

全国高等农业院校教材

畜产品加工学

(第二版)

东北农学院主编

畜牧专业用

农业出版社



全国高等农业院校教材

畜 产 品 加 工 学

(第 二 版)

东北农学院主编

畜 牧 专 业 用

全国高等农业院校教材
畜产品加工学（第二版）

东北农学院主编

• • •

责任编辑 李妍书

农业出版社出版（北京市朝阳区农展馆北路2号）
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm16开本 14.75印张 314千字
1980年10月第1版 1990年10月第2版北京第1次印刷

印数 1—8,900册 定价 3.00元

ISBN 7-109-01496-7/S·1031



第二版修订者

主编 骆承庠 (东北农学院)
· 稿 杨洪生 (云南农业大学)
周永日 (江西农业大学)
胡一匡 (上海农学院)
季佩芳 (安徽农学院)
陈伯祥 (南京农业大学)
朱宗亮 (浙江农业大学)
刘希良 (东北农学院)
朱秀芳 (东北农学院)
王文昇 (东北农学院)

第一版编审人员名单

主编	骆承庠	东北农学院		
· 稿	薛春祺	天津轻工业学院	穆宗亮	江苏农学院
	盛廷龄	天津轻工业学院	陈伯祥	南京农学院
	林金良	无锡轻工业学院	杨洪生	云南农业大学
	张富平	无锡县乳品厂	张玉山	沈阳农学院
	袁永海	黑龙江省轻工局食品处	戴惠敏	吉林农业大学
	李世安	黑龙江省外贸局	季佩芳	安徽农学院
	张保锋	黑龙江省乳品工业研究所	张立教	东北农学院
	杨艳霞	武汉肉类联合加工厂	施兰生	东北农学院
	吴键英	华南农学院	朱秀芳	东北农学院
	王兆彭	内蒙古农牧学院	崔仲勋	东北农学院
	魏宗崇	新疆八一农学院		
绘图	崔庚铭			

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 乳与乳制品

第一章 乳的化学成分及理化特性	3
第一节 乳的概念	3
第二节 乳的化学成分	4
第三节 加工处理对牛乳化学性质的影响	12
第四节 乳的物理特性	15
第五节 物理特性在加工方面的应用	20
第六节 其他农畜乳	23
第二章 牛乳中的微生物及异常乳	24
第一节 牛乳中的微生物	24
第二节 异常乳	32
第三章 鲜乳的处理和消毒牛乳的加工	37
第一节 鲜乳的处理	37
第二节 消毒牛乳的加工	43
第三节 再制奶的加工	52
第四章 乳的分离	57
第一节 乳分离的方法及原理	57
第二节 分离机的类型及构造	59
第三节 乳分离的操作技术	63
第五章 酸乳制品及乳酸菌制剂	66
第一节 发酵剂的制备	67
第二节 酸乳制品的生产工艺简介	72
第三节 乳酸菌制剂生产工艺简介	74
第六章 奶油制造	76
第一节 奶油的种类及性质	76
第二节 奶油的生产工艺过程	78
第七章 加糖炼乳的生产	88
第一节 加糖炼乳生产工艺过程	89
第二节 加糖炼乳的缺陷及防止方法	101
第八章 乳粉的生产	103
第一节 概述	103
第二节 乳粉的生产工艺	105

第九章 其他乳制品简介	114
第一节 干酪素的加工	114
第二节 乳清的加工	116
第三节 酪乳的利用和加工	119
第四节 干酪生产工艺简介	120
第五节 民族乳制品简介	123

第二篇 肉与肉制品

第一章 肉的概念和特性	127
第一节 肉的形态学	127
第二节 肉的化学组成及特性	129
第二章 畜禽的屠宰及初步加工	135
第一节 屠宰前的准备	135
第二节 屠宰及初步加工	136
第三章 肉的成熟及保藏	141
第一节 肉的成熟	141
第二节 肉的保藏	144
第三节 各种畜禽肉的特征及鉴定	153
第四章 主要肉制品的加工工艺	155
第一节 腌腊制品的加工	155
第二节 香肠和灌肠的加工	163
第五章 其他肉制品的加工	170
第一节 板鸭的加工	170
第二节 肉松和肉干的生产工艺过程	172
第三节 肉品罐头生产工艺简介	174

