



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

乳品工艺学

张和平 张佳程 主编

DAIRY TECHNOLOGY



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

乳品工艺学

张和平 张佳程 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

乳品工艺学/张和平,张佳程主编. —北京:中国轻
工业出版社,2007.1
高等学校专业教材
ISBN 7-5019-5583-2

I. 乳... II. ①张... ②张... III. 乳制品-食品加
工-高等学校-教材 IV. TS252.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第100446号

责任编辑:伊双双

策划编辑:李亦兵 责任终审:滕炎福 封面设计:刘 鹏

版式设计:马金路 责任校对:燕 杰 责任监印:胡 兵 张 可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印 刷:利森达印务有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2007年1月第1版第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:29.5

字 数:681千字

书 号:ISBN 7-5019-5583-2/TS·3241

定 价:48.00元

读者服务部邮购热线电话:010-65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010-85119817 65128898 传真:85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30535J4X101ZBW

前 言

母乳是人类及其他哺乳动物婴儿期唯一的食物来源,乳与乳制品也是人类不可或缺的食物之一。欧美国家人均钙摄入量的80%是由乳与乳制品提供的,但乳与乳制品仅为国内城镇居民提供了推荐摄入量的10%,农村居民甚至低于5%,这也导致了国民缺钙成为一个具有普遍意义的营养问题;也是乳与乳制品重要的营养意义之一。

近十年来,中国的产乳量已由世界排名二十位左右上升至第三、四位,历史上也很难有哪个国家乳业的发展速度能超过中国近年来的速度。并且,国内乳业的发展速度在今后相当长的时期内还会保持一个相当高的增长速度。迄今为止,国内乳业占畜牧业比重仅有10%,占农业总产值的比重仅为3%,远比发达国家的20%和10%要低。

中国人在乳制品的发展历史上有过辉煌的时期。据史书记载,13世纪成吉思汗已知如何制作奶粉,比世界第一个获得炼乳制作专利(Gail Borden, 1853)早600年;中国云南的乳扇和少数民族地区的“奶疙瘩”都表明我们的祖辈早已对乳的发酵和乳蛋白质的基本性质有了相当的理解;中国宫廷乳制品“扣碗酪”(俗称奶酪)的制作工艺甚至超出近代科学对乳的理解。不一而足,令人惊叹。

乳与乳制品加工在近代经历了由艺术向科学的转化,但这门科学仍含有艺术的成分,比如,某些特殊干酪的制作。所以,学习《乳品工艺学》这门课程是一件非常有意义和有意思的过程。

《乳品工艺学》是一门涉及动物科学、生物学、物理学、化学、生物化学、微生物学、营养学、环保科学、现代生物技术及机械科学等学科的综合性科学,我们假设选用本教材的同学已具备了这些基本知识,但在学习过程中结合乳与乳制品加工的特点,融会贯通已有的知识积累对各位同学来说仍将是一个挑战。毕竟乳是所有食品中被研究最广和最深入的一门学科。

作为一门教材,编者认为基本知识仍是其主要内容。希望通过对本学科的学习,同学们能对乳与乳制品加工有一个系统和概略的了解,而不奢望本书能够包含《乳品加工学》的所有内容和太多的最新进展。感兴趣的同学可以参阅更多的相关书刊,我们更愿意把此书作为乳品专业学习的人门书。

本书的编者大多是国内相关高校的课程负责人和少数大型企业技术负责人,这样的组合有助于编写出更适合的教材。其中,第一章由张和平、张列兵编写,第二章由张佳程、吕加平、张和平编写,第三章由孟和毕力格编写,第四章由张佳程、牟光庆、刘振民、迟玉杰、陈铁涛、褚庆环编写,第五章由张和平、李妍编写,第六章由孙天松编写,第七章由岳喜庆、张佳程编写,第八章由张和平、张列兵、于景华编写,第九章由张和平、张柏林编写,第十章由陈铁涛、张佳程编写,第十一章由罗永康编写,第十二章由张和平、张佳程编写,第十三章由云振宇、迟玉杰、李妍、吕加平、张佳程、张列兵编写。本书的第一章、第三章、第五章、第六章、第八章、第九章、第十一章、第十二章由张和平统稿,其余各章及全书

