


国家示范性高职院校建设项目成果系列

北京市职业院校教师提高工程加工制造类教师培训基地经费资助

 北京电子科技职业学院

RUZHIPIN JIAGONG JISHU

乳制品加工技术

主 编 苏东海 副主编 苏东民 罗红霞 滕国新




中国轻工业出版社

国家示范性高职院校建设项目成果系列

乳制品加工技术

主 编 苏东海
副主编 苏东民 罗红霞 滕国新

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳制品加工技术/苏东海主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 10

国家示范性高职院校建设项目成果系列

ISBN 978-7-5019-7531-0

I. ①乳… II. ①苏… III. ①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 032726 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李亦兵

版式设计: 王超男

责任终审: 张乃柬

责任校对: 晋 洁

封面设计: 锋尚设计

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 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 15.5

字 数: 302 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7531-0 定价: 29.00 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

090541J2X101ZBW

前 言

牛乳是一种营养丰富的食品，含有大量蛋白质、维生素、矿物质和脂肪，而且容易消化吸收。如今，喜欢喝牛乳的人日益增多，牛乳几乎成了人们生活中的最佳营养食品。乳制品可提供全面均衡的营养素，为人体健康和生长发育提供物质基础。据第四次全国营养调查结果，我国膳食供应最感不足的营养素是钙、维生素 A 和维生素 B₂，而乳制品正是这几种营养素的来源或良好来源。中国乳业起步晚，起点低，但发展迅速。未来全球乳业的快速增长主要依靠市场消费拉动，而中国拥有 13 亿人口，是世界最大的消费市场。目前我国居民平均每人每年摄入牛乳约 10kg，而全球人均均为 100kg，欧美发达国家达到 300kg，与我国相邻的日本、韩国人均消费也在 80kg 左右，我国牛乳消费有较大的增长潜力。因此，乳制品行业被社会称为“朝阳”产业，在这种形势下，我国对乳制品加工技术人员的需要量增大。

为了适应新形势下社会对高职人才培养的需求，在中国轻工业出版社的组织下，我们编写了这本高等职业教育特色较浓的教材。本教材还得到了“北京市职业院校教师提高工程加工制造类教师培训基地”的经费资助。本教材在参阅了国内外大量最新资料的基础上，结合我国高职教育改革，收集典型乳品加工技术资料，在教材内容安排上力求突破创新，适应职业教育的需要。

本书共分六个项目，项目一介绍牛乳的检测、预处理及相关知识；项目二介绍巴氏杀菌牛乳的加工、超高温杀菌牛乳及其相关知识；项目三介绍牛乳冷冻饮品的加工；项目四介绍酸奶的加工及相关知识；项目五介绍乳粉加工及其相关知识；项目六介绍干酪的加工及其相关知识。

本书项目一、项目二、项目三和项目四由河南工业大学苏东民编写，项目五由北京三元食品有限责任公司滕国新编写，项目六由北京农业职业学院罗红霞编写，全书由北京电子科技职业学院苏东海统稿。本书在编写过程中还得到了北京电子科技职业学院生物技术系教师辛秀兰、李晓燕、苑函、刘俊英、兰蓉、杨国伟、王晓杰、危晴、李双石、张晓辉、曹奇光等的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中肯定会存在欠妥之处，真诚地希望有关专家和广大读者批评指正。

编者
2010 年 3 月

目 录

1	项目一 原料乳的验收和预处理
1	学习目标
1	项目实施
1	任务一 牛乳的检验
11	任务二 异常乳的检验
16	必备知识
16	一、乳的组成
20	二、乳中各成分的性质
36	三、乳的物理性质
41	四、加工处理对牛乳性质的影响
44	五、乳的分类
48	思考题
49	项目二 液态乳的加工及检验
49	学习目标
49	项目实施
49	任务 巴氏杀菌全脂乳的加工
51	必备知识
51	一、巴氏杀菌乳
66	二、较长保质期乳
68	三、超高温瞬时灭菌乳
71	四、炼乳
87	思考题
89	项目三 冷冻乳制品的加工
89	学习目标

