


王建 编著

# 乳制品加工技术


RUZHIPIN JIAGONG JISHU



 中国社会科学出版社

# 乳制品加工技术

王 建 编著

 中国社会出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

乳制品加工技术/王建编著. —北京:中国社会科学出版社, 2009. 10

ISBN 978—7—5087—2873—5

I. 乳… II. 王… III. 乳制品—食品加工 IV. TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 188947 号

---

**书 名:** 乳制品加工技术

**编 著:** 王 建

**责任编辑:** 王晓燕

---

**出版发行:** 中国社会科学出版社 邮政编码:100032

**通联方法:** 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话:(010)66080300 (010)66083600

(010)66085300 (010)66063678

邮购部:(010)66060275

电 传:(010)66051713

**网 址:** www.shcbs.com.cn

**经 销:** 各地新华书店

---

**印刷装订:** 北京凯达印务有限公司

**开 本:** 140mm×203mm 1/32

**印 张:** 6.375

**字 数:** 160 千字

**版 次:** 2009 年 12 月第 1 版

**印 次:** 2009 年 12 月第 1 次印刷

**定 价:** 12.00 元

## 目 录

<b>第一章 乳及乳制品的基础知识</b> .....	1
<b>第一节 乳的组成</b> .....	1
一、牛乳的成分 .....	1
二、牛乳的物理性质 .....	4
<b>第二节 异常乳</b> .....	8
一、生理异常乳 .....	8
二、化学异常乳 .....	9
三、微生物污染乳 .....	11
四、病理异常乳 .....	11
<b>第三节 乳及乳制品的加工分类</b> .....	12
<b>第四节 乳及乳制品中的微生物</b> .....	13
一、乳中微生物的来源 .....	13
二、乳中微生物的种类及性质 .....	14
三、鲜乳在存放过程中微生物的变化 .....	21
<b>第二章 乳制品加工常用设备</b> .....	23
<b>第一节 计量设备</b> .....	23
一、流量计 .....	23
二、磅秤 .....	24
<b>第二节 净乳机</b> .....	25
<b>第三节 均质机</b> .....	27
一、均质机的工作原理 .....	27
二、均质设备的类型 .....	28

第四节	脱气设备	29
第五节	配料设备	30
第六节	杀菌设备	31
一、	巴氏杀菌设备	31
二、	超高温灭菌设备	36
第七节	清洗设备	41
<b>第三章 乳制品加工的通用流程</b>		46
第一节	鲜乳的收集和贮存	46
一、	鲜乳的收集	46
二、	鲜乳的贮存	46
第二节	原料乳的验收	47
一、	生鲜牛乳的验收标准	47
二、	生鲜牛乳的取样规则	48
三、	乳成分指标检测	48
第三节	净乳分离	62
一、	净乳	62
二、	离心分离	64
第四节	配料标准化	66
一、	标准化的原理	66
二、	标准化的计算	67
三、	配料	71
四、	冷却	78
第五节	灭菌	80
一、	牛乳灭菌技术	80
二、	热灭菌的基础原理	81
三、	初次灭菌	82
四、	巴氏灭菌	82

五、超高温灭菌 (UHT) .....	83
六、二次灭菌 .....	84
七、高酸性产品灭菌 .....	85
八、低酸性产品灭菌 .....	85
第六节 乳的浓缩 .....	86
一、真空浓缩 .....	86
二、超滤和反渗透 .....	87
第七节 乳的干燥 .....	88
一、喷雾干燥 .....	88
二、滚筒干燥 .....	91
三、冷冻干燥法 .....	92
四、升华干燥法 .....	92
第八节 清洗与消毒 .....	92
一、清洗 .....	92
二、消毒 .....	96
<b>第四章 液态乳的加工 .....</b>	<b>98</b>
第一节 液态乳的分类 .....	98
一、按热处理方式分类 .....	98
二、按脂肪含量分类 .....	99
三、按组成成分分类 .....	99
第二节 液体乳的加工工艺 .....	100
一、液体乳的一般加工工艺 .....	100
二、再制乳的加工工艺 .....	100
三、调味乳及含乳饮料的加工工艺 .....	103
四、稀奶油的加工工艺 .....	106

