

教育部高职高专规划教材



乳品加工技术

陈 志 主编 孙来华 主审



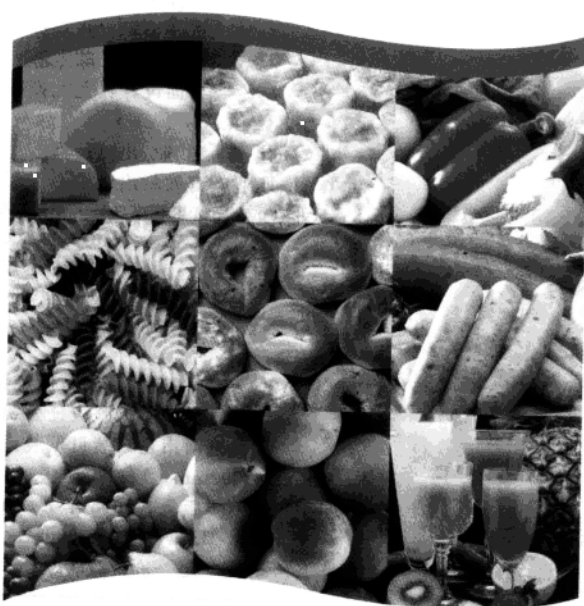
化学工业出版社
职业教育教材出版中心

教育部高职高专规划教材



乳品加工技术

陈 志 主编 孙来华 主审



化学工业出版社
职业教育教材出版中心
· 北 京 ·

本教材内容包括牛乳的成分及性质, 液态乳生产技术, 酸乳生产技术, 炼乳生产技术, 乳粉生产技术, 奶油加工技术, 干酪素、乳糖与乳清粉生产技术, 冷冻饮品加工技术, 干酪生产技术, 乳品厂设备的清洗共十章, 并附有实验内容。本教材在编写上对工艺设备的工作原理、工艺过程控制做了详细的讲解, 为了便于学生学习, 对某些内容采用图表式叙述。本教材图表丰富, 内容通俗易懂, 便于自学。

本书为高职高专食品类专业教材 (60~70 学时), 亦可供基层乳品加工有关专业人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

乳品加工技术/陈志主编. —北京: 化学工业出版社,
2006.5

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-8609-1

I. 乳… II. 陈… III. 乳制品-食品加工-高等
学校: 技术学院-教材 IV. TS252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 040769 号

教育部高职高专规划教材

乳品加工技术

陈 志 主编

孙来华 主审

责任编辑: 张双进

责任校对: 陈 静 宋 夏

封面设计: 九九设计工作室

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
职业教育教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 379 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8609-1

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

高职高专食品类专业规划教材

编审委员会

主 任 金长义

副主任 葛 亮 盛成乐 徐恒山 阎保平 臧大存

张立彬 张 泰 朱 珠

委 员 陈剑虹 陈 志 杜克生 葛 亮 胡永源

姜淑荣 冷士良 李晓华 梁传伟 穆华荣

潘 宁 孙来华 唐 突 王 莉 王亚林

文连奎 熊万斌 杨登想 杨清香 杨士章

杨永杰 叶 敏 于艳琴 展跃平 张晓燕

张 妍 张英富 赵思明 周凤霞 周光理

朱乐敏 朱 珠

(按姓氏汉语拼音排序)

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

近年来,随着现代食品加工技术的飞速发展,人们生活水平的显著提高,乳制品已成为人们日常生活中必不可少的食品,从而促进了中国乳品工业的快速发展。大、中、小型乳品企业相继建立,肩负着农业产业结构调整 and 强壮一个民族的重任,生产为消费者所需的各种乳制品。在这种形势下,对乳品加工生产技术的需求也日趋增加,许多综合大学增设了食品科学与工程专业,高等职业教育食品加工专业也开设了乳品加工技术课程。为此,在化学工业出版社组织下,编写了《乳品加工技术》高职高专食品专业通用教材。

