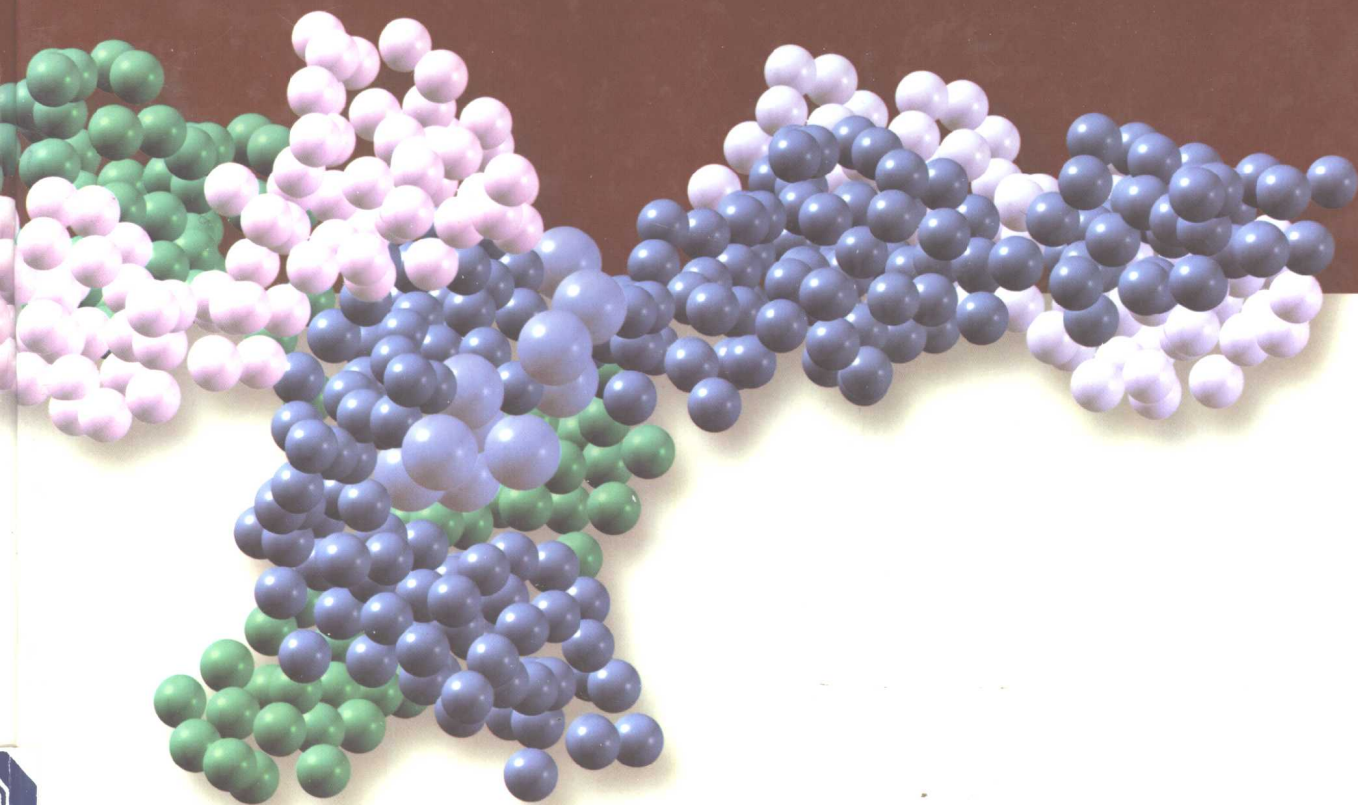




曹劲松 编著

初乳功能性食品



 中国轻工业出版社

初乳功能性食品

曹劲松 编著

 中国轻工业出版社

215

图书在版编目 (CIP) 数据

初乳功能性食品/曹劲松编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2000. 3

ISBN 7-5019-2781-2

I. 初… II. 曹… III. 初乳-乳制品: 疗效食品-食品加工 IV. TS252.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 12228 号

责任编辑: 熊慧珊 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 燕 杰 责任监印: 崔 科

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: //www.chlip.com.cn

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂印刷

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.5

字 数: 562 千字 印数: 1-3000

书 号: ISBN 7-5019-2781-2/TS·1685 定价: 60.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

现代社会倡导母乳喂养，体现出母乳在人类文明发展过程中仍具有不可替代的作用。

哺乳动物的乳汁，尤其是初乳，乃被公认为是功能性食品资源的宝库。全世界范围内建立的庞大乳品工业体系已经使牛初乳成为现实的初乳资源。作为哺乳动物的第一份食物，初乳本身又是卓越的纯天然功能性食品，它高度浓缩了乳汁内存在的各种免疫因子和生长因子，其有效性已为科学研究所证实。为促进初乳和常乳资源的利用，推动新世纪食品工业的发展，作者集多年来的科研经验，在收集、整理大量资料的基础上撰写了本书，力求全面反映乳功能性食品开发的潜力和该领域国内外的先进技术水平。

