



普通高等教育“十二五”规划教材
高职高专食品类专业教材系列

乳品生产应用技术

庞彩霞 姜旭德 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
高职高专食品类专业教材系列

乳品生产应用技术

主 编 庞彩霞 姜旭德
副主编 王锡香 吴 威 邓鸿铃

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书根据乳品企业典型工作任务所要求掌握的基本技能,结合国家职业资格证书“乳品预处理工”、“乳品检验工”、“乳品加工工”等考证内容,并对乳品安全生产“良好生产规范”和“HACCP、ISO 22000 在乳品生产中的应用”进行阐述,重组教学内容,突出专业技能培养,力求更适用于企业需求。

本书适用于高职高专食品类专业和中职食品类专业学生使用,也可作为乳品企业员工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

乳品生产应用技术/庞彩霞,姜旭德主编. —北京:科学出版社,2013
(普通高等教育“十二五”规划教材·高职高专食品类专业教材系列)
ISBN 978-7-03-037489-9

I. ①乳… II. ①庞… ②姜… III. ①乳制品-生产工艺-高等职业教育-教材 IV. ①TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 101409 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者工作室

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 6 月第一次印刷 印张:17 1/2

字数:420 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《乳品生产应用技术》

编写委员会

主 编

庞彩霞

呼和浩特职业学院

姜旭德

黑龙江民族职业学院

副 主 编

王锡香

通化师院分院

吴 威

长春职业技术学院

邓鸿铃

广东食品药品学院

参编人员 (以姓氏笔画为序)

王 倩

内蒙古商贸职业学院

石月锋

商丘职业技术学院

李彦宏

山东商务职业学院

赵海雯

酒泉职业技术学院

贾 娟

漯河职业技术学院

前 言

本书根据乳品行业各技术领域职业岗位(群)的任职要求,在对乳品企业关键岗位、典型工作任务及岗位技能分析基础上,依据乳品生产过程和认知规律,以企业典型工作任务职业能力要求并结合国家职业资格证书考试内容,重组教学内容,以产品生产过程为载体,突出职业技能培养。以“工学结合”为切入点,以企业真实工作过程为导向,将职业资格考试内容融入到教材中,突出专业能力的培养。通过对乳制品生产工艺过程、产品质量控制、生产设备的使用与维护、安全生产等进行详实细致的阐述,内容深入浅出,贴近生产实际,更利于学生学习掌握。

本课程融入了“乳品预处理工”、“乳品检验工”、“乳品加工工”等职业资格证书考试内容。并对乳品安全生产内容“良好生产规范”和“HACCP、ISO 22000 在乳品生产中的应用”进行阐述,更接近企业生产实际。

本书由呼和浩特职业学院庞彩霞负责全书统稿工作,全书编写分工如下:前言、项目一原料乳预处理由呼和浩特职业学院庞彩霞编写;项目二液态乳生产技术由酒泉职业技术学院赵海雯编写;项目三发酵乳生产技术由通化师院分院王锡香编写;项目四奶油生产技术由长春职业技术学院吴威编写;项目五乳粉生产技术由黑龙江民族职业学院姜旭德和广东食品药品职业学院邓鸿铃编写;项目六冰淇淋生产技术由内蒙古商贸职业学院王倩编写;项目七干酪生产技术由山东商务职业学院李彦宏编写;项目八乳品安全生产由商丘职业技术学院石月锋编写;项目九乳品化验员由漯河职业技术学院贾娟编写。

本书在编写过程中,参考了许多文献、资料,包括大量网上资料,难以一一鸣谢,在此一并感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,不妥之处,敬请批评指正,不胜感谢。

目 录

前言

项目一 原料乳预处理	1
任务一 乳的基础知识	1
一、乳的分散系	1
二、乳的组成成分	2
三、乳的性质及加热对乳性质的影响	8
四、乳中的微生物	11
五、异常乳	15
任务二 原料乳验收	18
一、原料乳的检验	18
二、收乳	23
任务三 乳的净化分离	24
一、原料乳的过滤	24
二、原料乳的冷却	25
三、原料乳的贮存	26
四、原料乳的运输	27
五、牛乳的脱气	27
任务四 配料与标准化	28
一、配料计算	28
二、混合料的配制	29
三、原料乳的标准化	30
四、牛乳的均质	33
任务五 杀菌与灭菌	34
一、杀菌和灭菌的概念	34
二、杀菌目的	35
三、加热对乳的影响	35
四、杀菌方法	36
五、灭菌	37
六、加热杀菌致死效果	38
任务六 清洗消毒(CIP清洗)	38
一、CIP清洗装置的优点	38

