

高职高专“十二五”规划教材



RUZHIPIN
SHENGCHAN SHIXUN
JISHU ZHIDAO SHOUC

乳制品生产实训 技术指导手册

葛亮 孙来华 主编

何晓瑞 陆东林 主审



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材



乳制品生产实训 技术指导手册

葛 亮 孙来华 主 编
杨清香 荆文清 副主编
何晓瑞 陆东林 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以乳品原料生产、乳制品生产及质量控制为主线,重点介绍生鲜牛乳、巴氏杀菌乳、灭菌乳、发酵乳的生产技术、质量控制和乳与乳制品检验,针对重点生产设备的工作原理、操作规程、日常维护及常见故障排除等内容进行了阐述,同时还涉及乳品厂设备的清洗消毒、良好作业规范和卫生标准操作程序的相关内容,突出实用性、操作性,增强学生动手能力的培养。

本书可用于学生学习及实训技术指导以及企业员工和师资的培训,也可供乳品企业技术人员使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

乳制品生产实训技术指导手册/葛亮,孙来华主编. —北京:
化学工业出版社, 2011. 2
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-10288-1

I. 乳… II. ①葛… ②孙… III. 乳制品-生产工艺-
高等学校: 技术学院-教材 IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 262887 号

责任编辑: 于 卉
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 张春娥
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 9 1/4 字数 242 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

前 言

高职教育培养面向生产、建设、管理、服务一线的直接为地方或行业经济发展服务的高技能人才。高职教育强调以就业为导向、以服务为宗旨，推行工学结合的人才培养模式。为了使学校培养的人才更符合企业的实际需求，在教学实施方面，注重强化实践教学环节，实施“双证书”制度，根据国家教育部高职高专示范院校建设计划的要求，加快高等职业教育改革与发展，推进教学建设和教学改革，努力探索校企合作办学的新途径，全面提高人才培养质量，按照高技能人才培养的需要，与行业企业共同开发紧密结合生产实际的教材尤为重要。为此，针对乳品生产企业的实际情况，专业教师与企业工程技术人员合作编写了《乳制品生产实训技术指导手册》。该书的编写更注重各产品生产过程的实际操作和实际问题的解决，针对性强，使用范围广。

本书主编为新疆轻工职业技术学院的葛亮和孙来华，副主编为新疆轻工职业技术学院的杨清香和新疆天润乳业生物制品股份有限公司的荆文清。参编人员有新疆天润乳业生物制品股份有限公司的陈东升、罗晓红、赵江伟、蒋丽萍、续文胜、伍子玉。主审为新疆天润乳业生物制品股份有限公司的何晓瑞和新疆奶业协会理事长陆东林。

本书可用于学生学习及实训技术指导以及师资和企业员工培训，还可作为乳品企业技术人员参考用书。

编者
2011年4月

目 录

基础知识	1
一、乳的物理性质	1
1. 乳的组成及含量	1
2. 乳的分散体系	1
3. 乳的基本物理性质	1
二、乳的化学组成	2
1. 乳蛋白	2
2. 乳脂肪	3
3. 乳中碳水化合物	3
4. 乳中的无机盐类	4
5. 乳中维生素及酶类、气体	4
三、加工处理对牛乳物理化学性质的影响	5
1. 热处理对乳的影响	5
2. 冷冻处理对乳的影响	5
3. 发酵对乳的影响	6
4. 牛乳加工处理后各部分名称	6
四、乳的分类	6
1. 常乳	6
2. 异常乳	6
五、乳中的微生物	7
1. 乳中微生物的种类	7
2. 乳中微生物来源	8
3. 减少微生物污染的措施	9
项目一 生鲜牛乳生产	10
一、乳的生物合成、泌乳及其影响泌乳和乳成分的因素	10
1. 乳的生物合成、泌乳	10
2. 影响泌乳和乳成分的因素	10
二、生鲜牛乳的生产工艺、设备与品质管理	10
1. 生鲜牛乳生产工艺流程	10
2. 工艺技术要点及质量控制	11
3. 生鲜牛乳机械化挤乳设备及降温、冷藏设备, 奶槽车介绍及操作要点	12
三、无公害生鲜牛乳的安全生产规范	13
1. 选址设计与环境	13
2. 选育与繁殖	14
3. 饲料与日粮配制	15