“功能性食品”和“工程食品”是近 10 多年来出现的食品科学概念，本书内容按照功能性食品组分分离、转化和重组的整体思路分成 10 章，除介绍牛初乳常规物理化学和贮运特性外，系统地介绍了乳功能性组分的化学本质；生理功能及其改良技术；分离、生物转化和重组技术；功能性组分的检测技术等。

王晓琴参加了本书第四、五章和第十章的编写，并帮助翻译了部分资料。

新西兰 Healtheries 公司乳品专家 ROB SHAW 和卢桂海硕士对本书的编著提出了建设性意见，华南理工大学食品工程系陈中博士以及其他同事提供了不少宝贵资料和支持。

限于编者水平，本书难免有缺陷和不妥之处，敬请批评指正。

编著者

1999 年 12 月于华南理工大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 牛初乳的概念、功能特性和来源	(1)
一、牛初乳的概念	(1)
二、牛初乳的生理功能	(2)
三、牛初乳的来源	(5)
第二节 牛初乳的应用简史和现状	(7)
一、人类利用牛初乳的历史	(7)
二、牛初乳与食品科学新规范	(9)
三、牛初乳功能性食品开发的社会背景和动态	(10)
第三节 我国牛初乳功能性食品现状与前景	(13)
一、我国牛初乳功能性食品现状	(13)
二、乳功能性食品的相关标准	(14)
参考文献	(15)
第二章 牛初乳的化学组成和营养特征	(17)
第一节 牛初乳的化学组成	(17)
一、牛初乳的物理特性和化学组成特性	(17)
二、牛初乳主要化学成分	(20)
第二节 牛初乳的营养特征	(44)
一、高蛋白	(44)
二、碳水化合物主要是低聚糖	(47)
三、乳脂中多不饱和脂肪酸含量高	(47)
四、钙、铁、硒、锌含量丰富	(47)
五、牛初乳解毒成分	(48)
参考文献	(48)
第三章 牛初乳功能性组分	(51)
第一节 免疫球蛋白	(52)
一、基本结构	(52)
二、Ig 的分类、命名及定义	(54)
三、牛乳免疫球蛋白	(57)
四、Ig 的生物学功能	(61)
第二节 乳铁蛋白	(63)
一、转铁蛋白分类和基本特性	(64)

二、Lf 的结构	(65)
三、Lf 的理化性质	(68)
四、Lf 的生物学功能	(69)
第三节 乳过氧化物酶	(77)
一、LP 的结构	(77)
二、LP 的基本性质	(80)
三、LP 功能性机制	(80)
四、牛初乳中的 LP	(85)
第四节 溶菌酶	(86)
一、简介	(86)
二、牛溶菌酶的独特性质	(87)
三、溶菌酶的生物学功能	(89)
四、溶菌酶的分离及应用	(91)
第五节 胰岛素样生长因子	(91)
一、结构和功能概述	(92)
二、IGF 在组织和体液中的分布与调节	(94)
三、低 IGF 血清浓度的生理异常	(95)
四、IGF 功能性的生理基础	(96)
五、IGF 的生物效应	(98)
六、牛初乳和常乳中的 IGF	(102)
第六节 转化生长因子	(104)
一、命名与结构	(105)
二、生物学功能	(106)
三、牛初乳中的 TGF- β	(111)
第七节 富含脯氨酸多肽	(112)
一、组成和物化性质	(113)
二、初乳 PRP 的分离	(114)
三、PRP 的生理功能	(114)
第八节 核糖核酸酶 II	(114)
第九节 牛初乳中的细胞因子	(115)
一、细胞因子的共同特性	(115)
二、牛初乳细胞因子生物功能概述	(116)
三、初乳细胞因子	(117)
参考文献	(123)
第四章 牛初乳的保健功能	(129)
第一节 牛初乳的免疫功能	(129)
一、基本概念	(129)
二、免疫机制	(130)
三、牛初乳与肠道粘膜免疫防御	(132)

四、牛初乳和免疫牛初乳 IgG 预防疾病的临床试验	(145)
第二节 牛初乳调节肠道菌群的功能	(147)
一、肠道正常菌群	(147)
二、牛初乳调节胃肠道菌群的功能	(149)
第三节 改善胃肠道、促进生长发育的功能	(150)
一、肠道微生物对胃肠道结构和功能的影响	(150)
二、牛初乳生长因子对幼仔生长发育的影响	(151)
三、临床试验实例	(153)
参考文献	(155)
第五章 免疫牛初乳的制备及其应用	(157)
第一节 免疫乳的概念与发展历史	(157)
一、免疫乳的概念	(157)
二、免疫乳发展的历史	(158)
第二节 免疫乳的特殊功能性	(160)
第三节 免疫牛初乳的制备方法	(162)
一、疫苗	(162)
二、免疫佐剂	(164)
三、免疫乳生产	(165)
第四节 免疫对牛初乳的改良	(170)
一、Ig 含量	(170)
二、特异性抗体效价	(171)
三、非抗体功能因子	(173)
四、生产免疫乳粉的基本工艺	(174)
第五节 免疫牛初乳的特殊保健功能	(175)
一、改善胃肠道	(175)
二、调节血脂、调节血压	(177)
三、抗炎症	(179)
四、免疫乳的其他特殊保健功能	(180)
五、免疫乳的其他应用	(181)
参考文献	(181)
第六章 牛初乳的贮运与加工特性	(183)
第一节 影响牛初乳功能性组分浓度的因素	(183)
一、免疫球蛋白	(183)
二、乳铁蛋白和转铁蛋白	(188)
三、胰岛素样生长因子	(189)
第二节 牛初乳的采集和贮运	(192)
一、牛初乳采集和验收	(192)
二、牛初乳的贮存方法	(194)
三、牛初乳贮存过程中化学组成和特性的变化	(196)