二、CIP 清洗洗涤剂	38
三、CIP 清洗效果必须达到的标准	39
四、操作流程	39
项目二 液态乳生产技术	41
任务一 概述	41
一、液态乳的概念	41
二、液态乳的分类	42
任务二 液态乳生产工艺	44
一、巴氏杀菌乳	44
二、超高温灭菌乳	49
三、保持灭菌乳	53
四、调制乳	54
五、再制乳	55
六、含乳饮料	57
任务三 液态乳的质量控制	61
一、巴氏杀菌乳	61
二、超高温灭菌乳	63
三、含乳饮料	64
项目三 发酵乳生产技术	68
任务一 概述	68
一、发酵乳的概念和分类	68
二、发酵乳制品对人体的营养保健作用	70
三、发酵乳制品的指标要求	72
任务二 发酵剂的制备	74
一、发酵剂概述	74
二、发酵剂的制备	78
三、发酵剂活力的影响因素及质量控制	80
任务三 发酵乳的生产工艺	82
一、酸乳的加工工艺	82
二、发酵乳饮料的加工工艺	85
三、奶酒的加工工艺	88
任务四 发酵乳的质量控制	92
一、发酵乳安全标准	92
二、发酵乳常见的质量缺陷及其控制措施	94
任务五 发酵乳生产设备及维护	98
一、高压均质机	98
二、胶体磨	100
三、发酵罐	100

四、电加热调配罐	101
任务六 发酵乳生产安全	102
项目四 奶油生产技术	104
任务一 概述	104
一、种类	104
二、奶油组成及组织状态	105
三、奶油的性质	106
四、奶油发酵剂	106
任务二 奶油生产工艺	107
一、稀奶油的生产	107
二、甜性和酸性奶油的生产	108
三、重制奶油	114
四、无水奶油的生产	114
任务三 奶油常见的质量缺陷及其控制方法	115
一、奶油的质量标准	115
二、奶油的常见缺陷及防止方法	116
任务四 奶油生产设备的使用及维护	117
一、奶油制造机	117
二、真空浓缩设备	120
任务五 奶油安全生产(企业)	125
一、岗位职责	125
二、操作规程	126
项目五 乳粉生产技术	129
任务一 概述	129
一、乳粉的种类	129
二、乳粉颗粒的理化性质	130
任务二 乳粉生产工艺	135
一、全脂乳粉生产工艺	135
二、脱脂乳粉生产工艺	144
三、速溶乳粉生产工艺	145
四、配方乳粉生产工艺	148
任务三 乳粉生产质量控制	150
一、影响乳粉生产质量的因素	150
二、乳粉常见的质量问题及分析	151
三、影响乳粉速溶的因素	154
任务四 乳粉生产设备的使用及维护	155
一、高压泵的操作与维护	155
二、喷雾干燥设备的开车与停车操作	155

三、压力喷雾干燥设备的操作与维护	156
四、离心喷雾干燥设备的操作与维护	158
任务五 乳粉安全生产	160
一、乳粉安全问题	160
二、乳粉生产原辅料的质量标准和卫生要求	161
三、HACCP 与乳粉安全生产	162
项目六 冰淇淋生产技术	166
任务一 概述	166
一、冰淇淋的概念、种类	166
二、原料和辅料	167
任务二 冰淇淋的生产工艺	171
一、冰淇淋的质量标准	171
二、工艺流程	172
任务三 冰淇淋生产质量控制	177
一、感官缺陷	177
二、冰淇淋的收缩	179
三、卫生指标的控制	181
任务四 冰淇淋生产设备与维护	181
一、主要生产设备	182
二、冰淇淋机的日常维护	182
任务五 冰淇淋安全生产	183
一、要建立一个三级安全管理体系	183
二、对新员工必须实施安全生产三级教育制度	184
三、预防措施与注意事项	185
项目七 干酪生产技术	187
任务一 概述	187
一、干酪的起源	187
二、干酪的定义	188
三、干酪的分类	188
四、干酪的生产和消费分布	188
五、干酪的成分和营养价值	189
任务二 干酪生产工艺	190
一、干酪生产的主要原辅料	190
二、天然干酪加工的一般工艺	192
三、再制干酪的加工工艺	196
任务三 干酪生产质量控制	198
一、干酪产品质量标准	198
二、原辅料质量控制	198

