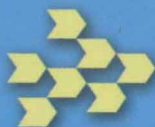


新农村建设丛书

武 军 主编



乳与乳制品加工技术



吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

新农村建设丛书

乳与乳制品加工技术

武 军 主编

吉林出版集团有限责任公司

吉林科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乳与乳制品加工技术/武军编.

—长春: 吉林出版集团有限责任公司, 2007. 12

(新农村建设丛书)

ISBN 978-7-80762-008-2

I. 乳... II. 武... III. ①鲜乳—食品加工②乳制品—食品加工

IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 187189 号

乳与乳制品加工技术

主编 武 军

出版发行 吉林出版集团有限责任公司 吉林科学技术出版社

印刷 长春市东文印刷厂

2007 年 12 月第 1 版

2007 年 12 月第 1 次印刷

开本 850×1168mm 1/32

印张 3.5 字数 82 千

ISBN 978-7-80762-008-2

定价 6.00 元

社址 长春市人民大街 4646 号

邮编 130021

电话 0431—85661172

传真 0431—85618721

电子邮箱 xnc 408@163.com

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

《新农村建设丛书》编委会

主 任	韩长赋			
副 主 任	荀凤栖 陈晓光			
委 员	(按姓氏笔画排序)			
	王守臣	车秀兰	冯晓波	冯 巍
	申奉澈	任凤霞	孙文杰	朱克民
	朱 彤	朴昌旭	闫 平	闫玉清
	吴文昌	宋亚峰	张永田	张伟汉
	李元才	李守田	李耀民	杨福合
	周殿富	岳德荣	林 君	苑大光
	侯明山	闻国志	徐安凯	栾立明
	秦贵信	贾 涛	高香兰	崔永刚
	葛会清	谢文明	韩文瑜	靳锋云
责任编辑	司荣科	祖 航		
封面设计	姜 凡	姜 旬	恂	
总 策 划	刘 野	成与华		
策 划	齐 郁	司荣科	孙中立	李俊强

乳与乳制品加工技术

主 编 武 军

副主编 刘静波 张铁华 林松毅

编 者 (按姓氏笔画排序)

于亚莉 王作昭 刘静波 庄 红

邢贺钦 张鸣喃 张铁华 庞 勇

林松毅 武 军 宫新统 高 峰

潘风光

出版说明

《新农村建设丛书》是一套针对“农家书屋”、“阳光工程”、“春风工程”专门编写的丛书,是吉林出版集团组织多家科研院所及千余位农业专家和涉农学科学者,倾力打造的精品工程。

本丛书共分五辑,每辑 100 册,每册介绍一个专题。第一辑为农村科技致富系列;第二辑为 12316 专家热线解答系列;第三辑为普通初中绿色证书教育暨初级职业技术教育教材系列;第四辑为农村富余劳动力向非农产业转移培训教材系列;第五辑为新农村建设综合系列。

丛书内容编写突出科学性、实用性和通俗性,开本、装帧、定价强调适合农村特点,做到让农民买得起,看得懂,用得上。希望本书能够成为一套社会主义新农村建设的指导用书,成为一套指导农民增产增收、脱贫致富、提高自身文化素质、更新观念的学习资料,成为农民的良好益友。

目 录

第一章 乳的成分、性质及营养	1
第一节 乳的成分	1
第二节 乳中化学成分的性质	2
第三节 乳的物理性质	7
第二章 乳制品质量控制	11
第一节 牛乳中的微生物及来源	11
第二节 无公害乳品的生产与加工技术规范	15
第三章 消毒乳	23
第一节 消毒乳的概念和种类	23
第二节 乳的杀菌和灭菌	24
第三节 原料乳的验收	28
第四节 原料乳的预处理	30
第五节 消毒鲜乳的加工	34
第六节 灭菌乳及无菌包装	35
第七节 再制乳的加工	37
第八节 花色奶的加工	38
第四章 发酵乳制品	41
第一节 发酵剂	41
第二节 酸乳的加工	45
第三节 乳酸菌饮料的加工	53
第四节 双歧冷冻酸奶加工技术	57
第五节 乳酸菌制剂的加工	58

第五章 乳粉加工技术	60
第一节 乳粉的概念和种类	60
第二节 全脂乳粉的加工	61
第六章 炼乳	69
第一节 甜炼乳加工技术	69
第二节 淡炼乳的生产工艺	71
第七章 干酪	75
第一节 干酪的概念及种类	75
第二节 天然干酪的一般加工工艺	76
第三节 融化干酪的加工	81
第八章 油	83
第一节 奶油的种类	83
第二节 奶油的加工	84
第九章 冰淇淋的生产	90
第一节 冰淇淋	90
第二节 雪糕及冰棒	96
第十章 其他乳制品	100