第三篇 蛋与蛋制品

第一章 蛋的概念、化学组成和理化特性	179
第一节 蛋的概念及构造	179
第二节 蛋的营养价值及理化特性	185
第二章 蛋品加工工艺	186
第一节 蛋品加工的目的及蛋制品的种类	186
第二节 皮蛋的加工	187
第三节 咸蛋的加工	193
第四节 其他蛋制品概述	195
第五节 禽蛋的保鲜	198

第四篇 其他畜产品的加工

第一章 原料皮的保藏和毛皮的鞣制	201
------------------------	-----

第一节	皮的概念及化学组成	201
第二节	生皮的保藏	203
第三节	生皮的贮藏和运输	206
第四节	毛皮的鞣制	207
第二章	副产品综合利用	212
第一节	肠衣的加工	212
第二节	猪鬃的加工	215
第三节	羽毛的加工	218
第四节	畜骨的贮存和加工	220
第五节	脏器的利用	224

绪 论

畜牧生产的主要目的是获得畜产品。畜产品虽然有的可以被人们直接利用，但是，绝大多数的畜产品，必须经过加工处理后才能利用，或提高其利用价值，这种对畜产品的人工处理过程，叫做畜产品加工，而研究这种畜产品加工的科学技术知识和加工工艺技术的学问，就是畜产品加工学。

畜产品加工学的范围很广，凡是以禽畜产品为原料的加工生产都属于它的研究范围，主要有乳品、肉品、蛋品和皮毛等的加工生产。随着科学技术的发展，科学上的分工也越来越细，某些畜产品加工学的内容已单独成为一门科学来加以研究，如毛纺学、制革学等。

人类对畜产品的加工，具有悠久的历史。随着生产的发展和生活水平的逐步提高，人类对畜产品的加工和利用也就更为普遍和多样化，出现了具有各种风土特色的畜产品加工方法和产品。由于人类社会的进一步发展，人们对畜产品的需求也不断增加，加工生产的社会化和加工技术的不断改进而逐步形成了现代规模的各种畜产品加工工业。

我国远在两千多年前的汉文帝时代，就有关于“奶子酒”的记载；元代的军队中就有利用干燥乳作为军粮的记叙。我国畜产品资源十分丰富，各族人民在生产和生活实践过程中，由于气候、地理、风俗习惯的不同，创造了多种多样的畜产品加工方法，制成了各种美味的畜产食品和繁多的生产及生活用品。例如，在肉制品方面，金华火腿和宣威火腿，不但历史悠久，而且驰名中外；蛋制品方面皮蛋、糟蛋，都具有我国的独特风味；我国的猪鬃和羽绒，在国际市场上享有盛名。但是，在中国历史上，长期受封建统治，使畜产品的加工生产，一直处于分散的个体经营和落后的手工操作，生产得不到应有的发展。解放后，随着工农业生产和畜牧事业的发展，畜产品加工事业也迅速得到了发展，畜产品的产量和质量，有了空前的扩大和提高，品种也逐渐增多。随着畜产品加工事业的发展，加工生产的机械化和自动化程度正在逐步提高，既提高了生产率，也减轻了工人的劳动强度。在大力发展畜产品加工事业的过程中，培养和造就了一批畜产品加工的技术干部，畜产品加工的科学研究和教学工作也得到了重视和提高。建国以来，我国的畜产品加工事业取得了显著的成绩。但是还远远不能适应国民经济发展和人民生活的需要，与国外先进水平相比，存在着较大的差距。

畜牧业是国民经济的一个重要组成部分，畜牧业与农业有着互相依存、相互促进的辩证关系。一个国家畜牧业产值在畜牧业和农业总产值中的比例，人民对畜产品（主要指乳、肉、蛋、油脂）的消耗数量，被看作一个国家的发达程度和衡量人民生活水平的重要标志

之一。在我国人民生活中畜产品的比重必将日益增加。因此，大力发展我国的畜牧业，充分利用畜产品资源，扩大畜产品加工生产，以满足生产建设和人民物质生活的需要，是一件极为重要的工作。此外，在增加产量和品种的基础上，争取更多的出口，换回外汇和必要物质，这是发展国民经济的需要，对于加速实现四个现代化具有重要意义。

