

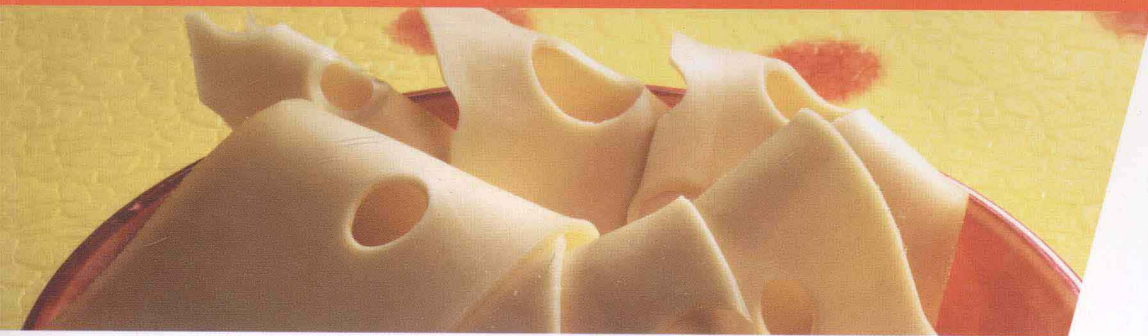


ZHONGDENG ZHIYE JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 中等职业教育规划教材 •

乳制品加工技术

詹现璞 主编



中国轻工业出版社

中等职业教育规划教材

乳制品加工技术

主 编 詹现璞
副主编 吴广辉



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳制品加工技术/詹现璞主编. —北京: 中国轻
工业出版社, 2011. 1
中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-5019-7909-7

I. ①乳… II. ①詹… III. ①乳制品—食品
加工—专业学校—教材 IV. ①TS252. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214716 号

责任编辑: 白 洁

策划编辑: 白 洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京京都六环印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 16.25

字 数: 327 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7909-7 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

070755J3X101ZBW

全国中等职业技术教育食品类专业通用教材

编审委员会名单

主 任：曾小兰 黄 俊

副主任：俞一夫 杜克生

委 员：（按照姓氏笔画顺序排列）

任石苟 杜克生 陈明瞭 陈 平 张 雁 罗丽萍
俞一夫 赵千俊 黄 俊 黄水晶 曾小兰 谭五丰

编写说明

党的十六大以来,党中央、国务院从全面落实科学发展观和构建社会主义和谐社会的战略高度,坚持优先发展教育,大力实施科教兴国战略和人才强国战略,把职业教育作为经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点,出台了一系列加快发展职业教育的政策,采取了一系列加快发展职业教育的措施,推动我国职业教育进入了一个新的发展阶段。就目前中等职业教育的规模来看,已经占到了我们国家高中阶段教育总体规模的一半。同时,我们在改革和发展职业教育的思路方面越来越清晰。一是,我们明确要发展中国特色的职业教育,要走中国特色职业教育发展之路;二是,我们明确以服务为宗旨,以就业为导向的办学方针;三是,我们现在正在推进工学结合、校企合作的人才培养模式;四是,在教育教学方面,我们提到“两加强”:加强学生的职业道德教育、加强学生的职业技能训练培养。

为了适应这种形势,中国轻工业出版社于2007年5月在广州召开了“全国中等职业教育食品类专业教学暨教材建设研讨会”,与会代表交流了目前食品类专业教学中存在的问题,提出了新形势下食品类专业教材编写的思路。经过会上和会下反复的沟通,确定了需要重新编写的食品类专业中等职业教育教材名称及其目录。这一套教材的特点是:

1. 进行了课程的整合。比如将食品化学、食品生物化学和高中的有机化学、无机化学知识整合为《食品生物化学》,使学生在初中“化学”、“生物”课程的基础上,也能理解食品生物化学的内容。
2. 注意了各门课程内容的衔接,尽量使各门教材的内容不出现重复。
3. 根据中职学生的特点进行了理论知识的压缩,争取以浅显易懂的文字将紧跟科技发展的专业知识传授给学生。
4. 注重学生职业技能的训练和培养,每门教材中均安排大量实验和实训。

