

乳蛋制品 加工技术

RUDANZHIPIN JIAGONG JISHU



金盾出版社

前 言

近年来,我国的乳、蛋加工工业有了长足的发展。目前,国内牛奶的年产量已达 845 万吨,各种乳制品的产量达到 65 万吨左右,鲜蛋制品的年产量近 1 300 万吨。乳、蛋加工制品正向多元化、营养化、方便化方向发展。但与世界乳、蛋制品的总体水平相比,我国乳、蛋制品的人均占有量和加工技术尚有很大的差距。我国年人均用奶量仅为 6.5 升,与世界人均占有量 93 升相距甚远;我国乳制品年产量仅占全世界年产量的 1.4%,而其中奶粉却占了乳制品总量的 70%(世界奶粉占乳制品的比例平均为 3%),可见我国的乳制品存在着总量供应不足、品种过于单一的问题。我国的鲜蛋产量占世界第一位,但再制蛋、蛋制品的出口量却远远低于荷兰、美国、德国等国家。随着经济全球化进程的加快和我国农业产业化发展,迫切需要充分利用现有资源,大力发展乳、蛋品加工业,进行各类乳、蛋制品的生产、研究,以生产出丰富多彩的高品质乳、蛋制品,来丰富乳、蛋制品市场,提高我国乳、蛋制品在国内外市场上的竞争力。

本书从我国乳、蛋制品加工的生产实际出发,全面叙述了传统乳、蛋制品生产制作工艺,并介绍了乳、蛋制品加工的新工艺、新技术、新产品。

本书第一、三章由张晓东编写,第二章由张晓东、李增利编写,第四、五、六章由徐为民编写,第七、十二章由李增利编写,第八章由李增利、唐平编写,第九章由吴菊清、李增利编

写,第十章由吴菊清、徐为民编写,第十一章由李增利、吴菊清编写。

由于作者水平有限,书中疏漏不妥之处,敬请广大读者批评指正。

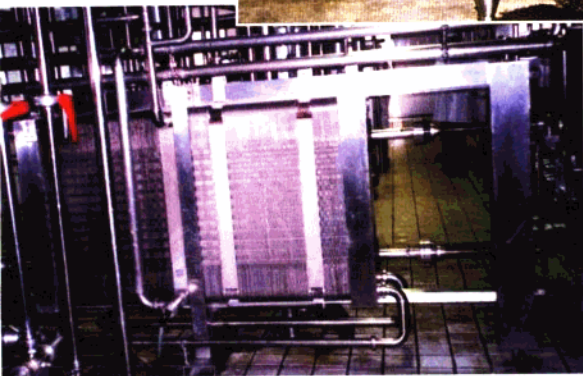
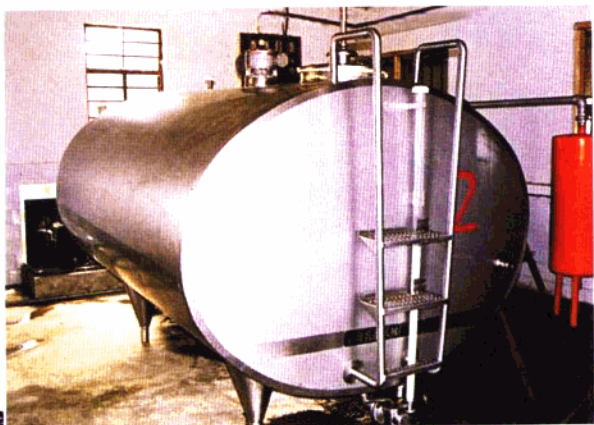
编著者

2001 年 1 月



奶槽车

直冷式贮奶罐（可配备
原地清洗系统）



板式热交换器

高压均质机



料液混合器



巴氏杀菌器





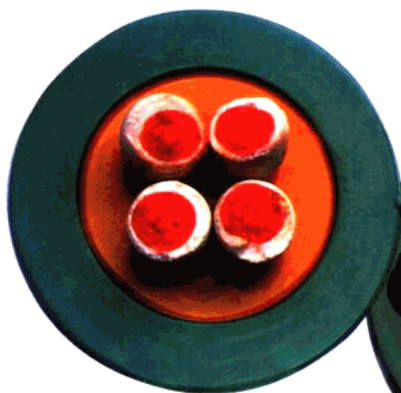
各式乳制品
(酸乳、奶酪、
奶油、乳酸菌
饮料)