四、牛初乳作为功能性饲料的应用·····	(204)
五、牛初乳作为一种功能性食品基料·····	(211)
第三节 牛初乳的加工特性·····	(212)
一、热处理·····	(212)
二、pH 稳定性·····	(226)
三、均质和超声处理·····	(227)
四、超高压处理·····	(228)
第四节 牛初乳功能性组分的生物加工特性·····	(232)
一、IgG·····	(232)
二、乳铁蛋白·····	(234)
三、酪蛋白和其他乳清蛋白·····	(238)
参考文献·····	(238)
第七章 牛初乳分离技术 ·····	(242)
第一节 超滤分离乳蛋白组分·····	(242)
一、概述·····	(242)
二、加工特性·····	(243)
三、超滤系统的性能和膜构型·····	(246)
四、迁移现象和浓差极化·····	(246)
五、阻塞(污染)·····	(248)
六、乳品超滤·····	(249)
第二节 反渗透·····	(256)
一、概述·····	(256)
二、反渗透和超滤膜件·····	(256)
三、反渗透用于乳品加工·····	(259)
第三节 离子交换·····	(261)
一、原理、材料和设备·····	(261)
二、在乳品组分分离中的应用·····	(264)
第四节 电渗析·····	(267)
一、原理和设备·····	(267)
二、ED 在乳品和生物技术工业中的应用·····	(269)
第五节 乳组分分离的其他技术·····	(270)
一、微滤·····	(271)
二、纳米过滤·····	(272)
第六节 分离度的概念·····	(272)
参考文献·····	(273)
第八章 牛初乳和常乳功能性食品基料 ·····	(275)
第一节 源于酪蛋白的功能性基料·····	(275)
一、酪蛋白·····	(275)
二、酪蛋白磷肽·····	(278)

三、糖巨肽·····	(280)
四、其他酪蛋白水解物·····	(283)
第二节 源于乳清蛋白的功能性基料·····	(284)
一、应用概述·····	(285)
二、乳清蛋白混合型基料·····	(286)
第三节 基于乳糖的功能性基料·····	(301)
一、乳糖·····	(301)
二、低聚半乳糖·····	(302)
三、乳蔗糖·····	(303)
四、乳酮糖·····	(305)
五、乳糖醇·····	(306)
第四节 来源于乳脂的功能性基料·····	(306)
一、乳品胆固醇概述·····	(307)
二、低胆固醇乳品的开发·····	(307)
第五节 牛乳蛋白基料在工程食品中的应用·····	(311)
一、乳蛋白的营养特性·····	(311)
二、乳蛋白基料的重组特性·····	(312)
参考文献·····	(316)
第九章 牛初乳功能性食品的制造·····	(319)
第一节 牛初乳功能性食品的分类·····	(319)
一、纯天然产品·····	(319)
二、分离重组产品·····	(320)
第二节 糖醇化合物保护 IgG 活性的机制·····	(329)
一、糖醇化合物的保护机制·····	(329)
二、优先相互作用机制·····	(333)
第三节 糖醇化合物对 IgG 的稳定作用·····	(336)
一、蔗糖对 IgG 的稳定作用·····	(336)
二、其他糖醇化合物对 IgG 的稳定作用·····	(338)
三、氨基酸组分对 IgG 的稳定作用·····	(339)
第四节 IgG 微胶囊化技术·····	(339)
一、概述·····	(339)
二、蛋白性功能组分微胶囊的制备·····	(346)
参考文献·····	(351)
第十章 牛初乳功能组分的检测·····	(353)
第一节 牛初乳免疫因子的检测·····	(353)
一、IgG 含量测定·····	(353)
二、乳铁蛋白含量测定·····	(359)
三、乳过氧化物酶活力测定·····	(361)
四、溶菌酶活力测定·····	(361)

第二节 牛初乳生长因子的检测·····	(362)
一、胰岛素样生长因子·····	(362)
二、转化生长因子·····	(365)
三、成纤维细胞生长因子·····	(369)
四、牛磺酸·····	(369)
第三节 低聚糖的检测·····	(370)
一、乳酮糖·····	(370)
二、乳蔗糖·····	(371)
三、乳糖·····	(371)
参考文献·····	(372)
附录 I 牛初乳提取物通过刺激天然杀伤 (NK) 细胞增生来改善 107 例慢性疾 病病人症状的例子·····	(374)
附录 II 氨基酸名称缩写·····	(377)
附录 III 初乳及早期乳的特性·····	(378)