这样,本套教材就在大大压缩课时数的基础上,仍然保持了专业知识结构的完整性。

本书是食品类专业“中等职业教育规划教材”中的一本。作为菜篮子工程的“肉、蛋、奶”中的“奶”已从以往的贵族食品,走进了老百姓的千家万户。乳品行业的发展也越来越引起政府和社会的重视,乳品已被列入《当前国家重点鼓励发展的行业产品和技术目录》。2008年三聚氰胺事件之后,国家先后颁布了《乳制品加工行业准入条件》、《奶业整顿和振兴纲要》、《乳品质量安全监督

管理条例》、《乳制品企业良好生产规范》、《乳品安全国家标准（66项）》，对乳制品行业的发展、生产提出了更高、更严格的要求。在此种对乳制品加工高质量紧迫要求的形势下，为适应21世纪乳品行业中等技术人才培养目标的要求，在中国轻工业出版社的组织下，编写了这本适应中等职业教育特点的《乳制品加工技术》教材。本教材在编写过程中参阅了国内外大量的最新技术资料，具体特点为：

（1）内容新而全面。本教材在编写过程中，参阅国家以往版本的乳制品产品标准，又参阅引用了国家新出版的《乳品安全国家标准》、《乳制品加工行业准入条件》、《乳制品企业良好生产规范》等。

（2）理论联系实际。本书力求紧密结合乳品企业的实际和乳品生产的特点，突出体现乳品加工的系统性和时代发展的特点。编者编录了一些实训项目，以配合理论教学，提高教学效果。

本书结构完整、详略得当。全书共分十一章，重点介绍了乳的基础知识、原料乳的标准验收及运输、液态乳的加工、发酵乳的加工、乳粉的加工、冷冻饮品的加工、实训项目，又简单介绍了干酪的加工、奶油的加工、其他乳制品的加工和乳品厂设备的清洗与消毒。

本书由河南漯河食品职业学院詹现璞担任主编，吴广辉担任副主编。詹现璞编写第一章、第三章和第十一章，吴广辉编写第四章、第七章，吕银德编写第二章，赵俊芳编写第五章、第六章，毕韬韬编写第八章、第九章、第十章。

由于编者的水平有限，书中的错误与不足之处在所难免，恳请广大师生和读者批评指正以便完善。

食品类专业“中等职业教育规划教材”
编审委员会

第一章 乳的基础知识	1
第一节 乳的概念及组成	1
第二节 乳的化学成分	6
第三节 乳的物理性质	21
第四节 乳中的微生物	28
第五节 异常乳	33
第二章 原料乳的标准、验收及运输	38
第一节 原料乳的质量标准	38
第二节 原料乳的验收	41
第三节 原料乳的预处理	48
第四节 原料乳的标准化	55
第五节 原料乳的以质定价	57
第三章 液态乳的加工	59
第一节 概述	59
第二节 巴氏杀菌乳的加工	61
第三节 灭菌乳的加工	70
第四节 再制乳的加工	82
第五节 配制型含乳饮料的加工	85
第四章 发酵乳的加工	93
第一节 发酵乳食品安全国家标准(GB 19302)	94
第二节 酸乳定义及分类	95
第三节 发酵剂制备	99
第四节 酸乳的加工	107
第五节 乳酸菌饮料的加工	115
第五章 冷冻饮品的加工	121
第一节 冷冻饮品加工所需的原料	121
第二节 冰淇淋的加工	125
第三节 雪糕的加工	134
第四节 棒冰的加工	137
第五节 冷冻饮品的品质控制	140
第六章 乳粉的加工	145
第一节 乳粉的种类、理化特性及质量标准	145
第二节 全脂加糖乳粉的加工	150

第三节	脱脂乳粉的加工	157
第四节	特殊用途乳粉的加工	158
第七章	干酪的加工	166
第一节	干酪的概念、种类及营养价值	166
第二节	天然干酪的加工	169
第三节	再制干酪的加工	178
第八章	奶油的加工	181
第一节	奶油的定义、分类及食品安全国家标准	181
第二节	奶油的一般加工	185
第九章	其他乳制品的加工	195
第一节	炼乳的加工	195
第二节	干酪素的加工	204
第三节	乳糖的加工	206
第四节	乳清及乳清蛋白粉的加工	207
第十章	乳品厂设备的清洗与消毒	211
第一节	清洗概述	211
第二节	消毒方法	214
第三节	CIP 清洗	218
第十一章	实训	225
实训一	生乳相对密度的测定	225
实训二	酒精试验	226
实训三	牛乳均质效果的测定	228
实训四	巧克力风味乳的加工	230
实训五	调配型酸性含乳饮料加工	231
实训六	抗生素残留检验	233
实训七	凝固型酸乳的制作	235
实训八	搅拌型酸乳的制作	236
实训九	乳酸菌饮料的制作	237
实训十	普通冰淇淋的制作	238
实训十一	膨化雪糕的制作	239
实训十二	参观乳粉厂	240
实训十三	普通干酪的制作	241
参考文献		243