本书注重理论联系实际,突出生产工艺技能操作,强化职业技能的培训,体现高等职业教育的特色。本书作为高职高专食品专业教材,同时也可以作为高等学校食品专业本科生的参考书,并对食品工程科技人员及生产人员均有重要的参考价值。

本书内容包括牛乳的成分及性质,液态乳生产技术,酸乳生产技术,炼乳生产技术,乳粉生产技术,奶油加工技术,干酪素、乳糖与乳清粉生产技术,冷冻饮品加工技术,干酪生产技术,乳品厂设备的清洗共十章内容,另外还设有实验内容。

内蒙古商贸职业学院陈志编写第二章、第六章、第八章、第九章;新疆轻工业职业技术学院金英姿编写第一章、第五章、第十章;江苏畜牧兽医职业技术学院李志方编写第三章、第四章、第七章;本书由陈志任主编,新疆轻工业职业技术学院孙来华对全书进行了审核、修改和补充。

在编写过程中,参考了其他乳制品加工与检测的专著和资料。本书的编写还得到了内蒙古伊利乳业、蒙牛乳业、奈伦乳业的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请使用本教材的教师和读者批评指正。

作者
2006年3月

目 录

第一章 牛乳的成分及性质	1
第一节 牛乳的化学成分	1
一、乳脂肪	2
二、乳蛋白质	4
三、乳糖	6
四、乳中的盐类	7
五、乳中维生素	8
六、乳中的酶	9
七、乳中的其他成分	10
八、影响牛乳成分的因素	11
第二节 牛乳的物理性质	13
一、密度和相对密度	13
二、乳的依数性	15
三、酸度	15
四、乳的热学特性	17
五、乳的光学性质	17
第三节 乳中的微生物	18
一、原料乳中微生物的来源	19
二、原料乳中的病原菌	20
三、原料乳中的病毒和噬菌体	23
四、原料乳中的腐败微生物	24
五、原料乳中的有益微生物	26
六、原料乳中的真菌	29
七、原料乳中的嗜冷菌和耐热菌	30
第四节 异常乳	36
一、异常乳的种类	36
二、乳房炎乳	39
三、低酸度酒精阳性乳	39
复习题	40
第二章 液态乳生产技术	41
第一节 巴氏杀菌乳生产技术	41
一、巴氏杀菌乳的概念与分类	41
二、巴氏杀菌乳的质量标准	41
三、巴氏杀菌乳的生产工艺	42
第二节 超高温灭菌乳	51
一、超高温灭菌乳	51
二、超高温灭菌乳的灭菌	53
三、无菌灌装	56
第三节 超高温灭菌含乳饮料	59

一、超高温灭菌中性含乳饮料	59
二、超高温灭菌酸性含乳饮料	62
复习题	67
第三章 酸乳生产技术	68
第一节 酸乳的定义和分类	68
一、酸乳的定义	68
二、酸乳的分类	69
第二节 酸乳的营养价值	70
一、与原料乳有关的营养价值	70
二、酸乳所特有的营养价值	70
三、其他发酵乳的营养价值	71
第三节 发酵剂的制备	71
一、发酵剂概述	71
二、发酵剂的选择与制备	72
三、发酵剂活力的影响因素及质量控制	76
第四节 酸乳的生产及关键控制点	77
一、凝固型酸乳	77
二、搅拌型酸乳	79
三、酸乳生产的质量控制	80
复习题	82
第四章 炼乳生产技术	83
第一节 甜炼乳生产	83
一、甜炼乳的质量要求	83
二、甜炼乳生产工艺	84
三、甜炼乳的常见缺陷及质量控制	94
第二节 淡炼乳的生产	98
一、淡炼乳的质量要求	98
二、淡炼乳生产工艺	99
三、淡炼乳的常见缺陷	101
复习题	102
第五章 乳粉生产技术	103
第一节 乳粉的理化特性	104
第二节 全脂乳粉的生产技术	109
一、原料乳的验收及预处理	110
二、原料乳的预热处理	112
三、蒸发(浓缩)	114
四、均质	121
五、干燥	121
六、冷却、包装	136
第三节 脱脂乳粉的生产技术	138
一、脱脂乳粉的质量标准	139
二、脱脂乳粉的生产工艺流程	139
第四节 配方乳粉的生产技术	140
一、婴儿配方乳粉的质量标准	140