89	项目实施
89	任务一 冰淇淋的加工
91	任务二 雪糕的生产
92	必备知识
92	一、冰淇淋形成原理
112	二、雪糕的生产
117	三、冰霜加工技术
119	四、棒冰加工技术
121	思考题
123	项目四 酸乳的加工及检验
123	学习目标
123	项目实施
123	任务 搅拌型酸乳的加工
124	必备知识
124	一、酸乳基础知识
127	二、发酵剂的制备
134	三、酸乳的加工及关键控制点
140	四、酸乳的包装
141	五、酸牛乳的质量标准
142	六、乳酸菌饮料
145	七、其他发酵乳制品
148	八、乳酸菌制剂的加工
149	九、调酸型花色牛乳
158	思考题

159	项目五 乳粉的加工及检验
159	学习目标
159	项目实施
159	任务 乳粉的加工
161	必备知识
161	一、乳粉基础知识
167	二、全脂乳粉的生产
187	三、脱脂乳粉的生产
189	四、配制乳粉
192	五、其他乳粉
201	思考题
202	项目六 干酪的加工
202	学习目标
202	项目实施
202	任务 干酪的加工
204	必备知识
204	一、干酪基础知识
207	二、干酪发酵剂
210	三、凝乳酶
212	四、干酪的加工工艺
220	五、几种典型干酪的生产工艺
226	六、干酪的质量控制
228	思考题
230	参考文献

项目一 原料乳的验收和预处理

学习目标

1. 掌握乳的基本组成、影响乳成分的因素和乳主要成分的存在状态。
2. 掌握乳的化学性质，重点掌握乳中蛋白质、脂肪、乳糖的特性。
3. 掌握乳物理性质的概念及指标，重点掌握乳的冰点、相对密度、酸度、电导率的特性。
4. 了解异常乳的分类及产生原因，掌握初乳、低酸度酒精阳性乳的特性。

项目实施

原料与成品需要检验，生产过程的监控也需要检验，我们选取了感官鉴定、滴定酸度、酒精试验法、煮沸试验、乳密度和相对密度的测定、乳中细菌污染度的测定、乳中水分和总干物质的测定、乳中过氧化物酶和磷酸酶试验。

异常乳是由奶牛生理、病理因素和人为掺假造成的，因此我们选用了常用的一些异常乳的检验方法：碳酸钠的检测、铵盐化合物的检测、饴糖及白糖的检测、尿素的检测、过氧化氢的测定、甲醛的测定、重铬酸钾的测定、掺水试验、乳中淀粉的测定、乳中豆浆的测定、乳中抗生素的测定、乳房炎乳的检查。

任务一 牛乳的检验

（一）感官鉴定

正常乳应为乳白色或略带黄色，具有特殊的乳香味，稍有甜味，组织状态均匀一致，无凝块和沉淀，不黏滑。评定方法如下：

色泽鉴定：将少量乳倒入白瓷皿中观察其颜色。

气味鉴定：将少量乳加热后，闻其气味。

滋味鉴定：取少量乳用口品尝之。

组织状态鉴定：将少量乳倒入小烧杯内静置 1h 左右后，再小心地将其倒入另一小烧杯内，仔细观察第一个小烧杯内底部有无沉淀和絮状物。再取 1 滴乳于

大拇指上，检查是否黏滑。

乳的感官鉴定标准如表 1-1 所示。

表 1-1 乳的感官鉴定标准

	良质鲜乳	次质鲜乳	劣质鲜乳
色泽	为乳白色或稍带微黄色	色泽较良质鲜乳为差，白色中稍带青色	呈浅粉色或显著的黄绿色，或是色泽灰暗
组织状态	呈均匀的流体，无沉淀、凝块和机械杂质，无黏稠和浓厚现象	呈均匀的流体，无凝块，但可见少量微小的颗粒，脂肪聚黏表层呈液化状态	呈稠而不匀的溶液状，有乳凝结成的致密凝块或絮状物
气味	具有乳特有的乳香味，无其他任何异味	具有乳固有的香味，稍有异味	有明显的异味，如酸臭味、牛粪味、金属味、鱼腥味、汽油味等
滋味	具有鲜乳独具的纯香味，滋味可口而稍甜，无其他任何异常滋味	有微酸味（表明乳已开始酸败），或有其他轻微的异味	有酸味、咸味、苦味等

