃	原子数 H C O	室温下
饱和脂肪酸				
丁酸	3.0~4.5	-7.9	8 4 2	液态
己酸	1.3~2.2	-1.5	12 6 2	液态
辛酸	0.8~2.5	16.5	16 8 2	液态
癸酸	1.8~3.8	31.4	20 10 2	固态
月桂酸	2.0~5.0	43.6	24 12 2	固态
肉豆蔻酸	7.0~11.0	53.8	28 14 2	固态
棕榈酸	25.0~29.0	62.6	32 16 2	固态
硬脂酸	7.0~13.0	69.3	36 18 2	固态
不饱和脂肪酸				
油酸	30~40	14.0	34 18 2	液态
亚油酸	2.0~3.0	-5.0	32 18 2	液态
亚麻酸	<1.0	-5.0	30 18 2	液态
花生四烯酸	<1.0	-49.5	32 20 2	液态

乳脂肪的主要理化常数如表 1-3 所示。

表 1-3 乳脂肪的主要理化常数

项 目	指 标	项 目	指 标
相对密度/d	0.935~0.943	水溶性挥发性脂肪酸值	21~36 (约 27)
熔点/℃	28~38	非水溶性挥发性脂肪酸值	1.3~3.5
凝固点/℃	15~25	酸值	0.4~3.5
折射率	1.459 0~1.462 0	丁酸值	16~24 (约 20)
皂化值	218~235 (约 226)	不皂化物值	0.31~0.42
碘值	21~36 (约 30)		

乳脂肪的理化性质中比较重要的有四项，即溶解性挥发脂肪酸值、皂化值、碘值、非水溶性挥发性脂肪酸值。

碘值：它表示脂肪酸能够结合碘的百分数。碘能够与不饱和脂肪酸的双键结合，由于在不饱和脂肪酸中油酸占比例最大，它在室温下是液态，因此碘值主要是油酸含量的衡量指标，也是脂肪软硬程度的衡量指标。奶油的碘值通常在 24~26，这种变动取决于乳牛的饲料。夏季的青饲料使油酸含量增加，故而夏季

的乳脂肪是软的（碘值高）。

在乳中乳脂肪是以小球或小液滴状分散在乳浆中，其球径从 $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 0.001 \text{mm}$)，平均球径 $3 \sim 4 \mu\text{m}$ ，每毫升牛乳中，有 $15 \sim 30$ 亿个脂肪球。每一个乳脂肪球外包一层薄膜，厚度为 $5 \sim 10 \text{nm}$ ($1 \text{nm} = 10^{-9} \text{m}$)。脂肪球被膜完整包住。膜的构成相当复杂。

乳脂肪组成包括：三酸甘油酯（主要组分）、甘油酸二酯、单酸甘油酯、脂肪酸、固醇、胡萝卜素（脂肪中的黄色物质）、维生素（A、D、E、K）和其余一些痕量物质。

球膜组成包括：磷脂（磷脂含量约 0.03% ，牛乳中磷脂的 60% 都存在于脂肪球膜中）、脂蛋白、脑苷类、蛋白质、核酸、酶（包括黄嘌呤氧化酶、醛缩酶、碱性磷酸酶等）、痕量元素（金属）和结合水。脂肪球膜的作用是可使脂肪球在乳中保持乳浊液的稳定性。

由于乳脂肪球不仅是乳中最大的粒子，而且是最轻的粒子（ 15.5°C 时相对密度为 0.93g/cm^3 ），所以当乳在奶桶中静置一段时间，乳脂肪倾向于浮在乳的表层。

1.1.2 乳蛋白质

乳中含有几百种蛋白质，多数含量较少，蛋白质在牛乳中的含量为 $3.3\% \sim 3.5\%$ 。根据蛋白质的化学或物理性质可分为：酪蛋白、乳清蛋白。

1. 酪蛋白

酪蛋白是将脱脂乳用酸调节其 pH 为 4.6 ，在 20°C 条件下沉淀的蛋白质。酪蛋白是典型的含磷蛋白质，4 种酪蛋白的区别就在于它们含磷量的多寡。不同类型酪蛋白的结构具有相似性，能够自行结合成聚集体，并进一步形成胶束（图 1-1）。酪蛋白在乳中呈现为含钙、磷酸盐的络合物粒子状态。正常乳在分泌时（ 38°C ），所有的酪蛋白成分以分散的胶粒状态存在，胶粒的直径 $20 \sim 600 \text{nm}$ （平均 120nm ），以海绵状结构存在，这有利于蛋白质水解酶进入分子的内部。酪蛋白胶束由亚基（次单元体）组成，如图 1-2 所示，这些亚基（直径 $8 \sim 20 \text{nm}$ ）通过磷酸钙相互连接在一起。亚酪蛋白胶束直径为 $10 \sim 15 \text{nm}$ ，不同的酪蛋白胶束所含有的 α_s -酪蛋白、 β -酪蛋白和 κ -酪蛋白也不是均匀一致的。 α_s -酪蛋白、 β -酪蛋白形成的钙盐几乎不溶于水，而 κ -酪蛋白易溶，由于 κ 酪蛋白主要附着在胶束的表面，其溶解性胜过胶束中另两种酪蛋白的溶解性，使得整个酪蛋白胶束能溶解成胶体。