二、婴儿配方乳粉的工艺流程	142
第五节 速溶乳粉	143
一、速溶乳粉的机理和特点	143
二、速溶乳粉的生产工艺流程	143
第六节 乳粉的质量控制	147
复习题	150
第六章 奶油加工技术	151
第一节 奶油的种类	151
第二节 奶油的质量标准	151
第三节 奶油的生产工艺	152
一、甜性、酸性奶油的生产	152
二、奶油的连续化生产	158
三、重制奶油和无水奶油	159
四、奶油的品质及质量控制	162
复习题	163
第七章 干酪素、乳糖与乳清粉生产技术	164
第一节 干酪素	164
一、干酪素的生产	164
二、干酪素的质量标准及控制	167
第二节 乳糖	168
一、粗制乳糖的生产工艺	168
二、精制乳糖的生产工艺	171
三、乳糖的质量标准	172
第三节 乳清粉	173
一、乳清粉的种类及质量标准	173
二、乳清粉的生产工艺	174
三、脱盐乳清粉生产工艺	177
复习题	178
第八章 冷冻饮品加工技术	179
第一节 冰淇淋生产技术	179
一、冰淇淋的概念、种类	179
二、原料和辅料	180
三、冰淇淋的生产工艺	184
第二节 雪糕生产技术	189
一、雪糕的概念、种类	189
二、雪糕的质量标准	189
三、雪糕生产工艺流程	190
第三节 冰霜生产技术	191
一、冰霜的概念、种类	191
二、冰霜的质量标准	191
三、冰霜生产工艺流程	192
第四节 棒冰生产技术	193
一、棒冰的概念、种类	193
二、棒冰的质量标准	193

三、棒冰生产工艺流程	194
第五节 冷冻饮品的品质控制	194
一、感官缺陷	195
二、冰淇淋的收缩	197
三、卫生指标的控制	198
复习题	199
第九章 干酪生产技术	200
第一节 干酪的种类	200
第二节 干酪的成分和营养价值	201
一、干酪的成分	201
二、干酪的营养价值	201
第三节 干酪的质量标准	202
第四节 干酪中的微生物	202
一、有害微生物	202
二、干酪发酵剂	203
第五节 对原料及其他原料的质量要求	203
一、原料乳	203
二、凝乳酶	203
三、其他原料	203
第六节 干酪的一般加工技术	204
一、原料乳的处理	204
二、原料乳的杀菌和冷却	204
三、添加剂的加入	205
四、凝块的形成及处理	207
五、成型压榨	208
六、加盐	208
七、干酪的成熟	209
八、干酪质量缺陷及防止方法	210
第七节 常见干酪的制作工艺	211
一、荷兰干酪	211
二、契达干酪	213
三、依达姆干酪	214
四、农家干酪	215
五、重制干酪	217
六、丹布干酪	217
七、著名干酪简介	219
复习题	220
第十章 乳品厂设备的清洗	221
第一节 清洗概述	221
一、清洗类型	221
二、清洗剂的种类	221
三、影响清洗效果的因素	222
第二节 消毒方法	223
一、消毒杀菌的方法	223

二、影响消毒效果的因素	224
三、主要设备、容器的清洗和消毒	224
第三节 CIP 清洗	227
一、CIP 系统设计	228
二、CIP 清洗程序	228
三、清洗消毒的评定	229
复习题	230
实验	231
实验一 乳的成分测定	231
实验二 原料乳酸度的测定	231
实验三 酸乳的制作	233
实验四 冰淇淋制作	234
实验五 乳密度测定	235
参考文献	237

第一章 牛乳的成分及性质

[学习目标]

1. 了解乳中的各种成分及其作用, 了解牛乳的理化性质, 重点掌握乳酸度概念及其计算。
2. 熟悉乳及乳制品中微生物的来源、种类, 了解各种微生物的特性。
3. 掌握异常乳的概念、类型及其产生的原因。