① 凡经感官鉴定后认为是良质的乳及乳制品，可以销售或直接供人食用，但未经有效灭菌的新鲜乳不得市售和直接供人食用。

② 凡经感官鉴定后认为是次质的乳及乳制品，均不得销售和直接供人食用，可根据具体情况限制作为食品加工原料。

③ 凡经感官鉴定为劣质的乳及乳制品，不得供人食用或作为食品工业原料，可限制作为非食品加工用原料或作销毁处理。

④ 经感官鉴定认为除色泽稍差外，其他几项指标为良质的乳品，可供人食用。但这种情况较少，因为乳及乳制品一旦发生质量改变，其感官指标中的色泽、组织状态、气味和滋味四项均会有不同程度的改变。

在乳及乳制品的四项感官鉴定指标中，若有一项表现为劣质品级，即应按第③条所述方法处理。如有一项指标为次质品级，而其他三项均识别为良质者，即应按第②条所述的方法处理。

（二）滴定酸度的滴定

1. 原理

乳挤出后在存放过程中，由于微生物的活动，分解乳糖产生乳酸，而使乳的酸度升高。测定乳的酸度，可判定乳是否新鲜。

乳的滴定酸度常用吉尔涅尔度（°T）表示。

吉尔涅尔度是以中和 100mL 乳中的酸所消耗的 0.1mol/L 氢氧化钠的体积（mL）来表示的。消耗 0.1mol/L 氢氧化钠 1mL 为 1°T，即消耗 1×10^{-4} mol 氢氧化钠为 1°T。

2. 主要器材与试剂

0.1mol/L 草酸溶液、0.1mol/L (近似值) 氢氧化钠溶液、10mL 吸管、150mL 三角瓶、25mL 酸式滴定管、0.5% 酚酞酒精溶液、0.5mL 吸管、25mL 碱式滴定管、滴定架。

3. 酸度的滴定

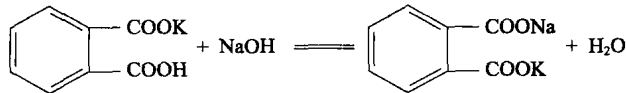
(1) NaOH 浓度标定 NaOH 具有强吸湿性, 也容易吸收空气中的 CO_2 , 常含有 Na_2CO_3 。因此, NaOH 标准溶液只能用间接法配制。为了避免 CO_2 的影响, 还需配制不含 CO_3^{2-} 的 NaOH 溶液。

配制不含 CO_3^{2-} 的 NaOH 溶液常用的方法是将 NaOH 制成饱和溶液 (浓度为 18mol/L)。在这种溶液中 Na_2CO_3 几乎不溶解而沉淀下来。吸取上层清液, 用无 CO_2 的蒸馏水稀释至所需要的浓度。

当少量 Na_2CO_3 存在对测定影响不大时, 可称取比需要量稍多的固体 NaOH, 用少量水迅速洗涤 2~3 次, 以洗去表面的 Na_2CO_3 , 倾去洗涤水, 然后配制成所需浓度的溶液。或者称取所需要量的 NaOH 试剂, 用去 CO_2 的蒸馏水溶解、配制。

标定 NaOH 溶液的基准物质有邻苯二甲酸氢钾 ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) 和草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 等。也可以用标准酸溶液标定。