三、生产工艺过程控制	200
四、干酪产品分析与检验控制	201
五、干酪产品分析与检验控制	202
任务四 干酪生产设备的使用与维护	202
一、干酪槽(奶酪槽)	202
二、干酪压滤槽车	203
三、干酪加热成型机	204
四、干酪盐水槽	205
任务五 干酪安全生产	206
一、产品描述	206
二、产品的危害分析与危险评估	207
三、HACCP 工作计划	208
项目八 乳品安全生产	209
任务一 乳制品企业良好生产规范(GMP)	209
一、《乳制品良好生产规范》(GB 12693—2010)与原标准相比的主要变化	209
二、《乳制品良好生产规范》(GB 12693—2010)内容的重点说明	210
任务二 HACCP 在乳品中的应用	218
一、简介	218
二、某乳品企业 HACCP 计划的制定与实施	219
任务三 ISO 22000 在 UHT 乳加工中的应用	226
一、ISO 22000: 2005 (food safety management system) 食品安全管理体系概述	226
二、ISO 22000 在 UHT 乳加工中的应用(部分)	231
项目九 乳品化验员	236
乳品化验员(中级)	236
任务一 基础知识	236
一、职业道德	236
二、相关的法律法规知识	238
任务二 乳及乳制品的理化检测	238
一、全乳固体及非脂乳固体的测定	238
二、蛋白质的检测	240
三、糖的测定	243
四、溶解性的测定	245
五、农药残留的检测	247
六、抗生素残留的检测	247
任务三 乳及乳制品微生物指标——霉菌的检测	247
一、设备和材料	247
二、培养基和试剂	247
三、检测程序	248

四、操作步骤	248
乳品化验员（高级）	248
任务一 微量元素的测定	248
一、铁的测定	248
二、锌的测定	250
三、镁的测定	251
四、钙的测定	252
五、锰的测定	254
六、铜的测定	255
七、汞的测定	257
八、铅的测定	258
任务二 致病菌的检验	260
一、金黄色葡萄球菌的检测	260
二、志贺氏菌的检测	261
三、沙门氏菌的检测	263
主要参考文献	266

项目一 原料乳预处理

🔧 岗位目标

1. 能对预处理所供半成品进行感官检查。
2. 能操作与前后工段联系的启、停机。
3. 能操作酸碱浓度检测及配制工作。
4. 能严格按照杀菌机操作规程进行操作。
5. 能监控与正确填写杀菌机工艺参数，保证在正常范围内运转。
6. 能履行本岗环境、安全管理体系的职责。

🔧 岗位技能

1. 掌握乳的基础知识及预处理产品检验知识。
2. 能正确安全地配制酸碱溶液。
3. 遇到临时出现的故障能及时排除。
4. 能正确操作杀菌机、CIP 清洗设备，并能进行简单维修。

任务一 乳的基础知识

乳是哺乳动物分娩后由乳腺分泌的一种乳白色或略带微黄色的含丰富营养的不透明液体，它是哺乳动物哺育幼子的完全食物。乳中含有丰富的营养物质，主要包括水分、乳脂肪、乳蛋白质、乳糖、盐类、维生素、酶类、气体等。

一、乳的分散系

乳中含有多种化学成分，其中水是分散剂，其他各种成分如脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐等呈分散质分散在水中，形成一种复杂的具有胶体特性的生物学液体分散体系。

乳糖、盐类及钾、钠、氯等呈溶液状态存在，形成真溶液；乳脂肪在常温下呈液态的微小球状分散在乳中，脂肪球的直径半径 $3\mu\text{m}$ 左右，在显微镜下可明显看到，乳脂肪球呈乳浊液和悬浊液分散在乳中，成为乳浊质。乳蛋白中的酪蛋白颗粒，其粒子大小大部分为 $5\sim 15\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)，乳白蛋白的粒子为 $1.5\sim 5\text{nm}$ ，乳球蛋白的粒子为 $2\sim$