4. 饲养管理	16
5. 挤奶操作与卫生	19
6. 卫生防疫与保健	21
7. 记录与档案管理	22
四、生鲜牛乳国家收购标准	23
1. 生鲜牛乳收购的定义	23
2. 收购的生鲜牛乳的质量要求	23
项目二 原料乳的预处理	25
一、原料乳预处理技术要点及质量控制	25
1. 牛乳的计量	25
2. 原料乳的净乳	25
3. 原料乳的冷却	25
4. 原料乳的贮存	26
二、原料乳的预热与杀菌	26
1. 原料乳常用杀菌方法	26
2. 原料乳加热程度对微生物的影响	27
项目三 巴氏杀菌乳的生产	28
一、巴氏杀菌乳的概念与分类	28
1. 巴氏杀菌乳的概念	28
2. 巴氏杀菌乳的分类	28
二、巴氏杀菌的定义与方法	28
1. 巴氏杀菌的定义	28
2. 巴氏杀菌的方法	29
三、巴氏杀菌乳的生产工艺流程、技术要点及质量控制	29
1. 巴氏杀菌乳生产工艺流程	29
2. 巴氏杀菌乳生产操作要点	29
四、较长保质期乳 (ESL 乳) 的生产	31
1. ESL 乳的概念	31
2. ESL 乳对原料乳的质量要求	31
3. ESL 乳的热处理条件	31
4. ESL 乳的二次污染途径	31
5. ESL 乳对包装材料的要求及消毒处理	31
6. 仓储运输环节对冷链系统的要求	32
7. ESL 乳与超高温灭菌乳的区别	32
项目四 灭菌乳的生产	33
一、灭菌乳概述	33
1. 灭菌乳的概念与分类	33
2. 超高温灭菌乳的发展历史与超高温灭菌产品的定义	33
二、超高温灭菌的原理、方法及包装材料	34
1. 超高温灭菌乳的灭菌原理	34

2. 超高温灭菌的方法	35
3. 超高温灭菌乳的包装材料	38
三、超高温灭菌乳的生产工艺流程、技术要点及质量控制	39
1. 超高温灭菌乳生产工艺流程	39
2. 超高温灭菌乳的生产技术要点及质量控制	39
3. 超高温灭菌 (UHT) 乳常见质量问题与解决措施	47
四、保持灭菌乳的生产工艺流程、技术要点及质量控制	48
1. 概述	48
2. 保持灭菌乳加工的类型	49
3. 保持灭菌乳生产工艺流程	50
4. 保持灭菌乳生产工艺要求	50
五、HACCP 在超高温灭菌乳生产中的应用	50
1. 概述	50
2. 建立 HACCP 小组	51
3. 危害分析工作单	51
4. 关键控制点 CCP 关键限值的确认	54
5. 制定 HACCP 计划表	54

项目五 发酵乳制品的生产..... 56

一、概述	56
1. 发酵乳制品的发展动态和趋势	56
2. 发酵乳制品的分类及营养保健功能	56
3. 微生物在发酵乳制品中的应用	57
二、酸乳的分类	57
1. 按产品的形态分类	57
2. 按成品风味分类	57
3. 按菌种种类分类	58
三、酸乳生产所用原料	58
1. 原料乳的质量要求	58
2. 酸奶专用的奶粉及其质量标准	58
3. 甜味剂	58
4. 发酵剂	58
5. 果料	58
6. 其他食品添加剂	59
四、发酵剂选择与制备	59
1. 发酵剂的定义、分类及作用	59
2. 酸奶发酵剂的种类	60
3. 酸奶发酵剂的选择	60
4. 酸奶发酵剂的制备	60
5. 酸奶发酵剂的质量控制	61
6. 直投式酸奶菌种发酵剂	62
五、凝固型酸乳生产工艺流程、技术要点及质量控制	62
1. 凝固型酸乳生产工艺流程	62