第一章 乳的成分、性质及营养

第一节 乳的成分

一、乳的基本组成

乳是哺乳动物分娩后由乳腺分泌的一种白色或微黄色的不透明液体。乳的成分十分复杂，其中至少含有上百种化学成分，主要包括水分、脂肪、蛋白质、乳糖、盐类、维生素、酶类及气体等。牛乳的基本组成见表 1—1 所示。

表 1—1 牛乳主要化学成分及含量

成分	水分	总乳固体	脂肪	蛋白质	乳糖	无机盐
变化范围 (%)	85.5 ~ 89.5	10.5 ~ 14.5	2.5 ~ 6.0	2.9 ~ 5.0	3.6 ~ 5.5	0.6 ~ 0.9
平均值 (%)	57.5	13.0	4.0	3.4	4.8	0.8

二、影响牛乳成分的因素

牛乳的成分组成一般是稳定的，它含有 87%~88% 的水分和 12%~13% 的干物质。其干物质中的碳水化合物和矿物质呈溶液状态，脂肪等脂质成分呈乳浊液状态，而蛋白质主要以胶体粒子形式分散在牛乳中。受乳牛的品种、个体差异、泌乳期、年龄、营养水平、季节、健康状况的影响，牛乳干物质中的成分有所差异，其中变化最大的是脂肪，其次是蛋白质，而乳糖、灰分的含量相对比较稳定。牛乳中的脂肪经离心分离可被分离出来，称为

稀奶油。余下的部分称为脱脂乳。而未经脱脂处理的牛乳则称为全脂乳。稀奶油中主要成分是脂肪、脂溶性维生素等成分。牛乳经酸或凝乳酶处理可产生凝聚作用，获得的凝聚部分称为凝乳。它的主要成分是牛乳的部分蛋白质（酪蛋白）、脂肪及脂溶性维生素。凝乳以外的溶液部分称为乳清，它主要含有乳白蛋白、乳球蛋白、乳糖、矿物质、水溶性维生素等水溶性成分。

不同品种的乳牛其乳汁组成不尽相同。在生产上根据泌乳期，乳被分为初乳、常乳和末乳。初乳是指母牛产仔后 1 周以内分泌的乳。初乳的干物质含量很高，也含有较多的球蛋白和维生素，这对初生的仔牛是很重要的营养物质。但由于酸度较高，不允许作为鲜奶出售和加工原料。末乳是指母牛干奶前 1 周所产的奶。但是，末乳因成分的缘故，味道稍苦而微咸，因此不宜做加工原料。实际乳品生产中的原料乳主要是常乳。

第二节 乳中化学成分的性质

一、牛乳中的蛋白质

乳蛋白是乳中主要的含氮物。牛乳的含氮化合物中 95% 为乳蛋白质，5% 为非蛋白态含氮化合物，蛋白质在牛乳中的含量为 3.0%~3.5%。乳蛋白主要包括酪蛋白、乳清蛋白及少量的脂肪球膜蛋白质。其中酪蛋白占了牛乳蛋白质的 80%。乳清蛋白质中有对热不稳定的各种乳白蛋白及乳球蛋白，还有对热稳定的胨及胨。此外，牛乳中的含氮物质还有游离氨基酸、尿素、肌酸、嘌呤等非蛋白态氮。乳蛋白质是牛乳中的主要营养成分，含有人体必需的氨基酸，是一种全价的蛋白质。

二、乳脂肪

牛乳中的脂肪其 97%~98% 是由 3 个脂肪酸与甘油形成的脂类。其他的甘油酯、硬脂酸、磷脂、游离脂肪酸等仅占很少部分。乳脂肪主要是被包含在细小的球形或椭圆形脂肪球中，形成

乳包油型的乳浊液。脂肪球的直径在 0.1~22 微米 (平均 3 微米), 大部分在 4 微米以下。1 毫升牛乳中约含有 $2\sim4\times10^9$ 个脂肪球。牛乳脂肪球膜厚 5~10 纳米, 其内侧为磷脂层, 它的疏水基朝向球中心, 吸附着甘油酸酯, 其间还夹着甾醇和维生素 A。磷脂的亲水基则结合着蛋白质朝向乳液并与大量的水结合, 构成了脂肪球的外层。

脂肪球的上浮速度与脂肪球的半径成正比, 脂肪球越大, 上浮得越快。因此, 生产中将牛乳进行均质处理, 使脂肪球半径变小 (半径接近 1~2 微米), 即使牛乳长期放置保存也不会出现分层。