3nm, 这些乳蛋白质以乳胶体状态分散于乳中, 成为胶体溶液。此外, 脂肪球中凡在 0.1μm 以下的也称乳胶体, 牛乳中的二磷酸盐、三磷酸盐等磷酸盐的一部分, 也以悬浮液胶体状态分散于乳中。乳就是以真溶液、胶体溶液和乳浊液三种体系组成的一种均匀的生物学液体, 其稳定性相当高。

二、乳的组成成分

正常牛乳中各种成分 (表 1.1) 的组成大体上是稳定的, 但也受奶牛的品种、个体、地区、泌乳期、畜龄、挤奶方法、饲料、季节、环境、温度及健康状态等因素影响而有差异。其中变化最大的是乳脂肪, 其次是乳蛋白质, 乳糖及灰分则比较稳定。

表 1.1 牛乳的主要成分及含量表

成 分	水 分	总乳固体	脂 肪	蛋白质	乳 糖	无机盐
变化范围/%	85.5~89.5	10.5~14.5	2.5~6.0	2.9~5.0	3.6~5.5	0.6~0.9
平均值/%	87.5	13.0	4.0	3.4	4.8	0.8

1. 乳脂肪

乳脂肪与乳风味有密切关系, 乳脂肪丰润圆熟的风味绝非其他脂肪所能模拟; 乳脂肪赋予乳制品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。乳脂肪的消化吸收率很高。

在显微镜下可以看到, 乳脂肪以微细的球状呈乳浊液分散在乳中, 是牛乳中重要的成分之一。乳脂肪球是乳中最大的, 同时也是最轻的颗粒, 当乳在奶桶静置一段时间后, 乳脂肪浮在乳的表层。乳脂肪球直径为 0.1~20μm, 平均直径是 3~4μm, 每毫升牛乳中有 20 亿~40 亿个脂肪球。脂肪球平均直径与乳中脂肪含量有关, 脂肪含量越高, 脂肪球直径越大。

在电子显微镜下观察到的乳脂肪球为圆球形或椭圆球形, 每个乳脂肪球外包一层薄膜, 厚度为 5~10nm, 称为脂肪球膜。它的主要作用是防止脂肪球相互聚结, 使乳脂肪球处于独立的、相对稳定的分散状态, 保护乳浊液的稳定性。

脂肪球膜是由蛋白质和磷脂构成, 可以保护脂肪球免受乳中酶的破坏。而且由于脂肪球含有磷脂与蛋白质形成的脂蛋白络合物, 使脂肪球能稳定地存在于乳中。脂肪球膜含有大量的硫, 当稀奶油进行高温巴氏杀菌时, 在风味方面起很重要的作用。脂肪球膜蛋白中的卵磷脂在细菌性酶的作用下形成带有鱼腥味的三甲胺而被破坏。

在机械搅拌或化学物质作用下, 脂肪球膜遭到破坏后, 乳脂肪球才会互相聚结在一起。利用这一原理生产奶油和测定乳的含脂率。

脂肪球的大小对乳制品加工的意义在于:

脂肪球的直径越大, 上浮的速度就越快, 故大脂肪球含量多的牛乳, 容易分离出稀奶油。当脂肪球的直径接近 1nm 时, 脂肪球基本不上浮。所以, 生产中可将牛乳进行均质处理, 得到长时间不分层的稳定产品。

通常认为乳中脂肪成分复杂, 甘油三酯是其主要成分, 占乳脂肪的 97%~98%, 它

和极少量的甘油二酯和甘油单酯及游离脂肪酸共存于乳中。

乳中的脂肪酸分为三类：第一类为水溶性挥发性脂肪酸，例如丁酸、乙酸等；熔点低，室温下呈液态，易挥发，赋以乳脂肪特定的香味和柔润的质地。第二类是非水溶性挥发性脂肪酸，例如十二碳酸等；第三类是非水溶性不挥发性脂肪酸，例如十四碳酸、二十碳酸、十八碳烯酸和十八碳二烯酸等。乳中脂类物质的平均含量见表 1.2。