第一章 乳的基础知识

知识目标

- 了解乳的概念及特点；
- 熟悉正常牛乳的化学成分及影响牛乳成分的因素；
- 了解牛乳加工后各组分的名称；
- 掌握牛乳的物理特性、化学特性对于加工的意义；
- 理解乳中微生物的种类；
- 了解异常乳的种类。

技能目标

- 能应用乳的物理性质、化学性质分析解决生产中可能出现的问题。

第一节 乳的概念及组成

一、乳的概念

乳是雌性哺乳动物分娩后由乳腺细胞分泌的一种白色的或微黄色的不透明的生物学液体。它含有幼小肌体生长发育所需要的全部营养成分，是哺乳动物出生后最适于消化和吸收的全价食物，被称之为白色血液。

二、乳的种类及组成

1. 乳的种类

按来源可将乳分为人乳、牛乳、羊乳、马乳、驴乳、骆驼乳、猪乳等，其中以牛乳产量最高，是乳制品加工的主要原料。羊乳中有山羊乳、绵羊乳等，以山羊乳产量较高，可作为羊乳制品加工的原料。但在一些特殊地区，例如，在地中海国家和亚洲的很多地区，绵羊是重要的产乳动物。表 1-1 为常见哺乳动物乳的化学组成。在不作特殊说明的情况下，本书中所讲乳是牛乳。

2. 正常牛乳的化学组成

牛乳的成分十分复杂，其中至少含有上百种化学物质，主要包括水分、脂肪、

表 1-1 常见哺乳动物乳的化学组成 单位:%

物种 成分	人	乳牛	水牛	牦牛	山羊	绵羊	马	驴	骆驼
总固形物	12.2	12.8	16.8	18.4	12.3	19.3	11.2	11.7	13.4
脂肪	3.8	3.7	7.4	7.8	4.5	7.4	1.9	1.4	4.5
蛋白质	1.0	3.5	3.8	5.0	2.9	4.5	2.5	2.0	3.6
乳糖	7.0	4.9	4.8	5.0	4.1	4.8	6.2	7.4	4.5
灰分	0.2	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.5	0.5	0.8

蛋白质、乳糖、盐类、维生素、酶类及气体等。正常牛乳中各种成分的组成大体上是稳定的，但也受乳牛的品种、个体、地区、泌乳期、畜龄、挤乳方法、饲料、季节、环境、温度及健康状况等因素的影响而有差异，其中变化最大的是乳脂肪，其次是蛋白质，乳糖及灰分的含量则相对比较稳定。牛乳的组成成分可概括为图 1-1。