乳脂肪是由 1 个甘油分子和 3 个脂肪酸分子组成的甘油三酸酯的混合物。组成乳脂肪的脂肪酸受饲料、营养、环境、季节等因素的影响而变化。乳中的脂肪酸可分为 3 类: 第 1 类为水溶性挥发性脂肪酸, 例如丁酸、醋酸、辛酸和癸酸等, 其含量较其他油脂高出几倍。由于这些脂肪酸熔点低, 易挥发, 所以赋予乳脂肪特有的香味和柔润的质体; 第 2 类是非水溶性挥发性脂肪酸, 例如十二烷酸等; 第 3 类是非水溶性不挥发性脂肪酸, 例如十四烷酸、二十烷酸、十八碳烯酸和十八碳二烯酸等。乳脂肪的脂肪酸组成受饲料、营养、环境、季节等因素的影响而变化。一般地说, 夏季放牧期间不饱和脂肪酸含量升高, 而冬季舍饲期则饱和脂肪酸含量增多, 所以夏季加工的奶油熔点比较低。

三、乳糖

乳糖是哺乳动物乳汁中特有的、主要的碳水化合物, 是一种双糖, 溶解度比蔗糖差, 甜度仅为蔗糖的 $1/6\sim1/5$ 。水解时生成葡萄糖和半乳糖。牛乳中的乳糖含量为 4.5%~5.0%, 占干物质的 38%~39%, 呈溶液状态存在于乳中。

乳糖是乳中主要营养成分之一, 当人们饮用牛乳后, 乳糖被消化道中的乳糖酶水解为葡萄糖、半乳糖而吸收, 从而促进人的大脑和神经组织的发育。乳糖易被乳酸菌分解生成乳酸, 1 个分

子的乳糖可生成 4 个分子的乳酸。在肠道中乳糖能促进嗜酸杆菌的发育，抑制腐败菌的生长，同时促进钙、磷及其他矿物质的吸收。但是，有些人消化道内缺乏乳糖酶，不能消化吸收乳糖。当饮用牛乳或食用乳制品时，发生腹泻症状，称为乳糖不耐症或乳糖不适应症。这一问题可通过向乳品中加入乳糖酶将乳糖分解的方式来解决。

乳中除了乳糖外还含有少量其他的碳水化合物。如在常乳中含有极少量的葡萄糖（199 毫升中含 4.08~7.58 毫克），而在初乳中可达 15 毫克/100 毫升，分娩后经过 10 天左右恢复到常乳中的数值。除了葡萄糖以外，乳中还含有约 2 毫克/100 毫升的半乳糖。另外，还含有微量的果糖、低聚糖等。

四、乳中的无机成分

牛乳中含有 0.7% 的无机盐，主要是钾、钙、磷、硫、氯及其他微量成分。其数量随泌乳期、饲料及个体健康状况等而有差异。其中钠、钾、氯呈溶液状态，钙、镁、磷则一部分呈溶液状态，一部分呈悬浊状态。无机成分在加工上对牛乳的稳定性起着重要的作用。牛乳中的钙、镁与磷酸盐、枸橼酸盐之间保持适当的平衡，是保持牛乳热稳定性的必需条件。如果钙、镁含量过高，牛乳在较低温度下就产生凝聚，这时加入磷酸盐或枸橼酸盐就可防止牛乳凝固。生产炼乳时常用磷酸盐或枸橼酸盐作稳定剂。另外，乳中的无机成分加热后可溶性变成不溶性，在接触乳的器具表面形成一层乳垢。它会影响热的传导和杀菌效率。

此外，牛乳中铜、铁、镁、锰等微量元素在人的生理和营养上有重要的作用。但同时也要注意铜和铁在乳品贮藏中对产生异味有促进作用。

牛乳中的盐类含量虽然很少，但对乳品加工，特别是对热稳定性起着重要作用。牛乳中的盐类平衡，特别是钙、镁等阳离子与磷酸、枸橼酸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。当季节、饲料、生理或病理等影响牛乳发生不正

常凝固时，往往是由于钙、镁离子过剩，盐类的平衡被打破的缘故。此时，可向乳中添加磷酸及枸橼酸的钠盐，以维持盐类平衡，保持蛋白质的热稳定性。乳中微量元素具有很重大的意义，尤其对于幼小机体的发育更为重要。牛乳中铁的含量为 10~90 微米/100 毫升，牛乳中铁的含量较人乳中少，故人工哺育幼儿时，应补充铁。