表 1.2 乳中脂类物质的平均含量

脂 类	质量分数/%	脂 类	质量分数/%
甘油三酯	97~98	游离固醇	0.2~0.4
甘油二酯	0.3~0.6	固醇酯	微 量
甘油单酯	0.02~0.04	磷脂酯	0.2~1.0
游离脂肪酸	0.1~0.4	碳水化合物	微 量

2. 乳蛋白

乳蛋白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。乳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质。

1) 酪蛋白

在 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，占乳蛋白总量的 80%~82%，约占全乳重的 2.6%，纯净的酪蛋白为白色，不溶于水，显酸性。

酪蛋白是含磷的几种蛋白的复合体，大部分酪蛋白的主要成分是由 α s-酪蛋白、 β -酪蛋白、 κ -酪蛋白和 γ -酪蛋白组成。 α s-酪蛋白含磷多，故又称磷蛋白。含磷量对皱胃酶的凝乳作用影响很大。 γ -酪蛋白含磷量极少，因此， γ -酪蛋白几乎不能被皱胃酶凝固。

(1) 酪蛋白酸钙-磷酸钙复合体胶粒。酪蛋白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 变化，一般 40~160nm 占大多数。

(2) 酪蛋白的酸沉淀。酪蛋白微胶粒对 pH 的变化很敏感。当脱脂乳的 pH 降低时，酪蛋白微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，就会形成酪蛋白凝固，干酪素生产就是依据这个原理。

由于乳中的钙和磷呈平衡状态，所以鲜乳中的酪蛋白具有一定的稳定性。当向乳中加入 CaCl_2 时，则能破坏平衡状态，因此在加热时则能使酪蛋白凝固。

(3) 酪蛋白的凝乳酶凝固。牛乳中的酪蛋白在皱胃酶等凝乳酶的作用下会发生凝固，工业上生产干酪就是利用此原理。

(4) 盐类及离子对酪蛋白稳定性的影响。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胶粒脱水而产生。

酪蛋白酸钙-磷酸钙胶粒，对于其体系内二价阳离子含量的变化很敏感。钙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。

2) 乳清蛋白质

酪蛋白沉淀后 (pH 4.6), 存在于乳清中的蛋白质称为乳清蛋白。乳清蛋白是一组球蛋白, 它的热稳定性不如酪蛋白。乳清蛋白占乳蛋白的 18%~20%, 可分为对热不稳定乳清蛋白和对热稳定乳清蛋白两部分。

(1) 对热不稳定乳清蛋白。乳清蛋白在 pH 4.6~4.7 时, 煮沸 20min, 发生沉淀的一类蛋白质, 约占乳清蛋白质的 81%。对热不稳定乳清蛋白质包括乳白蛋白和乳球蛋白两类。乳清蛋白中的乳白蛋白、乳球蛋白含有较多人体必需氨基酸, 在人体内易被消化吸收, 婴儿食用更为适宜, 更可促进老人及病人恢复健康。故食品工业上将乳清喷雾干燥制成乳清蛋白粉, 用于婴儿配方乳粉, 或加入饮料中作为强化食品。

① 乳白蛋白。是指中性乳清中加入饱和硫酸铵或饱和硫酸镁盐析时, 呈溶解状态而不析出的蛋白质, 属于乳白蛋白。乳白蛋白约占乳清蛋白的 68%, 乳白蛋白又包括 α -乳白蛋白 (约占乳清蛋白的 19.7%)、 β -乳球蛋白 (约占乳清蛋白的 43.6%) 和血清白蛋白 (约占乳清蛋白的 4.7%)。

β -乳球蛋白是一种球蛋白。乳白蛋白中最主要的是 α -乳白蛋白。乳白蛋白在乳中以 1.5~5.0nm 直径的微粒分散在乳中, 对酪蛋白起保护胶体作用。这类蛋白常温下不能用酸凝固, 但在弱酸性时加温即能凝固, 该类蛋白不含磷, 但含丰富的硫。

② 乳球蛋白。中性乳清中加饱和硫酸铵或饱和硫酸镁盐析时, 能析出而不呈溶解状态的乳清蛋白即为乳球蛋白。约占乳清蛋白的 13%, 乳球蛋白具有抗原作用, 故又称为免疫球蛋白。初乳中免疫球蛋白含量比常乳高。

