

乳品检验员培训教材

乳与乳制品检验

河北省农业厅农垦局

孙荣第 主审

郭亚辉 主编

 中国农业出版社

乳品检验员培训教材

乳与乳制品检验

河北省农业厅农垦局

孙荣第 主 审
郭亚辉 主 编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

乳与乳制品检验/郭亚辉主编. —北京:中国农业出版社, 2008. 7

乳品检验员培训教材

ISBN 978 - 7 - 109 - 12798 - 2

I. 乳… II. 郭… III. 乳制品—食品检验—技术培训—教材 IV. TS252. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 102559 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 殷 华

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 4

字数: 103 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 8.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编辑委员会

主 审	孙荣第		
主 编	郭亚辉		
副主编	傅 强	薛艳军	
编 者	刘美玉	王青华	赵 亮

前 言

民以食为天，食以安为先。随着乳品行业的蓬勃发展，乳与乳制品的加工已经成为食品行业中非常重要的一项产业，占有越来越重要的地位。近年来，在乳品工作者不懈努力下，乳品质量不断提高。但个别地区、个别产品仍存在质量问题，如：掺假掺杂、有害成分超标、营养成分不足以及微生物污染等时有发生。为杜绝此类事情的发生，保障人民身体健康，乳品检验员扮演着非常重要的角色。作为乳品检验员首先应具备认真负责的工作态度、丰富的科技知识和熟练的操作技能，只有这样才能正确检验和判定乳品质量，承担起保障人民健康的社会责任。

《乳与乳制品检验》培训教材的编写，力求体现国家对乳品检验员职业标准的要求，以职业活动为导向，以职业技能为核心，注意了不同等级的培训目标，兼顾了初、中、高级不同的知识要求，将理论知识和操作技能融为一体。

《乳与乳制品检验》主要介绍了乳与乳制品的基础知识、国家职业标准规定的理化检验项目和微生物检验项目，教材内容深入浅出，通俗易懂，实用性强，基础知识是三个等级的共用必修部分，各个等级应掌握本等级以前较低各等级的内容。

这本培训教材的出版，如能对我国从事乳品检验工作的同志有所裨益，作者由衷地感到欣慰，本书由河北工程大学农学院和河北省农业厅农垦局共同承担编写任务，编写过程

中杨英霞、闫仲义、袁启旺、傅昆、曹世茹、杨康、李林会等同志提出了宝贵意见，在此谨向为本书付出辛勤劳动的单位和个人致以最诚挚的感谢！本书在编写过程中难免出现错误和不足，殷切希望广大读者提出批评和宝贵意见，以便及时进行修改和补充。

编 者

2008年7月

目 录

前言

第一章 乳品检验员理论知识	1
第一节 乳与乳制品基础知识	1
第二节 乳与乳制品标准	20
第三节 异常乳	26
第四节 清洗、消毒和灭菌	28
第五节 检验设备	35
第六节 乳与乳制品检验方法	38
第七节 检验误差	42
第二章 初级检验员技能知识	45
第一节 检验样品采集、制备及保存	45
第二节 玻璃器皿的洗涤和使用	49
第三节 实验室常用标准溶液的配制与标定	54
第四节 酸度的测定	58
第五节 牛乳杂质度的测定	61
第六节 脂肪的测定	63
第七节 常见生鲜牛乳掺入异物的检验方法	64
第八节 微生物检验基础知识	71
第九节 菌落总数的测定	76
第十节 大肠菌群 MPN 的测定	80

第三章 中级检验员技能知识	86
第一节 乳与乳制品感官评定	86
第二节 水分的测定	87
第三节 蛋白质的测定	90
第四节 灰分的测定	93
第五节 乳糖的测定	94
第六节 溶解性的测定	97
第七节 膳食纤维的测定	98
第八节 奶和奶制品中霉菌和酵母菌的测定	100
第九节 生鲜牛乳中抗生素残留量检验	102
第四章 高级检验员技能知识	104
第一节 系列标准溶液的配制及标准曲线的制定	104
第二节 硝酸盐及亚硝酸盐的测定	106
第三节 脲酶定性测定	108
第四节 乳品中阪崎肠杆菌检验	110
第五节 乳酸菌的检测	115
第六节 商业无菌检验	117

