

乳 晶

加工学

全国中等农业学校教材

# 乳 品 加 工 学

山西省畜牧兽医学校主编

农 业 出 版 社

**主    编** 刘震东（山西省畜牧兽医学校）  
**编写人员** 刘震东（山西省畜牧兽医学校）  
任占生（黑龙江省畜牧兽医学校）  
王玉田（辽宁省锦州畜牧兽医学校）  
尤明珍（江苏省泰州畜牧兽医学校）

## 编写说明

根据农业部(1988)农教(中)字第181号文件精神和全国农业中专加工专业教材编写会议规定的编写原则,我们编写了这本《乳品加工学》教材,供全国中等农牧学校畜产品加工专业使用。

全书共分绪论、九个章节和实验指导。在内容上体现了农业中专应具有的针对性、实践性、应用性强的特点。从当前我国乳品工业的实际水平出发,除重视基础知识的阐述外,也适当地反映了国外现代乳品科学成就。

在编写的方法上,先阐述乳的基本知识,然后再分别叙述各种乳制品的加工原理和工艺流程,以适应我国不同地区的使用。

编写任务的分工是,绪论、第五、六、八章由刘震东同志编写;第一章由朱岩同志编写;第二、七章由任占生同志编写;第三、九章由王玉田同志编写;第四章由尤明珍同志编写。

本教材在审定过程中,承蒙山西农业大学冀一伦教授、内蒙古轻工科学研究所高级工程师关加怀具体参加指导审定,在此特致谢意。

由于时间仓促,资料较缺及编者水平所限,缺点错误之处,请广大师生及其他读者不吝指教,以便再版时修正。

编者

1988年12月

# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 绪论               | 1   |
| 第一章 乳的成分及性质      | 5   |
| 第一节 乳的概念         | 5   |
| 第二节 乳的化学成分及性质    | 10  |
| 第三节 牛乳的主要物理性质    | 19  |
| 第四节 牛乳中的微生物      | 25  |
| 第五节 牛乳在加工过程中的变化  | 33  |
| 第六节 其他家畜乳        | 38  |
| 第二章 原料乳的验收和预处理   | 40  |
| 第一节 原料乳的验收       | 40  |
| 第二节 原料乳的过滤与净化    | 51  |
| 第三节 牛乳的分离        | 53  |
| 第四节 原料乳的冷却、贮存和运输 | 67  |
| 第五节 原料乳的标准化      | 74  |
| 第三章 消毒牛乳         | 79  |
| 第一节 消毒牛乳的概念及分类   | 79  |
| 第二节 牛乳的杀菌和灭菌     | 80  |
| 第三节 消毒牛乳的加工工艺    | 89  |
| 第四节 消毒乳设备的清洗与消毒  | 94  |
| 第五节 灭菌乳          | 98  |
| 第六节 调配消毒牛乳       | 106 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第四章 炼乳 .....             | 110 |
| 第一节 加糖炼乳 .....           | 110 |
| 第二节 淡炼乳 .....            | 125 |
| 第五章 乳粉 .....             | 127 |
| 第一节 概述 .....             | 127 |
| 第二节 乳粉的生产方法 .....        | 129 |
| 第三节 全脂乳粉 .....           | 130 |
| 第四节 速溶乳粉 .....           | 146 |
| 第五节 调制乳粉 .....           | 150 |
| 第六节 麦乳精 .....            | 154 |
| 第六章 发酵乳制品 .....          | 162 |
| 第一节 概述 .....             | 162 |
| 第二节 发酵剂的制备 .....         | 163 |
| 第三节 酸牛乳 .....            | 172 |
| 第四节 含乳饮料 .....           | 177 |
| 第五节 乳酸菌制剂 .....          | 180 |
| 第七章 奶油、干酪素、乳糖 .....      | 182 |
| 第一节 奶油的概念、种类及理化特性 .....  | 182 |
| 第二节 奶油的制造工艺 .....        | 186 |
| 第三节 奶油制造工艺计算 .....       | 206 |
| 第四节 奶油的品质 .....          | 208 |
| 第五节 干酪素 .....            | 213 |
| 第六节 乳糖 .....             | 218 |
| 第八章 干酪 .....             | 227 |
| 第一节 干酪的概念及分类 .....       | 227 |
| 第二节 对原料乳及其他原料的质量要求 ..... | 230 |
| 第三节 圆形硬质干酪制造 .....       | 234 |
| 第四节 干酪的质量缺陷及预防 .....     | 244 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第九章 其他乳制品 .....          | 247 |
| 第一节 冷饮品 .....            | 247 |
| 第二节 民族乳制品 .....          | 271 |
| 第三节 液体乳品饮料 .....         | 276 |
| 附：实验指导 .....             | 280 |
| 实验一 牛乳的理化分析 .....        | 280 |
| 实验二 全乳固体的测定 .....        | 284 |
| 实验三 盖勃法乳脂肪测定 .....       | 285 |
| 实验四 乳中总蛋白量的测定（凯氏法） ..... | 286 |
| 实验五 乳的过氧化物酶及磷酸酶试验 .....  | 287 |
| 实验六 消毒牛乳车间参观 .....       | 289 |
| 实验七 炼乳的感官评定 .....        | 239 |
| 实验八 乳粉的理化检验 .....        | 291 |
| 实验九 酸凝乳的制作 .....         | 296 |
| 实验十 牛乳分离机的使用及乳的分离 .....  | 297 |
| 实验十一 奶油的感官评定 .....       | 304 |
| 实验十二 奶油中水分和食盐含量的测定 ..... | 306 |
| 实验十三 干酪制作 .....          | 308 |
| 实验十四 干酪的化学分析 .....       | 310 |
| 实验十五 牛乳冰淇淋简易制造法 .....    | 313 |