思考题由张佳程统稿。希望选用本教材的同学通过课程的学习对《乳品工艺学》产生更大的兴趣。

本教材除适合于本科教材外,它较好的系统性和科学性也使其适合一般专业人员参考。

中国轻工业出版社李亦兵及伊双双编辑提出了编写本书的想法,并在组织工作中发挥了重要作用,对此编者深表谢意。

本书不可避免地存在瑕疵,希望得到各位老师、同学及专业人员的反馈意见,以期再版时修订完善。

编者

2006 年 10 月

目 录

第一章 乳的组成、结构及成分变化	(1)
第一节 乳的化学组成及特性	(1)
第二节 乳成分的变化及影响因素	(3)
第三节 乳的加工利用	(9)
第四节 异常乳	(9)
第二章 乳的化学组成及理化特性	(12)
第一节 乳蛋白质	(12)
第二节 碳水化合物	(27)
第三节 脂肪	(31)
第四节 盐类及维生素	(40)
第五节 乳中其他成分	(45)
第六节 乳的理化特性	(48)
第七节 其他畜乳	(61)
第三章 乳的微生物学	(68)
第一节 乳中微生物的来源及种类	(68)
第二节 乳中微生物的生长特性及控制	(79)
第四章 乳制品生产的单元操作	(86)
第一节 乳的收集、运输及贮存	(86)
第二节 乳的标准化	(94)
第三节 热处理	(97)
第四节 离心	(113)
第五节 均质	(118)
第六节 浓缩	(122)
第七节 干燥	(129)
第八节 清洗与消毒	(144)
第五章 液体乳生产	(149)
第一节 巴氏杀菌乳	(150)
第二节 延长货架期的液体乳(ESL乳)	(156)
第三节 灭菌乳	(161)
第六章 发酵乳	(171)
第一节 发酵剂菌种及其分类	(171)
第二节 发酵剂菌种代谢	(175)
第三节 发酵剂菌种的选择	(179)

第四节	发酵剂的制备	(181)
第五节	发酵剂噬菌体感染及其防治	(186)
第六节	发酵乳的定义及分类	(190)
第七节	发酵乳的一般生产工艺	(191)
第八节	酸奶的加工	(195)
第九节	其他发酵乳	(204)
第十节	发酵乳饮料加工	(213)
第十一节	益生菌发酵乳	(215)
第十二节	发酵乳(包括益生菌发酵乳)的营养与功能特性	(219)
第七章	浓缩乳制品	(222)
第一节	淡炼乳	(222)
第二节	甜炼乳	(230)
第三节	其他浓缩乳制品	(240)
第八章	乳粉	(242)
第一节	概述	(242)
第二节	乳粉生产工艺	(242)
第三节	乳粉干燥过程中的理化变化	(248)
第四节	乳粉的功能特性	(249)
第五节	婴幼儿配方乳粉	(264)
第九章	干酪	(285)
第一节	概述	(285)
第二节	干酪生产的基本原理	(287)
第三节	各种典型干酪的生产工艺	(330)
第十章	乳脂类产品	(347)
第一节	稀奶油制品	(347)
第二节	奶油	(351)
第三节	无水奶油	(363)
第十一章	冰淇淋	(370)
第一节	冰淇淋的定义、分类和原料	(370)
第二节	冰淇淋的生产	(375)
第三节	冰淇淋的结构和膨胀率	(383)
第四节	冰淇淋的质量标准及质量控制	(386)
第五节	雪糕的生产	(390)
第十二章	乳蛋白质产品	(394)
第一节	概述	(394)
第二节	酪蛋白产品	(394)
第三节	酪蛋白酸盐的生产	(406)
第四节	乳清蛋白产品	(408)

第五节	乳蛋白质的功能特性	(415)
第六节	乳蛋白质产品在食品中的应用	(420)
第十三章	乳品工艺学实验	(424)
实验一	乳的理化性质测定	(424)
实验二	乳中过氧化物酶及磷酸酶活力的测定	(435)
实验三	乳粉功能特性的测定	(439)
实验四	酸奶及酸奶饮料加工	(449)
实验五	干酪加工	(451)
实验六	乳脂分离及奶油加工	(454)
实验七	干酪素加工	(458)
实验八	乳蛋白质基本性质及其分离——自己设计实验	(459)
参考文献		(461)

第一章 乳的组成、结构及成分变化

第一节 乳的化学组成及特性

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。它含有幼小动物生长发育所需要的全部营养成分,是哺乳动物出生后最适于消化吸收的全价食物。其中含有水分、蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐、磷脂类、维生素、酶、色素、气体及多种微量成分。主要组成和含量如表 1-1 所示。