五、维生素

牛乳中含有多种维生素，特别是维生素 B₂ 含量很丰富，但维生素 D 的含量不多，应予以强化。维生素 A、维生素 D、维生素 B₂ 及尼克酸对热是稳定的，热处理中损失并不大。此外，在生产酸乳制品时由于微生物的作用能使一些维生素含量提高。所以，酸乳是一类维生素含量丰富的营养食品。干酪及奶油加工中，脂溶性维生素被转移到制品中而得到充分利用，而水溶性维生素则残留于酪乳、乳清及脱脂乳中。

维生素 B₁ 及维生素 C 等会因光照而分解。所以，应用避光容器包装乳及乳制品以减少光引起的维生素损失。此外，铜、铁、锌等加工器具也会破坏维生素 C，所以乳品加工设备应尽可能采用不锈钢设备。

六、乳中的酶

牛乳中酶类的来源有 3 个：乳腺分泌；挤乳后由于微生物代谢生成；由白细胞崩解生成。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 2 大类。这些酶类在 70℃ 以上的温度或放射线（紫外线、X 射线等）的照射下被破坏。乳品生产中最重要的是水解酶类和氧化还原酶类。

（一）水解酶

1. 解脂酶 解脂酶主要是将脂肪分解为甘油及脂肪酸的酶。该种酶主要来自微生物，它是使脂肪分解而产生焦臭味的主要原因。例如奶油被污染时即出现解脂酶的作用，使奶油带有焦臭味并使脂肪变苦。解脂酶对温度的抵抗力较强，所以稀奶油杀菌时

应在不低于 80℃~85℃ 的条件下进行。

2. 磷酸酶 磷酸酶为乳中固有酶，对温度较敏感。经低温巴氏杀菌后牛乳中的磷酸酶会被破坏，而过氧化酶的活性只是部分地被破坏。因此，利用磷酸酶试验可以测定乳是否已经过长时间低温杀菌和温度是否超过 80℃。

3. 蛋白酶 牛乳中的蛋白酶存在于 α -酪蛋白中，最适 pH 值为 9.2，在 80℃、10 分钟条件下可使其钝化，在 70℃ 以下时，可以稳定地忍耐长时间的加热；在 37℃~42℃ 时，这种酶在弱碱性环境中的作用最大，中性及酸性环境中减弱。灭菌乳在贮藏过程中蛋白酶有恢复活性的可能。蛋白酶能分解蛋白质生成氨基酸。灭菌乳中的蛋白酶在贮藏过程中复活，对 β -酪蛋白有特异作用。细菌性的蛋白酶使蛋白质水解后形成蛋白胨、多肽及氨基酸，是干酪成熟的主要因素。蛋白酶多属细菌性酶，其中由乳酸菌形成的蛋白酶在乳中，特别是在干酪加工中具有非常重要的意义。在干酪成熟时，干酪中的蛋白质主要靠干酪中微生物分泌的酶分解。

（二）氧化还原酶

氧化还原酶主要是过氧化氢酶、过氧化物酶和还原酶。

1. 过氧化酶 是乳中原有酶类。其活性在 72℃、半小时或 80℃ 时即被破坏。以此可检验乳的加热程度。

2. 还原酶 还原酶是乳中微生物生命活动的产物，新鲜乳中较少，随着细菌数的增加而增加。可利用还原酶使某些有机染料褪色的还原特性（甲烯蓝还原试验），来测定乳中微生物的多少和污染程度。

七、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、免疫体、细胞成分、风味成分及激素等。

（一）有机酸

乳中的有机酸主要是枸橼酸，此外还有微量的乳酸、丙酮酸

及马尿酸等。在酸败乳及发酵乳中，在乳酸菌的作用下，马尿酸可转化为苯甲酸。乳中枸橼酸的含量 $0.07\% \sim 0.40\%$ ，平均为 0.18% ，以盐类状态存在。除了酪蛋白胶粒成分中的枸橼酸盐外，还存在有分子、离子状态的枸橼酸盐，主要为枸橼酸钙。枸橼酸对乳的盐类平衡及乳在加热、冷冻过程中的稳定性均起重要作用。同时，枸橼酸还是乳制品的芳香成分丁二酮的前体。

（二）气体

主要为 CO_2 、 O_2 和 N_2 等。牛乳中的气体在乳房中即已含有，其中 CO_2 、 O_2 最少。在挤乳及贮存过程中， CO_2 由于逸出而减少，而 O_2 、 N_2 则因与大气接触而增多。牛乳中氧的存在会导致维生素的氧化和脂肪的变质，所以牛乳在输送、贮存处理过程中应尽量在密闭的容器内进行。