## 绪 论

乳与乳制品加工有着悠久的历史。根据印度最古老的古雅利安语的文字记载，约在6000年前，牛乳已成为人类的重要食品之一。我国远在两千多年以前史记上就有关于“奶子酒”生产的记叙，而后在贾思勰著的《齐民要术》一书中也描述了“乳酪”、“干酪”等产品的制作方法。13世纪，元代成吉思汗远征欧洲时，士兵们均携带有牛乳的干制品作为军粮。

我国少数民族在很早以前就生产了许多民族乳制品，如蒙古族的奶皮子、奶豆腐、奶干、奶酒；藏族的酥油、奶茶；云南白族的乳饼、乳扇等。

从19世纪末到20世纪初叶，国内首先在浙江温州和上海等地开始出现了新法生产炼乳和乳粉的小型作坊。但是，在旧中国由于当时历史条件的限制，使这些刚刚兴起的民族乳品工业基本上处于停工倒闭状态。

新中国成立后，我国的乳品工业才真正得到了发展，经过3年的国民经济恢复时期之后，从1952年开始先后在上海、黑龙江、内蒙、青海等省市兴建了乳品工厂。这些乳品厂给我国乳品工业的发展奠定了基础。

建国40年来，我国乳品工业得到了很大发展，到1984年底全国已有乳品加工厂近700家，共收鲜乳250多万吨，乳制

品产量已达130,000吨。这个数量与1952年乳制品产量624吨相比,增加了208倍。

牛乳是一种营养价值很高的全价食品,它的蛋白质中几乎含有全部必需氨基酸、脂肪、乳糖、矿物质,维生素的含量也很丰富。美国在1980年的调查表明,在美国所消费的食物总能量中,乳制品只占10%,但却可提供20%的蛋白质,72%的钙,33%的磷,20%的镁,36%的核黄素,12%的维生素A,11%的维生素B<sub>6</sub>。

