



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

[高职教材]

乳与乳制品加工技术

李凤林 兰文峰 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳与乳制品加工技术/李凤林, 兰文峰主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2010. 8
高等职业教育教材
ISBN 978-7-5019-7667-6

I. ①乳… II. ①李…②兰… III. ①鲜乳-食品加工-高等学校: 技术学校-教材②乳制品-食品加工-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 100809 号

责任编辑: 张 靓	责任终审: 劳国强	封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕	责任校对: 杨 琳	责任监印: 马金路

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: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 20

字 数: 393 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7667-6 定价: 34.00 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

090285J2X101ZBW

本书编写人员

主 编：李凤林 兰文峰

副主编：邬应龙 李晓红 刘晓丹 花旭斌

编 者：巩发永 李 静 满丽莉 范文忠 吴 斌 吕红英
黄聪亮 李应华

前 言

乳是一种营养丰富的食物,它含有蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和微量元素等 100 多种营养成分,包含了人体生长发育和保持健康的几乎全部营养成分,被称为“最接近完善的食品”。

人均乳制品消费量是衡量一个国家人民生活水平的主要指标之一。世界上许多国家都对乳制品消费给予高度重视,并加以引导和鼓励。在我国,随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,乳制品逐渐成为人们生活必需的食品。乳品工业是我国改革开放以来增长最快的重要产业之一,也是推动第一、二、三产业协调发展的重要战略产业。目前,根据乳品市场的发展和需要,全国各高等院校纷纷开设了乳品相关课程,培养具有专业技能的人员,以适应企业的需要。在这种形势下,为适应 21 世纪高职高专人才培养目标的需求,我们编写了这本教材。

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,其目标是培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高技术应用型的高素质、高技能人才。本书是根据我国高校食品专业的教学特点,结合高职高专教学的实际情况进行编写的。在编写过程中注重思路上的突破和创新,以能力培养为本位,以实际生产过程为主线,体现学生职业综合能力的培养、专业技术能力的培养和发展需求的理念。

全书共分十四章。第一章到第四章为乳品工艺基础知识部分,分别介绍了乳的组成及分类、乳的理化性质、乳中微生物、原料乳的质量保障及初步处理;第五章到第十二章分别就液态乳、酸乳及酸乳制品、炼乳、乳粉、奶油、干酪、冷冻饮品及其他乳制品进行了介绍;第十三章介绍了乳制品质量管理及 HACCP 质量管理体系在乳品生产中的应用;第十四章是实训指导。本书既可作为高职高专食品专业教材,又可作为食品专业成人教育教材;此外,对乳品科技工作者亦有重要的参考价值。

本书第一、二、七章主要由李凤林编写;第六、九、十一章主要由兰文峰编写;第三、四章主要由花旭斌编写;第五、十章主要由邬应龙编写;第八、十三章主要由李晓红编写;第十二、十四章主要由刘晓丹编写。此外,巩发永、李静、满丽莉、范文忠、吴斌、吕红英、黄聪亮、李应华等也参与了本书部分章节的编写工作,全书由李凤林、兰文峰统稿。

在本书编写过程中,参考了国内外许多作者的著作和文章,在此表示衷心的感谢。

由于编写人员的水平和经验有限,书中难免有错误之处,敬请同行、专家和广大读者指正。

目 录

第一章 乳的组成及分类	1
本章学习目的与要求	1
第一节 乳的组成	1
一、乳中的水分	1
二、乳中的气体	2
三、乳中的干物质	2
四、影响乳成分的因素	3
第二节 乳的分散体系	5
一、真溶液	6
二、高分子溶液	6
三、胶体悬浮液	6
四、乳浊液	6
第三节 乳及异常乳的分类	6
一、生理异常乳	6
二、化学异常乳	7
三、微生物污染乳	9
四、病理异常乳	9
思考题	10
第二章 乳的理化性质	11
本章学习目的与要求	11
第一节 乳的物理性质	11
一、乳的色泽	11
二、乳的滋味和气味	11
三、乳的密度与相对密度	12
四、乳的酸度与 pH	13
五、乳的电学性质	14
六、乳的热学性质	14
七、乳的黏度与表面张力	15
第二节 乳中主要成分的化学性质	16
一、乳脂质	16
二、乳蛋白质	20