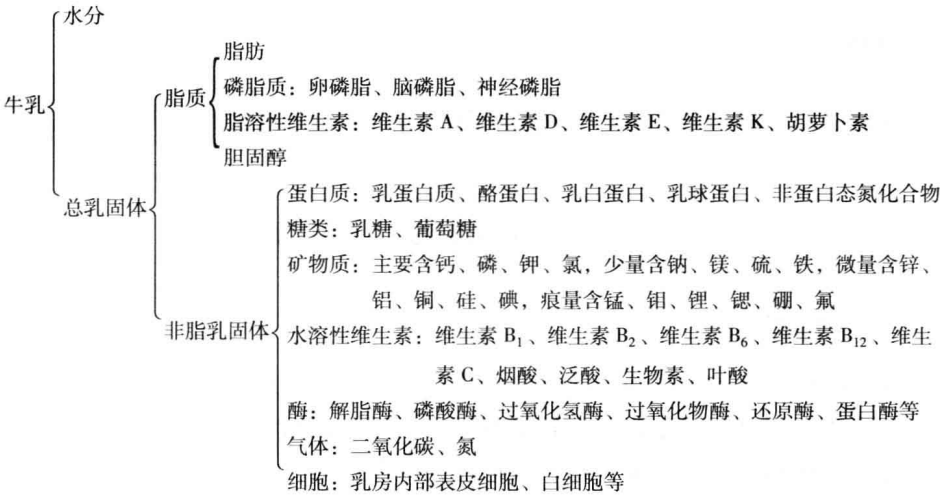


图 1-1 牛乳的组成成分

由图 1-1 看出：牛乳 = 水分 + 总乳固体
总乳固体 ≈ 脂肪 + 非脂乳固体
非脂乳固体 ≈ 蛋白质 + 糖类 + 矿物质

3. 影响牛乳成分的因素

影响牛乳各种成分的因素主要有品种、个体、泌乳期、挤乳方法、饲料、季节、环境、气温及健康状况等。

(1) 品种 不同品种、个体和体重均影响乳牛产乳量。不同品种乳牛的产乳量和乳脂率有很大的差异。如表 1-2 所示，在众多的乳牛品种当中，荷斯坦

乳牛是产乳量较高的品种,但其乳脂率相对较低,乳脂率以更赛牛(图1-2)、娟姗牛(图1-3)最高。同一品种内的不同个体,其产乳量和乳脂率也有差异。如荷斯坦乳牛的产乳量一般在3000~12000kg之间,乳脂率为2.6%~6.0%,中国黑白花乳牛与荷斯坦牛形体相似,干物质含量较低,但产乳量较高,平均305d(一个泌乳期)产乳量可达7000kg以上。产乳量最高的是以色列乳牛,一个泌乳期最高可达18965kg。体重大的个体其绝对产乳量比体重小者要高,在一定限度内,体重每增加100kg,产乳量提高1000kg。但并不是体重越大产乳量越高,通常情况下,母牛体重在550~650kg为宜。

表1-2

不同品种牛乳的平均组成

单位:%

品种	干物质	脂肪	蛋白质	乳糖	灰分
荷斯坦牛	12.50	3.55	3.43	4.86	0.68
短角牛	12.57	3.63	3.32	4.89	0.73
瑞士牛	13.13	3.85	3.48	5.08	0.72
更赛牛	14.65	5.05	3.90	4.96	0.74
娟姗牛	14.53	5.05	3.78	5.00	0.70

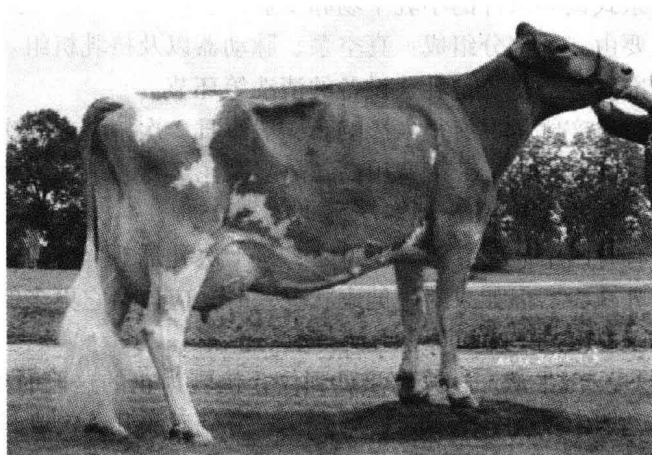


图1-2 更赛牛

(2) 年龄 乳牛年龄对产乳量影响很大,初产时乳腺与躯体正在发育,所以产乳量少;到了6岁左右,发育成熟,产乳量最高;到了15~16岁,机体衰老,机能减退,产乳量又下降了。

(3) 挤乳方式及日挤乳次数 挤乳是饲养乳牛的一项很重要的技术工作,也是影响乳牛产乳量的重要因素之一,合理正确的挤乳方法可以提高乳牛的产乳量,不正确的挤乳方法不仅不能提高乳牛的产乳量,甚至能损坏乳头,对乳牛造成伤害。挤乳方式有人工挤乳和机械挤乳两种方式。人工挤乳在小型牧场和个体



图 1-3 娟姗牛

农户的牧场较多采用。机械挤乳利用真空原理将牛乳从乳房中吸出，一般挤乳设施有三种，管道式挤乳、挤乳台和桶式挤乳系统，前两种均适合于大型乳牛场，后者适合于拴系式饲养条件的小乳牛场和专业户。