在动物性食品中,乳的营养成份最易消化吸收,生产成本最低。实践证明,乳用家畜的饲料利用率最高,同样的饲料单位,乳牛产乳要比肉用家畜产肉和禽类产蛋获得的营养价值高。

乳与乳制品还是食品工业的重要原料之一。食品的充裕象征着社会物质生产的进步。随着社会生产力的发展、食品资源的开发和人们对食品需求的提高,促使食品工业迅速发展。而乳品工业又是食品工业的一个重要分支。食品工业是一个国家发达与否的标志之一。在一些发达的国家中食品工业的产值已占国民经济总值的首位或第二位。我国从1982年后已从第四位上升到第三位。食品工业与农业的比例一般国家为1:1或2:1,日本是2.3:1,美国是1.7:1,而我国仅为0.3:1。这充分说明我国的食物加工能力还很低,加速食品工业,特别是乳品工业的发展,以减少食品工业与农业生产不平衡的矛盾,将是今后努力的方向。

近几年来,我国乳制品的发展是很惊人的。全国现有八家乳品设备制造厂,为我国乳品加工机械的国产化提供了物质保证。在乳品检测方面,已先后设计生产出手提式脂肪快

速测定仪和乳粉溶解度指数测定仪等仪器，填补了乳品检测方面的空白，为我国乳品工业的进一步发展创造了有利条件。

在乳制品生产方面，目前在一些大、中城市中，除供应消毒鲜牛乳外，灭菌乳、果味乳已有生产。乳粉生产上，绝大部分是全脂加糖乳粉。全脂淡乳粉、脱脂乳粉，仅个别厂家生产，产量也较低。婴儿乳粉和母乳化乳粉，近年来全国已有一些厂家生产，产量也在逐年增加。巧克力乳粉、奶油粉的生产，产量很低，生产厂家也较少。老年乳粉和乳粉片，在黑龙江已有生产。炼乳生产仍以加糖炼乳为主，淡炼乳在国内很少生产。奶油的生产厂家不多，以加盐奶油和甜奶油为主，酸性奶油产量很少，人造奶油也有生产，产量亦在逐年增大。发酵乳生产上，以酸牛乳产量最高，各大、中城市多有供应，果味酸牛乳亦有生产。干酪的生产仍以圆形硬质干酪为主。冰淇淋在全国大多数地区均有生产，以上海、长春、北京等大城市产量较高，但在品种上还较单一。乳酒的生产仅限于广大牧区牧民们的手工制作。

国外大多数国家都是首先满足饮用乳要求之后，再将剩余的原料乳加工成乳制品。近年来消毒乳的产量有下降趋势，脱脂乳粉呈上升趋势，奶油消费量下降，脱脂乳由于用途日益广泛，因而消费量大增。干酪的消费更为突出，一年比一年多，其中熔化干酪的消费量更是与日俱增。其原因是食用方便，再加之世界牛肉价格上涨，一些国家就以干酪取而代之。酸牛乳消费量增长得也很快，这是因为酸乳具有特殊的营养价值和对人体健康有益之故。

乳品科学的科研工作，进展也很大。在基础研究方面，

正向着进一步阐明乳的成份结构方面发展，在应用技术方面，膜技术（超滤与反渗透）、凝胶过滤法等新技术的应用已日趋成熟。今后研究的重点，估计会对乳的物理化学性质作进一步的探讨，弄清对乳的胶体状态和加热状态等有关问题。

随着我国社会经济的不断发展，人民生活水平的逐步提高，使人们的食物结构也发生了较大改变，对乳如乳制品的需求量愈来愈大。因此，在《“七五”轻工食品发展设想》中，对乳品行业的发展作了明确规定，即以发展牛乳为重点，乳品产量每年要递增16%，1990年达到25—30万吨，鲜乳日加工能力9000吨。在产品结构上，要提高消毒乳、酸乳、乳饮料的比重；增加适合婴幼儿、老人食用的乳制品，冰淇淋粉和小包装乳酪、奶油等的产量；增加市售鲜乳的品种，在包装上由玻璃瓶向塑料软包装过渡；大力推广和普及酸乳与各种酸乳饮料；开发干酪制品，特别是加工干酪；奶油品种要多样化；大力开发复合乳制品，充分利用我国丰富的大豆蛋白，在复合乳制品系列中开发出具有我国特色的新品种。