<b>第五章 发酵乳的加工</b> .....	108
<b>第一节 发酵乳的分类</b> .....	108
一、酸乳的定义 .....	108
二、酸乳的分类 .....	108
<b>第二节 发酵剂</b> .....	110
一、发酵剂的概念及作用 .....	110
二、发酵剂的分类 .....	110
三、发酵剂的制备 .....	111
<b>第三节 发酵乳的加工</b> .....	116
一、酸乳的一般加工工艺 .....	116
二、凝固型酸乳加工的工艺要点 .....	117
三、搅拌型酸乳加工的工艺要点 .....	118
<b>第四节 发酵型酸性含乳饮料的加工</b> .....	120
一、定义 .....	120
二、工艺流程 .....	120
三、产品配方及工艺要点 .....	122
<b>第五节 发酵乳加工的常见问题</b> .....	123
一、加工过程常见问题 .....	123
二、发酵剂 .....	128
<b>第六章 干酪的加工</b> .....	129
<b>第一节 干酪的概述</b> .....	129
一、干酪的组成及营养价值 .....	129
二、干酪的分类 .....	130
<b>第二节 干酪发酵剂</b> .....	131
一、发酵剂的种类 .....	131
二、发酵剂的作用 .....	132
三、发酵剂的制备 .....	133

四、发酵剂的质量控制 .....	135
第三节 凝乳酶 .....	135
一、凝乳酶 .....	135
二、皱胃酶 .....	136
三、替代酶 .....	137
第四节 干酪的加工 .....	138
一、干酪的通用加工流程 .....	138
二、工艺要点 .....	139
三、融化干酪的加工工艺 .....	145
四、新鲜干酪的加工工艺 .....	146
第五节 干酪加工中的常见问题 .....	148
一、加工过程中常见问题 .....	148
二、干酪包装后常出现的问题 .....	149
第七章 乳粉的加工 .....	152
第一节 乳粉的概述 .....	152
一、乳粉的分类 .....	152
二、乳粉的营养成分 .....	153
三、常用的乳粉加工方法 .....	153
第二节 全脂乳粉的加工 .....	154
一、全脂乳粉的加工流程 .....	154
二、工艺要点 .....	154
第三节 其他种类乳粉的加工 .....	156
一、脱脂乳粉的加工 .....	156
二、配制乳粉 .....	158
三、奶油粉 .....	165
第四节 乳粉加工中常见问题 .....	165
一、加工过程中常见问题 .....	165



二、乳粉在保存过程中常见问题 .....	166
<b>第八章 奶油的加工 .....</b>	<b>168</b>
<b>第一节 奶油的概述 .....</b>	<b>168</b>
一、奶油的分类 .....	168
二、奶油的特性 .....	169
<b>第二节 奶油的加工 .....</b>	<b>170</b>
一、加工流程 .....	170
二、工艺要点 .....	171
<b>第三节 奶油产品常见问题 .....</b>	<b>176</b>
一、风味缺陷 .....	176
二、色泽缺陷 .....	177
三、组织状态缺陷 .....	177
<b>第九章 炼乳的加工 .....</b>	<b>178</b>
<b>第一节 甜炼乳的加工 .....</b>	<b>178</b>
一、加工工艺 .....	178
二、工艺要点 .....	179
<b>第二节 淡炼乳的加工 .....</b>	<b>184</b>
一、淡炼乳的定义及特点 .....	184
二、加工工艺 .....	185
三、工艺要点 .....	186
<b>第三节 炼乳产品常见问题 .....</b>	<b>188</b>
一、甜炼乳的质量缺陷 .....	188
二、淡炼乳 .....	189
<b>参考文献 .....</b>	<b>191</b>