第一章 绪 论

第一节 牛初乳的概念、功能特性和来源

一、牛初乳的概念

初乳是一种非常特别的乳，它是所有雌性哺乳动物产后 2~3d 内所分泌乳汁的统称。初乳的特殊性首先体现在化学组成上：较之普通乳汁，初乳蛋白质含量更高，脂肪和糖含量较低（表 1-1），铁含量为普通乳汁的 10~17 倍，维生素 D 和维生素 A 分别为普通乳汁的 3 倍和 10 倍。根据 Taber 编写的百科全书（第 16 版），初乳被描述为“哺乳动物自妊娠的第 4 个月开始所分泌的液体，但一般是指产后 2~3d 内、在真正的泌乳期开始之前所分泌的乳汁。这种淡黄色的液体除了含有抗体和淋巴细胞外，还具有高热量、高蛋白质的特征。”

表 1-1 人、牛、马及骆驼初乳（100mL）的基本组成和特性

初乳来源	总热值 /J	脂肪 /%	蛋白质 /%	乳糖 /%	灰分 /%	全固形物 /%	pH	表观粘度 /mPa·s
人	238	2.9	2.7	5.3	0.33	12.8	7.17	—
牛	380~600	4.6~6.4	4.7~13.3	2.5~4.7	0.81~1.11	15.3~24.0	6.3~6.34	8~10.0
马	800~1150	1.3~2.9	13~16.4	4.8~5.0	0.60*	12.1~26.3	—	—
骆驼	280~900	0.2~1.95	4.0~14.0	2.5~4.2	0.82~1.32	13.4~22.0	6.4~6.72	2.2~10.3

注：人、马初乳样品为分娩后 24h 内乳汁，牛、骆驼初乳样品为分娩后最初 6 次挤奶所获乳汁，“—”表示无数据，“*”表示分娩 1 周内乳汁混合物。

人初乳转化成常乳过程中，黄度降低、亮度增加，但示差指数、粘度和渗透压相对恒定。

仅从物理外观、性质或化学组成上描述初乳的特殊性远远不够，初乳最引人注目之处在于它具有独特生理功能。初乳的蛋白质大多数为免疫球蛋白，它能够形成抗体，与病原微生物及毒素等抗原结合，在哺乳动物新生幼仔自身免疫系统发育成熟、正常运作之前，可以保护其免受病原侵袭。例如，人初乳天然含有抗流感病毒、突变链球菌及破伤风毒素等许多抗原的抗体（表 1-2）。母体的免疫球蛋白和抗体可以通过胎盘传递给胎儿，出生后婴儿的薄弱的免疫系统需 2~3 年后才能真正被激活而发挥作用。

表 1-2 在人乳和人初乳中发现的特异性抗体的部分清单

微生物或毒素	中文名称
<i>Shigella dysenteriae</i>	志贺痢疾杆菌
<i>Shigella flexneri</i> 1	弗氏志贺菌 1
<i>Shigella flexneri</i> 6	弗氏志贺菌 6
<i>Shigella sonnei</i>	宋内志贺菌
<i>Salmonella</i>	沙门氏菌
<i>Escherichia coli</i> 0111:B4	埃希杆菌 0111:B4
<i>Escherichia coli</i>	大肠杆菌
<i>Beacteroides fragilis</i>	脆弱拟杆菌
<i>Streptococci</i>	链球菌
<i>Pneumococci</i>	肺炎杆菌
<i>Campylobacter</i>	弯曲菌
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	鼻腔克雷伯杆菌
Diphtheria toxin	白喉毒素
Tetanus toxin	破伤风毒素
Streptolysin	链球菌溶血素
Staphylolysin	葡萄球菌溶血素
Polio virus	脊髓灰质炎病毒
Influenza virus	流感病毒

初乳还包括其他很多免疫成分,例如可破坏致病微生物的过氧化物酶,能够中和某些细菌的乳铁蛋白,可抵抗金黄色葡萄球菌(*S. aureus*)的多不饱和脂肪酸,可抗 Semliki 森林病毒、罗斯河(Ross river)病毒和单纯疱疹病毒的单甘酯和不饱和脂肪酸,可以抗 RNA 病毒的核糖核酸酶样因子,以及双歧因子、溶菌酶、乳细胞等等。初乳富含脯氨酸多肽 (PRP),能够使过分活跃或迟钝的免疫系统反应趋于正常,即具有所谓免疫调节功能。

初乳中还含有多种蛋白质、激素、酶、糖及加速组织生长修复的生长因子,并含有为合成和修复 DNA 和 RNA 等核酸类物质提供原料的核苷酸。

牛初乳的严格定义是指乳牛分娩前后采集的乳汁,实际上为乳腺管分泌物和分娩前干乳期累积于乳腺的血清组分(包括免疫球蛋白和其他血清蛋白质)的混合物。但是,很多文献对牛初乳的定义并不统一。农牧场里,一般将乳牛分娩后 7d 内的乳汁称为牛初乳;现代乳品工业认为,乳牛分娩后最初 6 次乳汁较之常乳组成明显不同,不能直接出售,也不宜直接混入常乳用于常规乳品加工,这便是通常意义上的“牛初乳”,这种概念突出了牛初乳化学组成上的差异。一些牛初乳功能性食品制造商,通常强调其产品原料是乳牛真正泌乳期开始之前提供给牛犊的最初 24~72h 内的乳汁。除非特别说明,本书中“牛初乳”系指乳牛分娩后最初 6 次挤奶所获乳汁。