第一章 乳品检验员理论知识

第一节 乳与乳制品基础知识

一、生鲜乳基础知识

(一) 乳的概念

乳是哺乳动物分娩后从乳腺中分泌的一种白色或稍带黄色的不透明的液体，稍有甜味和香味，含有婴幼儿生长发育所必需的全部营养成分，是最适宜消化吸收的全价食品。

(二) 乳的生成

乳的生成过程是在乳腺泡和细小导管的上皮细胞内进行。乳中球蛋白、酶、激素、维生素、无机盐和某些药物是血液中原有物质，由乳腺上皮细胞对血浆成分吸收进入乳中；乳中蛋白质、脂肪和乳糖是从血液中吸收原料，经复杂的生化过程合成的。

(三) 乳的主要成分和化学性质

乳的成分十分复杂，含上百种化学成分，主要包括水分、脂肪、蛋白质、乳糖、维生素、无机盐、酶类、气体等。

牛乳主要成分的含量因品种不同、相同品种不同个体差别也很大。因此只能列出几种变量范围，见表 1-1。

表 1-1 牛乳中主要成分的含量

主要成分	变化范围 (%)	平均值 (%)
水	85.5~89.5	87
总固形物	10.5~14.5	13.0

(续)

主要成分	变化范围 (%)	平均值 (%)
乳脂肪	2.5~6.0	3.9
乳蛋白质	2.9~5.0	3.4
乳糖	3.6~5.5	4.8
矿物质	0.6~0.9	0.8

总固形物指乳中除水之外的所有固形物质的含量，常用于描述乳的成分。非脂乳固体 (SNF) 是指除脂肪之外的总固形物含量。因总固形物中乳脂肪含量变化大，因此实际工作中常用 SNF 为指标。

1. 乳脂肪 乳中脂肪以微小球状分散到水中形成乳状液，脂肪球直径 $0.1\sim 20\mu\text{m}$ ， $3\mu\text{m}$ 左右的居多，每毫升牛乳中，大约有 150 亿个。由于乳脂肪球不仅是乳中最大的粒子，而且是最轻的粒子 (15.5°C 时密度为 $0.93\text{g}/\text{cm}^3$)，所以当乳在奶桶中静置一段时间，乳脂肪倾向于浮在乳的表层形成稀奶油层。

(1) 乳脂肪的化学组成。一个乳脂肪分子由一个甘油分子和三个脂肪酸分子构成。由于这三个脂肪酸分子不一定相同，所以乳中有大量不同种类的甘油酯。乳脂肪是不同脂肪酸甘油酯的混合物。

乳脂肪中的脂肪酸可分为三类：第一类为水溶性挥发性脂肪酸，例如丁酸、乙酸、辛酸和癸酸等；第二类为非水溶性挥发性脂肪酸，例如十二碳酸等；第三类为非水溶性不挥发脂肪酸，例如十四碳酸，二十碳酸，十八碳烯酸和十八碳二烯酸等。乳脂肪中的主要脂肪酸如肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸和油酸等含量最多，并且含有相对大量的丁酸和己酸（水溶性挥发性短链脂肪酸，使乳具有乳香味）。乳脂肪中含有亚油酸（18C 二烯酸）、亚麻酸（18C 三烯酸）、花生四烯酸（20C 四烯酸）等人体必需脂肪酸。

乳脂肪与其他动物脂肪的区别：

第一，乳脂肪中含有 20 多种脂肪酸，而其他动物脂肪中脂

肪酸含量很少，仅 5~7 种。

第二，乳脂肪中含低级脂肪酸挥发性脂肪酸（14C 以下的）达 14% 左右，而其他动物脂肪中不超过 1%。这些低级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地。

第三，乳脂肪中含有适当数量的不饱和脂肪酸，使奶油具有柔软的质地。而其他动物脂肪含很多硬脂酸，质地坚硬；植物油则含很多油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸，而使其呈液态。人造奶油就是植物油氢化，即在不饱和脂肪酸的双键上加氢原子，使脂肪变硬。

（2）乳脂肪的理化性质。乳脂肪的组成与结构决定其理化性质，表 1-2 是乳脂肪的理化常数。

表 1-2 乳脂肪的理化特性

项 目	指 标	项 目	指 标
比重	0.935~0.943	赖克特迈斯尔值*	21~36
熔点 (°C)	28~38	波伦斯克值**	1.3~3.5
凝固点 (°C)	15~25	酸值	0.4~3.5
折射率 [n_D^{25}]	1.459 0~1.462 0	丁酸值	16~24
皂化率	218~235	不皂化物	0.31~0.42
碘值	26~36 (30 左右)		