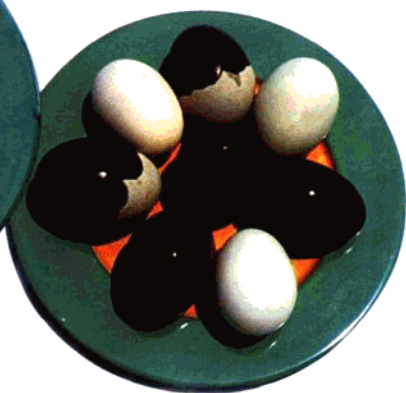
松花蛋



各式冰淇淋制品



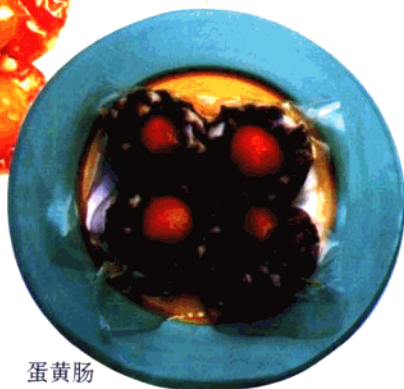
红心咸鸭蛋



再制蛋(松花蛋、咸蛋)



松花蛋肠 蛋黄肠



蛋黄肠

目 录

第一章 乳的基本知识	(1)
第一节 乳的化学成分	(1)
第二节 乳的理化性质	(5)
第三节 加工处理对乳性质的影响	(9)
第四节 乳中的微生物	(12)
第二章 鲜乳的处理和消毒乳的加工	(16)
第一节 鲜乳的处理	(16)
第二节 消毒乳和灭菌乳的加工	(28)
第三章 酸乳制品及乳酸菌制剂的生产	(47)
第一节 酸乳制品的加工	(47)
第二节 乳酸菌饮料的生产	(60)
第三节 乳酸菌制剂的生产	(63)
第四章 炼乳的加工	(64)
第一节 甜炼乳的加工	(64)
第二节 淡炼乳的生产	(75)
第五章 乳粉的生产	(83)
第一节 概述	(83)
第二节 全脂乳粉的生产	(85)
第三节 速溶乳粉、配制乳粉的生产	(97)
第六章 奶油的生产	(109)
第一节 乳的分离	(109)
第二节 奶油的生产	(113)
第七章 乳品冷饮生产	(129)

第一节	概述	(129)
第二节	冰淇淋的生产	(132)
第三节	雪糕的生产	(156)
第八章	其他乳制品生产简介.....	(162)
第一节	干酪的加工	(162)
第二节	干酪素的加工	(168)
第三节	乳清粉的生产	(172)
第四节	乳糖的生产	(175)
第五节	麦乳精的制作	(180)
第九章	蛋的组成与特性.....	(187)
第一节	蛋的结构及化学成分	(187)
第二节	蛋的理化性质	(192)
第三节	蛋的品质鉴别	(195)
第四节	鲜蛋的贮藏	(197)
第十章	再制蛋的加工.....	(205)
第一节	皮蛋的加工	(205)
第二节	咸蛋的加工	(215)
第三节	糟蛋的加工	(219)
第十一章	蛋制品的加工.....	(224)
第一节	冰蛋和干蛋制品	(224)
第二节	其他蛋制品	(233)
第十二章	禽蛋的综合利用.....	(244)
第一节	禽蛋的副产品利用	(244)
第二节	变质蛋的利用	(251)

第一章 乳的基本知识

乳是哺乳动物分娩后,由乳腺分泌的一种白色或稍带黄色的不透明液体,是最适于哺乳动物出生后消化吸收的全价食物。牛乳是我国乳品的主要品种,约占乳类总产量的80%。正常的新鲜牛乳是呈乳白色到微乳黄色的液体,乳中含有水分、蛋白质、脂质、糖类、无机盐、维生素、酶类、激素以及气体等各种成分。乳中的各种成分的含量常因乳牛的品种、年龄、健康状况、饲料、季节、挤乳方法、泌乳期等的变化而有所变化。其中变化最大的是脂肪,其次是蛋白质,而乳糖和灰分含量比较稳定。

第一节 乳的化学成分

乳的化学成分很复杂,而主要成分是水、脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐、维生素和酶等。正常牛乳的主要成分及含量见表1-1。