表 1-1

乳中主要成分及含量

单位: % (质量分数)

成 分	平均含量	范 围	占干物质的 平均含量	成 分	平均含量	范 围	占干物质的 平均含量
水	87.1	85.3 ~ 88.7	—	蛋白质 ^①	3.3	2.3 ~ 4.4	25
非脂乳固体	8.9	7.9 ~ 10.0	—	酪蛋白	2.6	1.7 ~ 3.5	20
脂肪(占干物质)	31	22 ~ 38	—	矿物质	0.7	0.57 ~ 0.83	5.4
乳 糖	4.6	3.8 ~ 5.3	36	有机酸	0.17	0.12 ~ 0.21	1.3
脂 肪	4.0	2.5 ~ 5.5	31	其 他	0.15	—	1.2

注: ①未包括非蛋白氮。

在牛乳中,乳糖是主要的碳水化合物,它是由葡萄糖和半乳糖组成的还原糖性双糖。

在乳中,脂肪主要以脂肪球形式存在,在乳中呈油/水型乳浊液。外围的脂肪球膜有许多组成形式,结构较为复杂。乳脂肪球膜约占脂肪的 2%,乳中极小一部分脂肪不被包在脂肪球膜中。脂肪球中的脂肪并不全部呈液态,有一部分呈结晶态。乳中的其他成分要与脂肪发生反应必须通过脂肪膜。通过静置、离心的方法可将乳中的脂肪分离出来,形成脱脂乳和稀奶油。除去脂肪球外,乳的其余部分称为乳浆,脂肪球浮于其中。

乳脂肪主要由三酰甘油(triglyceride)组成,是非常复杂的混合物。组成的脂肪酸在链长(从 2 ~ 20 个碳原子)和饱和度(0 ~ 4 个双键)方面,变化范围很大。其他类脂在乳脂肪中也存在,包括磷脂、胆固醇、游离脂肪酸、甘油二酯等。

乳中蛋白质大约 4/5 是酪蛋白,酪蛋白至少由 10 种不同蛋白质组成。其余主要是乳清蛋白,另外几种是在质量上可以忽略不计的蛋白质和酶。

乳中的酪蛋白以酪蛋白胶粒形式存在,由水、酪蛋白和盐类组成。除去脂肪球和酪蛋白胶粒外,乳的其余部分称为乳清,酪蛋白胶粒分散于其中。乳清蛋白主要以分子形式或以非常小的聚集体存在于乳清中。天然状态下,乳清蛋白结合一些离子和少量的水。

通过高速离心可将乳中的酪蛋白胶粒分离出来。凝乳酶凝乳后,酪蛋白胶粒聚集在一起形成凝胶,形成的凝胶可将大部分乳脂肪球包于其中。将乳酸化到 pH 4.6(酪蛋白胶粒等电点),酪蛋白几乎以完全纯的形式沉淀出来。

乳清蛋白通过离心、凝乳、酸化方式分离不出来,但可以通过超滤分离。当加热到80℃,大多数乳清蛋白发生变性。

脂蛋白粒子,有时也称为乳微体,其数量及形状在乳中变化很大。脂蛋白粒子由乳腺分泌的细胞膜组成。

乳中含有细胞,如白细胞。对于健康牛而言,乳中的细胞占乳体积的0.01%。当发生乳房炎时,乳中细胞数量增加。细胞中含有酶类,特别是过氧化氢酶。乳中细胞过多时会对乳的加工性能及产品特性有很大的影响。

矿物质并不等于盐,主要包括K、Na、Ca、Mg、Cl和磷酸盐。乳中同时含有极多的其他微量元素。

乳中除水之外的物质,称为干物质,或称全乳固体(TS)。干物质又可分为脂肪和非脂乳固体(SNF)。

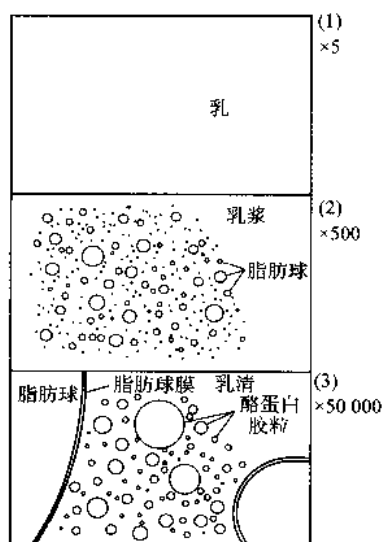


图 1-1 牛乳在不同放大倍数下的情况

从物理化学的角度来看,乳是一种复杂的流体。乳成分以三种分散相存在。从数量上来讲,大多数乳成分以真溶液状态溶于水中,如乳糖、无机盐、部分有机盐、水溶性维生素和其他一些小分子物质;在水溶液中还分散着蛋白质,其中乳清蛋白以分子形式分散,酪蛋白以胶态聚集体分散;脂肪以乳化状态分散(图1-1和表1-2)。因此,对于乳的认识和研究,胶体化学是非常重要的。