* 为水溶性挥发性脂肪酸值；** 为非水溶性挥发性脂肪酸值

2. 乳中的蛋白质 乳中的蛋白质以胶体悬浊液或胶体溶液状态存在，按现代分类系统分为酪蛋白和乳清蛋白两大类。

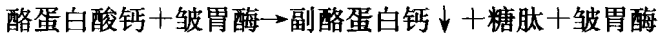
（1）酪蛋白。酪蛋白占蛋白质总量的 80%。乳中的酪蛋白与钙结合生成酪蛋白酸钙，再与胶体状的磷酸钙结合形成酪蛋白酸钙—磷酸钙复合体以胶体悬浮液的状态存在于牛乳中。此外，酪蛋白胶粒中还含有镁等物质。酪蛋白的特性如下：

①酸凝固。如果在乳中加酸，或者让产酸菌在乳中生长，pH 下降，这将在两方面改变酪蛋白环境。首先酪蛋白胶粒中的胶体磷酸钙溶解出来并电离化，钙离子可穿透酪蛋白分子结构，

生成内部极强的钙键。其次，溶液的 pH 降低，当达到酪蛋白的等电点（pH4.6）时酪蛋白沉淀。酪蛋白的酸凝固过程以盐酸为例表示如下：



②酶促凝固。牛乳中的酪蛋白在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。其凝固过程如下：



③盐类及离子对酪蛋白稳定性的影响。氯化钠或硫酸铵等盐类饱和或半饱和溶液能使乳中的酪蛋白酸钙—磷酸钙胶粒形成沉淀，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的阳离子含量的变化很敏感。钙或镁离子能与酪蛋白结合，而使粒子凝集，并且钙和磷的含量直接影响乳汁中的酪蛋白微粒的大小，即大的微粒要比小的微粒含有较多量的钙和磷。

鲜乳中钙和磷呈平衡状态存在，所以乳中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，加热可使酪蛋白发生凝固现象。试验证明，在 90℃ 时加入 0.12%~0.15% 的氯化钙即可使乳凝固。采用钙凝固时，乳蛋白质的利用程度一般要比酸凝固法高 5%，比皱胃酶凝固法约高 10% 以上。

④酪蛋白与糖的反应。具有还原性羰基的糖可与酪蛋白的氨基作用变成氨基糖而产生芳香味及其色素。

乳品在长期储存中，由于乳糖与酪蛋白发生反应产生颜色、风味及营养价值的改变。炼乳罐头含转化糖多时这种变化更明显，可使赖氨酸失去 17%；组氨酸失去 17%；精氨酸失去 10%。所以乳糖和酪蛋白的反应不仅使颜色变暗、气味变劣，营养价值也有很大损失。

(2) 乳清蛋白 (20%)。一般而言，乳清蛋白特别是 α -乳白蛋白具有很高的营养价值，其氨基酸组成非常接近最佳生理组成。乳清蛋白产品被广泛应用于食品工业。

①对不热稳定的乳清蛋白（占乳清蛋白 81%）。调节乳清 pH 为 4.6~4.7 时，煮沸 20min，发生沉淀的蛋白质。对热不稳定的乳清蛋白还分为：

乳白蛋白：包括 α -乳白蛋白、血清白蛋白。前者是典型乳清蛋白，存在于所有哺乳动物乳汁中，并且在乳腺合成乳汁的过程中起着重要作用。

乳球蛋白：包括 β -乳球蛋白、免疫球蛋白。 β -乳球蛋白是乳清蛋白质的重要组分，该蛋白中含硫氨基酸对变性起着作用。如果牛乳加热温度超过 60℃， β -乳球蛋白之间、 β -乳球蛋白与 κ -酪蛋白球之间、 β -乳球蛋白与 α -乳白蛋白之间开始形成硫键（桥）；且高温使硫氰基团（如-SH）释放出来，产生明显的“蒸煮味”。免疫球蛋白具有抗原作用，已知有五种 IgG、IgA、IgM、IgD 和 IgE，初乳中的免疫球蛋白含量比常乳高。

②对热稳定的乳清蛋白（占乳清蛋白 19%）。调节乳清 pH 为 4.6~4.7 时，煮沸 20min，不发生沉淀的蛋白质。对热稳定的乳清蛋白还分为：

蛋白胨、蛋白胨：是简单的蛋白质。

脂肪球膜蛋白：是包在脂肪球表层起保护作用的蛋白质，一些球膜蛋白柔软或似胶冻状，另一些则坚韧且薄片状。含有脂类残基的膜蛋白，称为脂蛋白。球膜蛋白易受细菌性酶的作用而产生分解现象，是奶油在贮藏时风味变劣的原因之一。