[技能要点]

掌握乳主要成分和乳密度的测定方法, 熟悉乳的酸度滴定和计算。

第一节 牛乳的化学成分

鲜牛乳中含有大约 87% 的水分, 在水分中溶解着各种可溶性盐类、碳水化合物、维生素和一小部分蛋白质, 同时在水中还分别分散着两个胶体系统: 其一是脂肪球, 每个脂肪球都由极薄的脂肪球膜包围着, 形成了乳状液, 此系统对于机械搅拌作用很敏感 (例如利用搅拌制造奶油的生产过程); 其二是酪蛋白胶束, 由蛋白质分子和不溶性盐 (主要是磷酸钙化合物) 构成, 此系统对于酶的作用很敏感 (例如利用凝乳酶制造干酪的生产过程)。两种胶体系统在正常情况下是稳定的, 从而使乳能够形成均匀的胶体乳状液。

存在于乳中的两个胶体相和水相中的主要成分见表 1-1。

表 1-1 中所示是乳的内在性成分, 除此之外还至少含有三种外在性成分, 即尘埃杂质、细菌和白细胞。其含量的多少往往根据奶牛场的卫生管理水平而有很大的变动幅度。较大的

表 1-1 乳中胶体相和水相中的主要成分

项 目		含 量/%
胶体相	脂肪	3.8
	①脂肪球(直径 0.1~10 μ m)	
	三甘油酯	99.5
	甘油二酸酯、脂肪酸、脂溶性维生素等	0.5
	②脂肪球膜(厚度 0.01 μ m)	
	蛋白质(包括酶类)占脂肪球膜的百分数	49
	磷脂占脂肪球膜的百分数	28
	甘油酯占脂肪球膜的百分数	14
	其他脂质占脂肪球膜的百分数	8
	③脂溶性维生素	若干
	酪蛋白胶束(直径 0.005~0.3 μ m)	2.6
	①酪蛋白	93
	α_{s1} -酪蛋白	43
	β -酪蛋白	27
	κ -酪蛋白	14
	其他酪蛋白	9
	②灰分	7
	钙	2.7
	磷酸根	3.6

续表

项 目		含 量/%
水 相	乳糖	4.7
	乳清蛋白质	0.7
	β-乳球蛋白	0.51
	α-乳白蛋白	0.20
	血清白蛋白	0.05
	免疫球蛋白	0.12
	其他	0.12
	盐类	0.7
	钙	0.05
	镁	0.01
	磷酸根	0.1
	柠檬酸	0.2
	钠	0.05
	钾	0.14
	氯	0.12
	水溶性维生素	若干

尘埃杂质颗粒可以通过过滤而除去，小的尘埃颗粒，一部分细菌和白细胞可以由离心分离而除去，绝大部分细菌或全部细菌只能由加热处理的办法杀死，以达到杀菌和灭菌的目的。

牛乳是多种成分的混合物，有很大的多变性和易变性。这种易变性和多变性不仅受乳牛品种、遗传等因素的影响，而且同一品种的乳牛所产的奶也受饲料、饲养条件、季节、泌乳期以及乳牛年龄和健康条件等的影响。牛乳的成分见表 1-2。

表 1-2 牛乳的成分

主要成分	范围/%	平均值/%	主要成分	范围/%	平均值/%
水相	85.5~89.5	87.5	乳糖	3.6~5.5	4.6
总乳固体	10.5~14.5	12.5	矿物质	0.6~0.9	0.7
脂肪	2.5~5.5	3.8	非脂乳固体	8.4~9.0	8.7
蛋白质	2.9~4.5	3.4			

一、乳脂肪

如果将牛乳在容器中静置一段时间之后则乳脂肪逐渐上浮，形成一层脂肪层。这上浮的脂肪层为稀奶油层，下面即为脱脂乳。乳脂肪球的直径通常为 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ ，平均为 $3\mu\text{m}$ ，其数量为每毫升中 $(20\sim 40)\times 10^8$ 个。脂肪球的大小随乳牛的品种、泌乳期、饲料及健康状况而异，呈乳浊液存在于乳中。