表 1-1 牛乳的基本组成成分 (%)

资料来源	水	分	乳固体物	无脂固体	脂	肪	蛋白质	乳	糖	无机盐
北 京	87.0		13.0	9.0	4.0		3.3	5.0		0.7
上 海	86.7		13.3	9.1	4.2		3.3	5.1		0.7
四 川	88.0		12.0	8.5	3.5		3.2	4.6		0.7

乳汁经处理加工后,就有各种不同的名称。牛乳经离心处理分离出来的富含脂肪部分,称为稀奶油,剩下的称为脱脂

乳,而未经脱脂的牛乳称为全脂乳。脱脂乳添加酸或凝乳酶所形成的凝固物称为乳酪(干酪素),其主要成分为酪蛋白。除乳酪外所剩的半透明液体称为乳清,其中含有水、乳糖、可溶性乳清蛋白、无机盐、水溶性维生素等。

一、蛋白质

牛乳中蛋白质含量在3%~4%,其中85%左右属酪蛋白,15%属乳清蛋白,此外还有少量乳脂肪球膜蛋白。乳蛋白是乳中最有价值的成分。虽然乳中的脂肪和碳水化合物在营养上也有很大作用,但可以用其他动植物的脂肪与碳水化合物代替。而乳蛋白特别是酪蛋白,按其组成和营养特点是典型的全价蛋白质,无法用其他的蛋白质来代替。

二、乳脂肪

乳脂肪是牛乳的主要成分之一,一般含量为3%~6%。它与牛乳的风味有很大关系,也是奶油、乳粉、干酪等乳制品的主要成分。乳脂肪中97%~98%为甘油三酸酯,其余为磷脂及少量甾醇、游离脂肪酸和脂溶性维生素等。

乳脂肪是以小脂肪球的状态存在的。每毫升牛乳中脂肪球数约 3×10^8 个,其直径为1~10微米,平均为3微米。由于脂肪的相对密度为0.925,而乳的相对密度为1.032,乳在静置时,脂肪球将逐渐上浮而形成稀奶油层。脂肪球的半径大小,是影响脂肪球上浮速度的最重要因素,脂肪球大者易于浮起而分离,所以大脂肪球含量多的牛乳,容易分离出稀奶油,而小脂肪球多的牛乳则不容易被分离。当牛乳经过均质处理,使脂肪球的平均直径接近1~2微米时,则可保持牛乳长时间不分层。乳脂肪在15℃以上可以保持液态,当温度降至11℃

时则转变为半固态,当再降至 5℃且静置 12 小时则变为固态。

乳中含有三种磷脂,即卵磷脂、脑磷脂和神经鞘磷脂等。对乳意义最大的为卵磷脂,它是构成脂肪球膜蛋白质复合物的主要成分。卵磷脂的胆碱残基具有亲水性,脂肪酸残基具有亲油性。致使脂肪球在乳中保持乳浊液的稳定性。在速溶乳粉生产中,在乳粉颗粒表面喷涂卵磷脂,使其具有可湿润的表面,以改善乳粉的速溶性。

三、乳 糖

乳糖属碳水化合物,分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$,仅存在于乳中,占乳中全部碳水化合物的 99.8%。牛乳中乳糖含量为 4.5%~5%,占干物质的 38%~39%。乳糖的甜度相当于蔗糖的 1/5。乳糖还是乳酸菌生长促进剂,对于发酵乳制品的生产具有重要意义。此外,乳糖的溶解性比较低,其结晶以后对甜炼乳、冰淇淋的品质及冷冻稳定性影响较大。

乳糖在人体胃中不被消化吸收,可在肠道内被乳糖酶分解成葡萄糖和半乳糖而被吸收。半乳糖对婴儿的生长发育十分重要,能促进脑苷及粘多糖类的生成。乳糖能促进肠道中乳酸菌的生长,对于降低肠道 pH 值,抑制腐败菌的生长,促进肠道蠕动有重要作用。由于随年龄增长,人体内的乳糖酶减少,饮用牛乳时易出现腹胀或腹泻等“乳糖不耐症”。现在乳品工业中,多采用乳糖酶预先分解部分乳糖,为“乳糖不耐症”者提供低乳糖乳制品。