挤乳机主要由三个部分组成：真空泵、脉动器以及挤乳机组。挤乳过程一般包括挤乳前的准备、开机、挤乳、设备的清洗等环节。

日挤乳次数对产乳量也有很大影响。一般每日 2 次挤乳或 3 次挤乳，有时也有 4 次挤乳的。在国外由于劳工费用高，故多采用 2 次挤乳。在我国普遍实行 3 次挤乳，3 次挤乳比 2 次挤乳可多产乳 10% ~ 25%，4 次挤乳又可增加 5% ~ 15% 的乳量。有时因个体而有差异。总之，挤 1 次乳是不合适的，等于在逐渐停乳，使奶牛产乳减少。但如果奶牛健康状况差时，应该给它更多的休息时间，不宜 4 次挤乳，以 3 次或 3 次以下挤乳为好。

(4) 泌乳期 母牛从产犊开始泌乳到停止泌乳为止的这段时期称为泌乳期，乳牛在一个泌乳期中产乳量呈规律性的变化：分娩后头几天产乳量较低，随着身体逐渐恢复，日产乳量逐渐增加，在第 20 ~ 60d，日产乳量达到该泌乳期的最高峰（低产母牛在产后 20 ~ 30d，高产母牛在产后 40 ~ 60d）。维持一段时间后，从泌乳第 3 ~ 4 个月开始又逐渐下降。泌乳 7 个月以后，迅速下降。泌乳 10 个月左右停止产乳。一般盛乳期产乳量达到 305d 产乳量的 45% 左右，是夺高产的关键时期，所以特别要做好这一阶段的饲养管理工作。不同的泌乳时期，乳脂率也有变化。初乳期内的乳脂率很高，大约超过常乳的 1 倍。第 2 ~ 8 周，乳脂率最低。从第 3 个泌乳月开始，乳脂率又逐渐上升。

(5) 营养 乳牛饲料的营养价值对产乳量起着重要作用。乳牛在怀孕时给予必要的营养，使其贮存足够的能量、矿物质等，以备产乳时利用。产乳阶段按

其产乳量、乳成分以及体重科学合理地进行饲养,是提高产乳量的关键。这里强调的是,应根据产乳量给予平衡日粮或全价的配合饲料。如配合不当,一方面影响牛群或个体牛产乳量,更主要的是浪费了饲料,降低了养牛的经济效益。实际生产中由于对过去和目前的产乳量及乳中成分摸得不清或日粮特别是全价料配合不当,常常出现以下两种情况:

① 饲养水平低于乳牛或乳牛群的产乳水平。在营养不充分的情况下,乳牛利用营养的顺序首先是维持生命,其次是用于生产(生长或泌乳),第三才是繁殖后代。高产乳牛最易发生繁殖障碍,因为产乳消耗营养特别是消耗能量过多。

② 饲养水平高于产乳水平,造成饲料浪费,同时牛喂得过肥,引起难产以及母牛、犊牛的死亡。由于繁殖障碍使得空怀时间延长。由于牛肥胖,泌乳早期胃口不佳,影响了产乳量。

以上两种情况的解决办法就是精确地测定牛群平均产乳量,以此作为制定合理日粮的依据。我国农村养乳牛比较粗放,粗料只有秸秆,精料则是玉米、棉子饼,喂得不科学。如经过合理搭配,或喂以配合饲料后,产乳量有明显的提高。又如一些国有农场,青贮、干草准备不够,结果在这些饲料不足的情况下,只得将正在生长的青玉米割来喂牛,由于青玉米的水分大、营养不够,造成产乳量下降。改喂青贮加干草及混合精料后,产乳量恢复正常。

(6) 管理 牛群的产乳量常有忽高忽低的情况,这是管理问题,对于过去的产乳量应有很好的记录,并应经常与目前产乳量进行对比,研究奶牛配合饲料有无问题,其他有关方面有无问题。个体乳牛产乳量同样有忽高忽低的情况。生病会使乳牛产乳量下降,例如酸中毒、蹄叶炎或跛行等。乳牛受热、受惊、角斗、抢食、挤乳不当等,从干乳到产乳日粮的过渡不合理,饲料突然转换,乳牛的发情期等也都会降低产乳量。