# 第一章 乳及乳制品的基础知识

## 第一节 乳的组成

### 一、牛乳的成分

乳是哺乳动物为哺育幼儿从乳腺分泌的一种白色或稍带黄色的不透明液体，它不仅具有幼小动物所需的各种营养素，而且极易被消化吸收。牛乳的主要成分为水分、蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐、磷脂类、维生素、酶、色素、气体及多种微量元素，见表 1-1。从化学观点看，牛乳是各种物质的混合物，其中水是溶剂，其他物质是溶质。除了水之外的物质我们称为干物质，或称为全乳固体；其中干物质又可以分为脂肪和非脂乳固体。

正常的牛乳，其各种成分的含量大致是稳定的，但会由于乳牛的品种、个体差异、泌乳期、年龄、饲料、季节、气温、挤乳状况及健康状况等因素的影响而有所不同，其中变动最大的是脂肪，其次是蛋白质。

表 1-1 牛乳中主要成分及含量

成分	平均含量	范围	占干物质的平均含量
水	87.1	85.3~88.7	—
非脂乳固体	8.9	7.9~10.0	—
脂肪（占干物质）	31	22~38	—
乳糖	4.6	3.8~5.3	36
脂肪	4.0	2.5~5.5	31
蛋白质	3.3	2.3~4.4	25

续表

成分	平均含量	范围	占干物质的平均含量
酪蛋白	2.6	1.7~3.5	20
矿物质	0.7	0.57~0.83	5.4
有机酸	0.17	0.12~0.21	1.3

### (一) 蛋白质

牛乳中的蛋白质大致可分为酪蛋白和乳清蛋白两部分，酪蛋白约占牛乳蛋白质总量的86%，多以酪蛋白钙的形式存在。乳清蛋白包含乳白蛋白和乳球蛋白，前者占乳蛋白质总量的9%，后者占3%。乳白蛋白约占乳清蛋白的68%，乳白蛋白还可以细分为 $\alpha$ -乳白蛋白（约占乳清蛋白的19.7%）、 $\beta$ -乳球蛋白（约占乳清蛋白的43.6%）、血清蛋白（约占乳清蛋白的4.7%）。此外，牛乳中还含有少量的蛋白胍等。牛乳蛋白质是完全蛋白质，它含有一切人体必需的氨基酸，它的消化率比植物蛋白质高，本身为一种能源。

### (二) 脂肪

乳脂质中约有97%~99%为乳脂肪，另外还有磷脂、甾醇、游离脂肪酸、脂溶性维生素等。乳脂肪分子是由一个分子的甘油和三个分子的脂肪酸所组成的甘油三酸酯的混合物。

乳脂肪不溶于水，而是以脂肪球的状态分布于乳液中。1ml牛乳中约有 $2 \times 10^9 \sim 4 \times 10^9$ 个脂肪球，脂肪球大小为 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ ，平均为 $3 \mu\text{m}$ ，大小根据乳牛品种、泌乳期、饲料、健康状况等有所不同。一般来说，脂肪含量高脂肪球大，随着泌乳期的推进脂肪球渐小，但此时脂肪球数量较多。在乳品加工中，脂肪球可以通过均质处理而均匀变小，这样能够减缓牛乳中的脂肪上浮现象。

乳脂肪与牛乳风味有密切的关系，也是乳油、干酪等产品的主要成分。由于乳脂肪中含有14%的低级（14个碳以下）挥发性脂肪酸，其中水溶性脂肪酸达到8%左右，且熔点较低，在室温下呈液态，易挥发，

这类乳脂风味良好且易于消化。乳脂肪是脂溶性维生素重要的来源，其中维生素 A 和胡萝卜素含量很高，胡萝卜素被人体吸收后可以转化形成维生素 A，这就是牛乳略呈微黄色的原因。但乳脂肪氧化会出现哈喇味，或被细菌分解产生丁酸，使牛乳出现刺激性的分解臭。