四、乳中的维生素、酶和无机盐

(一) 维生素

牛乳中含有人体营养必需的各种维生素。牛乳中的维生素来源于饲料、自身合成及消化道微生物的合成。乳中维生素可以分为脂溶性维生素和水溶性维生素两类。其中,维生素A、维生素D、维生素B₁₂比较稳定,可以耐受各种乳制品生产中的热处理而不被破坏。维生素E对热、酸、碱稳定性尚可,但极易被氧化,金属离子如铁(Fe^{2+})、铜(Cu^{2+})等可促进维生素E的氧化。维生素C是所有维生素中最不稳定的一种,加热、氧化、干燥等都能使维生素C分解而被破坏,金属离子、紫外线都会促进维生素C的破坏。但糖类、巯基($-\text{SH}$)化合物、氨基酸及明胶等物质有保护维生素C的作用。

(二) 酶 类

乳中存在多种酶,对乳的质量影响极大。乳中酶的来源有两种:一种是牛乳中固有的,另一种是由进入乳中的微生物代谢所产生的。现将与乳制品生产关系密切的酶分述如下。

1. 脂酶 可将脂肪分解为甘油及脂肪酸的酶称为脂酶,微生物是脂酶主要的来源。乳脂肪在脂酶作用下分解产生游离脂肪酸而带来脂肪分解臭,这是乳制品尤其是奶油生产上常见的一种缺陷。因此,除了干酪在成熟过程中需要霉菌参加外,其他乳制品则不允许有霉菌存在。由于脂酶对温度($60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$)的稳定性比较强,所以在奶油制造过程中,稀奶油巴氏杀菌温度应采用高温($80^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$)或超高温杀菌,以使奶油在保存中很稳定。

2. 磷酸酶 磷酸酶水解磷酸酯生成醇和磷酸。乳中含有两种磷酸酶:一种为酸性磷酸酶,存在于乳清中,最适pH值

为 4.2, 经 73℃ 保持 30 分钟加热仍有活力; 另一种为碱性磷酸酶, 吸附于脂肪球膜上, 最适 pH 值为 7.6~7.8, 经 63℃ 保持 30 分钟加热即被破坏。但牛乳经高温短时间杀菌后, 失去活性的碱性磷酸酶在贮藏中能复活。利用碱性磷酸酶的这种性质, 即可用于检查低温长时间杀菌法生产的消毒生乳的杀菌效果。

3. 过氧化物酶 过氧化物酶的最适温度为 25℃, 最适 pH 值为 6.8。经 75℃, 25 分钟即被钝化。可利用测定乳中过氧化物酶的活性来判断乳是否经过热处理及热处理的程度。此方法称为过氧化物酶试验。

(三) 无机盐类

牛乳中无机盐的含量为 0.35%~1.21%, 平均为 0.7% 左右。乳的无机盐中阳离子有钙(Ca^{2+})、镁(Mg^{2+})、钠(Na^+)、铁(Fe^{3+})、钾(K)等; 阴离子有磷酸根(PO_4^{3-})、硫酸根(SO_4^{2-})、氯离子(Cl^-)等。此外还含有微量元素碘(I)、铜(Cu)、锰(Mn)、锌(Zn)等。矿质元素大部分以无机酸盐和有机酸盐形式存在, 其中以磷酸盐、酪酸盐和柠檬酸盐存在的数量最多。

第二节 乳的理化性质

乳的理化特性, 包括乳的色泽、气味、相对密度、粘度、冰点、沸点、酸度、比热、表面张力、折射率、导电率等内容, 它对于辨识乳及乳制品的质量有十分重要的作用。

一、乳的颜色

乳的正常色泽是一种白色或稍带微黄色的不透明液体。

颜色源于乳的成分,白色是由脂肪球、酪蛋白酸钙、磷酸钙对光的折射和反射所产生,脂溶性的胡萝卜素和叶黄素使乳略带淡黄色,水溶性的核黄素使乳清呈荧光性黄绿色。

二、乳的滋味与气味

新鲜优质牛乳具有特殊的香味。新鲜纯净的乳,稍带甜味。牛乳在冷藏期间,若蛋白质被嗜低温微生物分解,则产生苦味。冬季鲜青饲料少,以青贮饲料饲喂的奶牛,乳中多有饲料味;牛乳在日光下暴晒后,易产生日晒味和油脂氧化味。