(2) 对热稳定乳清蛋白。乳清蛋白在 pH 4.6~4.7 时, 煮沸 20min, 仍溶解于乳中的乳清蛋白, 称为对热稳定的乳清蛋白, 这类蛋白包括蛋白胍和蛋白胍, 约占乳清蛋白的 19%。此外还有一些脂肪球膜蛋白质, 是吸附于脂肪球表面的蛋白质与酶的混合物, 其中含有脂蛋白、碱性磷酸酶和黄嘌呤氧化酶等。这些蛋白质可用洗涤方法将其分离出来。

3) 非蛋白含氮物

除了乳蛋白质外, 还有约 5% 非蛋白含氮化合物, 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氮。

3. 乳糖

乳糖是哺乳动物乳汁中特有的糖类, 也是存在于乳中最主要的糖类。牛乳中含有乳糖 4.5%~5.0% (平均为 4.7%), 牛乳的甜味完全来源于乳糖, 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重要角色。牛乳中的乳糖几乎全部是溶液状态, 易于消化吸收。泌乳末期和患乳房疾病的乳中含量最低。

乳糖是由 1 分子 D-葡萄糖与 1 分子 D-半乳糖以 β -1,4-糖苷键结合而成的双糖, 又称为 1,4-半乳糖苷葡萄糖。因其分子中有羰基, 属还原糖。

乳糖有 α -乳糖和 β -乳糖两种异构体。 α -乳糖很易与 1 分子结晶水结合, 变为 α -乳糖水合物, 所以乳糖实际上共有三种构型。 α -乳糖及 β -乳糖在水中的溶解度随温度而异。

α -乳糖溶解于水中时逐渐变成 β -型乳糖。因为 β -型乳糖较 α -型乳糖易溶于水，所以乳糖最初溶解度并不稳定，而是逐渐增加，直至 α -型乳糖与 β -型乳糖平衡为止。甜炼乳中的乳糖大部分呈结晶状态，结晶的大小直接影响炼乳的口感，而结晶的大小可根据乳糖的溶解度与温度的关系加以控制。

乳中除了乳糖外还含有少量其他的碳水化合物。例如在常乳中含有极少量的葡萄糖、半乳糖。另外，还含有微量的果糖、低聚糖、己糖胺。

乳糖是常见糖中可溶性最低的，25℃下水中溶解度仅达 17.8%。乳糖没有其他糖那样甜，甜度为蔗糖的 1/6~1/5，其水解后形成的葡萄糖和半乳糖的甜度分别为蔗糖的 72% 和 63%。

乳糖是婴儿主要的能量来源。乳糖进入体内后经小肠乳糖酶作用分解成葡萄糖和半乳糖，半乳糖是婴儿脑发育的必需物质，与婴儿大脑的迅速成长有密切关系；乳糖在肠道经发酵产生的乳酸可提高食物中钙、磷、钾、铁等矿物质的吸收利用。婴儿断乳后，乳糖酶活性随年龄的增长而逐渐减少，最终成为乳糖酶缺乏并导致乳糖不耐症。

部分人随着年龄增长，消化道内缺乏乳糖酶，不能分解和吸收乳糖，饮用牛乳后会出现呕吐、腹胀、腹泻等不适应症，称乳糖不耐症。乳糖酶缺乏的程度各不相同，因而症状也各异，从连极少量的乳品都不能消化到摄入大量含乳糖食物后引起轻微的胃肠功能紊乱。

在乳品加工中利用乳糖酶，将乳中的乳糖分解为葡萄糖和半乳糖；或如酸奶利用乳酸菌将乳糖转化成乳酸，可预防“乳糖不耐症”。

4. 乳中的无机物

牛乳中的无机物亦称为矿物质（表 1.3），含量为 0.35%~1.21%，平均为 0.8%，主要有磷、钙、镁、氯、钠、硫、钾等，此外还有一些微量元素。常乳中钙盐和钾盐含量极高，然而，盐的含量不总是恒定的，牛乳中无机物的含量随泌乳期及个体健康状态等因素而异。