（三）细胞成分

乳中所含的细胞成分主要是白细胞和一些乳房分泌组织的上皮细胞，也有少量红细胞。牛乳中的细胞数含量多少是衡量乳房健康状况及牛乳卫生质量的标志之一。一般正常乳中细胞数不超过 50 万个/毫升，平均为 26 万个/毫升。

第三节 乳的物理性质

乳的物理性质对于选择正确的工艺条件及鉴定乳的品质有着与化学性质同样重要的意义。

一、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稍带淡黄色。乳白色是乳的基本色调，这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的结果。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萤光性黄绿色。

牛乳的折射率由于有溶质的存在而比水的折射率大，但全乳

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

二、乳的滋味与气味

乳中含有挥发性脂肪酸及其他挥发性物质，所以牛乳带有特殊的香味。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。牛乳除了原有的香味之外很容易吸收外界的各种气味。所以挤出的牛乳如在牛舍中放置时间太久即带有牛粪味或饲料味。贮存器不良时则产生金属味。消毒温度过高则产生焦糖味。美国的试验表明，异味中 88.4% 来源于饲料，12.7% 为涩味，11.0% 为牛体味。总之，乳的气味易受外界因素的影响，所以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。

新鲜纯净的乳稍带甜味，这是由于乳中含有乳糖的缘故。乳中除甜味外，因其中含有氯离子，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，氯的含量较高，故有浓厚的咸味。

三、乳的酸度

乳蛋白分子中含有较多的酸性氨基酸和自由的羧基，而且受磷酸盐等酸性物质的影响，故乳是偏酸性的。刚挤出的新鲜乳的酸度称为固有酸度或自然酸度。若以乳酸百分率计，牛乳自然酸度为 0.15%~0.18%。挤出后的乳在微生物的作用下发生乳酸发酵，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或发生酸度。固有酸度和发酵酸度之和称为总酸度。一般情况下，乳品工业所测定的酸度就是总酸度。

在乳品工业中习惯称的酸度，是指通过标准碱液用滴定法测定的滴定酸度。我国《乳、乳制品及其检验方法》就规定酸度试验以滴定酸度为标准。滴定酸度亦有多种测定方法及其表示形式。我国滴定酸度用吉尔涅尔度简称“°T”或乳酸百分率（乳

酸%)来表示。

(一) 吉尔涅尔度 ($^{\circ}\text{T}$)

取 10 毫升牛乳, 用 20 毫升蒸馏水稀释, 加入 0.5% 的酚酞指示剂 0.5 毫升, 以 0.1 摩尔/升氢氧化钠溶液滴定, 将所消耗的 NaOH 毫升数乘以 10, 即为中和 100 毫升牛乳所需的 0.1 摩尔/升氢氧化钠毫升数, 消耗 1 毫升为 1°T , 也称 1 度。正常牛乳的酸度为 $16\sim 18^{\circ}\text{T}$ 。

(二) 乳酸度 (乳酸%)

用乳酸量表示酸度时, 按上述方法测定后用下列公式计算:

乳酸 = $0.1 \text{ 摩尔/升 NaOH 毫升数} \times 0.009 / (\text{乳样毫升数} \times \text{密度}) \times \text{供试牛乳重量 (克)} \times 100\%$

正常牛乳的乳酸度为 $0.15\% \sim 0.17\%$ 。此法为日本、美国采用, 但美国用 9 克牛乳代替 10 毫升牛乳。

新鲜牛乳的 pH 值为 $6.4 \sim 6.8$, 一般酸败乳或初乳的 pH 值在 6.4 以下, 乳房炎乳或低酸度乳 pH 值在 6.8 以上。

四、乳的相对密度和密度

乳的相对密度以 15°C 为标准, 即在 15°C 时一定容积牛乳的重量与同容积同温度水的重量比。正常乳的相对密度平均为 $d_{15}^{15} = 1.032$ 。

乳的相对密度指乳在 20°C 时的质量与同容积水在 4°C 时的质量之比。正常乳的密度平均为 $D_{20}^{4} = 1.030$ 。乳的相对密度和密度在同温度下其绝对值相差甚微, 因乳的密度较相对密度小 0.0019, 乳品生产中常以 0.002 的差数进行换算。

乳的相对密度在挤乳后 1 小时内最低, 其后逐渐上升, 最后可大约升高 0.001 左右, 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相对密度。乳的相对密度与乳中所含的乳固体含量有关。乳中各种成分的含量大体是稳定的, 其中乳脂肪含量变化最大。如果脂肪含量已知, 只要测定相对密度, 就可以按下式计算出乳固体