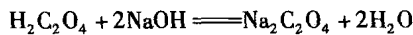
① 用邻苯二甲酸氢钾标定: 邻苯二甲酸氢钾易得纯品, 在空气中不吸水, 容易保存, 是标定 NaOH 溶液的较好的基准物质。使用前在 100~125℃ 温度下烘 2~3h。它与 NaOH 的反应为:



化学计量点时溶液的 $\text{pH} \approx 9.1$, 可选酚酞作指示剂。

② 用草酸标定: 草酸易得纯品, 稳定性也好。但草酸溶液不够稳定, 能自动分解成 CO_2 和 CO , 光照和催化剂能加速分解, 所以制成溶液后应立即滴定。

草酸是二元弱酸 ($K_{a1} = 5.9 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.4 \times 10^{-5}$), 用 NaOH 滴定时, 两级 H^+ 同时被中和。



化学计量点时溶液 $\text{pH} \approx 8.4$, 可选酚酞作指示剂。

(2) 实验步骤

① 进入实验室, 将实验要用到的有关仪器从仪器橱中取出, 把玻璃器皿按洗涤要求洗涤干净备用。

② 计算配制 0.1mol/L NaOH 500mL 所需固体 NaOH 的量。

用洁净而干燥的表面皿在台式天平上称取 2g NaOH, 迅速置于 100mL 烧杯中, 用约 2mL 蒸馏水迅速洗涤 2 次, 以除去 NaOH 表面上少量的 Na_2CO_3 , 加 50mL 蒸馏水, 搅拌全部溶解, 移入带橡皮塞的试剂瓶中, 加水稀释至 500mL,

摇匀，贴标签备用。

③ 用配制好的 NaOH 溶液润洗洗涤好的碱式滴定管，然后装入 NaOH 溶液。

④ 本次实验用 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 标定。

回顾电子天平的使用及差减法称量的步骤。

准确称取 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1.3 ~ 1.6g 置于 100mL 烧杯中，加 30mL 蒸馏水，小心搅拌使之溶解，然后定量地转移入 250mL 容量瓶中，定容，摇匀。

用移液管移取草酸溶液 25.00mL 于 250mL 锥形瓶中，加 2 ~ 3 滴酚酞指示剂，用 0.1mol/L NaOH 溶液滴定至溶液呈粉红色且 30s 内不褪色为止。记录 NaOH 溶液的用量。平行滴定 3 次。按下式计算 NaOH 标准溶液的浓度。

$$c(\text{NaOH}) = \frac{2m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})V(\text{NaOH})}$$

式中 m —— $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 质量 (kg)

M_r —— $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 相对分子质量

c ——NaOH 标准溶液浓度 (mol/L)

V ——消耗的 NaOH 标准溶液体积 (L)

(3) 数据处理

草酸质量/g	
定容体积/mL	
移取草酸溶液体积/mL	
NaOH 初读数	
NaOH 终读数	
用去 NaOH 体积/mL	
$c(\text{NaOH}) / (\text{mol/L})$	
平均值/ (mol/L)	
相对平均偏差	

(4) 滴定乳的酸度 取乳样 10mL 于 150mL 三角瓶中，再加入 20mL 蒸馏水和 0.5mL 0.5% 酚酞溶液，摇匀，用 0.1mol/L (近似值) 氢氧化钠溶液滴定至微红色，并在 1min 内不消失为止，记录消耗的 0.1mol/L (近似值) 氢氧化钠的体积 (A)。

计算滴定酸度

$$\text{吉尔涅尔度 } (^\circ\text{T}) = A \times F \times 10$$

式中 A ——滴定时消耗的 0.1mol/L (近似值) 氢氧化钠的体积 (mL)