图1-1表示牛乳中结构成分的相对大小。图(1)表示牛乳是一个均一的液体,但该液体是浑浊的,表明并不是由单一物质组成的液体;图(2)表示牛乳中含有球状液滴,是乳脂肪球,这些乳脂肪球浮于乳浆中,同时仍是浑浊的;图(3)表示乳浆中含有各种蛋白质粒子,主要是酪蛋白胶粒,而液体部分(乳清)仍是乳白色的,表明该液体部分仍含有其他物质。

在脂肪球表面,有一层非常薄的脂肪球膜,由不同物质组成。

表 1-2

乳中主要结构成分的特性

	乳			
	脂肪球	乳 浆		
		酪蛋白胶粒	乳 清	
			球状蛋白	脂蛋白粒子
主要成分	脂 肪	酪蛋白、水、盐	乳清蛋白	磷脂,蛋白质
存在状态	乳浊液	细小胶态分散液	胶体溶液	胶体分散液
含量/(% (占干物质))	4	2.8	0.6	0.01
体积分数	0.04	0.1	0.006	0.0001
直 径	0.1~10μm	20~300nm	3~6nm	10nm
每毫升数量	10 ¹⁰	10 ¹⁴	10 ¹⁷	10 ¹⁴

续表

	乳			
	脂肪球	酪蛋白胶粒	乳 浆	
			乳 清	
			球状蛋白	脂蛋白粒子
表面积/(cm^2/mL 乳)	700	40 000	50 000	100
密度/[kg/m^3 (20℃)]	920	1 100	1 300	1 100
观察方法	显微镜	超显微镜	—	电子显微镜
分离方法	乳分离机	高速离心	超 滤	超 滤
扩散速率/(mm/h)	0.0	0.1~0.3	0.6	0.4
等电点/pH	~3.8	~4.6	4~5	~4?

第二节 乳成分的变化及影响因素

最初,产乳家畜分泌的乳汁专门为哺乳幼畜。人们经过对产乳动物长期的定向选育,育成了专门为人类提供乳品的产乳家畜(奶牛、奶山羊等)。影响乳成分的因素很多,主要是遗传因素、生理状况和环境因素,如畜种、品种、饲料、饲养管理方法、环境、季节、泌乳期、胎次、年龄、个体特性等。

一、动物种类

不同哺乳动物乳成分变化差异很大,一些哺乳动物乳的组成见表1-3。已知的150种哺乳动物乳的干物质含量变化范围为8%~65%,脂肪0~53%,蛋白质1%~19%,碳水化合物0.1%~10%,灰分0.1%~2.3%(见表1-4)。

不同动物乳的差异不仅表现在化学组成上,其生理功能、风味、加工特性等方面也有很大差异。这是因为不同物种其乳汁是为了满足其幼仔的生长发育而设计的。不同动物乳的产量与母体体重有着非常好的相关性。

表 1-3 乳的组成及结构(平均1kg乳中含量)

脂肪球			
乳脂肪球(内部)	乳脂肪球膜		
甘油三酯	40g	蛋白质	700mg
甘油二酯	0.1g	磷 脂	250mg
甘油一酯	10mg	脑苷酯	30mg
脂肪酸	60mg	脂肪酸	15mg
固 醇	90mg	固 醇	15mg
类胡萝卜素	0.3mg	碱性磷酸酶	—
维生素 A、维生素 D、维生素 E、 维生素 K	60mg	黄嘌呤氧化酶	—
		Cu	4 μg
		Fe	100 μg