在发展畜产品加工事业的同时，必须重视产品加工的科研工作和教学工作，培养畜产品加工的技术人才。作为一个畜牧技术干部，必须重视和学好畜产品加工的基本知识，了解获得畜产品是畜牧生产的主要目的，掌握获得畜产品优质原料、合理利用畜产资源以及生产价廉物美的畜产品的各种技术，为发展我国畜牧事业服务。

畜产品加工学是一门应用技术科学，它不但是畜牧业的一个分支，而且与食品工业、纺织工业、制革工业、医药工业和机械工业等有关。畜产品加工学的基础知识范围十分广泛，包括生物学、生物物理、生物化学、营养学、医药学、微生物学、酶学以及和加工工业有关的各学科。总之，随着科学技术的发展，各学科的互相渗透，新技术的不断出现和应用，加工过程的机械化、自动化程度的不断提高，畜产品加工学的广度和深度也在不断的发展，我们必须认真学习，刻苦钻研，理论联系实际，才能完成党和人民交给我们的光荣任务。

第一篇 乳与乳制品

第一章 乳的化学成分及理化特性

第一节 乳的概念

乳是哺乳动物分娩后从乳腺分泌的一种白色或稍带微黄色的不透明液体。乳中除含有丰富的蛋白质和脂肪以外，还含有幼儿生长所需要的各种营养成分。

在泌乳期中，乳的成分发生变化，通常按这种变化情况将乳分为“初乳”、“常乳”和“末乳”三种。此外，有时因受外界因素影响使乳产生特殊变化，这种乳称为“异常乳”。下面以牛乳为例，将其化学成分及理化特性加以论述。

一、初 乳

母牛产犊后7天以内分泌的乳称初乳。初乳带黄色而浓厚，有特殊的气味。干物质含量较高，化学成分与常乳有明显的差异。干物质中以蛋白质和盐类较高，而蛋白质中的球蛋白和白蛋白含量特高。此外，维生素A效价也特别高，但乳糖的含量反而较低。初乳加热时形成凝块，所以不能作为加工原料。

二、常 乳

母牛产犊一周以后，牛乳的成分及性质基本趋向稳定，从这以后到干奶前的牛乳称为常乳，也就是加工乳制品的原料。

三、末 乳

母牛停止泌乳前一周左右所分泌的乳称末乳或老乳。末乳中各种成分的含量，除脂肪以外均较常乳为高，而脂肪含量也随着产期的临近逐渐增高，但差别很大。末乳具有苦而微咸的味道。因乳中解脂酶增多，所以带有油脂氧化味。

四、异常乳

所谓异常乳，即其性质与常乳有所不同，但常乳与异常乳之间并无明显区别。广义地说，凡不适于饮用或用作生产乳制品的乳都称为异常乳。因此，初乳、末乳、盐类平衡不正常的乳、乳房炎乳以及混入其他物质的乳，都可以称为异常乳。狭义地说，凡是用70%

的酒精试验产生絮状凝块的乳称为异常乳（即酒精阳性乳）。这是由于检验简单易行而形成的概念。但是有的乳，酒精试验虽属阳性，却不能肯定为异常乳；而有的异常乳，酒精试验却呈阴性。所以异常乳不仅种类很多，而且变化也很复杂。但是无论哪一种异常乳，都不能作为生产优质产品的原料。为了使畜牧生产者能够较完整地掌握各种原料乳的特性，并为提供合格原料，生产优质产品打好理论基础，本部分中除详细叙述正常乳外，特在第三节中，将异常乳再进一步加以叙述。

第二节 乳的化学成分

一、牛乳成分的种类

牛乳的成分主要有：水分、蛋白质、脂肪、乳糖、无机盐类、磷脂、维生素、酶、免疫体、色素、气体以及其他的微量成分。从化学观点来看，乳是各种物质的混合物，但实际上它是一种复杂而具有胶体特性的生物化学液体（表 I—1—1）。所以也可以说，乳是一种复杂的分散系。在分散媒——水中，有以分子及离子状态分散在其中的乳糖及盐类，有呈胶体及悬胶体状态分散在其中的蛋白质，还有一部分以乳浊液及悬浊液分散在乳中的脂肪。这些分散在分散媒（水）中的成分（脂肪、蛋白、乳糖、无机盐等）都称为分散相或分散质。