F ——0.1mol/L (近似值) 氢氧化钠的校正系数

10——乳样的倍数

(三) 酒精试验法

1. 原理

一定浓度的酒精能使高于一定酸度的牛乳产生沉淀。乳中蛋白质遇到同一浓

度的酒精，其凝固与乳的酸度成正比，即凝固现象越明显，酸度越大，否则，相反。乳中蛋白质遇到浓度高的酒精，易于凝固。

乳中酪蛋白胶粒带有负电荷。酪蛋白胶粒因具有亲水性，在胶粒周围形成了结合水层。所以，酪蛋白在乳中以稳定的胶体状态存在。

当乳的酸度增高时，酪蛋白胶粒带有的负电荷被 $[H^+]$ 中和。

酒精具有脱水作用，浓度越大，脱水作用越强。酪蛋白胶粒周围的结合水层易被酒精脱去而发生凝固。

滴定酸度与牛乳品质的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 滴定酸度与牛乳品质关系表

滴定酸度/°T	牛乳品质	滴定酸度/°T	牛乳品质
低于 16	加碱或加水等异常的乳	高于 25	酸性乳
16~20	正常新鲜乳	高于 27	加热凝固
高于 21	微酸的乳	60 以上	酸化乳，能自身凝固

2. 仪器与药品

体积分数 68%、70%、72% 的酒精，1~2mL 吸管、试管。

3. 操作方法

(1) 实验步骤 取试管 3 支，编号 (1、2、3 号)，分别加入同一乳样 1~2mL，3 支试管分别加入等量的体积分数 68%、70%、72% 的酒精，摇匀。然后观察有无出现絮片，确定乳的酸度。

(2) 判定标准 酒精浓度与酸度的关系判定标准如表 1-3 所示。

表 1-3 酒精浓度与酸度关系判定标准表

酒精浓度	不出现絮片酸度
68%	20°T 以下
70%	19°T 以下
72%	18°T 以下

注：试验温度以 20℃ 为标准。

(四) 煮沸试验

1. 原理

乳的酸度越高，乳中蛋白质对热的稳定性越低，越易凝固。根据乳中蛋白质在不同温度时凝固的特征，可判断乳的新鲜度。

2. 仪器

20mL 吸管、水浴箱。

3. 操作方法

(1) 实验步骤 取 10mL 乳，放入试管中，用酒精灯加热至沸腾，观察管壁

有无絮片出现或发生凝固现象。

(2) 判定标准 如果产生絮片或发生凝固,则表示不新鲜,酸度大于 26°T。

(五) 生鲜乳中相对密度的测定

1. 仪器与设备

密度计: 20℃/4℃;

玻璃圆筒或 200 ~ 250mL 量筒; 圆筒高度应大于密度计的长度, 其直径大小应使在沉入密度计时其周边和圆筒内壁的距离不小于 5mm。

2. 分析步骤

取混匀并调节温度为 10 ~ 25℃ 的样品, 小心倒入玻璃圆筒内, 勿使其产生泡沫并测量样品温度。小心将密度计放入样品中到刻度 30° 处, 然后让其自然浮动, 但不能与筒内壁接触。静置 2 ~ 3min, 眼睛对准筒内牛乳液面的高度, 读取数值。根据样品的温度和密度计读数查表 1-4 换算成 20℃ 时的度数。相对密度 (ρ_4^{20}) 与密度计刻度关系式:

$$\rho_4^{20} = \frac{X}{1000} + 1.000$$

式中 ρ_4^{20} ——样品的相对密度

X——密度计读数

当用 20℃/4℃ 密度计, 温度在 20℃ 时, 将读数代入公式, 相对密度即可直接计算; 不在 20℃ 要查表 1-4 换算成 20℃ 时的度数, 然后再代入公式计算。