2. 凝固型酸乳生产工艺技术要点及质量控制	62
3. 凝固型酸奶常见质量缺陷及防范措施	63
六、HACCP 在凝固型酸奶生产中的应用	65
1. 主要产品的危害描述	65
2. 危害分析 (HA)	65
3. 确定关键控制点 (CCP)	66
4. 确定关键限值	66
5. 制定 HACCP 计划	66
七、搅拌型酸乳生产工艺流程、技术要点及质量控制	67
1. 搅拌型酸乳生产工艺流程	67
2. 搅拌型酸乳生产技术要点及质量控制	67
3. 搅拌型酸乳常见质量缺陷及防范措施	71
4. 工艺指标	71
八、搅拌型酸乳主要生产设备的工作原理、操作规程及常见故障排除、日常维护	
保养	72
1. 中亚 DGD-200P/300P 型自动纸塑杯灌装封口机	72
2. 酸奶八联杯灌装机操作规程	77
九、HACCP 在搅拌型酸奶中的应用	78
1. 产品描述	78
2. 危害分析	78
3. 确定生产中的关键控制点 (CCP)	79
4. 关键控制点的监测程序及 CCP 的监控措施	80
5. 结论	81
十、乳酸菌饮料	81
1. 乳酸菌饮料的概念与分类	81
2. 乳酸菌饮料的生产工艺流程	81
3. 乳酸菌饮料生产技术要求及质量控制	81
4. 工艺指标	83
5. 乳酸菌饮料主要生产设备的工作原理、操作规程、常见故障排除、日常维护及清洗	
消毒	84
十一、其他发酵乳制品	98
1. 牛奶酒	98
2. 特色奶酪	99
项目六 乳品厂设备的清洗、消毒	101
一、清洗概述	101
1. 清洗的定义和目的	101
2. 常用清洗剂的种类	101
3. 清洗的几个要素	102
4. 清洗用水的供应	103
5. 清洗的作用机理	105
二、就地清洗	105
1. CIP 清洗程序的选择	105

2. 就地清洗系统的设计	107
3. 清洗效果的检验	110
三、乳品厂 CIP 站设备清洗操作规程	111
1. 系统组成与清洗程序选择	111
2. 开机准备	112
3. 清洗操作流程	115
4. 注意事项	116
5. 维修及养护	117
项目七 乳制品良好生产规范	118
一、良好生产规范的概念	118
二、乳制品良好生产规范	118
1. 范围	118
2. 规范性引用文件	118
3. 术语和定义	119
4. 选址及厂区环境	119
5. 厂房和车间	119
6. 设备	121
7. 卫生管理	122
8. 原料和包装材料的要求	123
9. 生产过程食品安全控制	124
10. 检验	125
11. 产品的贮存和运输	125
12. 产品追溯和召回	126
13. 培训	126
14. 管理机构和人员	126
15. 记录和文件的管理	127
项目八 乳品厂卫生标准操作程序	128
一、卫生标准操作程序的概念	128
二、乳品厂卫生标准操作程序	129
1. 加工用水安全	129
2. 食品接触表面卫生控制	129
3. 防止交叉污染	130
4. 手部清洁、消毒及厕所设施的维持	131
5. 防止外来物污染	131
6. 有毒化合物的标记、储存及使用	132
7. 加工人员健康状况的控制	132
8. 鼠虫害的清除	133
项目九 乳与乳制品检验	134
一、原料乳检验	134
1. 感官指标	134

2. 理化及微生物指标.....	134
3. 原料乳的人为掺假、危害及防范措施，掺假的种类及检测方法	137
二、乳与乳制品脂肪的测定	140
1. 用于脂肪收集的容器（脂肪收集瓶）的准备	140
2. 空白试验	140
3. 测定	140
三、乳与乳制品蛋白质的测定	142
1. 试样处理	142
2. 测定	142
3. 计算	143
参考文献	144

基础知识

一、乳的物理性质

1. 乳的组成及含量

牛乳的化学成分很复杂，至少有 100 多种，主要成分有水、脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐等。一般牛乳的主要成分含量分别为：水分 87.5%，脂肪 3.5%，蛋白质 3.4%，乳糖 4.6%，无机盐 0.7%。

2. 乳的分散体系

如上所述，乳含有上百种化学成分，主要包括水分、脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐、维生素、酶类等。在物理结构上，乳是一种复杂的分散体系，其中水是分散剂，其他各种成分如脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐等为分散质，分别以不同的状态分散在水中，共同形成一种复杂的分散系。牛乳中的脂肪在常温下呈液态微小球状分散在乳中，牛乳中的脂肪球为乳浊液的分散质。分散在牛乳中的酪蛋白颗粒，以乳胶体状态存在于乳中。乳糖、钾、钠、柠檬酸盐和部分磷酸盐以分子或离子的形式存在于乳中。

3. 乳的基本物理性质

(1) 乳的相对密度 乳的相对密度是指乳在 20℃ 时的质量与同体积 4℃ 水的质量之比，正常牛乳的相对密度为 1.028~1.032。乳的相对密度受多种因素的影响，如温度、脂肪含量、非脂乳固体含量以及是否掺假等。乳的相对密度受温度的影响较大，温度升高则测定值下降，温度下降则测定值升高。在 10~30℃ 范围内，乳的温度每升高或降低 1℃，实测值减少或增加 0.0002。因此，在测定乳的相对密度时，必须同时测定乳的温度，通过校正而获得最终的相对密度。