表 I—1—1 各种溶液的化学性质

0.1nm	1nm	10nm	100nm	1 μ m	10 μ m	100 μ m	1mm
超显微镜领域				显微镜领域			
粒子能通过普通滤纸					粒子不能通过普通滤纸		
真溶液	胶体溶液			乳浊液及悬浊液			

乳糖及盐类即使以超显微镜也不能看到，同时也不能用过滤、静置、离心分离等方法分离出来。蛋白质也不能简单地用过滤或离心分离法把它分离出来，而可以用超离心法（每分钟20000转以上）分离，而脂肪可以用静置及离心分离等方法分离出来。

总之，乳的组成是复杂的分散系，各种成分之间互相联系也互相制约。因此必须掌握它们彼此间的规律，利用这些规律为乳品生产（乳制品的加工和乳的鉴定等）服务。例如，加工奶油或干酪时，必须破坏这种分散系，而生产鲜乳或炼乳时必须保持这种分散系。

二、牛乳中各种成分的含量

正常的牛乳各种成分的含量大致是稳定的，因此我们可以根据这一标准来辨别乳的好坏。但当受到各种因素的影响时，其含量在一定范围内有所变动，其中脂肪变动最大，蛋

白质次之，乳糖含量通常很少变化。在乳品加工方面，过去认为最重要的是脂肪，因此在收购牛乳时也往往用脂肪作标准，同时一些主要乳制品的质量标准也往往突出脂肪的含量。但牛乳的营养价值和质量的好坏，主要取决于干物质，所以有些国家在收购牛乳时也用于物质或无脂干物质作为质量标准。各国原料乳的组成如表 I—1—2。

表 I—1—2 一些国家原料乳的组成(%)

总干物质	无脂干物质	蛋白质	脂肪	乳糖	灰分	备注
11.53	8.26	2.89	3.27			1970年日本全国原料乳平均组成
12.40	9.00	3.50	3.40	4.60	0.75	德国原料乳平均组成
12.66	8.91	3.40	3.75	4.70	0.75	英国原料乳平均组成
12.10	8.60	3.25	3.50	4.60	0.75	国际上荷兰牛乳的代表性组成

三、牛乳成分的理化特性

(一) 水分 水是乳中的主要组成部分，约占87—89%。水中溶解有：有机、无机盐类和气体。水分又可以分为游离水、结合水和结晶水等。游离水占水分的绝大部分，是乳汁的分散媒，很多的理化过程及生物学过程均与游离水有关。其次是结合水，它与蛋白质、乳糖和某些盐类结合存在，无溶解其他物质的特性，但在常水结冰温度下它并不冻结。由于结合水的存在，在乳粉生产中不能得到绝对脱水的产品。因此在乳粉生产中经常保留3%左右的水分。要想除去这些水分，只有加热到150—160℃或者长时间保持在100—105℃的恒温下才能达到。但是乳粉受长时间高温处理后，乳的成分受到破坏，乳糖焦化，蛋白质变性，脂肪氧化，这样的乳粉就没有食用价值了。

(二) 乳中的气体 牛乳中存在的气体，以二氧化碳为最多，氮次之，氧最少。牛乳处理时与空气接触后，因空气中的氧气及氮气溶入牛乳中，致使氧、氮的含量增加，而二氧化碳的含量减少。

牛乳用表面冷却器（冷排）处理后，不仅可以除去牛乳中不愉快的气味（多从牛体及牛舍空气中吸收）而使牛乳的味道变好，同时使牛乳中的氮及氧的含量增多，使二氧化碳的量减少，因此使乳中可溶性的碳酸减低，而使牛乳的酸度降低（加热处理也有同样的效果，通常乳经冷却或加热后酸度可减低1°T）。

(三) 干物质 将牛乳干燥到恒重时所得的残余物叫做乳的干物质。常乳中干物质的含量为11—14%。除了随水蒸汽挥发的物质外，干物质中含有乳的全部营养成分。乳中干物质的数量随乳成分的百分含量而变，尤其是乳脂肪，在乳成分中是一个比较不稳定的成分，对干物质的数值有很大的影响，因此在实际工作中常用无脂干物质作为指标。