三、乳中的碳水化合物	25
四、乳中的无机成分	27
五、乳中的维生素	28
六、乳中的酶类	29
七、乳中的其他成分	31
第三节 加工处理对乳理化性质的影响	31
一、冷热处理的意义	31
二、乳的热杀菌、灭菌方法	32
三、加热对乳的影响	33
四、冷冻对乳的影响	35
思考题	36
第三章 乳中微生物	38
本章学习目的与要求	38
第一节 乳中微生物的种类及来源	39
一、细菌	39
二、酵母和霉菌	44
三、噬菌体	45
四、乳中微生物的来源	45
第二节 乳中微生物的性状	46
一、刚榨出鲜乳的微生物性状	46
二、混合乳的微生物性状	46
三、鲜乳保存期间细菌的变化	47
第三节 微生物在乳品工业中的应用	49
一、微生物在乳品中的发酵类型及其应用	49
二、微生物的蛋白质水解与脂肪水解特性及其应用	50
三、微生物酶及其应用	51
四、微生物抑菌物质的产生及其应用	52
思考题	52
第四章 原料乳的质量保障及初步处理	53
本章学习目的与要求	53
第一节 原料乳的质量保障	53
一、原料乳的质量标准	53
二、原料乳的验收	54
三、原料乳的计价	57
第二节 原料乳的初步处理	57
一、原料乳的过滤与净化	57

二、原料乳的冷却	58
三、原料乳的贮存	60
四、原料乳的运输	60
思考题	61
第五章 液态乳	62
本章学习目的与要求	62
第一节 液态乳概述	62
一、液态乳的概念	62
二、液态乳的分类	62
第二节 巴氏杀菌乳	63
一、巴氏杀菌乳的概念及分类	63
二、巴氏杀菌乳的生产工艺	64
第三节 灭菌乳	73
一、灭菌乳的概念及分类	73
二、超高温灭菌乳的生产工艺	73
三、保持灭菌乳的生产工艺	79
第四节 再制乳	80
一、再制乳的生产原料	80
二、再制乳的加工方法	82
三、再制乳的生产工艺	83
第五节 含乳饮料	85
一、中性含乳饮料的生产工艺	86
二、配制型酸性含乳饮料的生产工艺	88
思考题	89
第六章 酸乳及酸乳制品	90
本章学习目的与要求	90
第一节 酸乳及酸乳制品概述	90
一、酸乳及酸乳制品的概念	90
二、酸乳及酸乳制品的发展	91
三、酸乳及酸乳制品的保健作用	91
第二节 发酵剂的选择及制备	93
一、发酵剂的种类及作用	93
二、发酵剂的选择	94
三、发酵剂的调制	96
四、发酵剂的贮藏及质量控制	99
五、典型发酵剂制作工艺	101

六、直投式酸乳发酵剂	102
第三节 酸乳	103
一、酸乳的分类	103
二、凝固型酸乳的生产工艺	104
三、搅拌型酸乳的生产工艺	108
四、酸乳的质量缺陷	111
第四节 开菲尔乳	113
一、开菲尔乳的营养功效	113
二、开菲尔粒的菌相	113
三、开菲尔乳的生产工艺	114
第五节 乳酸菌饮料	116
一、乳酸菌饮料的概念及分类	116
二、乳酸菌饮料的生产工艺	117
三、乳酸菌饮料的质量控制	119
第六节 发酵酪乳	120
一、发酵剂的菌种及制备	121
二、发酵酪乳的生产工艺	122
思考题	122
第七章 炼乳	124
本章学习目的与要求	124
第一节 甜炼乳	125
一、甜炼乳的生产工艺	125
二、甜炼乳的质量缺陷	133
第二节 淡炼乳	136
一、淡炼乳的生产工艺	137
二、淡炼乳的质量缺陷	140
思考题	142
第八章 乳粉	143
本章学习目的与要求	143
第一节 乳粉概述	143
一、乳粉的分类	143
二、乳粉的化学成分	144
三、乳粉的生产方法	145
第二节 全脂乳粉	146
一、全脂乳粉的生产工艺	146
二、乳粉的理化性质	157