由于酪蛋白胶束的存在取决于 4 种不同类型酪蛋白与磷酸钙之间的相互作用，故 α_s -酪蛋白、 κ -酪蛋白和 β -酪蛋白这三种蛋白质事实上一般有一个或两

个含有羟基的氨基酸与磷酸发生酯化，磷酸能与钙、镁或其他盐在分子内或分子间发生键合。因此胶束的组成和结构受温度、加工条件和 pH 等因素的影响。

在乳品工业中，很多工艺过程与这种酪蛋白体系的变化有关，特别是受热、盐类、酸、凝乳酶等作用后，对粒子的凝聚具有重要关系，所以对于其组成和性质的研究，在乳品化学中占很重要的地位。

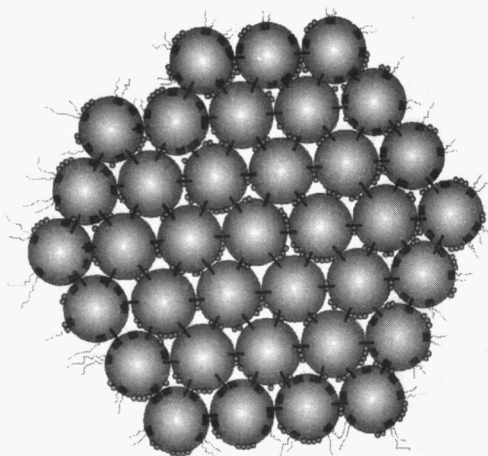


图 1-1 酪蛋白胶束的结构及其稳定性

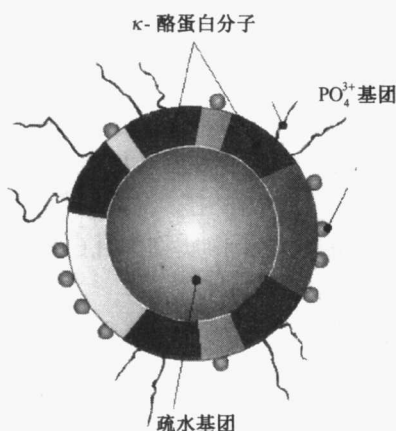


图 1-2 亚酪蛋白胶束的结构图

2. 乳清蛋白

乳清蛋白是干酪、干酪素制造过程中余下的廉价副产品，占乳总蛋白量的

18%~20%，具有营养价值。乳清蛋白中含有对热不稳定的乳清蛋白和对热稳定的乳清蛋白。

(1) 对热不稳定的乳清蛋白 当乳清液煮沸 20min，pH 为 4.6~4.7 时，沉淀的蛋白质属于对热不稳定的乳清蛋白，约占乳清蛋白量的 81%。对热不稳定的乳清蛋白包括：

①乳白蛋白 (α -乳白蛋白、 β -乳白蛋白、血清白蛋白)：约占乳清蛋白质的 68%。

②乳球蛋白 (真球蛋白、假球蛋白)：约占乳清蛋白质量的 13%。乳球蛋白已可分离为两个非常纯的组分即真球蛋白和假球蛋白，这两种蛋白质与乳的免疫性有关，也就是具有抗原作用，所以常常称为免疫球蛋白。免疫球蛋白初乳比常乳中含量多。中国科学院上海生理研究所的科研人员通过大量实验和临床测试，利用初乳经巴氏杀菌冷冻升华干燥 (-30℃、10kPa) 制成乳珍，它不仅有很高的营养价值，对婴幼儿有增强机体抗病能力，促进生长发育的作用，在治疗某些婴幼儿疾病方面都有良好作用。对老年人有一定抗衰老作用。乳珍在辅助治疗成人胃炎及糖尿病等方面也有明显效果。

(2) 对热稳定的乳清蛋白 乳清液在 pH 为 4.6~4.7 时煮沸 20min，不沉淀的蛋白属于对热稳定的乳清蛋白 (胨)，约占乳清蛋白的 19%。

(3) 乳清蛋白的应用 乳清蛋白因其氨基酸含量平衡，所以是一种营养价值较高的食品配料。与其他蛋白相比，其赖氨酸含量较高，而且容易消化。含量为 80% 的乳清蛋白浓缩物，可以用于婴儿配方奶粉、婴幼儿食品、老人食品、健康食品、特殊营养食品等的生产，起到提高营养价值、改善组织和风味等作用。