干物质实际上说明乳的营养价值。在生产中计算产品的生产率时都需要用干物质（或无脂干物质）这一数值。因干物质与脂肪含量和比重之间有一定的关系，所以只要知道比重和脂肪含量就可以计算出干物质的近似值。关于干物质的计算方法很多，下面举一个比较

简单的例子:

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

式中: T——干物质%

F——脂肪%

L——牛乳比重计的读数

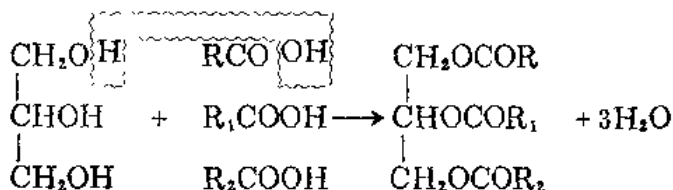
K——系数(根据各地条件、试验所得)

1. 乳脂肪: 牛乳的脂肪以微细的球状成乳浊液分散在乳中, 是牛乳中重要的成分之一。乳脂肪不仅对牛乳的风味有关, 同时也是稀奶油、奶油、全脂乳粉及干酪等的主要成分。牛乳中的脂肪含量随乳牛的品种及其他条件而异, 一般在3—5%之间。

牛乳脂肪球的直径, 通常为0.1—10 μ m (微米), 平均3 μ m (1 μ m = $\frac{1}{1000}$ mm), 其数量为每毫升中20亿—40亿。脂肪球的大小随乳牛的品种、泌乳期、饲料及健康状况等而异。一般地说, 脂肪含量高的品种要比脂肪含量低的品种脂肪球大。随着泌乳期的延续, 脂肪球变小。脂肪球的大小对牛乳的加工处理有重要关系。凡是脂肪球大的牛乳, 脂肪容易分离, 奶油搅拌时也容易形成奶油粒。

(1) 乳脂肪的组成: 乳脂肪以中性脂肪形态存在于乳中, 其中溶有磷脂、固醇、色素及脂溶性维生素等。

乳脂肪是由一个甘油分子与三个脂肪酸(相同或不同的)所组成的甘油酯的混合物, 其中最主要的为甘油三酸酯:



乳脂肪与其他动植物脂肪不同, 乳脂肪中含有20种左右的脂肪酸, 而其他动植物油脂中只含有5—7种脂肪酸。乳脂肪中含低级(碳14个以下的)挥发性脂肪酸达14%左右, 其中水溶性挥发性脂肪酸如, 丁酸、己酸、辛酸等即达8%左右, 而其他油脂中不过1%。由于这些脂肪酸在室温下呈液态, 易挥发, 因此使乳脂肪具有特殊的香味和柔软的质体, 但也容易受光线、热、氧、金属(尤其是铜)等的作用使脂肪氧化而产生脂肪氧化味。

乳脂肪中由于存在低级脂肪酸, 且因其中含有酪酸, 故稍行分解即产生酪酸(丁酸)特有的带刺激性的味道, 也就是所谓脂肪分解味。乳脂肪的分解主要由于乳中解脂酶的作用所引起。

乳脂肪的这些变化, 在鲜乳中问题并不太大。但在乳制品的保存中经常发生。例如, 在奶油中往往产生脂肪分解味, 而在全脂乳粉中经常发生脂肪氧化味。

(2) 乳脂肪的理化特性: 乳脂不溶于水, 稍溶于酒精。但能溶于热酒精中, 易溶于乙醚、丙酮及二硫化碳中。

脂肪的性质，可按各种理化指标来区别，乳脂肪的各种指标如表 I—1—3 所示。

表 I—1—3 乳脂肪的理化指标

比重(D ₄ ¹⁶)	0.935—0.943	水溶性挥发性脂肪酸值	21—36大约27
融点(℃)	28.4—33.3	波连斯克值	1.3—3.5
凝固点(℃)	19—24.5	盖尼尔值	86.5—89.8
折射率(n _D ²⁰)	1.459—1.462	酸价	0.4—3.5
皂化价	218—255大约226	酯酸价	16—24大约20
碘价	21—36大约30		

乳脂肪理化指标的特征为：水溶性挥发性脂肪酸数高，碘价低。这就充分显示出，比其他脂肪的挥发性脂肪酸多和不饱和脂肪酸少。此外，由于低级脂肪酸多，因此皂化价比一般脂肪高。