(7) 季节和气温 在我国目前条件下,乳牛最适宜的产犊季节是冬季和春季。此期温度适宜,又无蚊蝇侵袭,利于乳牛体内激素分泌,使乳牛在分娩后很快达到泌乳盛期,提高产乳量。夏季虽然饲料条件好,但由于气候炎热,乳牛食欲不振,影响产乳量。实践证明,在12、1、2、3月份产犊的乳牛全期产乳量较高,在7、8月份产犊的乳牛全期产乳量较低。

乳牛对温度的适应范围是 $0\sim 20^{\circ}\text{C}$,最适宜的温度是 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$ 。当外界温度升高到 25°C 时,乳牛呼吸频率加快、食欲不振、自身消耗增加,产乳量开始下降。气温达到 30°C 时,乳牛采食量和产乳量明显下降,因此夏季做好防暑降温工作对乳牛十分重要。相对而言,乳牛不怕冷,乳牛在外界气温下降到零下 13°C 时,产乳量才开始下降。只要冬季保证供应足够的青贮饲料和多汁饲料,适当增加蛋白质饲料,一般对产乳量不会有很大影响。

4. 乳的分散体系

牛乳是一种复杂的胶体分散体系,这个分散体系中分散介质是水,分散质有

乳糖、无机盐类、蛋白质、脂肪、气体等。各种分散质的分散度差异很大，其中乳糖、水溶性盐类呈分子或离子状态溶于水中，其微粒直径小于或接近 1nm，形成真溶液；乳白蛋白及乳球蛋白呈大分子态，其微粒直径为 15 ~ 50nm，形成典型的高分子溶液；酪蛋白在乳中形成酪蛋白酸钙 - 磷酸钙复合体胶粒，胶粒平均直径约 100nm，从其结构、性质和分散度来看，它处于一种过渡状态，属胶体悬浮液范畴；乳脂肪呈球状，直径 100 ~ 10000nm，形成乳浊液。乳中含有的少量气体，部分以分子状态溶于牛乳中，部分气体经搅动后在乳中形成泡沫状态。所以，牛乳并不是一种简单的分散体系，而是包含着真溶液、高分子溶液、胶体悬浮液、乳浊液及其多种过渡状态的复杂的、具有胶体特性的多级分散体系。

5. 牛乳加工后各组分的名称

没有经过离心分离加工的牛乳称为全脂乳。牛乳经离心分离处理，分离出来的含脂肪部分称为稀奶油；剩下的部分称为脱脂乳。

牛乳加酸或凝乳酶后生成以酪蛋白和脂肪为主要成分的凝乳，除去酪蛋白和脂肪后所剩的透明黄色液体称为乳清，其中含有水、乳糖、可溶性乳清蛋白、矿物质、水溶性维生素等。牛乳加工后各组分的名称见表 1-3。

表 1-3 牛乳分离加工后各组分的名称

分离方法		成 分		
牛乳	离心分离	稀奶油（脂肪、脂溶性维生素）		
		脱脂乳	酪蛋白	
			乳清	沉淀（乳白蛋白、乳球蛋白）
				滤液（乳糖、矿物质、维生素）
	酸沉淀或凝乳酶	凝乳	酪蛋白、脂肪、脂溶性维生素	
		乳清	乳白蛋白、乳球蛋白、乳糖、矿物质、水溶性维生素	

第二节 乳的化学成分

一、水分

水分是乳中的主要组成部分，占 87% ~ 89%。水中溶解有有机质、矿物质和气体。乳中水分又可分为自由水、结合水、结晶水。自由水是乳中主要水分，即一般的常水，具有常水的性质；而结合水和结晶水则不同，在乳中具有特别的性质和作用。

1. 自由水

自由水也称游离水，占水分含量的绝大部分，它是乳汁中各种营养成分的分散剂，许多理化过程和生物学过程均与游离水有关。在加工过程中除去的水大多

数是自由水。

2. 结合水

结合水占总水量的 2% ~ 3%，主要以氢键和蛋白质的亲水基或与乳糖及某些盐类结合，无溶解其他物质的特性，在通常水结冰的温度下并不结冰，100℃ 也不蒸发。

存在于乳蛋白胶体颗粒表面的结合水分子，由于极性，形成向水的单分子层，在单分子层上又吸附着一些微水滴，于是逐渐形成一层新的结合水（见图 1-4）。水层在加厚时胶粒逐渐无法支持，结果围绕着微粒形成一层疏松的、扩散性的水层。外水层与胶体表面联结很弱，因此温度高时，容易和胶体分离，但内层结合水很难除去，这种现象发生在乳干燥过程中。因此，在乳粉生产中任何时候也不能得到绝对无水的产品，总要保留一部分结合水。即使在良好的喷雾或滚筒干燥条件下，仍要保留 3% 左右的水分。要想除去这些多余的水分，只有借助于加热到 150 ~ 160℃，或者长时间保持在 100 ~ 105℃ 的恒温时才能达到。但是乳粉受长时间高温处理后，成分会受到破坏，如乳糖焦化、蛋白质变性、脂肪氧化等，降低乳粉的营养价值。乳与乳制品中结合水的数量见表 1-4。