三、乳粉的质量缺陷	159
第三节 脱脂乳粉	162
第四节 速溶乳粉	163
一、速溶乳粉的特点	164
二、速溶乳粉的生产工艺	164
三、影响乳粉速溶的因素	168
第五节 配制乳粉	168
一、婴儿配方乳粉的调制原则	168
二、婴儿配方乳粉的生产工艺	170
三、婴儿乳粉的配方及营养成分	171
思考题	172
第九章 奶油	173
本章学习目的与要求	173
第一节 乳的分离	173
一、乳分离的原理	173
二、乳分离的设备	174
三、影响乳分离的因素	177
第二节 奶油的概述	178
一、奶油的分类	178
二、奶油的组成	179
三、奶油的性质	179
第三节 奶油加工	181
一、奶油的生产工艺	181
二、典型发酵奶油加工生产线	190
三、奶油的连续化生产	191
四、奶油的质量缺陷	192
第四节 无水乳脂加工	193
一、无水乳脂的分类及特性	193
二、无水乳脂的生产原理及工艺流程	194
三、用稀奶油生产无水乳脂	195
四、用奶油生产无水乳脂	196
思考题	198
第十章 干酪	199
本章学习目的与要求	199
第一节 干酪的概述	199
一、干酪的概念及历史	199

二、干酪的分类	200
三、干酪的成分和营养价值	201
第二节 干酪发酵剂与凝乳酶	203
一、干酪发酵剂	203
二、凝乳酶	204
第三节 天然干酪	207
一、天然干酪的生产工艺	207
二、干酪的质量缺陷	216
第四节 融化干酪	217
一、融化干酪的特点	217
二、融化干酪的生产工艺	217
三、融化干酪的质量缺陷	219
思考题	220
第十一章 冷冻饮品	221
本章学习目的与要求	221
第一节 冰淇淋	221
一、冰淇淋的概念及分类	221
二、冰淇淋原辅料及其作用	222
三、普通冰淇淋的生产工艺	224
四、冰淇淋的质量缺陷	231
第二节 雪糕及冰棍	233
一、原辅料的预处理	234
二、雪糕及冰棍的生产工艺及配方	235
第三节 雪泥	237
一、雪泥的分类	237
二、雪泥的生产工艺及配方	238
思考题	239
第十二章 其他乳制品	240
本章学习目的与要求	240
第一节 干酪素	240
一、干酪素的生产原理	240
二、干酪素的生产工艺	240
三、干酪素的用途	243
第二节 乳清粉和乳清蛋白制品	243
一、乳清粉	244
二、乳清蛋白制品	246

第三节 乳糖和奶片	247
一、乳糖的生产工艺	247
二、奶片的生产工艺	248
第四节 初乳制品	249
一、初乳的营养成分和功能性组分	250
二、初乳粉的生产工艺	252
思考题	253
第十三章 乳制品质量管理及 HACCP 质量管理体系在乳品生产中的应用	255
本章学习目的与要求	255
第一节 良好生产规范	255
一、良好生产规范的类别	255
二、乳制品良好生产规范的主要内容	256
第二节 HACCP 质量管理体系在乳品生产中的应用	260
一、HACCP 的特点	260
二、HACCP 基本原理	261
三、推行 HACCP 计划的基础条件	262
四、乳制品生产企业 HACCP 体系的建立及运行	263
思考题	267
第十四章 实训指导	268
实训一 乳与乳制品中脂肪含量的测定	268
一、盖勃法	268
二、巴布考克法	269
三、哥特里-罗兹法	270
实训二 牛乳新鲜度的测定	271
一、乳的感官检验	271
二、酒精试验	272
三、煮沸试验	273
四、美蓝(还原酶)试验	273
五、刃天青(利色唑林)试验	274
六、酸碱滴定法	275
实训三 常见的生鲜牛乳掺入异物的检验	276
一、碱性物质的检验	277
二、掺水检验	278
三、掺淀粉的检验	280
四、蔗糖的检验(二苯胺显色法)	281

五、尿素的检验	281
六、豆浆的检验	282
七、掺盐的检验	282
八、铵肥的检验	283
九、甲醛的检验	283
十、三聚氰胺的检验（高效液相色谱法）	283
实训四 酸乳及乳酸菌饮料的制作	286
一、凝固型酸乳的制作	286
二、搅拌型酸乳的制作	288
三、乳酸菌饮料的制作	289
实训五 甜性奶油与干酪的制作	290
一、甜性奶油的制作	290
二、干酪的制作	292
实训六 冰淇淋与雪糕制作	294
一、冰淇淋的制作	294
二、膨化雪糕的制作	296
参考文献	298