另外，乳中还含有非蛋白含氮物，约占总氮的 5%，包括氨基酸、尿素、尿酸、肌酸及叶绿素等。这些含氮物是活体蛋白质代谢的产物，从乳腺细胞进入乳中。

3. 乳糖 乳糖是哺乳动物乳汁中特有的糖类。牛乳中约含乳糖 4.8%左右，全部呈溶解状态。乳糖在乳酸菌产生的乳糖酶作用下分解为葡萄糖和半乳糖。乳酸菌产生的其他酶类又与葡萄糖和半乳糖反应，通过复杂的中间反应把它们转化为以乳酸为主的物质。

一部分人随着年龄增长,消化道内缺乏了乳糖酶而不能分解和吸收乳糖,饮用牛乳后会出现呕吐、腹胀、腹泻等不适症状,称其为乳糖不耐症。在酸奶加工中利用乳酸菌产生乳糖酶,将乳中的乳糖分解为葡萄糖和半乳糖,可预防乳糖不耐症。

4. 乳中的无机物 牛乳中含有许多种无机盐,占总量的0.8%左右,不超过1%。牛乳中主要无机物含量见表1-3。

表 1-3 牛乳中的主要无机成分的含量 (mg/100ml)

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

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,牛乳中钙的含量较人乳多3~4倍,因此牛乳在婴儿胃内形成的蛋白凝块相对人乳比较坚硬,不易消化。为消除可溶性钙盐的不良影响,可采用离子交换法,将牛乳中的钙除去50%,从而使凝块变得柔软,便于消化。牛乳中铁的含量为10~90mg/100ml,较人乳中少,故人工哺育婴幼儿时应补充铁。

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,如:维生素A、维生素D、维生素E、维生素K和水溶性的维生素,如维生素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,如维生素E;有的要靠乳牛自身合成,如B族维生素。

6. 乳中的酶类 牛乳中酶类的来源有三个:一是乳腺分泌;二是挤乳后由于微生物代谢生成;三是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脂解酶。牛乳中的脂酶至少有两种,一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。

脂解酶能把脂肪分解为丙三醇和游离脂肪酸。如乳和乳制品含过量的游离脂肪酸，则制品带有脂肪分解的酸败味。

加工处理过程增加了脂酶作用的机会。例如均质处理破坏了脂肪球膜，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；另外，牛乳多次通过乳泵或在牛乳中通入空气剧烈搅拌，同样也会使脂酶的作用增加，导致牛乳风味变劣。

脂解酶最适作用温度为 37°C ，最适 pH $9.0\sim 9.2$ ，钝化温度至少 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

②磷酸酶。牛乳中的磷酸酶有两种：一种是酸性磷酸酶，存在于乳清中；另一种为碱性磷酸酶，吸附于脂肪球膜处。其中碱性磷酸酶的最适 pH 为 $7.6\sim 7.8$ ，经 63°C ，30min 或 $71\sim 75^{\circ}\text{C}$ ，15~30s 加热后可钝化。常规的巴氏杀菌（ 63°C ，30min 或 72°C ，15~20s）可破坏磷酸酶，因此磷酸酶试验可用来检测巴氏杀菌温度是否确实达到。通常乳品厂把上述试验作为常规检验，被称作 Scharer 磷酸酶试验。

③蛋白酶。牛乳中的蛋白酶分别来自乳本身和污染的微生物。乳中蛋白酶多为细菌性酶，能使蛋白质水解成蛋白胨、多肽及氨基酸。其中由乳酸菌形成的蛋白酶在乳中，特别是在干酪中具有非常重要的意义。蛋白酶在高于 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的温度中即被破坏。在 70°C 以下时，可以稳定地耐受长时间的加热；在 $37\sim 42^{\circ}\text{C}$ 时，这种酶在弱碱性环境中作用最大，中性及酸性环境中作用减弱。

（2）氧化还原酶。氧化还原酶主要包括过氧化氢酶、过氧化物酶和还原酶。

①过氧化氢酶。牛乳中的过氧化氢酶主要来自白血球的细胞成分，特别在初乳和乳房炎乳中含量较多。所以，通过对过氧化氢酶的测定，判定牛乳是否为乳房炎乳或其他异常乳。在 75°C