1. 乳脂肪的作用

牛乳的脂肪以微细的球状成乳浊液分散在乳中，是乳中重要的成分之一。乳脂肪在乳与乳制品中具有以下四个方面的重要作用，即营养价值、风味、物理性质和经济价值。

乳脂肪的营养价值涉及的内容很广，脂肪是一种丰富的能量来源，其发热量高；乳脂肪是脂溶性维生素（维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 等）的含有者和传递者，含有相当数量的必需脂肪酸，较其他动物性脂肪易于消化。

乳脂肪在乳制品中具有另一个重要作用是风味。乳脂肪的丰润圆熟的风味绝非其他脂肪所能模拟。奶油、稀奶油、冰淇淋等许多乳制品中乳脂肪之所以能与其他廉价代用脂肪竞

争原因也在于此。

乳制品的组织结构状态也与乳中含有的乳脂肪具有密切关系，而且与食用时的口感、食用前的外观感觉等有连带关系。乳脂肪赋予很多乳制品的那种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。

乳脂肪的经济价值是众所周知的，乳脂肪仍然较其他乳成分的价格高。

2. 乳脂肪的成分

牛乳中除含有称为真脂的脂肪之外，同时还含有很少量的磷脂（约为 0.03%）及微量的甾醇和游离脂肪酸。这些成分合起来统称为乳脂质。

乳脂肪是各种脂肪酸的甘油三酯的混合物，其各种脂肪酸的含量如表 1-3 所示。

表 1-3 牛乳各种脂肪酸的含量

脂 肪 酸		分子式	占脂肪酸总量/%	熔 点/℃
饱和脂 肪酸	丁酸	$C_4H_8O_2$	3.0~4.5	-7.9
	己酸	$C_6H_{12}O_2$	1.3~2.2	-1.5
	辛酸	$C_8H_{16}O_2$	0.8~2.5	16.5
	癸酸	$C_{10}H_{20}O_2$	1.8~3.8	31.4
	月桂酸	$C_{12}H_{24}O_2$	2.0~5.0	43.6
	肉豆蔻酸	$C_{14}H_{28}O_2$	7.0~11.0	53.8
	棕榈酸	$C_{16}H_{32}O_2$	25.0~29.0	62.6
不饱和 脂肪酸	硬脂酸	$C_{18}H_{36}O_2$	7.0~13.0	69.3
	油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	30~40	14.0
	亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	2.0~3.0	-5.0
	亚麻酸	$C_{18}H_{30}O_2$	<1.0	-5.0
	花生四烯酸	$C_{20}H_{32}O_2$	<1.0	-49.5

一般夏季的乳脂肪中，十八烷酸及十八碳烯酸含量较春季高；反之十二烷酸、十四烷酸及十六烷酸含量较春季低。

脂肪酸可分为三类：一类水溶性挥发性脂肪酸，其代表为丁酸、己酸、辛酸和癸酸；二类非水溶性挥发性脂肪酸，其代表为十二烷酸；三类非水溶性不挥发性脂肪酸，其代表为十四烷酸、十六烷酸、十八烷酸、二十烷酸、十八碳烯酸和十八碳二烯酸。

其中第一类的脂肪酸构成的脂肪，风味好而且易于消化吸收。一般在动植物性油脂中，乳脂肪特别是反刍动物的乳脂肪中这种脂肪酸含量高。故乳脂肪是所有食用油脂中风味最佳而且易于消化的脂肪。

乳脂肪的主要理化常数如表 1-4 所示。

表 1-4 乳脂肪的主要理化常数

项 目	指 标	项 目	指 标
相对密度	0.935~0.943	水溶性挥发性脂肪酸值	21~36(约 27)
熔点/℃	28~38	非水溶性挥发性脂肪酸值	1.3~3.5
凝固点/℃	15~25	酸值	0.4~3.5
折射率	1.4590~1.4620	丁酸值	16~24(约 20)
皂化值	218~235(约 226)	不皂化物值	0.31~0.42
碘值	21~36(约 30)		