### (三) 乳糖

牛乳中乳糖含量为 4.5%~5.0%，占牛乳中总碳水化合物的 99.8%。牛乳的甜味完全来自乳糖。牛乳中除乳糖外，还有少量单糖，一般为葡萄糖和半乳糖。乳糖含量受乳牛品种、个体等因素影响，一般含脂率高的牛乳，乳糖含量也高。影响乳糖含量最大的因素是乳房的健康状况，乳房炎能抑制乳糖含量。

乳糖是哺乳动物乳汁中特有的成分，属于碳水化合物，可它的营养价值却大大超过一般的碳水化合物。乳糖对婴幼儿的生长发育有重要意义，乳糖水解时可产生半乳糖促进脑苷脂类的生长，同时促进幼儿智力发育。在婴儿食品中添加乳糖可促进钙的吸收。乳糖的另一个特点是能促进人肠道内有益菌——乳酸菌的生长，从而可抑制肠道内有害细菌的生长发育。

有部分人群其消化道内缺乏乳糖酶，不能分解和吸收乳糖，饮用牛乳后出现腹痛、腹泻等症状，这就是所谓的“乳糖不耐症”。我国南方地区不适应人群较北方多一些。其原因是由于肠道内没有能够分解牛乳中乳糖的乳糖酶，乳糖直接进入大肠后，使大肠的渗透压增高，大肠黏膜把水分吸收至大肠中，由于大肠中细菌的繁殖而产生乳酸和二氧化碳，使 pH 降低至 6.5 以下，从而刺激大肠引起腹痛等不适症状。

乳糖不仅是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。此外，乳糖的溶解性比较低，结晶以后对甜炼乳和冰激凌的品质及冷冻稳定性影响较大。

### (四) 矿物质 (无机质)

牛乳中的矿物质大多与有机酸结合成盐类，少部分与蛋白质结合或吸附于脂肪球膜。牛乳中的矿物质成分主要有钙、磷、钾、镁、硫、

氯，其中碱性成分多过酸性成分，因此牛乳成分呈碱性。除了这些无机成分外，牛乳中还含有多种微量元素，如锌、铜、铁、锰、钼等。

牛乳经乳酸菌发酵，酸度不断升高，使原来不溶性的无机盐成分逐渐变成可溶性物质，最终钙、镁、磷全部变为可溶性。因此，发酵乳中的矿物质更易于人体的吸收。

### (五) 维生素

牛乳中的维生素不是能量供给的源泉，但微量的维生素能调节体内的新陈代谢，与动物营养及繁殖有密切关系。人体所需的维生素，牛乳中几乎都存在，特别是维生素 B<sub>2</sub> 含量很丰富，但维生素 D 的含量不多，所以牛乳在作为婴儿食品的同时应强化维生素 D。

牛乳中维生素可分为脂溶性维生素（如维生素 A、D、E、K）及水溶性维生素（如维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub>、C、尼克酸等）两大类。牛乳中的维生素有的来源于饲料中，如维生素 E；有的可通过乳牛胃中的微生物进行合成，如维生素 B。牛乳中的维生素热稳定性不同，有的对热非常稳定，如维生素 A、维生素 D、维生素 B<sub>2</sub> 等；有的热敏感性很强，如维生素 C 等。

## 二、牛乳的物理性质

乳的物理性质是鉴定原料乳质量的重要依据。

### (一) 乳的密度与比重

牛乳的密度是指在 20℃ 时乳的质量与同容积水在 4℃ 时的质量比。正常牛乳的密度为  $D_4^{20} = 1.030$ 。

牛乳的比重也称为相对密度，是指乳在 15℃ 时的质量与同容积水在 15℃ 时的质量比，正常牛乳的  $D_{15}^{15} = 1.032$ 。乳的  $D_{15}^{15}$  通常用牛乳密度计（或称乳稠计）来测定。