2. 磷脂类及甾醇：

(1) 磷脂类：按其化学成分来看，很接近脂肪。由甘油、脂肪酸、磷酸和含氮物组成，在乳中平均含0.072—0.086%。乳中含有三种磷脂，即卵磷脂、脑磷脂和神经磷脂，对乳意义最大的为卵磷脂（乳中含0.036—0.049%），它是构成脂肪球膜蛋白质络合物的主要成分。在球膜中，卵磷脂在膜的内层（方向朝向脂肪），而膜的外层是有强亲水基的蛋白质（方向朝向水）。膜的外面还吸附着白蛋白、球蛋白和酪蛋白。脂肪球在乳中所以呈乳浊状而不互相结合的原因，就是因为在其周围存有磷脂蛋白质膜。这种膜能使乳和乳制品中的脂肪乳浊液趋于稳定。只有在化学作用（强酸、强碱）或机械搅拌作用下，脂肪球的蛋白质膜才被破坏，当膜破坏后脂肪球才能相互结合在一起。脂肪球的这种特性，在乳品加工生产上有很重要的作用。

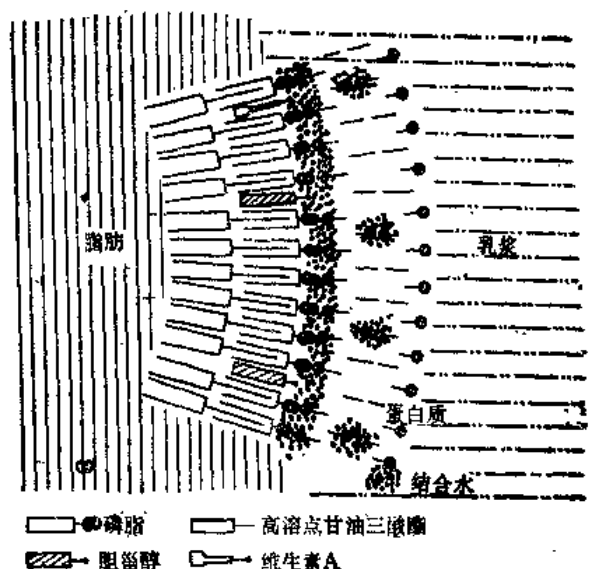


图 I—1—1 脂肪球膜的构造示意图

牛乳经分离机分离后，磷脂的大部分进入稀奶油中。将稀奶油搅拌制造奶油时则磷脂与脂肪球分离，大部留在酪乳中。

磷脂类在动物机体的生理上具有重要意义，在磷的代谢方面起着重要作用。

磷脂类容易氧化而产生特殊的气味，故与牛乳及奶油的风味具有密切关系。

(2) 甾醇：乳中含有少量的甾醇类，以游离状态存在，其中主要为胆固醇(C₂₇H₄₆O)。乳中胆固醇的含量为0.01%左右，占乳脂肪含量的0.3—0.4%。

3.乳糖：乳糖是哺乳动物乳腺特有的产物，在动物的其他器官中不存在。乳糖是一种双糖，水解后生成葡萄糖和半乳糖。牛乳中约含4.5%，占干物质的38—39%。

乳糖的甜味约为蔗糖甜度的1/6左右。乳糖在水中的溶解度比蔗糖差，可分为 α 乳糖和 β 乳糖两类，其中 α 乳糖又可以与一分子水结合成为 α 乳糖水合物，所以实际上乳糖可以分为三种，即： α 乳糖水合物（即普通乳糖， $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ ）、 α 乳糖无水物和 β 乳糖。

当用水溶解乳糖时（ α 乳糖水合物），一部分 α 型变成 β 型。因此，乳糖的水溶液中， α 型和 β 型呈一定的比例存在， α 型和 β 型在溶液中存在的数量，随溶解的温度而异。兹将不同温度下乳糖的饱和浓度（最终浓度）和在此浓度下 α 型和 β 型乳糖的比例列入表 I—1—4。