第一章 乳的组成及分类

【本章学习目的与要求】

- 掌握乳的组成成分；了解影响乳成分的因素。
- 掌握乳分散体系的构成。
- 掌握异常乳的种类及相关概念。

乳是哺乳动物产仔后由乳腺分泌的一种具有胶体特性、均匀的生物学液体，其色泽呈白色或略带微黄色，不透明，味微甜并具特有香气。它含有幼仔（羔）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吸收的全价食物。

第一节 乳 的 组 成

乳的成分十分复杂，乳中的化学成分超过 100 种，但主要是由水、脂肪、蛋白质、乳糖、盐类、维生素、酶类等组成。牛乳的成分组成一般是稳定的，它含有 87.5% ~ 88.5% 的水分和 11.5% ~ 12.5% 的干物质。受乳牛的品种、个体差异、泌乳期、年龄、营养水平、季节、健康状况的影响，牛乳干物质中的成分有所差异，其中变化最大的是脂肪，其次是蛋白质，而乳糖、灰分的含量相对比较稳定。牛乳所含的主要成分如下：

牛乳						
水分		干物质			气体	
88%(87.5%~88.5%)		12%(11.5%~12.5%)			50~56mL/L	
乳脂肪	含氮物	酶	乳糖	维生素	灰分	柠檬酸
3.8%(3.5%~4.5%)	3.2%(3.0%~3.5%)		4.6%(3.6%~5.5%)		0.7%(0.3%~1.2%)	0.18%(0.07%~0.40%)

一、乳中的水分

水是乳的主要成分之一，一般含 87.5% ~ 88.5%。在水中呈溶解状态存在的有一些有机物和无机盐类。由于有作为分散介质水的存在，才使乳汁得以构成均匀而稳定的流体。乳中水分可分为以下三种：

(一) 游离水

游离水占牛乳中水分含量的绝大部分，它是乳汁中各种营养成分的分散介质。许多理化过程和生物学过程均与游离水有关。

(二) 结合水

结合水是和牛乳中蛋白质、乳糖以及某些盐类结合存在。不具溶解其他物质的作用。结合水的显著特点是，当一般水达到冰点即冻结，但乳中的结合水并不发生冻结。由于乳中存在着结合水，所以乳粉生产中是无法得到绝干产品的。要想除掉结合水，只有加热到 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 或长时间保持在 $100 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 的恒温下才能实现。

(三) 结晶水

结晶水是作为分子组成成分按一定数量比例与乳中物质结合起来的一种水分，这种结合最为稳定。当生产乳粉、炼乳以及乳糖等产品而使乳糖结晶时，我们就可以发现含结晶水的乳制品。例如： $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 即普通含水结晶乳糖，常温下稳定。

二、乳中的气体

乳中含有气体，其中以二氧化碳为最多，氮气次之，氧气的含量最少。据测定，牛乳刚挤出时每升含有 $50 \sim 56\text{mL}$ 的气体（其中二氧化碳占 $30 \sim 60\text{mL}$ ；氧气只有 $2 \sim 7\text{mL}$ ；氮为 $11 \sim 20\text{mL}$ ）。

乳在加工过程中，所含的气体是有增减的，其中二氧化碳因逸散含量减少，同时使乳的酸度有所降低，通常乳经冷却或加热后酸度约可降低 1°T 。氮和氧两种气体因乳与大气接触反而增加。由于含氧量增加，容易导致乳中维生素和脂肪发生氧化。防止办法是将乳在密闭管路或容器中加工处理，切忌在敞口容器中加热。

三、乳中的干物质

将牛乳干燥到恒重时所得到的残余物叫乳的干物质。常乳中含有 $11.5\% \sim 12.5\%$ 的干物质，干物质几乎包含了乳的全部营养，是衡量乳成分的主要因素。其中乳脂肪是一个比较不稳定的成分，对干物质的数值有很大的影响，因此实际工作中常以无脂干物质（或称为非脂乳固体）作为常用指标。所谓无脂干物质是除乳脂肪以外的干物质（或总固形物）。