乳的比重是由乳中所含干物质的量所决定的，通过对牛乳比重及脂肪的测定，可计算乳的干物质的近似值。计算公式有很多，其中常用的有巴布考克（Babcock）公式：

$$T=0.25L+1.2F+C$$

式中：T——干物质的百分含量；

L——乳稠计的读数；

F——脂肪的百分含量；

C——校正系数，在 0.14~0.3 范围，常取 0.14。

## (二) 色泽

正常新鲜的牛乳呈不透明的乳白色或淡黄色。牛乳中的脂溶性胡萝卜素和叶黄素则使乳略带淡黄色，水溶性核黄素即维生素 B<sub>2</sub> 使乳清呈荧光性黄绿色。

## (三) 乳的滋味和气味

乳中含有挥发性脂肪酸及其他挥发性物质使牛乳具有特殊的香味。加热会加强牛乳的香气，冷却会减弱。

牛乳非常容易吸收外界的各种气味，因此其滋气味也很容易受外界的影响。如挤出的牛乳在牛舍中放置时间过长，则会带有牛粪味或饲料味。贮藏容器不良时，则产生金属味。

牛乳由于本身发生变化或受加工条件的影响，其滋气味也会有所改变。异常乳，如乳房炎乳，因氯的含量较高，则有浓厚的咸味。乳中的苦味来自 Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 及低温菌和某些酵母分解乳中蛋白质产生的多肽，解脂酶分解脂肪产生的某些游离脂肪酸也使乳产生苦味。在加工过程中，温度过高则使乳糖焦化产生焦糖味；在 76℃~78℃ 瞬间加热则使牛乳产生蒸煮味。

## (四) 乳的冰点、沸点和比热容

### 1. 乳的冰点

乳的冰点一般为 -0.525℃~-0.565℃，平均为 -0.542℃。乳中的乳糖和盐类是导致冰点下降的主要原因。正常牛乳的乳糖和盐类的含量变化很小，所以乳的冰点较稳定，若乳中加水，乳的冰点上升，因此可根据冰点的变动来推算牛乳中的掺水量，计算公式为：

$$\omega = \frac{t - t'}{t} (100 - \omega_s)$$

式中： $\omega$ ——以质量计的加水量（%）；

$t$ ——正常乳的冰点（℃）；

$t'$ ——被检乳的冰点（℃）；

$\omega_s$ ——被检乳的乳固体含量（%）。

以上计算对新鲜牛乳是有效的，但酸败的牛乳冰点会降低，所以测定冰点时乳的酸度必须在 20°T 以下。

### 2. 沸点

牛乳的沸点在 1 个大气压下约为 100.55℃，乳固体含量增高，沸点升高。

### 3. 比热容

牛乳的比热容约为 3.89kJ/(kg·℃)。牛乳的比热容与其主要成分的比热容及其百分含量有关。乳中主要成分的比热容分别是：乳脂肪 2.09kJ/(kg·℃)、乳蛋白质 2.09kJ/(kg·℃)、乳糖 1.25kJ/(kg·℃)、盐类 2.93kJ/(kg·℃)。

温度在 14℃~16℃时，乳脂肪含量越高，乳的比热容越大；在其他温度范围内，乳脂肪含量越高，乳的比热容越小。

乳制品的比热容在乳品加工生产上有很重要的意义。在计算热量和制冷量时，可采用表 1-2 的数据作为参考。

表 1-2 几种乳制品的比热容

	Kcal/(kg·℃)	Kcal/(kg·℃)
牛乳	0.94~0.95	3.92~3.97
稀乳油	0.80~0.98	3.34~4.09
干酪	0.58~0.60	2.42~2.51
炼乳	0.52~0.56	2.17~2.37
加糖乳粉	0.44~0.48	1.83~2.01

### (五) 酸度

#### 1. 牛乳的酸度

牛乳的酸度分自然酸度和发酵酸度，自然酸度主要来自乳中的酸性物质如蛋白质、柠檬酸盐、磷酸盐、二氧化碳等，而发酵酸度是牛乳在微生物的作用下进行乳酸发酵，使乳的酸度升高，这种因发酵产酸而升高的酸度称为发酵酸度。一般情况下，乳的酸度为自然酸度和发酵酸度之和，即总酸度。