乳脂肪的密度较低，所以乳脂肪含量越高则乳的相对密度越低；与此相反，非脂乳固体的密度较大，所以非脂乳固体含量越高则乳的相对密度就越大。

乳的相对密度在挤乳后 1h 内最低，其后逐渐上升，这是由于气体的逸散、蛋白质的水合作用及脂肪的凝固使容积发生变化的结果，故不宜在挤乳后立即测试乳的相对密度。

在乳中掺入固形物，往往会使乳的相对密度提高；而在乳中掺水则会使乳的相对密度下降，因此，在乳的验收过程中通过测定乳的相对密度可以判断原料乳是否掺水。

(2) 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。滴定酸度主要用

吉尔涅尔度 ($^{\circ}\text{T}$) 或乳酸度来表示。刚挤出的新鲜乳的酸度为 $0.15\% \sim 0.18\%$ (乳酸度) 或 $16 \sim 18^{\circ}\text{T}$ (吉尔涅尔度), 乳的酸度主要由乳中的蛋白质、柠檬酸盐、磷酸盐及二氧化碳等酸性物质所造成, 也称作固有酸度。

乳在微生物的作用下发酵乳糖产生乳酸, 导致乳的酸度逐渐升高。由于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都是总酸度。

(3) 乳的冰点 牛乳的冰点一般为 $-0.565 \sim -0.525^{\circ}\text{C}$, 平均为 -0.540°C 。牛乳中的乳糖和盐类是导致冰点下降的主要因素。正常的牛乳其乳糖及盐类的含量变化很小, 所以冰点很稳定。在乳中掺水可使乳的冰点升高, 因此可根据冰点测定结果来判断乳中是否掺水。

酸败乳的冰点会降低, 所以测定冰点时要求牛乳的酸度必须在 20°T 以内。

(4) 乳的沸点 牛乳的沸点在 101.33kPa (1atm) 下为 100.55°C 。乳的沸点受其固形物含量的影响, 将乳浓缩到原体积的 $1/2$ 时, 其沸点将上升到 101.05°C 。

(5) 乳的比热容 牛乳的比热容取决于各成分比热容。牛乳中主要成分的比热容 $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$: 乳蛋白 2.09、乳脂肪 2.09、乳糖 1.25、盐类 2.93, 根据此数据及乳中各成分的百分比含量可计算得出各类乳制品的比热容。

二、乳的化学组成

1. 乳蛋白

牛乳中的蛋白质是乳中主要的含氮物质, 含量约为 $2.8\% \sim 3.8\%$ 。牛乳中的含氮物质除了蛋白质以外, 还有少量的非蛋白态氮, 例如氨、游离氨基酸、尿素、尿酸等。乳中的蛋白质主要包括酪蛋白、乳清蛋白及少量脂肪球膜蛋白。

(1) 酪蛋白 在温度 20°C 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 $80\% \sim 82\%$ 。酪蛋白不是单一的蛋白质, 它是一类既相似又相异的蛋白质组成的复杂物质。酪蛋白是一种两性电解质, 但其分子中含有的酸性氨基酸远多于碱性氨基酸, 因此具有明显的酸性。

① 存在形式 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, 以微胶粒的形式存在于牛乳中。

② 化学性质

a. 酸凝固 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。当 pH 达到酪蛋白的等电点 4.6 时, 就会形成酪蛋白凝固, 干酪素就是依据这个原理生产的。

b. 酶促凝固 牛乳中的酪蛋白在皱胃酶等凝乳酶的作用下会发生凝固, 干酪就是利用这个原理生产的。

c. 酪蛋白与糖的反应 自然界中的醛糖、葡萄糖、转化糖等与酪蛋白作用变成氨基糖而产生芳香味及颜色。

酪蛋白与乳糖的反应在乳品工业中的特殊意义在于: 乳品 (如乳粉、乳蛋白粉和其他乳制品) 在长期贮存中, 由于乳糖与酪蛋白发生反应而使颜色、风味及营养价值发生改变。工业用干酪素由于洗涤不干净, 贮存条件不佳, 同样也能发生这种变化。