二、牛初乳的生理功能

初乳功能特性研究一般采用初乳乳清或者初乳粉为原料,已经揭示的主要功能性质可以概括为以下三个方面:

①直接抵抗肠道致病原,改善胃肠功能;

②增强机体的系统免疫能力;

③调节机体生理状态平衡, 加速健康恢复过程。

应特别指出, 婴儿至老年人的各年龄层次人群实验中, 初乳在上述三个方面的功能都有成功的临床实验证据, 因此, 初乳功能性食品开发决非仅仅针对婴幼儿。20 世纪 70 年代, 科学家发现了哺乳动物母体乳腺仅仅在新生命诞生最初几天分泌含多种功能组分初乳的秘密原来是自然造化的结果: 牛犊出生后 6h 摄食牛初乳, 其中免疫球蛋白 IgG 有 65.8% 出现在血液内, 出生 12、24、36 和 48h 后摄入牛初乳, 则进入血液的 IgG 数量迅速下降, 分别为 46.9%、11.5%、6.7% 和 6.0%。对人类情况也类似。初乳蛋白质主要为免疫球蛋白, 出生最初 1~2d 内新生儿肠壁上有一定数量的大孔, 免疫球蛋白大分子可以通过肠壁经由这些“管道”进入血液及淋巴液, 直接成为新生儿保护性免疫系统的组件。由于肠壁扩大孔在 24~36h 后就会闭合, 因而很多科学家认为, 在此之后使用初乳所起的作用将不大。但是, 20 世纪 70 年代末期, 英国 David Tyrrel 医生发现初乳免疫因子所提供的最大保护作用并不是直接进入血液或淋巴系统中, 而是在肠道、支气管及肺分支空腔中, 这表明任何年龄的人均能够从初乳获益, 但是功能性作用机制存在一些差异。如今, 已经有很多学者综述过强化初乳的饮食对机体健康的促进功效, 达成的共识是: 包括人在内的很多动物均能极大地受益于初乳的被动免疫保护、治疗疾病和促进恢复的功效。初乳也是一种卓越的营养强化剂, 富含各种营养成分, 例如各种维生素以及合成机体蛋白质和核酸的基本组分, 并为机体新陈代谢活动提供充足能量。初乳是一种纯天然食品, 其中特定的脂肪、氨基酸和糖类物质组合和配比将调整新生幼仔的胃肠道菌群平衡; 一些疾病或使用抗生素治疗所导致的肠道菌群失调, 也可以借助初乳重新启动胃肠道正常生理功能, 促进康复。

充分研究和理解初乳的生理特性和功能之后, 人类应用牛初乳才真正能够取得突破性进展, 以下简介目前在初乳功能性研究领域的三个主要方面研究进展。

(一) 初乳在肠道免疫保护中的作用

1. 初乳对肠道病毒的免疫活性

很多研究涉及初乳保护消化道免受致病微生物及其毒素感染的生理活性。研制了第一种有效的脊髓灰质炎病毒疫苗的 Albert Sabin 博士早在 20 世纪 50 年代便提出牛初乳可作为患脊髓灰质炎儿童的辅助治疗手段。脊髓灰质炎病毒 (Polio) 可通过胃肠道进入人体, 若机体不能提供相应的免疫保护, 则会全面感染而发病。已经证实, 一些肠病毒能够被初乳抑制。实验室内, 向病毒-培养细胞共存体系中添加初乳乳清或者几种初乳组分, 可以抑制或防止脊髓灰质炎病毒、轮状病毒 (Rotavirus) 和猪肝炎病毒 (TGE) 等对培养细胞的感染。对婴儿、小猪及刚断奶乳猪的实验表明, 在饮食中周期性强化少量初乳乳清 (每周约 40mL) 可以显著降低轮状病毒感染的机率, 已经感染者的病况也得到缓解。以大肠杆菌 (*E. coli*) 和轮状病毒复合感染刚断奶乳猪, 结果表明: 喂食初乳的小猪病症较轻微, 而未喂食初乳或仅接受抗生素治疗的小猪病情较重。S. Kuhl 等人 (1978) 在德克萨斯医科大学进行的实验中, 研究过初乳细胞在杀灭疱疹病毒 (Herpes Simplex) 时发挥的作用, 发现初乳中抗体与白细胞协同作用能够有效杀死疱疹病毒感染的细胞。Rouse 等人 (1976) 发现, 牛初乳具有类似效果。此后, 科学家的相关研究集中于被动性抗体保护作