表 I—1—4 不同温度下乳糖溶液中 α 型和 β 型的溶解数量和比例

温 度 (°C)	最终溶解度 (%)	α 型与 β 型的溶解数量(%)		α 型与 β 型的比例 α 型 : β 型
		α 型	β 型	
0	10.6	37.7	62.3	1 : 1.65
10	13.1	38.2	61.8	1 : 1.62
20	16.1	38.6	61.4	1 : 1.59
30	19.1	38.9	61.1	1 : 1.57
40	24.6	39.4	60.6	1 : 1.54
50	30.4	39.8	60.2	1 : 1.51
60	37.0	40.3	59.7	1 : 1.48
70	43.9	40.8	59.2	1 : 1.45
80	51.0	41.2	58.8	1 : 1.43
90	59.0	41.7	58.3	1 : 1.40
100	61.2	42.9	57.1	1 : 1.33

乳糖溶解在水中时有两种溶解度，表 I—1—4 所示是最终溶解度，还有一种称最初溶解度，这是乳糖的特性之一。由于 α 乳糖较难溶于水，所以开始时溶解度较低，当 α 乳糖溶解于水中以后徐徐变成 β 型，因 β 型乳糖较 α 型易溶于水，所以乳糖的最初溶解度并不稳定，而是逐渐增加，直至 α 型与 β 型平衡为止。兹将乳糖的最初溶解度和最终溶解度如表 I—1—5。

表 I—1—5 乳糖的最初溶解度和最终溶解度

温 度	100ml 水中的乳糖量 (g)	
	最初溶解度	最终溶解度
0°C	5.0	11.9
15°C	7.3	16.9
25°C	8.9	21.6
39°C	12.4	31.5
49°C	17.6	42.4
64°C	26.6	65.8
74°C	35.1	86.2
89°C	58.7	139.2

表 I—1—5 所示最初溶解度为 α 型的溶解度，而最终溶解度为 α 型与 β 型在平衡状态下的溶解度。

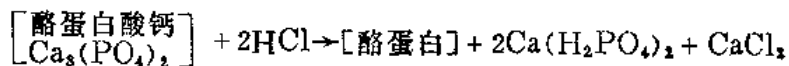
在制造甜炼乳时，乳糖大部分呈结晶状态存在，结晶的大小与成品的品质有密切关系，而乳糖结晶的大小需根据乳糖的溶解度和温度的关系来控制。

4. 乳蛋白质：牛乳中含有三种主要的蛋白质，其中酪蛋白的含量最多，约占总蛋白量 (2.7—3.7%) 的 83%，乳白蛋白占 13% 左右，而乳球蛋白和少量的脂肪球膜蛋白约占 4% 左右，其种类如表 I—1—6。乳蛋白质中含有营养所必需的各种氨基酸，是一种全价蛋白质。在乳品生产技术中，乳蛋白质的性质对于牛乳的处理、浓缩或乳粉制造等都有很重要的意义。

表 I—1—6 牛乳蛋白质的种类

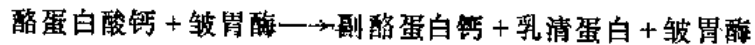
传统分类法	新的分类法	比率 (%)	等电点
酪蛋白	α 酪蛋白	45—55	4.1
	κ 酪蛋白	8—15	4.1
	β 酪蛋白	25—35	4.5
	γ 酪蛋白	3—7	5.8—6.0
乳白蛋白	α 乳白蛋白	2—5	5.1
	血清白蛋白	0.7—1.3	4.7
	β 乳球蛋白	7—12	5.3
乳球蛋白	免疫性球蛋白		

(1) 酪蛋白：酪蛋白在新鲜的牛乳中与钙结合形成酪蛋白酸钙和磷酸三钙的复合体存在，微粒直径为 20—200nm，可用弱酸或皱胃酶（凝乳酶）使其凝固。两种凝固的化学本质不同，生成物也不同。酸凝固的变化可用盐酸为例表示如下：



在加酸凝固时，酸只和酪蛋白酸钙、磷酸钙起作用，所以除了酪蛋白外，白蛋白、球蛋白都不起作用。在制造工业用于酪素时往往用盐酸作凝固剂，如加酸不足则钙没有被完全分离，于是在酪蛋白中还包含一部分钙盐。硫酸也能沉淀乳中的酪蛋白，但由于硫酸钙不能溶解，因此有使灰分增多的缺点。