(2) 乳清蛋白 乳清蛋白是指溶解于乳清中的蛋白质, 占乳蛋白质的 $18\% \sim 20\%$, 可

分为热稳定和热不稳定的乳清蛋白两部分。

① 热不稳定的乳清蛋白 调节乳清 pH 至 4.6~4.7 时,煮沸 20min,发生沉淀的一类蛋白质为热不稳定的乳清蛋白,约占乳清蛋白的 81%,包括乳白蛋白和乳球蛋白两类。

② 热稳定的乳清蛋白 调节乳清 pH 至 4.6~4.7 时,煮沸 20min,仍溶解于乳中的一类蛋白质为热稳定乳清蛋白,这类蛋白质包括蛋白胍和蛋白胨,约占乳清蛋白的 19%。

(3) 脂肪球膜蛋白 牛乳中除了酪蛋白和乳清蛋白外,还有一些脂肪球膜蛋白,它们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,这些蛋白质可以用洗涤的方法将其分离出来。

2. 乳脂肪

(1) 脂肪球的构造 乳中脂肪是以小脂肪球的状态存在,呈一种水包油型的乳浊液。脂肪球的直径在 0.1~22 μm 范围,平均为 3 μm ,每毫升牛乳中含有 20 亿~40 亿个脂肪球。脂肪球的直径越大,上浮的速度越快。所以大脂肪球含量多的乳,容易分离出稀奶油,而小脂肪球多的乳则不容易分离出稀奶油。通过均质处理,将大的脂肪球打碎成小的脂肪球,使脂肪球的平均直径接近 1~2 μm 时,乳可长时间保持不分层,这就是乳品加工中均质的原理。

脂肪球表面被脂肪球膜包裹着,使脂肪球能独立地分散于乳中,进而使脂肪在乳中保持稳定的乳浊液状态。脂肪球膜是由蛋白质、磷脂、甘油三酸酯、甾醇、酶类等复杂的化合物所构成。脂肪球膜具有保持乳浊液稳定的作用,即使脂肪球上浮分层,仍能保持着脂肪球的分散状态。在机械搅拌或化学物质作用下,脂肪球膜遭到破坏后,脂肪球才会互相聚集在一起。因此,乳品工业利用这一原理生产奶油和测定乳的含脂率。

(2) 脂肪的化学组成 乳脂肪主要是由甘油三酯以及少量的磷脂和固醇等组成。乳脂肪的脂肪酸组成受饲料、营养、环境、季节等因素的影响,尤其是饲料。一般夏季放牧期间乳脂肪不饱和脂肪酸含量升高,而冬季舍饲期不饱和脂肪酸含量降低,所以夏季加工的奶油其熔点比较低。

乳中的脂肪酸可分为三类:第一类是水溶性挥发性脂肪酸,如丁酸、乙酸、辛酸等;第二类是非水溶性挥发性脂肪酸,如十二碳酸等;第三类是非水溶性不挥发性脂肪酸,如十四碳酸、二十二碳酸、十八碳烯酸等。乳脂肪的不饱和酸主要是油酸,占不饱和脂肪酸总量的 70% 左右。

3. 乳中碳水化合物

乳糖是哺乳动物乳汁中特有的糖类,乳的甜味主要由乳糖引起,其甜度约为蔗糖的 1/5。乳糖是双糖,牛乳中约含有 4.6%,其在乳中呈溶解状态。乳糖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着重要的角色。

乳糖溶解度比蔗糖小,它随着温度的升高而增高。甜炼乳的乳糖大部分呈结晶状态,结晶的大小可以根据乳糖的溶解度与温度的关系加以控制。

乳糖经过乳糖酶水解后才能被吸收,乳糖水解后产生的半乳糖是形成脑神经中糖脂质的重要来源,对初生婴儿具有很重要的作用。此外,乳糖还能促进人体肠道内乳酸菌的生长,抑制肠内异常发酵造成的中毒,保证肠道健康。一部分人随着年龄增长,消化道内会缺乏乳糖酶,因而不能分解和吸收乳糖,饮用牛乳后会出现呕吐、腹胀、腹泻等不适应证,此称为乳糖不耐症。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. 乳中的无机盐类

牛乳中的无机物也称为矿物质,含量为0.7%左右,主要有磷、钙、镁、氯、钠、硫、钾、铁等。此外,还有一些微量元素。这些无机盐大部分以盐类的形式存在于乳中,少部分与蛋白质结合或吸附在脂肪球膜上。