乳脂肪的理化性质中比较重要的有4项,即水溶性挥发脂肪酸值、皂化值、碘值、非水溶性挥发性脂肪酸值等,其中水溶性挥发脂肪酸值是指中和从5g脂肪中蒸馏出来的水溶性挥发脂肪酸时所消耗的0.1mol/L碱液的体积(mL)。乳脂肪的水溶性挥发脂肪酸值较其他动植物脂肪要大得多,通常椰子油的挥发性脂肪酸值为7,而一般动植物脂肪的挥发性脂肪酸值只有1。

皂化值是指每皂化1g脂肪酸所消耗的氢氧化钠的质量(mg)。碘值是指在100g脂肪中,使其不饱和脂肪酸变成饱和脂肪酸所需的碘的质量(g)。非水溶性挥发性脂肪酸值是中和5g脂肪中挥发出的不溶于水的挥发性脂肪酸所需0.1mol/L碱液的体积(mL)。

总之,乳脂肪的特点是水溶性脂肪酸值高、碘值低、挥发性脂肪酸多、不饱和脂肪酸少、低级脂肪酸多,皂化值比一般脂肪高。

(1) 磷脂

其化学成分接近脂肪。由甘油、脂肪酸、磷酸和含氮物组成,在牛乳中含量约0.03%,其中卵磷脂含量为0.0045%~0.005%,脑磷脂含量为0.0127%~0.0156%,神经鞘磷脂含量为0.0073%~0.0084%。牛乳中磷脂的60%都存在于脂肪球膜中。牛乳经分离机分离后,磷脂的大部分(约70%)进入稀奶油中。将稀奶油搅拌制造奶油时则磷脂与脂肪球分离,大部分留在酪乳中。

(2) 甾醇

乳中含有少量的甾醇类(每100mL乳中含7~17mg),以游离状态存在,其中主要为胆固醇($C_{27}H_{45}OH$)。有些甾醇(如麦角甾醇)经紫外线照射后具有维生素特性,所以有很大意义,只是乳脂经照射后易氧化变质。

(3) 脂肪球膜

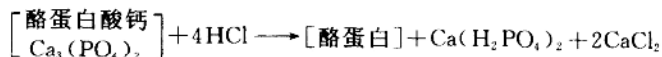
用电子显微镜观察脂肪球时,发现有5~10nm厚的膜覆盖着脂肪球。脂肪球膜的作用是可保持脂肪球在乳中保持乳浊液的稳定性。这种膜乃是吸附于脂肪球与乳浆脱脂乳之界面间穿插排列的一群化合物,其中有蛋白质、磷脂、水不溶性高熔点甘油三酸酯、胆甾醇、维生素A、铜、铁和一些酶类(包括黄嘌呤氧化酶、醛缩酶、碱性磷酸酶等)。

二、乳蛋白质

牛乳中含有三种主要的蛋白质,其中酪蛋白的含量最多,约占总蛋白量(2.7%~3.7%)的83%、乳白蛋白占13%左右,而乳球蛋白和少量的脂肪球膜蛋白约占4%。乳蛋白质中含有营养所必需的各种氨基酸,是一种全价蛋白质。在乳品生产技术中,乳蛋白质的性质对牛乳的处理、浓缩和乳粉制造等都有很重要的意义。

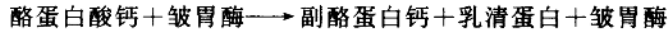
1. 酪蛋白

酪蛋白是在新鲜的牛乳中与钙结合形成酪蛋白酸钙和磷酸三钙的复合体存在,微粒直径为20~200nm,可用弱酸或皱胃酶(凝乳酶)使其凝固。两种凝固的化学本质不同,生成物也不同。酸凝固的变化可以盐酸为例表示如下