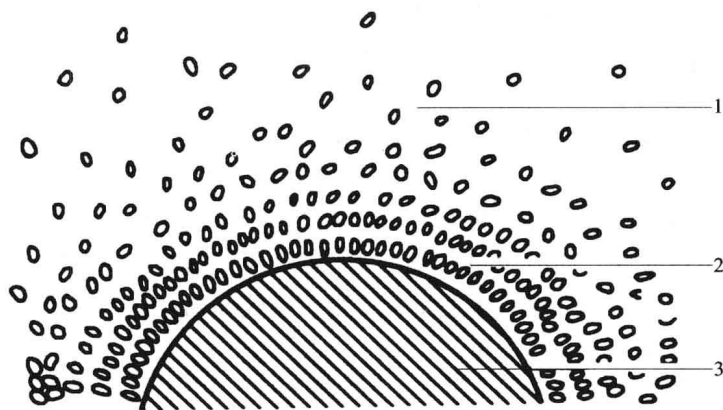


图 1-4 乳蛋白体颗粒表面结合水的分布

1—疏松的结合水层 2—水单分子层 3—胶体颗粒

表 1-4

乳与乳制品中结合水的数量

名称	100g 物质中结合水量/g	名称	100g 物质中结合水量/g
乳粉	2.0 ~ 3.5	白蛋白	1.30 ~ 1.32
脱脂乳粉	2.13 ~ 2.59	乳清蛋白	0.75
含脂率为 20% 的稀奶油	2.5 ~ 3.42	乳的无脂干物质	0.35
酪乳	1.75	乳糖	0.027
初乳	4.62	脂肪	0.104 ~ 0.117
脱脂炼乳	11.62	脂肪球膜物质	0.6 ~ 0.62
酪蛋白	0.60 ~ 0.69	磷脂	5.35 ~ 6.30

二、乳干物质

将牛乳干燥到恒重时所得到的残余物称为乳的总固形物，正常乳中除水以外的乳的总固形物（TS）含量为 11% ~ 13%。总固形物也称为干物质或全乳固体，又可分为脂肪（F）和非脂乳固体（SNF），即： $TS = F + SNF$ 。

乳中干物质的数量随乳成分的含量而变，尤其是乳脂肪含量不太稳定，对乳干物质含量影响较大，因此在实际中常用非脂乳固体（无脂干物质）作为指标。

根据弗莱希曼确定的乳的相对密度、含脂率和干物质含量之间存在着一定关系的结论，可用下式近似地计算出干物质的含量：

$$T = 0.25L + 1.2F \pm K$$

式中 T ——干物质含量，%

L ——15℃/15℃乳稠计的读数

F ——脂肪含量，%

K ——校正系数（通常为 0.14）

三、乳蛋白质

乳蛋白质是乳中主要的含氮物。牛乳的含氮化合物中 95% 为乳蛋白质，5% 为非蛋白态含氮化合物，蛋白质在牛乳中的含量为 3.0% ~ 3.5%。牛乳中的蛋白质可分为酪蛋白和乳清蛋白两大类，另外还有少量脂肪球膜蛋白。

除了乳蛋白质外，尚有少量非蛋白态氮，如氨、游离氨基酸、尿素、尿酸、肌酸及嘌呤碱等。这些物质基本上是机体蛋白质代谢的产物，通过乳腺细胞进入乳中。另外还有少量维生素态氮。