牛乳中的盐类含量虽然很少,但对乳的热稳定性和乳制品的品质以及贮存起着重要作用。牛乳中的盐类平衡,特别是钙、镁等阳离子与磷酸、柠檬酸根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。当牛乳中添加磷酸盐或柠檬酸盐,除去乳中部分钙盐时,能增加牛乳的稳定性。

乳与乳制品的营养价值,在一定程度上受矿物质的影响,以钙为例,牛乳是人体钙的最佳来源,因为牛乳中的钙在体内极易吸收,远比其他各类食物中的钙吸收率高,而且钙磷比例适当,利于钙的吸收,是促进儿童、青少年骨骼、牙齿发育的理想营养食品。

5. 乳中维生素及酶类、气体

(1) 乳中的维生素 牛乳中含有几乎所有已知的维生素,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。牛乳中的维生素,有的来自饲料中的维生素,如维生素E;有的要靠乳牛自身合成,如B族维生素。在加工过程中维生素会遭受一定程度的破坏而损失。

(2) 乳中的酶类 乳中的酶种类很多,与乳制品加工有密切关系的主要有水解酶类和氧化还原酶类两大类。

① 脂酶 牛乳中的脂酶主要有吸附在脂肪球膜间的膜脂酶和存在于脱脂乳中的乳脂浆酶。

乳脂肪在脂酶的作用下分解产生游离脂肪酸,会带来脂肪分解臭。

脂酶经80℃,20s加热可完全钝化。乳脂肪对脂酶的热稳定性有保护作用。

② 磷酸酶 乳中的磷酸酶主要是碱性磷酸酶,也有一些酸性磷酸酶。

碱性磷酸酶经62.8℃、30min或72℃、15s加热而钝化,利用这个性质来检验巴氏杀菌乳杀菌是否彻底。

③ 过氧化氢酶 乳中的过氧化氢酶主要来自白细胞的细胞成分,特别是在初乳和乳房炎乳中含量最多。所以可将过氧化氢酶试验作为检验乳房炎乳的手段之一。

④ 过氧化物酶 过氧化物酶也是主要来自白细胞的细胞成分,是固有的乳酶,乳酸菌不分泌过氧化物酶。过氧化物酶的钝化温度为75℃,25min,因此可通过检测过氧化物酶的活性来判断乳是否经过热处理以及热处理的程度。

⑤ 还原酶 还原酶是微生物的代谢产物之一,它能促使甲基蓝还原为无色。乳中还原酶的量与微生物污染的程度成正比。因此,微生物检验中常用还原酶试验来判断乳的新鲜程度。

⑥ 蛋白酶 蛋白酶存在于酪蛋白中,具有较强的耐热性,它能使乳蛋白质凝固。蛋白酶加热至80℃,10min被钝化。

(3) 乳中的气体 牛乳挤出时,100mL乳中大约有7mL的气体,其中主要是二氧化碳,其次是氮气和氧气。在贮存和加工过程中二氧化碳会逐渐减少,而氧气、氮气会逐渐增多。

氧的存在会导致维生素的氧化与脂肪变质,所以牛乳应在密闭容器及管路内输送、贮存及加工。

三、加工处理对牛乳物理化学性质的影响

1. 热处理对乳的影响

热处理对乳的物理化学、微生物学及生物化学性状有重大影响。牛乳在加热过程中有以下变化。

(1) 形成薄膜 牛乳在 40℃ 以上加热时,液面会生成薄膜。它的形成是由于水分不断从液面蒸发,在空气和乳液界面层的蛋白浓缩,导致胶体凝结形成薄膜。薄膜中的乳固体中含有 70% 以上的脂肪和 20%~25% 的蛋白质。

为了防止形成薄膜,可在加热时进行搅拌,减少液面的水分蒸发。

(2) 产生褐变 牛乳经长时间高温加热会发生褐变反应,这类反应属于非酶褐变,主要是羰氨反应,其次是乳糖的焦糖化反应。

当牛乳加热到 100℃ 以上时,容易发生羰氨反应即美拉德反应。乳糖在高温下焦糖化而形成的褐变,反应的程度随温度与酸度而不同,温度与 pH 越高,褐变越严重。

(3) 形成乳石 高温处理或煮沸时,在与牛乳接触的加热面上会形成乳石。乳石的形成不仅影响传热,降低热效率,影响杀菌效果,而且会造成乳固体的损失。乳石的主要成分是蛋白质、脂肪和无机物。