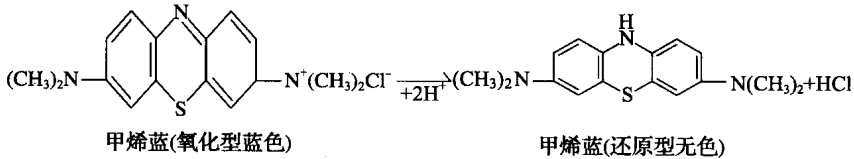
表 1-4 密度计读数变为温度 20℃ 时的度数换算表

密度计 读数	鲜乳温度/℃															
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
25	23.3	23.5	23.6	23.7	23.9	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	25.0	25.2	25.4	25.5	25.8	26.0
26	24.2	24.4	24.5	24.7	24.9	25.0	25.2	25.4	25.6	25.8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0
27	25.1	25.3	25.4	25.6	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5	26.8	27.0	27.2	27.5	27.7	27.9	28.1
28	26.0	26.1	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0	27.3	27.5	27.8	28.0	28.2	28.5	28.7	29.0	29.2
29	26.9	27.1	27.3	27.5	27.6	27.8	28.0	28.3	28.5	28.8	29.0	29.2	29.5	29.7	30.0	30.2
30	27.9	28.1	28.3	28.5	28.6	28.8	29.0	29.3	29.5	29.8	30.0	30.2	30.5	30.7	31.0	31.2
31	28.8	28.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.3	30.5	30.8	31.0	31.2	31.5	31.7	32.0	32.2
32	29.3	30.0	30.2	30.4	30.6	30.7	31.0	31.2	31.5	31.8	32.0	32.3	32.5	32.8	33.0	33.3
33	30.7	30.8	31.1	31.2	31.5	31.7	32.0	32.2	32.5	32.8	33.0	33.3	33.5	33.8	34.1	34.3
34	31.7	31.9	32.1	32.3	32.5	32.7	33.0	33.2	33.5	33.8	34.0	34.3	34.4	34.8	35.1	35.3
35	32.6	32.8	33.1	33.3	33.5	33.7	34.0	34.2	34.5	34.7	35.0	35.3	35.5	35.8	36.1	36.3
36	33.5	33.8	34.0	34.3	34.5	34.7	34.9	35.2	35.6	35.7	36.0	36.2	36.5	36.7	37.0	37.2

(六) 乳中细菌污染度的测定

1. 甲烯蓝试验

(1) 原理 乳中含有各种不同的酶，其中还原酶是细菌生命活动的产物，乳的细菌污染越严重，则还原酶的数量越多。还原酶具有还原作用，可使蓝色的甲烯蓝还原为无色的甲烯蓝，还原酶越多则褪色越快，细菌污染度越大。反应式为：



(2) 仪器与药品 甲烯蓝溶液、干燥箱、酒精灯、1mL 吸管、试管、10mL 吸管、水浴箱或恒温箱。

(3) 操作方法

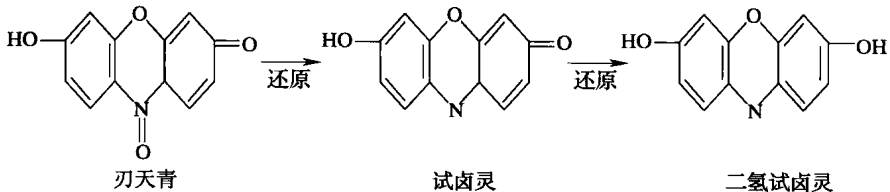
- ① 仪器杀菌：试验中所用的吸管、试管等必须事先经过干热灭菌。
- ② 以无菌操作吸取 10mL 乳样于试管中，再加入甲烯蓝 1mL，塞上棉塞，摇匀，然后放在 35 ~ 40℃ 的水中或恒温箱中，记录开始保温的时间。
- ③ 每隔 10 ~ 15min 观察试管内容物褪色的情况。
- ④ 根据试管内容物褪色的速度，确定乳中的细菌数及细菌污染度的等级。
- ⑤ 甲烯蓝试验的判定标准如表 1-5 所示。

表 1-5 甲烯蓝试验判定标准表

甲烯蓝褪色时间	1mL 乳中的细菌数	乳的细菌污染度等级
330min 以上	不超过 50 万	第一级 (良好)
120 ~ 330min	50 万 ~ 400 万	第二级 (中等)
20 ~ 120min	400 万 ~ 2000 万	第三级 (不好)
20min 以内	超过 2000 万	第四级 (很坏)