用的传递过程,发现哺乳动物这种抵抗多种病毒感染的能力可以传递给下一代。有关种间被动免疫作用传递的研究也受到广泛关注。

对人类来说,病毒活动最常见的体现是致人咳嗽和感染流感。1980年,英国 Worthwick Park 医院临床研究中心的 David Tyrrell 博士认为,初乳免疫球蛋白 IgA 抗体可以粘附到病毒表面预防感冒,但无需伴随常规抗体-抗原反应的补体生成等过程。支气管炎和肺炎常由呼吸合胞体病毒引起,人畜接触该病毒后初乳中便含有对抗这种病毒的 IgG 和 IgA 抗体。腹泻和肠炎可能是轮状病毒感染的结果。日本医生进行实验,将一种轮状病毒加到饲料中,让乳牛摄入后,结果牛初乳中检出对抗该病毒的效价很高的抗体。肠道疾病患者食用这种初乳后,可以防止通常的腹泻和炎性肠道综合症。根据 R. H. Michaels 博士的研究,初乳免疫因子能够中和引起一种软膜蛛网膜炎的 Echo 病毒和引起类灰质炎的 Cocksackie 病毒。E. L. Palmer 及其同事检测到初乳抵抗几种已知肠病毒后,甚至推测“初乳和乳汁中存在广谱的抗病毒因子”。

除抗体外,牛初乳中的低聚糖和多糖也可以抵抗病毒。

2. 初乳对细菌的免疫活性

初乳抵抗细菌类致病原的特性已经广为人知。例如,初乳乳清能够杀死诸如 O157:H7 和 O111:NM 等具有神经毒性的大肠杆菌,这些微生物与食品中毒有关,对健康危害较大。人体肠道内存在正常菌群,1995年, Hurley 等人发现:初乳在抑制很多种病原微生物生长的同时,对肠道内非病原性微生物的生长、繁殖几乎无影响。另外,许多关于初乳抗菌活性的报道实际上涉及到初乳组分,特别是其中特异性抗体或乳铁蛋白,在实验室阻滞细菌生长的能力。南达科他州大学研究人员发现,初乳乳清对动物感染过程确有影响。在神经毒性大肠杆菌感染模型体系中,以无病原菌小猪为实验对象,饲料中含 10% 初乳乳清时,可以防止小猪体内形成免疫抑制 (immunosuppression) 和侵入损害。用一种具有神经毒性的埃希氏大肠杆菌和轮状病毒对刚断奶小猪进行口服挑战,若每周喂食 20mL 初乳乳清将完全防止感染。这种保护作用非常彻底,以至于口服微生物当天无法从实验动物中检出摄入的大肠杆菌。

3. 牛初乳中和毒素的能力

一些研究证实了初乳在防止细菌毒素危害方面的作用。在实验室以及动物实验中,初乳乳清及其几种组分表现出抑制大肠杆菌神经毒素的活力以及中和艰难梭菌 (*Clostridium difficile*) 毒素 A 和 B、霍乱 (Cholera) 毒素的活力。在细胞培养实验中,已经初步证明初乳也能够抑制葡萄球菌毒素 (Staphenterotoxins) 和百日咳 (Pertussis) 毒素的作用。一些研究报道指出,初乳具有防止肠道寄生虫感染的活性。Acosta Altamirano 等人 (1987) 报道,初乳乳清可以杀死阿米巴 (*amoeba*, 又称变形虫),它是阿米巴性痢疾的致病原。Waltz 等人 (1993) 报道,摄入牛初乳可以增强免疫妥协 (immunocomprimized) 鼠对隐孢子虫 (*Cryptosporidium*) 感染的抵抗力。也有报道认为牛初乳可以有效缓解免疫妥协病人肠道继发性 HIV 感染后的症状。

(二) 初乳增强或调节机体的系统免疫能力

初乳对机体系统免疫能力表现出调节功能。在这个方面,最有力的证据是新生儿通过初乳获得大量抗体和相当数量的免疫细胞。在较年老动物肠道内,这类免疫因子不太可能

被直接吸收而进入血液,但是,确实有证据表明:一些抗氧化剂、维生素和细胞素(cytokine)可以通过初乳传递给较年长动物,这些化合物进入动物血液后增强了机体生理反应,改善了机体自身协调功能。喂食初乳乳清后,猪对细菌和病毒感染的炎症反应明显减弱,并且口服病毒后其血液炎症因子浓度较对照组低。Crago 和 Mestechy (1983)的研究甚至直接显示,摄食初乳后,机体免疫系统对口服抗原不作出过激反应。抗原侵入后,机体一方面要产生攻击性炎症反应对抗感染,另一方面,机体需要控制炎症反应,促进组织愈合,两者之间存在微妙平衡关系。饮食强化初乳似乎能够驱动平衡向促进组织愈合方向偏移。在牛犊和小猪强化初乳实验中,发现小猪有 B 细胞激活效应,并增强了其抗体产生能力,但激活 T 细胞的效应表现不太明显,这些与 Guto 等人(1985)所做的人细胞培养实验结果一致。摄食牛初乳后,实验动物体内的铁吸收和运输、血液指标、肠道和呼吸道健康一般得到改善。牛初乳强化人体从消化道捕获铁质的能力有两大益处:一是剥夺了一些病原微生物生长所需的铁,二是为机体免疫反应等生理功能提供必需铁质。肉牛、乳牛或牛犊强化初乳后,机体解毒功能明显增强,即对呼吸道和系统性感染的抵抗力增强。摄食牛初乳后,动物更容易适应新环境,一些牧场早已经在不知觉中实践了这个规律。