在加酸凝固时,酸只和酪蛋白酸钙、磷酸钙起作用,所以除了酪蛋白外,白蛋白、球蛋白都不起作用。在制造干酪素时,往往用盐酸做酪蛋白的凝固剂。如果加酸不足,则不能完

全将酪蛋白和钙分离，在酪蛋白中还包含一部分钙盐，或者酪蛋白不能完全凝固。硫酸也能沉淀乳中的酪蛋白，但由于硫酸钙不能溶解，故使灰分增加。皱胃酶的凝固作用与酸凝固作用不同，可表示如下



酪蛋白的凝固特性也就是由溶胶变成凝胶的变化，在生产上有很重要的意义。在干酪、酸乳制品，工业用干酪素和食用干酪素的生产中即根据这种特性进行生产。

酪蛋白不是单一的蛋白质，而是由 α_s 、 β 、 γ 和 κ -酪蛋白组成，四种酪蛋白的区别就在于它们含磷量的多寡。 α -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 -酪蛋白几乎不被皱胃酶凝固。在制造干酪时，有些乳常发生软凝块或不凝固现象，就是由于蛋白质中含磷量过少的缘故，酪蛋白虽是一种两性电解质，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。

酪蛋白和其他所有蛋白质一样，在蛋白酶作用下分解成肽、胺、氨基酸。在干酪成熟时发生这种变化，因此使干酪产生特有的滋味和香味。

2. 乳清蛋白

乳清蛋白是干酪、干酪素制造过程中余下的廉价副产品，占乳总蛋白量的18%~20%，具有营养价值。乳清蛋白中含有对热不稳定的乳清蛋白和对热稳定的乳清蛋白。

(1) 对热不稳定的乳清蛋白

当乳清液煮沸20min，pH为4.6~4.7时，沉淀的蛋白质属于对热不稳定的乳清蛋白，约占乳清蛋白量的81%。其中含有如下成分。

① 乳白蛋白。乳清在中性状态下，加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，约占乳清蛋白质的68%。乳白蛋白又分为以下几种。

- a. α -乳白蛋白，约占乳清蛋白质量的19.7%，等电点pH为5.1。
- b. β -乳球蛋白，约占乳清蛋白质量的43.6%，等电点pH为5.2。
- c. 血清白蛋白，约占乳清蛋白质量的4.7%，等电点pH为4.9。

α -乳白蛋白相当稳定，70℃时仅有6%变性；而 β -乳球蛋白32%变性。 α -乳白蛋白含有4条二硫键，通过二硫键与 β -乳球蛋白结合。在乳制品加工过程中经常发生分子内或分子间的二硫键交换反应。 β -乳球蛋白在加热过程中，60℃时引起Cys119与芳香族氨基酸反应，使天然的 β -乳球蛋白二聚体解离。 β -乳球蛋白与 α_{s2} -酪蛋白的二硫键的交换反应使 β -乳球蛋白与酪蛋白结合。 β -乳球蛋白还可以与 κ -酪蛋白结合，这些分子之间的相互作用能够增加热稳定性，阻止 β -乳球蛋白的聚集。

② 乳球蛋白。乳清在中性状态下，加饱和硫酸钠或饱和硫酸镁盐析时，能析出不呈溶解状态的乳清蛋白质，其约占乳清蛋白质量的13%。乳球蛋白又分为以下两种。

- a. 真球蛋白，约占乳清蛋白质量的5.2%，等电点pH为6.0。
- b. 假球蛋白，约占乳清蛋白质量的4.8%，等电点pH为5.6。

乳球蛋白已可分离为两个非常纯的组分，即真球蛋白和假球蛋白，这两种蛋白质与乳的免疫性有关，也就是具有抗原作用，所以常常称为免疫球蛋白。免疫球蛋白在初乳中比在常乳中含量多。中国科学院上海生理研究所的科研人员通过大量实验和临床测试，利用初乳经巴氏杀菌冷冻、升华、干燥（-30℃、10kPa）制成乳珍，它不仅有很高的营养价值，对婴幼儿有增强机体抗病能力的作用，促进其生长发育，对老年人还有一定抗衰老作用，甚至在治疗某些婴幼儿疾病方面都有良好作用。乳珍在辅助治疗成人胃炎及糖尿病等方面也有明显