乳清蛋白的胶凝性质在干酪生产中具有广泛的应用性，60% 乳清蛋白浓缩物，可用于重制干酪的配料中，以改善风味和保持良好的涂布性。

35% 的乳清蛋白浓缩物，一般作为脱脂乳粉的廉价代用品，用于饲料或冰淇淋等产品的生产中。

全乳清加热至 90℃ 得到的变性蛋白质称为乳白蛋白，它的主要用途是作为汤料、谷物和快餐食品的营养添加剂。

1.1.3 乳糖

乳糖是仅存在于哺乳动物乳中的一种特有的化合物。在动物、植物的组织中几乎不存在乳糖。牛乳中乳糖含量为 4.5%~5.0% (平均 4.7%)。牛乳的甜味完全来自于乳糖。乳糖的甜味约为蔗糖的 1/5。乳糖不仅为牛乳和乳制品的营养来源之一，而且在发酵乳制品中充当着重要的角色。此外，乳糖的溶解性比较低，其结晶以后对甜炼乳的品质、冰淇淋的品质及冷冻稳定性影响较大。

乳糖是由 1 分子 D-葡萄糖和 1 分子 D-半乳糖以 β -1, 4 糖苷键结合而成

的双糖。乳糖有 α -乳糖和 β -乳糖两种构型。 α -乳糖的右旋性大，溶解度低； β -乳糖的右旋性小，溶解度稍高，甜味亦较高。

快速干燥乳糖溶液（如用喷雾干燥方法）所形成的乳糖结晶是无定型的玻璃态乳糖。一般乳糖溶液中的 α -乳糖和 β -乳糖呈平衡状态存在，无定形玻璃态乳糖中保持了原来乳糖溶液中的 α/β 的比率。乳粉中乳糖的晶态就是无定形乳糖，当其吸收水分达 8% 时就结晶成为 α -乳糖。

乳糖具有与其他糖类不同的营养意义，乳糖在人的胃中不被消化吸收，可直达肠道，在小肠中的乳糖酶的作用下被分解为葡萄糖和半乳糖（图 1-3）。通过研究发现，在婴幼儿的肠道中，双歧杆菌占优势，但随着人的成长到衰老，双歧杆菌逐渐消失，腐败菌成为优势菌群。所以医学家认为双歧杆菌对人体是有益的，而婴幼儿肠道内的双歧杆菌正是以母乳中的乳糖为生长因子的。乳酸菌等产生的乳酸有利于钙的吸收，能刺激肠的蠕动。半乳糖是构成脑及神经组织的糖脂质的一种成分，对婴儿的智力发育十分重要，它能促进脑苷和黏多糖类的生成。

牛乳也是一种特别容易酸败的食品，图 1-4 所示为牛乳中的乳糖在细菌酶作用下乳糖分解产生乳酸。

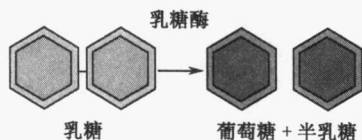


图 1-3 乳糖在乳糖酶作用下分解产生葡萄糖和半乳糖

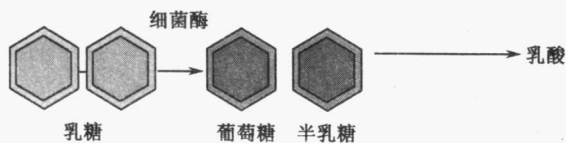


图 1-4 牛乳中的乳糖在细菌酶作用下乳糖分解产生乳酸

乳糖是还原性双糖，其本身及分解产物与乳中的蛋白质会发生美拉德反应，是乳制品褐变的主要原因。

1.1.4 乳中的盐类

牛乳中含无机盐（表 1-4）0.7%~0.75%，一般称为乳中的盐类、矿物质、无机盐或灰分等，它们似乎具有同一个含义。但是严密地讲，它们是不同的。

乳中的钾、钠大部分是以氯化物、磷酸盐及柠檬酸盐的可溶状态存在。反之，钙、镁则与酪蛋白、磷酸及柠檬酸结合，一部分呈胶体状态，一部分呈溶解状态。牛乳中钙的 2/3 是形成酪蛋白、磷酸钙及柠檬酸钙，呈胶体状态，其余 1/3 为可溶性物。牛乳中钙 55% 是与柠檬酸结合。10% 是与磷酸结合，35% 为离