波兰和亚拉巴马大学的研究者同时发现初乳中有富含脯氨酸的多肽 (PRP),这将有助于治愈或减轻自动免疫疾病,因为,PRP 能够使过分活跃或迟钝的免疫系统趋于正常。

(三) 初乳促进生长发育、均衡饮食的保健功能

在断奶小猪饲料中添加少量初乳,便能加速其生长。特别是摄食牛初乳强化饲料 4 周后,较之对照组,摄入初乳的小猪其瘦肉重量约超出 0.45kg。强化初乳的小猪不仅食欲好、摄入更多饲料,而且饲料转化成瘦肉的百分率也增加。牛初乳为天然物,不属于国际奥委会规定的违禁品。澳大利亚的运动生理学家琼·巴利克研究发现,每天食用牛初乳的运动员其耐力显著增强,成绩提高 20%。尽管是同窝仔(同时出生的小猪),强化初乳后的小猪生长速率更加稳定。无论是小猪或牛犊,饲料强化初乳后,较少发生贫血以及其他血液病变。

牛初乳与其他营养强化剂配合食用,可有效减肥,但不必过于追求膳食热量的控制。

三、牛初乳的来源

国内外,母乳喂养的益处已经为各界人士所认同。对人类来说,初乳是母亲产后提供给新生儿的第一份礼物。母亲产后 1~2 周内所分泌的乳汁与普通乳汁的主要区别在于:其富含免疫因子、生长因子及生长发育所必需的营养物质,是大自然提供给新生命的最好初始食物。新生儿摄入后可提高免疫力、增强体质。但母乳毕竟有限,人类自然要寻找其他的初乳资源。综合考虑伦理、宗教、消费习惯以及工业基础等因素,人们转而开发牛初乳功能性食品是一个必然趋势,因为它是迄今为止最为现实的初乳资源。羊初乳和骆驼初乳在一些国家也进入了食品科学家的视线,具有一定开发前景。

(一) 牛初乳的来源

牛初乳尽管来源相当珍贵,但是现代乳业的发展已经能够保证它作为一种高级功能性

食品及其制造基料的来源。

乳牛产犊后即开始分泌乳汁，能够在此后约 307~312d 内持续挤奶，在现代牧场一般规定前 7d 称为初乳期，7d 之后称为泌乳期，泌乳期后进入大约 60~65d 的所谓涸乳期，此时应停止挤奶，直至下一胎产犊。乳牛在涸乳期前两周内所产的乳汁称为“末乳”。过去，在初乳与末乳之间的乳汁因成分及其性质基本稳定，用作加工的原料乳，乳品加工的工艺参数一般是针对这种“常乳”而设计。

现代牧场内，健康乳牛一生可能产犊 10 次以上，经科学饲养和管理，良种乳牛在一个泌乳期产乳量平均为 5000kg 左右，高产者高达 10 000kg 以上，即每天产乳约 30kg。从世界范围看，乳牛个体产量最高的品种为黑白花乳牛，其次是娟姗牛，后者曾创下在一个泌乳期产乳量 18929kg 的该品种的惊人记录。正是因为牛乳产量高，现代乳业的蓬勃发展能够基本满足加工和消费要求。但是，牛初乳来源十分珍贵，产量尚不足普通牛奶的 2.0%，而且首先必须满足牛犊的生理需求。

新生牛犊通常在生命的最初 2~3d 内通过吮吸或其他方式接受母牛的新鲜初乳。此间，大多数健康乳牛产生的初乳量均超出了牛犊的需求（见图 1-1）。一般地，头产母牛产生的初乳较之经产母牛要少些，据报道其平均初乳产量分别为 32.7kg 和 41.7kg，但依据乳牛品种的不同存在差异，荷兰北部地区的黑白花牛（Holstein）作为世界上最常见的乳牛品种，其头产和经产母牛的平均初乳产量分别为 24kg 和 54kg。一些文献报道的初乳产量为分娩后最初 4d 内的总量，平均值在 39~52kg 范围内。