#### 2. 酸度的表示方法

我国滴定酸度常用吉尔涅尔度 ( $^{\circ}\text{T}$ ) 或乳酸度 (乳酸%) 来表示。

(1) 吉尔涅尔度 ( $^{\circ}\text{T}$ )，又称为滴定酸度，以酚酞作指示剂，中和 100ml 乳所消耗的 0.1N 的氢氧化钠的毫升数。

测定时常取 10ml 牛乳，用 20ml 蒸馏水稀释，加入 0.5% 的酚酞指示剂 0.5ml，然后用 0.1mol/L 的氢氧化钠溶液进行滴定，将所消耗的氢氧化钠毫升数乘以 10 即为  $^{\circ}\text{T}$ 。正常新鲜牛乳的滴定酸度应为  $16^{\circ}\text{T} \sim 18^{\circ}\text{T}$ 。

(2) 乳酸度 (乳酸%)，用乳酸量来表示，正常新鲜牛乳的乳酸度为 0.15%~0.18%。

用下列公式计算：

$$\text{乳酸}(\%) = \frac{0.1\text{mol/LNaOH 体积}(\text{ml}) \times 0.009}{\text{被检牛乳质量}(\text{g})}$$

#### 3. 乳的 pH

正常牛乳的 pH 为 6.5~6.7，酸败乳和初乳的  $\text{pH} \leq 6.4$ ，乳房炎乳和低酸度乳的  $\text{pH} \geq 6.8$ 。在生产中常用滴定酸度来表示乳的酸度，因为滴定酸度能及时反映出乳酸产生的程度，因此生产中广泛采用测定滴定酸度来间接掌握原料乳的新鲜度。

#### 4. 牛乳的酸度与热稳定性的关系

酸度是衡量牛乳新鲜程度和热稳定性的重要指标，一般来说，酸度高则新鲜程度和热稳定性差，可贮存时间较短；酸度低则表示新鲜程度



和热稳定性好，可贮存时间长，如表 1-3 所示。

新鲜牛乳的滴定酸度为  $16^{\circ}\text{T}\sim 18^{\circ}\text{T}$ ；用于制造乳粉的原料生乳，酸度不得超过  $20^{\circ}\text{T}$ ；酸度不超过  $22^{\circ}\text{T}$  的原料生乳尚可制造乳油，但其风味较差；酸度超过  $22^{\circ}\text{T}$  的原料生乳只能用于制造工业用的干酪素、乳糖等。

表 1-3 乳的酸度与乳的凝固温度

乳的酸度 ( $^{\circ}\text{T}$ )	凝固条件	乳的酸度 ( $^{\circ}\text{T}$ )	凝固条件
18	煮沸时不凝固	40	加热至 $63^{\circ}\text{C}$ 时凝固
20	煮沸时不凝固	50	加热至 $40^{\circ}\text{C}$ 时凝固
26	煮沸时不凝固	60	$22^{\circ}\text{C}$ 时凝固
28	煮沸时凝固	65	$16^{\circ}\text{C}$ 时凝固
30	加热至 $77^{\circ}\text{C}$ 时凝固		

#### (六) 乳的黏度

正常乳的黏度为  $0.0015\sim 0.002\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，乳的黏度随含脂率、乳固体含量的增高而增高，随温度的升高而降低，初乳、末乳的黏度比正常乳高，黏度也受脱脂、均质、杀菌等操作的影响。

## 第二节 异常乳

正常乳的成分和性质基本稳定，当乳牛受到饲养管理、疾病、气温以及其他因素的影响时，乳的成分和性质发生变化，这种乳称为异常乳。一般情况下，异常乳是不适合加工使用的。

异常乳可分为：生理异常乳、化学异常乳、微生物污染乳、病理异常乳。

### 一、生理异常乳

#### 1. 营养不良乳

乳牛饲料不足、营养不良时所产的乳称为营养不良乳。当乳牛加强营养后，产乳可恢复正常。营养不良乳由于对皱胃酶几乎不凝固，因此不能用来制作干酪。