三、乳的相对密度

乳的相对密度是指乳在 20°C 时的质量与同容积水在 4°C 时的质量比,乳的密度值表示为 D_{4}^{20} ,正常乳的平均密度为 $D_{4}^{20}=1.032$ 。刚挤出的奶在放置 $2\sim 3$ 小时后,密度要上升 0.001 ,这是由于气体的逸散与部分脂肪凝固使容积发生变化的结果。

四、乳的冰点和沸点

由于乳中存在乳糖和可溶性的盐类,牛乳的冰点在 $-0.525^{\circ}\text{C}\sim -0.565^{\circ}\text{C}$ 之间,平均为 -0.54°C 。在正常乳中,乳糖及盐类的含量变化很少,所以冰点波动的范围很窄。

牛乳的沸点比纯水略高,在气压 101.325 千帕(1 个大气压)下为 100.55°C ,沸点的上升与牛乳中溶质的数量有关。含脂率为 18% 的稀奶油沸点为 100.44°C ,甜炼乳的沸点为 103.2°C 。

五、乳的酸度

正常乳的 pH 值为 6.5~6.7, 平均为 6.6; 而正常乳的酸度为 16~18°T, 这种酸度即为乳中原有的酸度, 称为自然酸度。自然酸度来源于乳中固有的各种酸性物质(如蛋白质、柠檬酸盐、磷酸盐及二氧化碳等)。挤出的乳在存放过程中, 在微生物的作用下进行乳酸发酵, 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发酵酸度。自然酸度和发酵酸度之和称为总酸度。一般情况下, 乳品工业中所测定的酸度就是总酸度。

乳的酸度越高, 对热稳定性越差, 容易凝固。因为酪蛋白酸钙、磷酸钙是以胶体状态存在于乳浆中, 当乳的酸度上升, 使得氢离子(H^+)置换原先结合的钙(Ca^{2+})、镁(Mg^{2+})离子, 造成乳浆与胶体之间产生不稳定状态, 影响了乳的热稳定性。乳的酸度与乳的凝固温度关系, 见表 1-2。

表 1-2 乳的酸度与乳的凝固温度关系

乳的酸度(°T)	凝固条件	乳的酸度(°T)	凝固条件
18	煮沸时不凝固	40	加热至 65°C 凝固
20	煮沸时不凝固	50	加热至 40°C 凝固
26	煮沸时能凝固	60	22°C 时自行凝固
30	加热至 77°C 凝固	65	16°C 时自行凝固

六、乳的表面张力与粘度

液体的表面张力就是使表面分子维持聚集的力量。表面张力与牛乳的乳浊液状态、起泡性、微生物生长、均质作用及风味有关。表面张力是以牛每米(N/m)表示的, 牛乳的表面

张力在 20℃ 时为 0.04~0.06 牛每米(N/m),影响表面张力的因素有乳的温度和乳含脂率。温度升高时,表面张力下降;含脂率高时,表面张力降低。

牛乳的粘度通常用粘度计测定。粘度单位帕秒(Pa·s),牛乳 20℃ 时的粘度平均值为 1.75 帕秒。牛乳的粘度随温度升高而降低。乳中蛋白质和脂肪含量是影响粘度的主要因素。此外,也受脱脂、杀菌、均质处理和添加乳化剂等加工工艺的影响。粘度在乳品加工方面有重要意义。

七、乳的电导率

乳中有电解质因而具有导电性,正常牛乳的电导率在 20℃ 时为 0.003~0.005 西门子(S),乳中的脂肪对电流的通过有阻碍作用。泌乳期间由于乳成分的改变,乳的电导率也会随之发生变化。泌乳前半期的电导率(0.0039~0.0042 西门子),低于泌乳末期(0.0042~0.0055 西门子)。乳房炎乳中钠(Na⁺)、氯离子(Cl⁻)等增多,因而电导率也提高,为 0.0065~0.013 西门子。故可以通过电导仪进行乳房炎乳的快速检测。

八、乳的比热容

牛乳的比热容为 3.936~3.977 兆焦每千克开尔文,炼乳为 2.177~2.345 兆焦每千克开尔文,干酪为 2.428~2.512 兆焦每千克开尔文。乳及乳制品的比热容在计算乳品加工时的加热量和致冷量时有重要的意义。

九、乳的折射率

正常牛乳的折射率为 1.347~1.3515。由脱脂乳测得的折射率为 1.344~1.3492(40℃),此值与非脂乳固体含量有