乳品加工学是一门实践性很强的应用技术学科。它是在食品化学、食品微生物学、食品分析与检验、营养卫生学等基础上开设的，并与养牛学、家畜解剖生理学、乳品机械设备等课程有密切联系。乳品加工学讲述乳的成分、理化性质、鲜乳验收处理和各种乳制品加工原理与工艺等内容。

学习本课程，要了解乳的理化特性，消毒方法，掌握各种乳制品加工的原理和方法，勤奋学习，刻苦钻研，广泛吸收国内外的先进技术，使我国乳品工业不断飞跃前进。

# 第一章 乳的成分及性质

## 第一节 乳的概念

**一、乳的概念** 乳是哺乳动物产仔后为哺育仔代而从乳腺中分泌出来的一种白色或稍带微黄色的不透明液体。乳中含有幼仔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完全食物。

在泌乳期中，由于泌乳时期生理、病理或其他因素的影响，乳的成分发生变化。根据成分变化情况将乳分为初乳、常乳、末乳和异常乳。

**（一）初乳** 母牛产犊后一周以内所产的乳叫初乳，它在化学成分、性质和作用上均不同于常乳。初乳略带黄色，浓厚、粘稠，有特殊气味，干物质含量高，其中蛋白质和盐类与常乳差别很大，尤以对热不稳定的乳清蛋白即白蛋白和球蛋白含量更高，乳糖含量较低。由于初乳热稳定性差，遇热易凝固，所以初乳不能作原料乳。但初乳具有丰富的营养价值，含维生素A和D较高，而且含有大量的免疫球蛋白，它具有保护牛犊抵抗疾病的作用。

**（二）末乳** 母牛停乳前一周所产的乳叫末乳，也称老乳，其成分除脂肪外，其他成分均较常乳高，味苦，微咸，解脂酶和盐类多，常带有油脂氧化味道。末乳不适于作为乳

品加工原料。

(三) 常乳 正常母牛产犊一周以后至停奶前一周所产的乳叫常乳。常乳的成分及性质基本趋向稳定，它是乳制品的加工原料乳和人们日常的饮用乳。常乳应符合下列要求：

1. 来自健康牛的新鲜乳；
2. 应是初乳结束后至末乳之前的鲜乳；
3. 不得含有肉眼可看见的机械杂质；
4. 具有新鲜乳的滋味和气味，不得有异味；
5. 乳的色泽为白色或稍带微黄；
6. 乳中含脂率不低于3.2%，无脂干物质不低于8.5%；
7. 酸度不得超过20°T；
8. 不得加入防腐剂；
9. 乳中无沉淀，不呈浓厚粘性。

(四) 异常乳 在泌乳期中，由于生理、病理等因素影响，在成分和性质上与常乳不同的乳均为异常乳。一般情况下，异常乳不宜饮用和作加工原料，所以初乳和末乳也属于异常乳。因此，若从乳作为加工原料的角度讲，乳可分为常乳和异常乳。在乳品生产上出现的许多质量问题，其根源就在于乳的品质上。控制与改善乳的品质对于保证乳制品的质量，有十分重要的意义。

异常乳基本可分为生理异常乳、化学异常乳和微生物污染异常乳等。

1. 生理异常乳。初乳和末乳均为生理异常乳。
2. 化学异常乳。化学异常乳可包括酒精阳性乳、低成分乳、风味异常乳和异物染杂乳等。

(1) 酒精阳性乳。检查原料乳时，一般用68%或72%的

酒精与等量乳混合，混合后出现絮状凝块的都称为酒精阳性乳。高酸度乳、冻结乳酒精试验均为阳性乳。产生酒精阳性乳，往往是由于乳牛的卫生管理不当或对挤下的牛乳没有及时冷却，乳中的微生物迅速繁殖，酸度升高，使酒精试验时呈阳性。