续表

酪蛋白胶粒、白细胞、脂蛋白粒子			
酪蛋白胶粒		白细胞	
酪蛋白	26g	许多酶类,如过氧化氢酶	
Ca	850mg	核 酸	
磷酸盐	1 000mg	水	
柠檬酸盐	150mg	脂蛋白粒子	
K、Na、Mg	—	脂 质	
水分	80g	蛋白质	
脂肪酶、纤溶酶(plasmin)	—	酶类	
		水	
乳 清			
水 分	790g	矿物质及微量元素	
碳水化合物		Ca(结合态)	300mg
乳 糖	46g	Ca(离子态)	90mg
葡萄糖	70mg	Mg	70mg
蛋白质		K	1 500mg
酪蛋白	26g	Na	450mg
β -乳球蛋白	3.3g	Cl	1 100mg
α -乳白蛋白	1.0g	磷酸盐	1 100mg
血清白蛋白	0.3g	硫酸盐	100mg
免疫球蛋白	0.7g	二碳酸盐	100mg
非蛋白氮(NPN)		Zn	3mg
氨基酸	50mg	Fe	120 μ g
尿 素	250mg	Cu	20 μ g
胺	10mg	有机酸	
其 他	300mg	柠檬酸	1 600mg
酶		甲 酸	40mg
酸性磷酸酶	+	乙 酸	30mg
过氧化物酶	+	乳 酸	20mg
许多其他酶类	+	草 酸	20mg
脂 质		其 他	10mg
脂肪酸	20mg	维生素	
磷 脂	100mg	维生素 B	200mg
脑苷酯	10mg	抗坏血酸	20mg
固 醇	70mg	磷酸酯	约 300mg
其 他		气 体	
		氧 气	6mg
		氮 气	16mg

注:“+”表示含有。

表 1-4

各种哺乳动物乳的化学组成

单位: %

物 种	总固形物	脂肪	蛋白质	乳糖	灰分	物 种	总固形物	脂肪	蛋白质	乳糖	灰分
人	12.2	3.8	1.0	7.0	0.2	牦 牛	17.7	6.7	5.5	4.6	0.9
牛	12.7	3.7	3.4	4.8	0.7	瘤 牛	13.5	4.7	3.2	4.9	0.7
山 羊	12.3	4.5	2.9	4.1	0.8	美洲野牛	14.6	3.5	4.5	5.1	0.8
绵 羊	18.8	7.5	5.6	4.6	1.0	驯 鹿	35.0	18.0	10.5	2.6	1.5
猪	18.8	6.8	4.8	5.5	—	家 兔	32.8	18.3	11.9	2.1	1.8
马	11.2	1.9	2.5	6.2	0.5	印度大象	31.9	11.6	4.9	4.7	0.7
驴	11.7	1.4	2.0	7.4	0.5	北极熊	47.6	33.1	10.9	0.3	1.4
骆 驼	13.4	4.5	3.6	4.5	0.8	灰海豹	67.7	53.1	11.2	0.7	—
水 牛	17.5	7.5	4.3	4.8	0.8						

二、品 种

由于自然和人为的选择,不同品种的牛产乳量和乳成分有很大差异,见表 1-5。

表 1-5

不同品种牛乳的平均组成

单位: % (质量分数)

品 种	干物质	脂肪	蛋白质	乳糖	灰分
荷斯坦牛(荷兰)	13.3	4.4	3.4	4.6	0.75
荷斯坦牛(美国、加拿大)	12.1	3.4	3.3	4.5	0.75
瑞士棕牛(Brown swiss)	12.9	4.0	3.3	4.7	0.75
娟珊牛(Jersey)	15.1	5.3	4.0	4.9	0.72

三、个 体 差 异

同一品种不同个体间乳成分差异也很大,这一差异要大于不同品种之间的差异,见图 1-2。

四、泌 乳 阶 段

不同泌乳阶段乳成分差异很大,如初乳。即使在常乳阶段,其组成也有变化,见图 1-3。

初乳是指乳牛产犊后前几天分泌的乳汁,其组成与常乳差异极大。牛产犊后的头几天,每次所挤之乳其组成变化也非常大(图 1-4)。初乳中的免疫球蛋白占乳清蛋白的绝大部分,在第 1 次所挤的初乳中,免疫球蛋白平均可达 7%。由于初乳中含有大量的热不稳定性乳清蛋白,当加热到 80℃ 时,初乳变为凝胶。初乳中体细胞数、Cu 和 Fe 含量较高;pH 较低,可低至 6.0。

除化学组成与常乳有很大差异外,初乳中富含各种生物活性物质,如免疫球蛋白、乳铁蛋白、溶菌酶、各种生长因子等。这些活性成分对幼仔的生长发育及抗感染具有重要的作用,同时也是开发功能性食品或药物的天然原料。