效果。

(2) 对热稳定的乳清蛋白

乳清液在 pH 为 4.6~4.7 时煮沸 20min, 不沉淀的蛋白属于对热稳定的乳清蛋白。主要物质为脲和胨, 约占乳清蛋白的 19%。

(3) 乳清蛋白产品的性质及应用

乳清蛋白是从含水 93% 的乳清中回收和浓缩得来的, 采用超滤技术获得乳清蛋白浓缩物, 按乳清蛋白的含量可分为 35%、60% 和 80% 3 个质量等级。乳清蛋白在较宽的 pH 范围内, 甚至在等电点时呈现可溶性; 用乳清蛋白可生产乳化剂, 乳化剂主要取决于乳清蛋白的溶解性, 而溶解性又取决于温度; 含 8% 以上乳清蛋白的溶液, 通过适当热处理, 可使蛋白质变性而形成凝胶体, 而酪蛋白酸盐不能形成凝胶体。

① 乳清蛋白因其氨基酸含量平衡, 所以是一种营养价值较高的食品配料。与其他蛋白相比, 其赖氨酸含量较高, 而且容易消化。WPC80 (80% 乳清蛋白浓缩物) 可以用于软饮料、色拉调味料、低热量人造奶油、碎肉制品的生产, 还可以用于婴儿配方奶粉、婴幼儿食品、老人食品、健康食品、特殊营养食品等的生产, 起到提高营养价值、改善组织和风味等作用。

② 乳清蛋白的胶凝性质在干酪生产中具有广泛的应用性, WPC60 可用于重制干酪的配料中, 以改善风味和保持良好的涂布性。

③ WPC35 一般作为脱脂乳粉的廉价代用品, 用作饲料或用于冰淇淋等产品的生产中。

④ 全乳清加热至 90℃ 得到的变性部分称为乳白蛋白, 它的主要用途是作为汤料、谷物和快餐食品的营养添加剂。

三、乳糖

乳糖是哺乳动物乳腺分泌的特有产物, 在动物的其他器官中不存在。乳糖属双糖, 水解后生成葡萄糖和果糖。生乳中乳糖含量约 4.5%, 占乳干物质的 38%~39%。

乳的甜味主要来自于乳糖, 乳糖在乳中全部呈溶解状态, 其甜度是蔗糖的 1/5。乳糖在水中的溶解度比蔗糖差, 乳糖可分为 α -乳糖和 β -乳糖两种, 其中 α -乳糖又可以与 1 分子水结合成为 α -乳糖水合物。所以实际上乳糖可以分为三种异构体, 即 α -乳糖水合物 ($C_{12}H_{22}H_2O$)、 α -乳糖无水物和 β -乳糖。

1. α -乳糖水合物

α -乳糖水合物通常含有 1 分子结晶水, 其无水物亦存在。市售乳糖一般为 α -乳糖水合物, 是在 93.5℃ 以下的水溶液中结晶而制得的。 α -乳糖水合物因结晶条件的不同而有各种晶型。

2. α -乳糖无水物

α -乳糖水合物在真空中缓慢加热到 100℃ 或在 120~125℃ 下迅速加热, 均可使结晶水失去而成为 α -乳糖无水物。用乙醇使 α -乳糖水合物结晶而制得的 α -乳糖无水物, 其相对密度比加热得到的 α -乳糖无水物大, 两者性质亦有些不同。 α -乳糖无水物在干燥状态下稳定, 但在有水分存在时, 容易吸水, 成为 α -乳糖水合物。

3. β -乳糖

β -乳糖 (无水物) 是在 93.5℃ 以上的水溶液中结晶而制得的, 其在 20℃ 时的比旋光度为 +35.0°。 β -乳糖比 α -乳糖易溶于水, 且较甜。

表 1-5 为乳糖异构体的特性。