皱胃酶的凝固作用与酸凝固作用不同，可表示如下：



酪蛋白的凝固特性也就是由溶胶变成凝胶的变化，在生产上有很重要的意义。在干酪、酸乳制品、工业用于酪素和食用干酪素的生产中即根据这种特性。

乳中的酪蛋白又可分为 α 、 β 、 γ 和 κ 四种类型。这些酪蛋白的含磷量各不相同，其中 α 酪蛋白约含磷 1% 左右， β 型约含 0.6%， γ 型约含 0.11%。因此，占酪蛋白总量 80% 左右的 α 酪蛋白和 β 酪蛋白，在皱胃酶作用下，完全凝固变成凝块。此外对钙的作用也不同，当乳中有钙离子存在时， α 和 β 酪蛋白很容易凝固，而 κ 酪蛋白必须要在高浓度的钙离子存

在下才能凝固，故 κ 酪蛋白具有稳定钙离子、保护胶体系的作用。

酪蛋白和其他所有蛋白质一样，在蛋白酶作用下分解成肽、胺、氨基酸。在干酪成熟时发生这种变化，因此使干酪产生特有的滋味和香味。

(2) 乳白蛋白：乳白蛋白与酪蛋白不同，它的组成中不含磷，并溶于水中。在酸或皱胃酶的作用下不沉淀。可以根据这种特性来区分乳白蛋白和酪蛋白。

水溶性的乳白蛋白，加热到70℃以上时变性而产生沉淀。乳白蛋白也是全价蛋白质，并易于消化，因此在生理上有重要的意义。初乳中乳白蛋白的含量达10—12%，而常乳中仅含0.5%左右。

(3) 乳球蛋白：乳中乳球蛋白的含量约为0.1%，而初乳中为2—15%。在乳中也处于溶解于水的状态。在酸性反应的条件下加热至75℃时乳球蛋白即行沉淀。乳球蛋白又可分为真性和假性两种，这两种乳球蛋白与乳的免疫性有关，也就是具有抗原的作用，所以也称免疫性球蛋白。

乳白蛋白和乳球蛋白都分散于乳清中，所以也称为乳清蛋白。

5. 乳中的酶：乳中存在各种酶。乳中酶的来源有两种，一种由乳腺所分泌，一种是落入乳中的微生物繁殖时所产生的。乳中含有过氧化物酶、还原酶、解脂酶、乳糖酶等。其中在乳品生产上关系比较大的有下述几种：

(1) 过氧化物酶：过氧化物酶有将过氧化物的氧转移到不易氧化物质上的作用。主要来自白细胞成分，是乳中原有的酶，其数量与细菌无关。这种酶在加热到80℃时即被破坏，72℃加热半小时也发生同样情况。因此，可以利用乳中是否存在过氧化物酶来测定乳的加热程度。

(2) 解脂酶：将脂肪分解为甘油及脂肪酸的酶称为解脂酶。由乳腺进入乳中的解脂酶数量不大，微生物是解脂酶的主要来源。解脂酶是使乳制品中脂肪分解而产生焦臭味的主要原因。例如，奶油被污染时即出现解脂酶的作用，使奶油带有焦臭味并使脂肪变苦。

由于解脂酶对温度的抵抗力比较强，所以制造奶油时，需在不低于80—85℃的温度下进行稀奶油的杀菌。

6. 维生素：乳中含有对人们营养所必需的各种维生素。

(1) 维生素A：乳中维生素A的含量决定于饲料中胡萝卜素的含量。进入动物体的胡萝卜素由于胡萝卜素酶的作用分解成为维生素A。因此，乳牛饲料中胡萝卜素越多则乳中的维生素A也越多。乳中除含维生素A外，还有一部分胡萝卜素也进入乳中，而维生素A的数量较胡萝卜素多两倍。乳中胡萝卜素的含量随饲料中的胡萝卜素量而变化。乳脂肪1g中约含胡萝卜素2.6—15.2 μ g，平均6.4 μ g。

(2) 维生素D：在化学上与甾醇有密切关系，甾醇在紫外线照射的作用下，可以转变成维生素D。1升牛乳中维生素D的平均含量是0.2 γ 。用紫外线照射(30—60秒)后的牛乳中维生素D的效力可以增加20—25倍，但此法还存在一定的缺点，即经照射后的牛乳产生一种不快的风味，同时对紫外线抵抗力弱的B₁、B₂、C等维生素部分被破坏。