(4) 乳蛋白质的热变性 乳蛋白质对加热是否稳定的性质,称为热稳定性。酪蛋白比较稳定,乳清蛋白对热不稳定,容易发生热变性。

酪蛋白在 100℃ 下加热 30min,其化学性质几乎没有变化,但对其物理性质有明显影响。牛乳经 63℃ 以上的温度加热后,用酸或凝乳酶凝固时,凝乳的物理性质发生变化。

在一定温度范围内,乳清蛋白热变性的程度随温度的上升而增大。乳清蛋白的加热变化直接或间接与硫化氢的发生、加热臭的生成、抗氧化性的发生等现象有关。

(5) 乳糖的影响 牛乳在热处理过程中,所含的乳糖成分并不会太大的改变,但是强烈的加热处理,会造成乳糖分解,尤其以浓缩奶最为明显。

热处理对乳糖的影响主要是酸的形成,所形成的酸主要包括甲酸、乳酸、丙酸、丁酸等。

(6) 酶的钝化 加热会使酶的结构发生变化,造成酶的活性丧失。但是,如果热处理时,牛乳中存在的一些对热稳定的活化因子未被破坏,那么已经钝化的酶能够重新活化。

(7) 维生素的损失 牛乳经加热后,部分维生素会损失。其中维生素 A、维生素 B₂、维生素 D 和尼克酸对热是稳定的,在一般的加热处理中不会损失多少。维生素 B₁、维生素 B₁₂、维生素 C 等在加热处理中会受到损失。

2. 冷冻处理对乳的影响

(1) 冷冻对蛋白质的影响 牛乳进行冷冻处理后,解冻时酪蛋白会产生凝固沉淀现象,酪蛋白的胶体从原来的状态变成不溶解状态。此时酪蛋白的不稳定主要受牛乳中盐类的浓度、乳糖的结晶、冷冻前牛乳的加热和解冻速度等的影响。

冷冻牛乳中蛋白质的不稳定状态表现为:在冻结初期,牛乳融化后出现羽毛状沉淀,其成分为酪蛋白酸钙。这种沉淀物用机械搅拌或加热易使其分散。随着不稳定现象的加深,形成用机械搅拌或加热也不能再分散的沉淀物。

(2) 冷冻对脂肪的影响 牛乳冻结时, 由于脂肪球膜的结构发生变化, 脂肪乳化出现不稳定现象, 以至失去乳化能力, 使大小不等的脂肪团块浮于表面。

冷冻牛乳中脂肪乳化状态破坏的过程为: 首先由于冻结产生冰的结晶, 冰晶汇集成大块时, 脂肪球受冰结晶机械作用的压迫形成多角形, 相互结成蜂窝状团块。此外, 脂肪球膜随着解冻而逐步失去水分, 使其失去弹性。同时脂肪球内部的脂肪形成结晶而产生挤压作用, 将液体释放, 从脂肪内挤出而破坏了球膜, 从而使乳化状态也被破坏。

(3) 不良风味的出现和细菌的变化 冷冻处理的牛乳经常出现氧化味、金属味和鱼腥味。这主要是由于处理时混入了金属离子, 促进不饱和脂肪酸的氧化, 产生不饱和的羟基化合物所致。牛乳冷冻处理后, 细菌几乎没有增加, 与冻结前牛乳相接近。

3. 发酵对乳的影响

采用发酵技术加工乳制品已成为现代乳制品的重要加工方法之一, 发酵对乳的影响主要有以下几个方面。

(1) 乳糖转化为乳酸 乳酸菌利用原料乳中的乳糖作为其生长和繁殖的能量来源, 逐步将乳糖转化为乳酸。

(2) 稳定性降低 乳酸的形成使蛋白质复合体因其中的磷酸钙和柠檬酸钙的逐渐溶解而变得越来越不稳定。当发酵乳的 pH 达到酪蛋白的等电点 (pH4.6) 时, 酪蛋白胶粒开始聚集沉降, 逐渐形成一种蛋白质网络立体结构, 使乳变成了半固体的凝胶体——酸乳。

(3) 维生素变化 乳酸菌在生长过程中, 有的会消耗原料乳中的部分维生素, 如维生素 B₁₂、泛酸等, 也有的乳酸菌产生维生素, 如嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌在增殖过程中会产生烟酸、叶酸等。