2. 刃天青 (利色唑林) 试验

(1) 原理 刃天青加入正常鲜乳中，乳呈青蓝色，如果乳被细菌污染，能使刃天青还原，呈现青蓝色→紫色→红色→无色变化。因此，根据变色情况和变到一定颜色所需的时间可以推断乳中的细菌概数，判定乳被细菌污染的等级。反应式：



(2) 仪器与药品：刃天青基础液、刃天青使用液、高压灭菌器、水浴箱、10mL 吸管、20mL 试管（带胶塞）。

(3) 操作方法

- ① 仪器杀菌：同甲烯蓝试验的仪器杀菌。
- ② 吸取 10mL 乳于试管中，再加入刃天青使用液 1mL，混匀，用胶塞塞好，但不要盖严。
- ③ 将该试管置于 38 ~ 40℃ 的水浴箱中进行水浴加热，当试管内容物加热到 37℃ 时（用对照组试管测温），将管口塞紧，慢慢转动试管（不振荡），使受热均匀。
- ④ 于水浴开始后的 20min，第一次观察试管内容物的颜色变化，记录结果。
- ⑤ 去掉白色乳试管，将其他试管进行转动，继续水浴保温 60min。然后进行第二次观察，记录结果。
- ⑥ 刃天青试验的判定标准如表 1-6 所示。

表 1-6 刃天青试验判定标准表

级别	乳的质量	乳的颜色	
		经过 20min	经过 60min
1	良好	青蓝色	青蓝色
2	合格	青蓝色	蓝紫色
3	不好	青蓝或蓝紫色	粉红色
4	很坏	白色	

(七) 乳脂肪含量的测定——巴布科克氏 (Babcock) 法

1. 原理

本法系利用硫酸溶解乳中的蛋白质和乳糖，使脂肪得以迅速而完全地分离出来，直接读取脂肪层即可得知被检乳中的脂肪率。

2. 仪器与药品

巴氏乳脂瓶（图 1-1）、20mL 量筒、温度计、17.5mL 专用硫酸吸管、17.6mL 专用牛乳吸管、离心机、水浴箱、相对密度为 1.82 ~ 1.85 的硫酸。

3. 操作方法

- ① 用专用牛乳吸管吸取 17.6mL 乳加入巴氏乳脂瓶中，加 17.5mL 硫酸。
- ② 将乳脂瓶置于离心机中，以 700 ~ 1000r/min 离心 5min。
- ③ 取出，加 65℃ 水至其颈部，再离心 5min。

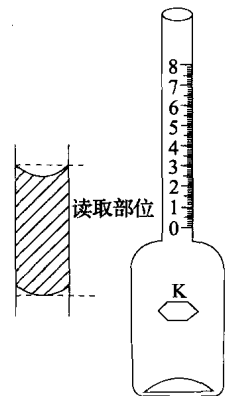


图 1-1 巴氏乳脂瓶及读数

- ④ 取出，加 65℃ 水使脂肪上升至瓶颈接近刻度顶点处，再离心 1min。
- ⑤ 取出，置于 65℃ 水浴箱中保温 5min。
- ⑥ 取出，立即读取，以凹液面最高点为准。

(八) 乳中水分和总干物质的测定

1. 乳中水分的测定

- (1) 原理 乳经加热，水分被蒸发，乳样所损失的质量就是水分的质量。
- (2) 仪器与药品 带盖铝皿或带盖扁形称量瓶（直径 50mm）、干燥箱、分析天平、干燥器、坩埚钳、海砂。
- (3) 操作方法
 - ① 取精制海砂 20g 于铝皿或称量瓶中，在 98 ~ 100℃ 干燥 2h，放入干燥器中冷却 20min，称重，并反复干燥至恒重。
 - ② 吸取乳样 5mL，置于已恒重的器皿中，称重（准确至 0.2mg）。
 - ③ 将器皿置于水浴上蒸干，擦去器皿外的水分，于 98 ~ 100℃ 干燥 2h，取出放入干燥器中冷却 15min，称重后再于 98 ~ 100℃ 干燥 1h，取出冷却后再称重，并反复干燥至恒重（前后两次质量之差不超过 1mg）。
 - ④ 计算：

$$\text{水分} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100\%$$

- 式中 W_1 ——器皿 + 海砂 + 乳样的质量 (g)
 W_2 ——器皿 + 海砂 + 乳样中的干物质的质量 (g)
 W_3 ——器皿 + 海砂的质量 (g)