另外，有的牛乳即使酸度较低（ $16^{\circ}\text{T}$ 以下），酒精试验也呈阳性，其原因可能是由于代谢障碍和饲养管理不当，引起盐类平衡或胶体系统不稳定。

（2）低成分乳。是由于遗传、饲养管理、高温多湿及病理等因素的影响而产生干物质过低的乳。如因牛的品种、个体原因造成的乳成分不同，是属于遗传因素的影响。饲养管理等环境因素对乳的成分有重要影响，如粗饲料过少，乳脂率会降低；长期营养不良，乳中蛋白质、乳糖和无机盐也会减少。这些可以通过加强育种改良及改善饲养管理来解决。

（3）风味异常乳。正常的乳没有异常的气味，出现异常气味的乳称风味异常乳。影响牛乳风味的主要有饲料、外界空气污染和金属等异物。如牛吃了带有特殊气味的饲料或吃了带有异味的东西，会使乳中也带有这种气味。乳吸附异味的能力较强，所以挤乳后可能会吸附饲料、空气、金属等臭味。通过改善饲养管理和牛舍卫生，可以解决风味异常的问题。

（4）异物污染乳。主要是随牛采食、给牛注射药物等经机体转移到乳中的污染物质，或人为混入的杂物所造成。经牛体污染的杂质可能有激素、抗菌素、放射性物质等。偶然和人为混入的杂物有饲料、污水、粪便、洗涤剂、中和剂、防腐剂和 水等。这些异物污染乳有害于人们的身体健康和影

响乳制品的生产，必须高度重视。

3.微生物污染乳。原料乳被微生物严重污染产生异常变化而成为微生物污染乳。常见的微生物污染乳是酸败乳和乳房炎乳及其他病牛乳。

从乳的生产到运往工厂加工要经过许多过程。乳中的营养物质特别适宜微生物的繁殖，所以必须注意防止挤乳前后的污染，消除各种污染机会，防止微生物污染乳的发生。

**二、牛乳的组成** 乳是由许多复杂的化学物质组成的混合物，它具有胶体性质。乳主要由水、脂肪、蛋白质、乳糖、维生素、盐类和其他微量成分组成。牛乳的一般组成为：1.水分87.5—89.0%；2.总干物质11.0—12.5%；其中（1）脂肪3.0—5.0%；（2）蛋白质3.0—3.5%；（3）乳糖4.5—5.0%。3.无机盐0.6—0.75%；4.气体5—8ml/100g。不同地区和国家牛乳成分组成详见表1—1。

表1—1 不同国家和地区牛乳的基本组成（%）

| 牛乳成分<br>国家和地区 | 水分    | 干物质   | 无脂<br>干物质 | 蛋白质  | 脂肪   | 乳糖   | 灰分   |
|---------------|-------|-------|-----------|------|------|------|------|
| 中国（北京地区）      | 87.0  | 13.0  | 9.0       | 3.3  | 4.0  | 5.0  | 0.7  |
| 中国（四川地区）      | 88.0  | 12.0  | 8.5       | 3.2  | 3.5  | 4.6  | 0.7  |
| 美国（1963年）     | 87.2  | 12.8  | 9.1       | 3.5  | 3.7  | 4.9  | 0.7  |
| 苏联（1967年）     | 87.63 | 12.32 | 8.55      | 3.36 | 3.77 | 4.48 | 0.71 |
| 日本（1970年）     | 88.47 | 11.53 | 8.26      | 2.89 | 3.27 |      |      |
| 法国（平均）        | 87.76 | 12.24 | 9.0       | 3.50 | 3.40 | 4.60 | 0.75 |
| 英国（平均）        | 87.32 | 12.68 | 8.91      | 3.40 | 3.75 | 4.70 | 0.75 |
| 国际上荷兰牛乳代<br>表 | 87.90 | 12.10 | 8.60      | 3.25 | 3.5  | 4.60 | 0.75 |