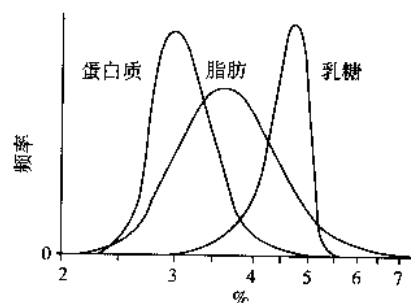


图 1-2 不同个体牛乳一年内蛋白质、脂肪及乳糖含量的分布频率

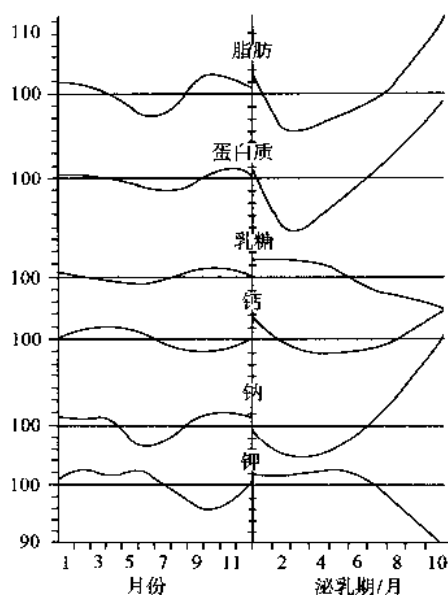


图 1-3 不同月份及泌乳期乳中成分含量的变化(每一种成分的平均含量设定为 100%)

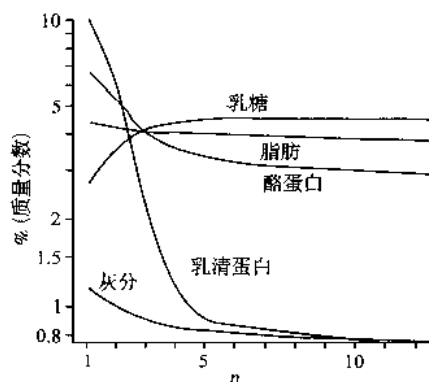


图 1-4 乳牛产犊后初乳成分的变化
(n = 产犊后挤乳次数, 乳清蛋白中不包括胨-脲)

五、其他生理因素

发情和怀孕对乳成分没有太大的影响,但对产乳量影响很大。

随着牛年龄的增大,大多数乳成分的含量会稍有降低,但 Na 含量增加。

六、乳房炎

乳房被病原菌感染导致炎症后不仅产乳量降低,而且乳成分也会发生变化,乳中的体细胞,特别是多形核白细胞会增加。体细胞常用来作为判断乳房炎的指标。体细胞数与乳产量和乳成分的关系见图 1-5。严重的乳房炎会导致乳成分某种程度上类似血清的成分。发生乳房炎时,乳中的一些酶活性增加。

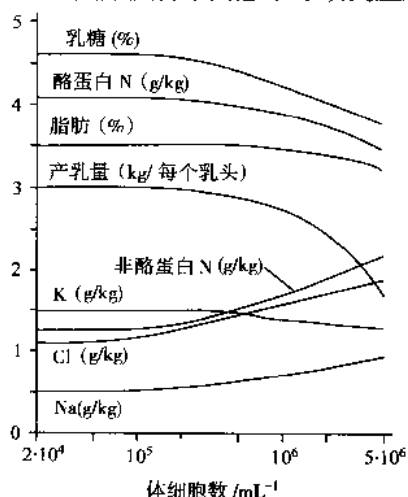


图 1-5 乳中体细胞数与产乳量及乳成分的关系

七、饲料

环境因素对乳产量有很大影响,但对乳成分影响较小。饲料的组成会影响乳脂肪的含量,特别是脂肪的组成。低蛋白质日粮会造成乳蛋白有所降低,高蛋白质日粮会使乳中非蛋白氮(NPN)增加。饲料的组成对乳中一些微量组分影响很大。

八、其他环境因素

除非是极度的气候变化造成热应激,一般气候因

素对乳成分影响很小。

极端条件(如恶劣的天气)会造成乳产量降低,乳脂肪和乳蛋白质含量有轻微增高的趋势。

九、挤 乳

挤乳间隔时间越短,乳量越少,乳脂肪越高,因而,傍晚所挤之乳脂肪含量一般高于清晨所挤之乳,两者的差异可达0.25%。在挤乳过程中,脂肪含量逐渐增加(例如从1%增加到10%)。挤乳间隔短,乳容易发生脂肪水解。脂肪含量在每天所挤的乳中都有变化。