下加热 20s, 即可破坏过氧化氢酶。

②过氧化物酶。过氧化物酶是最早从乳中发现的酶, 它能够把过氧化氢 (H_2O_2) 中的氧原子转移到其他易被氧化的物质上去, 从而使乳中的多元酚、芳香胺及某些化合物氧化。过氧化物酶主要来自于白血球的细胞成分, 其数量与细菌无关, 是乳中固有的酶。

过氧化物酶作用的最适温度为 $25^{\circ}C$, 最适 pH 是 6.8, 钝化温度和时间大约为 $76^{\circ}C$ 20min、 $77\sim 78^{\circ}C$ 5min、 $85^{\circ}C$ 10s。通过测定乳中是否存在过氧化物酶来判断牛乳热处理的程度, 这一实验称为斯托奇过氧化物酶试验。但经过 $85^{\circ}C$ 10s 处理后的牛乳, 若在 $20^{\circ}C$ 贮藏 24h 或 $37^{\circ}C$ 贮藏 4h, 会发现已钝化的过氧化物酶重新复活的现象。

③还原酶。上述几种酶是乳中固有的酶, 而还原酶则是挤乳后进入乳中的微生物的代谢产物。乳中的还原酶的量与微生物的污染程度成正相关, 因此可通过测定还原酶的活力来判断乳的新鲜程度。美蓝试验的原理是还原酶能使蓝色的美蓝还原为无色, 还原酶越多褪色越快。

7. 乳中的其他成分 除上述成分外, 乳中尚有少量的有机酸、气体、色素、细胞成分、风味成分及激素等。

(四) 乳的物理性质

乳的物理性质对选择正确的工艺条件, 鉴定乳的品质具有重要的意义。

1. 乳的色泽及光学性质 新鲜正常的牛乳呈不透明的乳白色或淡黄色。乳白色是由于乳中的酪蛋白酸钙—磷酸钙胶粒及脂肪球等微粒对光的不规则反射所产生。牛乳中的脂溶性胡萝卜素和叶黄素使乳略带淡黄色。而水溶性的核黄素使乳清呈荧光性黄绿色。脱脂乳透明度较高, 并稍带蓝色。

牛乳的折射率由于有溶质的存在而比水的折射率大, 但在全乳脂肪球的不规则反射影响下, 不易正确测定。由脱脂乳测得的

较准确，折射率为 $n_D^{20} = 1.344 \sim 1.348$ ，此值与乳固体的含量有比例关系，由此可判定牛乳是否掺水。

2. 乳的滋味与气味 乳中含有挥发性脂肪酸（如丁酸、己酸）及其他挥发性物质，这些物质是牛乳滋、气味的主要构成成分。这种香味随温度的高低而异，乳经加热后香味强烈，冷却后减弱。乳中羰基化合物，如乙醛、丙酮、甲醛等也与牛乳风味有关。新鲜纯净的乳稍带甜味，这是由于乳中含有乳糖。乳中除甜味外，因其中含有氯离子和钠离子，所以稍带咸味。常乳中的咸味因受乳糖、脂肪、蛋白质等所调和而不易觉察，但异常乳如乳房炎乳中氯的含量较高，故有浓厚的咸味。乳中的苦味来自镁离子、钙离子，而酸味是由柠檬酸及磷酸所产生。正常乳中香味和甜味掩盖了其他味。

牛乳除原有香味外很容易吸收外界各种气味，所以挤出的乳如在牛舍中放置时间太久会带有牛粪味或饲料味，储存器不良时则产生金属味，消毒温度过高则产生焦糖味。因此每一个处理过程都必须注意周围环境的清洁以及各种因素的影响。

3. 乳的酸度和氢离子浓度 刚挤出的新鲜乳若以乳酸计，酸度为 $0.15\% \sim 0.18\%$ ($16 \sim 18^\circ\text{T}$)，固有酸度或自然酸度主要由乳中的柠檬酸盐、磷酸盐、蛋白质及二氧化碳等酸性物质所造成。

乳在微生物的作用下发生乳酸发酵，酸度逐渐升高。由发酵产酸而升高的这部分酸度称为发酵酸度。固有酸度和发酵酸度之和称为总酸度。一般条件下，乳品工业所测定的酸度就是总酸度。

乳品工业中酸度是指以标准碱液用滴定法测定的滴定酸度。滴定酸度有多种测定方法和表示形式。我国滴定酸度用吉尔涅尔度或乳酸度来表示。

(1) 吉尔涅尔度 ($^\circ\text{T}$)。取 10ml 牛乳，用 20ml 蒸馏水稀释，加入 0.5% 的酚酞指示剂 0.5ml，以 0.1mol/L 氢氧化钠溶