（据骆承庠等1985年《乳与乳制品工艺学》P18）

正常牛乳的组成在一定时间内是相对稳定的，但由于受乳牛的品种、个体、泌乳期、年龄、饲料、季节、气温、挤乳情况 and 健康状态等因素的影响而有所变化，其中脂肪变化最大，蛋白质次之，乳糖和灰分比较稳定。

(一) 品种对牛乳组成的影响 乳牛的品种是影响牛乳组成的主要因素之一，不同品种乳牛的乳成分差别较大(见表1—2)。

表 1—2 不同品种牛乳组成的差异(%)

| 牛乳成分<br>品 种 | 水 分   | 乳固体   | 非 脂<br>乳固体 | 蛋 白 质 | 脂 肪  | 乳 糖  | 灰 分  |
|-------------|-------|-------|------------|-------|------|------|------|
| 荷 兰 牛       | 87.72 | 12.28 | 8.87       | 3.32  | 3.41 | 4.87 | 0.68 |
| 短 角 牛       | 87.43 | 12.57 | 8.94       | 3.32  | 3.63 | 4.89 | 0.73 |
| 瑞士褐牛        | 86.87 | 13.13 | 9.28       | 3.48  | 3.85 | 5.08 | 0.72 |
| 爱尔夏牛        | 86.97 | 13.13 | 9.00       | 3.51  | 4.03 | 4.81 | 0.68 |
| 娟 娜 牛       | 85.47 | 14.53 | 9.48       | 3.78  | 5.05 | 5.00 | 0.70 |
| 更 赛 牛       | 84.35 | 14.65 | 9.60       | 3.90  | 5.05 | 4.96 | 0.74 |

(据骆承庠等1985年《乳与乳制品工艺学》P18)

从表1—2看出，不同品种乳牛的干物质、蛋白质与脂肪的含量有明显差别。其中荷兰牛的牛乳干物质含量最低，更赛牛的牛乳干物质含量最高，中国黑白花乳牛与纯种荷兰牛类似，干物质含量较低，但产乳量高。

(二) 饲料对牛乳组成的影响 饲料对牛乳组成的影响极大，适当的饲料可以提高泌乳量和干物质含量，饲料不足泌乳量、干物质和脂肪率下降，而对牛乳的风味、脂肪、色泽、维生素的含量等也有一定影响。

(三) 个体对乳组成的影响 同一品种的乳牛，在同样

条件下饲养，不同的个体乳组成也不一样，这主要是遗传因素的影响。

(四) 季节对牛乳组成的影响 不同季节气温的高低，对牛乳的组成也有影响。气温较高的夏季牛乳的干物质含量低，冬季则较高。我国北方较南方地区牛乳干物质和脂肪含量高。

在乳品加工方面，一般认为脂肪最重要，因此在收购鲜乳时，往往用脂肪作为标准。但评价牛乳的营养价值和质量更主要的是干物质，所以有些国家收购鲜乳时也用于物质或无脂干物质作为衡量牛乳质量的标准。

## 第二节 乳的化学成分及性质

从乳的胶体体系来分，乳主要由两个部分组成：一种是液体，称为分散媒；另一种是分散在分散媒中的微粒，称为分散质。分散媒和分散质合成为乳的分散系。乳中所含的水分大部分是以游离状态存在，成为乳的分散媒。蛋白质、脂肪、乳糖、无机盐等成分以各种形式分散在分散媒（水）中，称为分散质或分散相。

**一、水分** 水是乳中的主要成分，其含量约占牛乳的87.5—89%，它是牛乳其他成分的分散介质，在牛乳中以游离水和结合水的形式存在。

(一) 游离水 又称自由水，乳中绝大部分的水是游离水。它在常压下，100℃即沸腾汽化，在0℃时结冰。游离水在乳粉及其他产品生产过程中易于除去。

(二) 结合水 也叫化学结合水。这部分水含量较少，约