2. 乳中总干物质的测定

- (1) 原理 乳经加热，除去水分后，所剩余的物质，就是总干物质。
- (2) 仪器与药品 同乳中水分的测定。
- (3) 操作方法 测定方法与乳中水分的测定相同，只是计算不同。

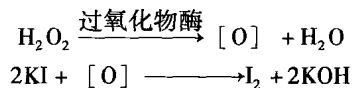
$$\text{总干物质} = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_3} \times 100\%$$

式中符号同乳中水分的测定。

(九) 乳中过氧化物酶和磷酸酶试验

1. 过氧化物酶试验（淀粉碘化钾法）

- (1) 原理 过氧化物酶能使过氧化物分解产生 [O]，而 [O] 能氧化还原性物质（如碘化钾）。



I_2 遇淀粉产生蓝色反应。

- (2) 仪器与药品 试管、5mL 吸管、3% 淀粉碘化钾溶液、2% 过氧化氢溶液。

(3) 操作方法

① 吸取 3~5mL 乳样于试管中，加 3% KI 淀粉溶液 5 滴和 2% H_2O_2 2 滴，摇匀，然后观察乳样在 1min 内有无颜色变化。

② 判定标准：

无蓝色变化——乳中无过氧化物酶，说明乳已经过 63℃、30min 巴氏杀菌。

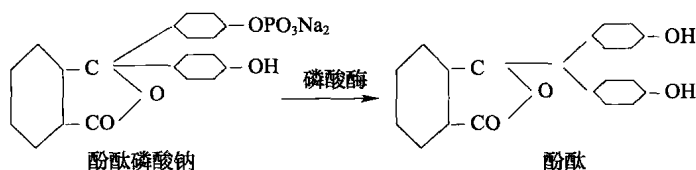
有蓝色变化——乳中有过氧化物酶，说明乳未经巴氏杀菌或经杀菌后又混入了生乳。

注：颜色反应如在 1min 后发生，这并不是过氧化物酶的作用，而是 H_2O_2 性质不稳定，逐渐分解产生 $[O]$ 。所以，检查时必须注意变化的时间。

2. 磷酸酶试验

(1) 酚酞磷酸钠法

① 原理：酚酞磷酸钠在磷酸酶的作用下分解，产生酚酞和磷酸氢二钠。反应式如下：



氨缓冲溶液为碱性，所产生的酚酞使溶液变红。根据颜色有无变红，可确定乳中是否有磷酸酶的存在。

② 仪器与药品：试管、1mL 吸管、2mL 吸管、水浴箱、氨缓冲液、酚酞磷酸钠溶液。

③ 操作方法：吸取 2mL 乳样于试管中，加 1mL 酚酞磷酸钠溶液，摇匀，放于 40~45℃ 的水浴箱内加热，每隔 10min 观察一次内容物的颜色变化情况。

④ 判定标准：

无颜色变化——磷酸酶已破坏，乳经过 80℃ 以上的巴氏杀菌。

出现红色或鲜红色——磷酸酶未破坏，乳未经巴氏杀菌或杀菌后又混入生乳。

(2) 苯基磷酸双钠法

① 原理：利用苯基磷酸双钠在碱性缓冲液中，在磷酸酶的作用下产生苯酚，苯酚在有 Na_2CO_3 的情况下再与 2, 6-双溴醌酰胺作用呈蓝色反应，蓝色深浅与酚量多少成正比，即与杀菌的完全与否成反比。反应式如下：