干物质实际上说明乳的营养价值，在生产中计算制品的生产率时，都需要用干物质（或无脂干物质）这一数值。根据弗莱希曼（Fleschmann）的报告，乳的相对密度、含脂率和干物质含量之间存在着一定的对比关系。根据这三个数值之间的关系，即可计算出干物质和无脂干物质的含量。关于干物质的计算方法很多，下面是一个比较简单的计算公式：

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

式中 T ——干物质, %

F ——脂肪, %

L ——牛乳比重计读数

K ——系数 (根据各地试验求得, 我国原轻工业部标准规定为 0.14)

无脂干物质 (SNF) 可以根据计算出来的干物质数量减去脂肪重量求得。在乳制品生产进行标准化时, 常常利用这个数值。

四、影响乳成分的因素

乳的组成, 当受到乳牛品种、年龄、饲料、季节、气温、疾病、泌乳期等因素影响时, 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。

(一) 乳牛品种与年龄的影响

乳牛品种具有遗传性, 以保持其生产性能的稳定性。但品种不同其乳成分也不尽相同。主要乳牛品种乳的组成见表 1-1。从表中可以看到脂肪含量差别最为突出, 其中以更赛牛、娟姗牛乳脂率最高, 荷兰牛最低。

表 1-1

主要乳牛品种乳的组成成分

单位: %

品种	水分	干物质	脂肪	蛋白质	乳糖	灰分
荷兰牛	87.72	12.28	3.41	3.32	4.87	0.68
短角牛	87.43	12.57	3.63	3.32	4.89	0.73
瑞士褐牛	86.67	13.13	3.85	3.48	5.08	0.72
爱尔夏牛	86.97	13.03	4.03	3.51	4.81	0.68
娟姗牛	85.47	14.53	5.05	3.78	5.00	0.70
更赛牛	84.35	14.65	5.05	3.90	4.96	0.74

乳牛产乳量受年龄与胎次的影响较大, 可相差 15% ~ 20%, 一般荷兰牛 6 ~ 7 岁达到产乳量最高峰, 成年乳牛产乳量要比 2 岁的青年乳牛多产乳 20%。而乳成分与此相反, 其中乳脂率与无脂干物质、乳干物质随着年龄、胎次的增长而略有下降。

(二) 挤乳的影响

乳牛通常每天挤乳 2 次, 若每天挤乳 3 次, 则产乳量增加 10% ~ 25%; 若每天挤乳 4 次, 能刺激产乳量再增加 5% ~ 15%。每次挤乳时, 最初挤出的乳中含脂率 (1% ~ 2%) 比最后挤出的乳中含脂率 (7% ~ 9%) 少得多。另外, 早晨挤的乳稀, 晚上挤的乳稠。

每天以 10h 与 14h 的间隔挤乳 2 次的乳牛, 比 12h 的间隔挤乳的乳牛少产乳

1%；在全泌乳期每次挤乳 4min 的牛比每次挤乳 8min 的牛产乳量少，特别是在泌乳期，每次挤乳 4min 则挤乳不完全，而每次挤乳 8min 又稍过度。通常大多数乳牛的挤乳时间为 5~6min 可得到最大的泌乳量。

（三）饲养的影响

正常的饲养管理不仅能提高产乳量，而且可以增加乳中的干物质含量。饲料中蛋白质含量不足时，不但会引起产乳量下降，而且会导致乳中蛋白质含量降低。饲料对乳脂肪及其性质有显著影响。优良的干草可以提高乳脂率，大量饲喂新鲜牧草，则乳脂肪比较柔软，制成的奶油熔点低；若喂以棉籽饼时，可以生成熔点很高的橡皮状奶油，多喂不饱和脂肪酸丰富的饲料时，则乳脂肪中的不饱和脂肪酸含量增加；饲料中维生素含量不足时，不但使产乳量降低，而且使乳中维生素含量减少。经常受日光照射及放牧的乳牛，乳中维生素含量较高。饲料中无机物不足时，不但减少产乳量，而且消耗体内贮存的无机盐。