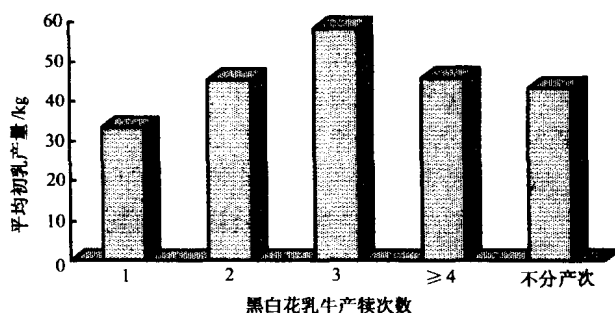


图 1-1 黑白花牛产犊次数对平均初乳产量的影响

注：各产次平均初乳产量分别为 36、19、17、34、106 头乳牛统计结果。

新生牛犊消耗的初乳量因牛犊自身、母牛个体以及牧场管理体系不同而异。除了母牛的产乳能力外，母牛与牛犊的接触时间也会影响初乳的吮吸消耗量。若在产后 6~12h 允许牛犊吮吸，初乳平均耗量为 3.6kg（约为出生体重的 10.4%）。实践上，一些牧场内牛犊出生后很快便与母牛分隔开来，初乳喂养量很少，分娩后最初 3d 内一般在 6.8~11.7kg 之间，这约占每头乳牛初乳平均产量的 14%~35%。以每头乳牛在一个泌乳期内平均生产 43.5kg 初乳，每头牛犊出生后最初 3d 内平均消耗 11kg 计算，每头母牛喂养牛犊 3d 后仍然可以获得 32.5kg 初乳。从牛犊出生后第 4 天开始一直到断奶，一般每天喂 1.8~3.2kg 未稀释初乳（很多牧场会收集、贮存富余初乳进行调剂）。以平均日消耗量 2.5kg 计算，1 头母牛的初乳足以喂养 1 头牛犊 16d。若公牛犊在出生数天内便卖出，应该可以获得充足的初乳将母牛犊一直喂养到 4 周。这种估算还较保守，因为一些乳牛的初乳产量更高，据估计总体上看可以获得足以喂养母牛犊 5 周的初乳量。

现代社会已经建立起庞大的乳品工业体系，牛初乳尽管珍贵，但是作为一种功能性食品或原料，能够保证稳定来源，这是牛初乳功能性食品开发的基本前提之一。我国现有乳牛约 420 万头，除喂养牛犊外每年尚可富余约 200 000t 牛初乳。开发牛初乳功能性食品对于促进牛初乳和常乳资源利用，推动我国乳品工业发展具有重要意义。

(二) 不同种乳牛的初乳产量

考虑初乳资源的可获得性，应该考虑当地乳牛的品种分布，因为乳牛种类是影响初乳产量的重要因素。

一般来说，不同种乳牛分娩后产乳量随分娩天数按相似的速率增加（图 1-2）。黑白花牛初乳产量最高，更赛牛最低，埃尔夏牛和娟姗牛则相似。母牛经产史以及个体因素均对乳牛第 1 次挤奶乳汁（称之为“头乳”）重量也有较大影响，例如，第 1 次产犊的娟姗牛头乳重量可能低至 1.41kg，而第 2 次产犊的黑白花牛头乳重量可高达 28.03kg。此外，不同牛种初乳质量也存在较大差别，这些将在以下章节讨论。

新西兰和澳大利亚分别有乳牛约 270 万头和 200.2 万头，通过现代化管理，已经具备大规模供应、出口牛初乳原料及其产品的能力。目前，在乳业高度发达的国家、地区，牛初乳原料每千克售价仅 0.75 美元。据估算，从牛初乳中分离、制备免疫球蛋白浓缩基料的额外费用约 1.25 美元/kg。但是，将原料初乳制造成功能性食品需采用高技术，关键是维持其中蛋白性功能组分的活性。

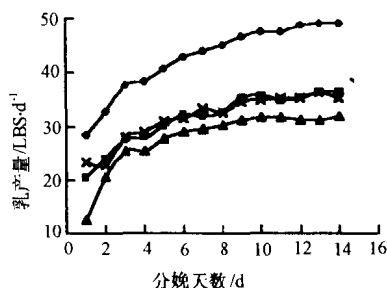


图 1-2 不同种乳牛分娩后平均初乳产量的比较

—●— 黑白花牛 —■— 埃尔夏牛
—▲— 娟姗牛 —×— 更赛牛

第二节 牛初乳的应用简史和现状

一、人类利用牛初乳的历史

人类利用牛初乳的历史与对它的认识过程密不可分。1799 年，Hufeland 博士首先提出牛初乳具有不同于常乳的生理特性，对于新生牛犊的健康和迅速生长、发育具有特别意义。19 世纪末对牛初乳进行了大量研究并一直延续至第二次世界大战结束。但是，随着磺胺类药物和诸如青霉素之类抗生素的出现而停步不前，这是化学药物的鼎盛时期。1955 年，“免疫乳”被用于治疗类风湿性关节炎，生物学药物又开始了逐渐复苏的过程。后来，人类初乳的性质受到关注，研究显示经母乳喂养的婴儿不易染病，尤其是不易感染常见成人病原微生物（细菌和病毒）导致的疾病，并且较之非母乳喂养婴儿具有更加敏锐的感觉、生长发育更为迅速。如前所述，现在我们已经能够相当清楚地阐明初乳的一些基本生理功能的本质。

然而，人类实际利用牛初乳的历史远远早于对它的研究探索。早在几千年前，印度 Arurvedic 和 Rishis 就真实地记录了食用牛初乳对于身体健康的益处，他们制造的牛初乳