表 1.3 100mL 牛乳中的主要无机成分的含量（mg）

项目	钾	钠	钙	镁	磷	硫	氯
牛乳	158	54	109	14	91	5	99

在濒临泌乳期末或乳房疾病的情况下，氯化钠含量明显升高，因而乳有咸味，而同时其他盐的含量降低。

乳中的矿物质大部分以无机盐或有机盐形式存在。其中以磷酸盐、酪酸盐和柠檬酸盐存在的数量最多。钠的大部分是以氯化物、磷酸盐和柠檬酸盐的离子状态存在。而钙、镁与酪蛋白、磷酸和柠檬酸结合，一部分呈胶体状态，另一部分呈溶解状态。磷是乳中磷蛋白和磷脂的成分。

牛乳中的盐类含量虽然很少，但对乳品加工，特别是对热稳定性起着重要作用。牛乳中的盐类平衡，特别是钙、镁等阳离子与磷酸、柠檬酸等阴离子之间的平衡，对于牛乳的稳定性具有非常重要的意义。当受季节、饲料、生理或病理等影响，牛乳发生不正常凝固时，

往往是由于钙、镁离子过剩，盐类的平衡被打破的缘故。此时，可向乳中添加磷酸及柠檬酸的钠盐，以维持盐类平衡，保持蛋白质的热稳定性。生产炼乳时常常利用这种特性。

乳与乳制品的营养价值，在一定程度上受矿物质的影响。以钙而言，由于牛乳中的钙含量较人乳多3~4倍，因此牛乳在婴儿胃内所形成的蛋白凝块相对人乳比较坚硬，不易消化。为了消除可溶性钙盐的不良影响，可采用离子交换的方法，将牛乳中的钙除去50%，从而使凝块变得很柔软，利于消化。但在加工上如缺乏钙时，对乳的加工特性就会发生不良影响，尤其不利于干酪的制造。

牛乳中铁的含量为10~90 $\mu\text{g}/100\text{mL}$ ，较人乳少，故人工哺育幼儿时应补充铁。

牛乳经乳酸发酵后酸度不断升高，不溶性无机盐逐渐变成可溶性无机盐，提高机体利用率。

5. 乳中的维生素

牛乳含有几乎所有已知的维生素。牛乳中的维生素包括脂溶性维生素A、维生素D、维生素E、维生素K和水溶性的维生素B₁、维生素B₂、维生素B₆、维生素B₁₂、维生素C等两大类。

牛乳中的维生素，部分来自饲料中的维生素，如维生素E；有的要靠奶牛自身合成，如B族维生素。然而，乳中维生素含量因贮存和加工中损失而大大改变。当进行巴氏杀菌时，除维生素D、维生素B₂、维生素PP不损失外，其他的维生素A、维生素B、维生素E、维生素C都有不同程度的损失。

初乳中各种维生素含量明显高于常乳，而随着泌乳期的推进，来源于饲草、饲料的维生素逐渐减少。放牧奶牛牛乳中维生素含量高于舍饲牛乳。

6. 乳中的酶类

牛乳中酶类的来源有三个：

(1) 乳腺分泌。

(2) 挤奶后由于微生物代谢生成。

(3) 由于白血球崩坏而生成。牛乳中的酶种类很多，但与乳品生产有密切关系的主要为水解酶类和氧化还原酶类。

1) 水解酶类

(1) 脂酶。牛乳中的脂酶至少有两种，一种是只附在脂肪球膜间的膜脂酶，它在常乳中不常见，而在末乳、乳房炎乳及其他一些生理异常乳中常出现；另一种是存在于脱脂乳中与酪蛋白相结合的乳浆脂酶。

脂酶主要作用是分解脂肪产生游离脂肪酸，使脂肪带有分解臭，这是奶油生产上常见的缺陷。脂酶经80℃、20s加热可以完全钝化。为了抑制脂酶的活性，在奶油生产中，一般采用不低于80~85℃的高温或超高温处理，避免使用末乳、乳房炎乳等异常乳，并尽量减少微生物的污染，以保证产品的稳定。

另外，加工过程也能使脂酶增加其作用机会。例如均质处理，由于破坏脂肪球膜而增加了脂酶与乳脂肪的接触面，使乳脂肪更易水解，故均质后应及时进行杀菌处理；此