（四）季节与气温的影响

从季节上看，乳脂肪含量在晚秋时最高，初夏最低；而无脂干物质在 3~4 月和 7~8 月最低，分析其原因与饲料供给有关。

在 4~21℃ 条件下，产乳量与乳的成分组成不发生任何变化，当温度达到 27℃ 时，产乳量与脂肪含量均有下降，而温度超过 27℃ 时，乳量减少更加明显，这时脂肪含量有所增加，但无脂干物质通常要降低。这种变化主要是乳牛在高温下食欲减退，体温升高，出现种种生理障碍所致。荷兰牛在高温条件下比娟姗牛易引起乳量减少。

（五）泌乳期的影响

乳牛自分娩后产乳起直至泌乳终止，这中间称为泌乳期，通常为 250~300d。初乳是指乳牛产犊后前几天分泌的乳汁，呈黄褐色或红褐色，有异常的气味或苦味，黏度大。初乳组成与常乳差异极大，干物质含量较高，脂肪和蛋白质特别是乳清蛋白含量多，乳糖含量少，灰分特别是钠及氯离子的含量多。初乳含有初生牛犊所必需的免疫球蛋白，在第一次所挤的初乳中，免疫球蛋白平均可达 7%；随着泌乳期延长，含量逐渐减少，相应地乳糖含量上升而转为常乳含量。乳牛产犊后的头几天，每次所挤之乳其组成变化也非常大（图 1-1）。

（六）疾病的影响

患乳房炎、酮体病、产乳热、低镁血症，以及代谢型酸乳症等疾病时，影响乳的质量。

乳房炎是影响乳质量的最常见的因素。患有乳房炎疾病时，除产乳量显著下降外，无脂干物质也要降低。通常，乳房炎乳的钠、氯、非酪蛋白态氮、过氧化氢、白细胞数、pH 等均比正常乳增加，而钙、磷、镁、铁、乳糖、脂肪、酸度

均有减少，各种维生素含量也有很大变化。上述这些变化都起因于细菌侵入乳房，从而引起乳腺细胞透过性增加，乳汁生成机能减退所致。

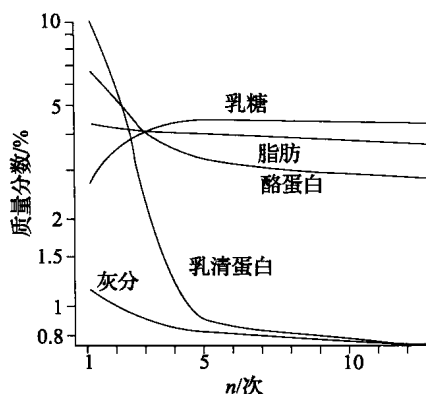


图 1-1 乳牛产犊后初乳成分的变化 (n = 产犊后挤乳次数)

第二节 乳的分散体系

乳中各种物质相互混合组成分散体系，其中分散剂是水，分散质有乳糖、蛋白质、脂肪等。在分散系中通常都以分散质粒子的大小来进行物理化学的分类，由于乳汁分散质种类繁多，分散度差异甚大，所以乳并不是简单的分散体系，而是呈多种分散状态，包含真溶液、高分子溶液、胶体悬浮液、乳浊液及其过渡状态的复杂分散体系（图 1-2）。由于乳中包含着这种分散体系，所以乳作为具有胶体特性的多级分散体系，而被列为胶体化学的研究对象。

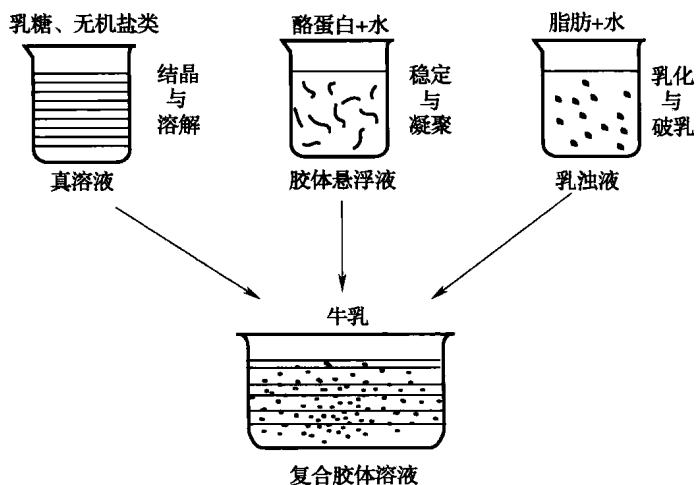


图 1-2 牛乳的分散体系