（一）酪蛋白

1. 酪蛋白的定义

在温度 20℃ 时调节脱脂乳的 pH 至 4.6 时沉淀的一类蛋白质称为酪蛋白，占乳蛋白质总量的 80% ~ 82%。

2. 酪蛋白的存在状态

酪蛋白不是单一的蛋白质，而是一种复合蛋白质。酪蛋白是典型的含磷蛋白质。

乳中的酪蛋白首先与钙结合成酪蛋白酸钙，再与胶体状的磷酸钙形成酪蛋白酸钙-磷酸钙复合体，以胶体悬浮液的状态存在于牛乳中，其胶体微粒直径范围在 10 ~ 300nm 之间变化，一般情况下 40 ~ 160nm 占大多数。每 1mL 牛乳中含有 5×10^{12} ~ 15×10^{12} 个胶粒。此外，酪蛋白胶粒中还含有镁等物质。

3. 酪蛋白的性质

酪蛋白是一种两性电解质，但其分子中含有的酸性氨基酸量远多于碱性氨基

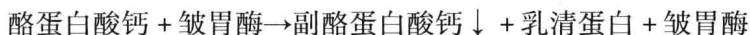
酸，因此具有明显的酸性。

(1) 酪蛋白的酸沉淀 酪蛋白胶粒对 pH 的变化很敏感。当脱脂乳的 pH 降低时，酪蛋白胶粒中的钙与磷酸盐就逐渐游离出来。当 pH 达到酪蛋白的等电点 4.6 时，就会形成酪蛋白沉淀。在正常的情况下，在等电点沉淀的酪蛋白不含钙。但在酪蛋白稳定性受到影响时，在 pH5.2 ~ 5.3 时就发生沉淀。这种酪蛋白沉淀中含有钙，对于制造无灰干酪素等产品极为不利，必须反复进行繁杂的洗涤处理。

为使酪蛋白沉淀，工业上一般使用盐酸。同样，如果由于乳中的微生物作用，使乳中的乳糖转化分解为乳酸，从而使 pH 降至酪蛋白的等电点时，同样会发生酪蛋白的酸沉淀，这就是牛乳的自然酸败现象。

由于加酸程度不同，酪蛋白酸钙 - 磷酸钙复合体中钙被酸取代的情况也有差异，当牛乳中加酸后 pH 达 5.2 时，磷酸钙发生分离，酪蛋白开始沉淀，继续加酸使 pH 达到 4.6 时，钙又从酪蛋白酸钙中分离，游离的酪蛋白完全沉淀。在整个加酸凝固过程中，酸只和酪蛋白酸钙、磷酸钙作用，所以除了酪蛋白外，白蛋白、球蛋白都没有发生变化。

(2) 酪蛋白的凝乳酶凝固 牛乳中的酪蛋白在凝乳酶的作用下会产生凝固，工业上生产干酪就是利用此原理。酪蛋白在凝乳酶的作用下变为副酪蛋白，在钙离子存在下形成不溶性的凝块，这种凝块称为副酪蛋白酸钙，其凝固过程如下：



(3) 酪蛋白的盐凝固 乳中的酪蛋白酸钙 - 磷酸钙胶粒容易在氯化钠或硫酸铵等盐类饱和溶液或半饱和溶液中形成沉淀，这种沉淀是由于电荷的抵消与粒子脱水而产生的。酪蛋白酸钙 - 磷酸钙粒子对于其体系内二价阳离子含量的变化很敏感，钙离子或镁离子能与酪蛋白结合，而使粒子形成凝集作用，故钙离子与镁离子的浓度影响着胶粒的稳定性。由于乳汁中的钙和磷呈平衡状态存在，所以鲜乳中的酪蛋白微粒具有一定的稳定性。当向乳中加入氯化钙时，则能破坏平衡状态，因此在加热时使酪蛋白发生凝固现象。试验证明，90℃ 时加入 0.12% ~ 0.15% 的 CaCl_2 即可使乳凝固。

利用凝乳时，如乳加热至 95℃ 时，则乳中蛋白质总含量的 97% 可以被利用，蛋白质利用程度高，几乎比酸凝固法高 5%，比皱胃酶凝固法高 10% 以上。另外， CaCl_2 除了使酪蛋白凝固外，也可同时使乳清蛋白凝固。在这方面利用氯化钙沉淀乳蛋白质，要比其他沉淀法有较显著的优点。

此外，利用 CaCl_2 沉淀所得到的蛋白质一般都含有大量的钙和磷。所以钙凝固法，不论在蛋白质的综合利用方面，还是在有价值的矿物质（钙和磷）的利用方面，都比目前所采用的皱胃酶凝固法和酸凝固法优越得多。