(4) 感官性状的变化 乳发酵后形成的酸乳黏稠、滑润, 呈半固体状的凝乳, 同时具有典型的酸味和香味。

4. 牛乳加工处理后各部分名称

牛乳经离心分离处理, 分离出来的含脂肪部分, 称为稀奶油; 剩下的称为脱脂乳。而没有经过离心分离加工的牛乳称为全脂乳。

牛乳加酸或凝乳酶后生成的以酪蛋白和脂肪为主要成分的凝乳, 除去酪蛋白和脂肪后所剩的黄绿色液体称为乳清。

四、乳的分类

1. 常乳

在乳品加工业中通常按乳的加工性质将乳分为常乳和异常乳两大类。

通常所讲的乳是指常乳, 它是乳牛产犊 7 天以后至干奶期开始之前两周所产的乳。它的化学组成和性质都比较稳定, 是乳品加工业的主要原料。

2. 异常乳

正常乳的成分和性质基本稳定, 当奶牛受到疾病、气温以及其他各种因素的影响时, 乳的成分和性质往往发生变化, 这种乳称作异常乳, 不适于加工乳制品。

(1) 生理异常乳 主要指初乳、末乳以及营养不良乳。

① 营养不良乳 饲料不足、营养不良的乳牛所产的乳汁，皱胃酶对其几乎不凝固，当喂以充足的饲料后，牛奶的性质与质量就能恢复正常。营养不良乳不能用于生产干酪。

② 初乳 乳畜产犊后1周内分泌的乳，称为初乳。特别是3天内的初乳与常乳有显著差别，乳呈黄褐色，味苦、黏稠，有异臭；相对密度高，可达1.060；酸度高，一般在30~60℃；总干物质高出常乳1倍多，脂肪、蛋白质含量高，乳糖含量低，灰分高；维生素含量较常乳高，特别是维生素A、维生素C高出常乳10倍左右。

初乳中还含有大量的抗体，即免疫球蛋白，另外还有较多的其他活性物质，如乳铁蛋白、溶菌酶、胰岛素生长因子、转化生长因子等。牛初乳因其特有的生理活性特点，而具有极好的保健价值，因此可用来加工功能性保健品。

(2) 病理异常乳 主要指患乳房炎的乳牛产的乳及其他细菌污染乳。

① 乳房炎乳 乳牛的乳腺由于外伤或者细菌感染而发生炎症，这时分泌的牛乳成分和性质都发生了变化，主要变化是乳糖含量低，酪蛋白含量低，氯、球蛋白、体细胞含量增加。造成乳房炎的主要原因是乳牛的体表和环境卫生不符合卫生要求，挤乳方法不正确，机械挤乳时操作不当或器具未彻底清洗杀菌。

② +2 其他病牛乳 除乳房炎乳以外，乳牛患其他疾病时也会导致乳的物理性质及成分发生变化。例如乳牛患布鲁杆菌病、口蹄疫疾病，所产乳的质量变化大致与乳房炎乳类似。

(3) 化学异常乳 主要为酒精阳性乳和低成分乳。

① 高酸度酒精阳性乳 检验乳的新鲜度时，常用酒精试验，即体积分数为68%~72%的酒精与乳样混合后产生絮状凝块现象的乳，称为酒精阳性乳。挤乳后乳的贮存温度较高时，其酸度会升高而呈酒精试验阳性，其原因主要是乳中的细菌生长繁殖产生乳酸及其他有机酸所致。

② 低酸度酒精阳性乳 有的鲜乳虽然酸度很低(16℃以下)，但酒精试验也呈阳性，称为低酸度酒精阳性乳。除遗传因素外，饲养管理、产乳期和季节等不适都会造成低酸度酒精阳性乳的产生。

低酸度酒精阳性乳和正常乳相比，酸度、酪蛋白、乳糖、无机磷酸等的含量均较正常乳低，而乳清蛋白、钠、氯、钙离子等较正常乳高。总的看来，盐类含量不正常以及盐类与蛋白质之间的平衡被破坏时，容易产生低酸度酒精阳性乳。

③ 低成分乳 低成分乳是指乳的总干物质低于11%，乳脂低于2.7%的原料乳。季节和气温对产乳量和成分有影响，饲料对乳脂率及总干物质含量的高低也有影响，这些都会造成低成分乳的产生。

(4) 人为异常乳 主要指掺入了水、防腐剂以及中和剂等外来添加物的乳。

五、乳中的微生物

1. 乳中微生物的种类

牛乳从乳腺分泌至被挤出时为无菌状态，但在挤乳过程中可能会有细菌侵入，挤乳后的处理、器械接触及运输过程等也可能使牛乳中混入微生物，如果处理不当，可引起牛乳的风味、色泽、形态发生变化。