十、各种乳成分变化的相关关系

在所有的乳成分中,变化最大的是脂肪,蛋白质变化较小,乳糖和灰分变化更小。构成乳中主要成分的组分也会发生变化,特别是组成乳脂肪的脂肪酸模式、一些矿物质的比例,如Na/K。

除遗传变异体,每一种蛋白质的组成是恒定的,但蛋白质间的比例会发生一些变化。酪蛋白相对比较恒定,但每一种乳清蛋白的含量会发生一些变化,如免疫球蛋白、血清白蛋白。

乳脂肪球及酪蛋白胶粒大小的分布会发生变化。对于同一头牛来说,乳脂肪球和酪蛋白胶粒的组成也会发生变化。

所有这些变化都会导致乳的物理性质的变化,如密度、滴定酸度、pH、黏度及脂肪的折射率等。

对于大量收购的牛乳来说,乳成分的变化主要取决于牛场的规模。就单一个体来讲,乳脂肪的变化可能在2%~9%,但对于整个牛场的乳来说,这一变化很小。

对于乳品加工厂来说,地域的不同(主要是由于牛品种的不同及牧场生产计划的不同)及季节的不同造成乳成分变化是最重要的。由于季节造成乳成分的变化与一个牧场产犊计划的安排密切相关。例如,如果安排一年四季均衡产犊,季节因素对乳成分的影响不会由于泌乳阶段的不同而产生。有的牧场是安排在冬季末的2周内集中产犊,这样乳成分在这一季节的变化较大。某乳品厂一年四季所收乳乳成分的变化见图1-6。

乳与血液等压,乳的渗透压主要取决于乳中的乳糖及可溶性盐类,因此,当决定乳渗透压的一种物质浓度低时,其余物质的浓度将升高。当发生乳房炎或处于泌乳末期时,大量的低相对分子质量血液成分由血液“渗漏”到乳

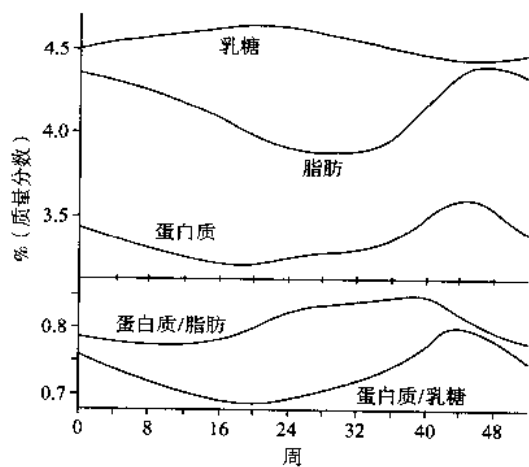


图 1-6 送于某乳品加工厂一年内乳成分的变化

中,与乳相比由于血清中含有大量可溶性盐类及相对较少的糖类,因此乳中乳糖含量降

低,可溶性盐类含量升高。

乳成分与乳蛋白质遗传变异体有关(表 1-6)。例如具有 κ -酪蛋白遗传变异体 B (κ -B) 的乳牛所产乳中蛋白质含量较高,主要是 κ -酪蛋白含量高。具有基因型 AA(κ -A) 的牛所产的乳 pH 较高,钙含量较低。表 1-6 所示的遗传变异体与乳成分的关系并不是绝对的,因为还有许多其他因素影响乳成分。

表 1-6 乳蛋白质遗传变异体与乳蛋白质含量及乳蛋白质组成的关系(10 000 个乳样,荷兰荷斯坦牛)

遗传变异体	发生频率/%	蛋白质/%	酪蛋白氮/总氮	κ -酪蛋白氮/酪蛋白氮
κ -A(基因型 AA)	64	3.58	0.77	0.15
κ -A 和 B	32	3.67	0.78	0.16
κ -B	4	7.76	0.79	0.18
β -lg-A	19	3.68	0.77	0.17
β -lg-A 和 B	51	3.65	0.78	0.16
β -lg-B	30	3.69	0.79	0.16

十一、乳成分的变化对乳制品的影响

乳成分的变化会对乳品生产造成一些影响,例如:

(1) 乳制品产率的变化。例如奶油的产率取决于脂肪含量,干酪的产率主要取决于酪蛋白含量,脱脂乳粉的产率取决于无脂固形物含量。

(2) 许多乳制品的组成取决于原料乳的组成。对生产干酪的原料乳进行标准化,蛋白质与脂肪的比率是必不可少的;对于脱脂乳粉的组成,蛋白质/乳糖的比率起决定性作用;脱脂乳及脱脂乳粉中存留的脂肪含量取决于原料乳中脂肪球的大小。

(3) 乳脂肪的结晶特性主要取决于脂肪的组成,进而影响奶油的硬度。

(4) 热稳定性是生产炼乳的一个十分重要的因素。

(5) 乳品加工热交换器结垢是由于乳蛋白在交换器表面的沉积,与乳成分具有显著的关系。同时,乳中的盐类也有影响,这可能与热稳定性有关。乳清蛋白含量高、酸度高的乳易结垢。

(6) 乳的凝乳酶凝乳特性与 Ca^{2+} 活性有关。

(7) 乳脂肪上浮,特别是由于冷凝集素(cold agglutinin)引起的乳脂肪迅速上浮与乳成分的变化关系特别大。随泌乳的进行,乳中凝集素含量显著降低,但不同牛之间差异很大。

(8) 乳中抑制或刺激微生物生长的因子也有变化。乳中 Mn 的浓度会影响一些发酵剂的柠檬酸发酵。

(9) 可溶性盐类与乳糖的比率对于乳的风味十分重要。 $([\text{Cl}]/[\text{乳糖}]) \times 100$ 一般情况下变化范围在 1.5~3.0,极端情况下为 1.2~4.5,当 >3 时乳呈咸味。不同个体的牛乳,脂酶活性及脂肪的自氧化速率差异很大。在冬天,牛乳出现“阳光味”的趋势最强。

(10) 乳的色泽,特别是奶油和干酪的色泽,由于乳脂肪中 β -胡萝卜素含量的差异变化也很大。 β -胡萝卜素含量与饲料关系十分密切,但也取决于牛体将 β -胡萝卜素转化为维生素A的能力,这一能力在不同个体牛间差异很大。娟姗牛乳脂肪呈黄色,甚至是橘黄色,水牛乳、绵羊乳、山羊乳脂肪几乎无色。

第三节 乳的加工利用

以乳为原料,经过各种加工手段可以生产出各种不同的乳制品,见表1-7。

表 1-7 以乳为原料生产的各种乳制品

加工过程	初级产品	进一步加工产品
离心分离	稀奶油	奶油、无水奶油、各种脂肪含量的稀奶油(HTST 杀菌或 UHT 灭菌)、咖啡稀奶油、发泡稀奶油、甜点稀奶油、稀奶油干酪
	脱脂乳	乳粉、酪蛋白、干酪、蛋白浓缩物
蒸发浓缩或超滤		浓缩乳、甜炼乳
浓缩和干燥		全脂乳粉、婴儿配方粉、减肥产品
酶凝乳	干 酪	1 000 多种干酪、再制干酪、干酪调味料、干酪酱
	凝乳酶酪蛋白	干酪类似物
	乳 清	乳清粉、脱盐乳清粉、乳清蛋白浓缩物、乳清蛋白分离物、各种乳清蛋白、乳清蛋白水解物、疗效食品、乳糖及其衍生物
酸凝乳	干 酪	新鲜干酪、以干酪为基料的产品
	酸性酪蛋白	功能性方面的应用,如咖啡伴侣、肉品添加剂、营养食品等
	乳 清	乳清粉、脱盐乳清粉、乳清蛋白浓缩物、乳清蛋白分离物、各种乳清蛋白、乳清蛋白水解物、疗效食品
发 酵		各种发酵乳制品,例如酸乳、发酵酪乳、嗜酸杆菌乳、生物酸乳
冷 冻		各种配方和种类的冰淇淋
其 他		如巧克力制品等

第四节 异 常 乳

原料乳的质量是乳制品生产的关键因素之一,很多质量问题的根源就在于原料乳的品质。

在泌乳期中,由于生理、病理或其他因素的影响,乳的成分与性质发生变化,这种成分与性质发生了变化的乳,称为异常乳。一般情况下,异常乳不宜用于生产。相对于异常乳来说,成分与性质正常的乳称为正常乳。乳牛产犊 7d 以后挤出的乳,其性质与成分基本稳定,从这时开始一直持续到乳牛下一次产犊的泌乳期前所产的乳,就是正常乳。

异常乳可分为生理异常乳、病理异常乳、化学成分异常乳及微生物污染乳等几大类。