

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>Bacteroides 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，实际上为乳糜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：

直接抵抗肠道致病原，改善胃肠功能；

增强机体的系统免疫能力；

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不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“未乳”。过去，在初乳与未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 内通过吸吮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。

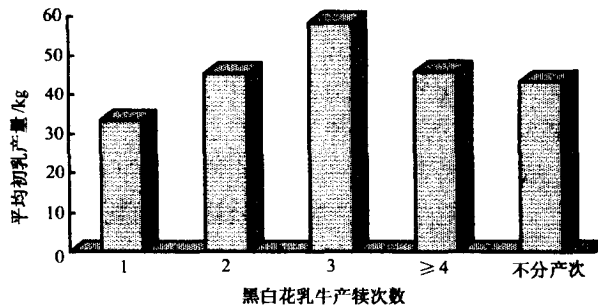


图 1-1 黑白花牛产犊次数对平均初乳产量的影响

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吸吮消耗量。若在产后 6~12h 允许牛犊吸饱，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。

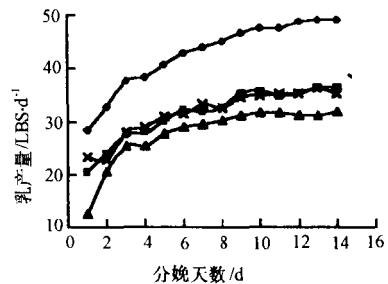


图 1-2 不同种乳牛分娩后平均初乳产量的比较

—●— 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

糖果在民间被视为一种灵丹妙药，倍受推崇，这种传统一直延续至今，例如，印度制造的一种美味胶质软糖“Kharwas”中便含有牛初乳。在北欧斯堪的纳维亚地区，近百年来也一直利用牛初乳制造可口的初乳布丁及其覆有蜂蜜的甜品，庆祝小牛诞生，祝愿人人健康。在青霉素及其他抗生素出现以前，美国人一直将牛初乳作为一种抗病食物食用。由于牛初乳来源有限，且不易保存，长期以来在印度及欧美地区，仅社会上层人士才有机会享用，例如印度精神领袖 Rishis 素食菜单中一直都有牛初乳，再加上过去在世界范围内乳业发展极不平衡，关于牛初乳的生理功能也缺乏系统研究，所以，普通大众对于这种物质的认识相当有限。

现代乳品工业的迅速发展，已经可以获得大量的牛初乳资源。人初乳卓越生理功能的揭示趋使科学家将目光转向牛初乳：人类具有长期摄入历史，客观上验证了它的安全性，只是一直缺乏有关安全性和功能特性的系统研究。但是，过去一些乳牛常为抗生素、农药和合成生长激素污染，不少牧场均将牛初乳作为饲料使用甚至废弃，它作为人类食品的梦想也渐渐搁置。尽管 FDA 明确规定牛初乳不得掺入常乳加工，进入 20 世纪 90 年代，人们对牛初乳的观念还是发生了巨大的变化。Zawistowski 和 Mackinnon R. 在 1993 年曾调查过加拿大马尼托巴地区原料乳中初乳的含量，有趣的是，测试结果显示：在总共约 400 个乳样中有 360 个均“沾染”了牛初乳，其中 320 个样品中 IgG 水平在 1.0~1.5mg/mL 之间，38 个在 1.5~2.0mg/mL 之间，2 个样品超过了 2.0mg/mL。普通乳 IgG 含量一般在 1.0mg/mL 以下。这从一个侧面反映出乳品工业界对于牛初乳的态度：只要乳牛健康、不污染抗生素等药物，牛初乳就是安全的。

20 世纪 40 年代，有不少人提出将富余牛初乳作为牛饲料的设想。当时，主要考虑了以下因素：一是富余牛初乳量逐渐增多，二是牛初乳缺乏市场价值，三是牛初乳中营养物质含量丰富，四是经适当处理易于作为一种饲料贮存、使用。然而，采用普通喂养方法，即直接增加初乳喂养量，会导致牛犊消化问题，这是局限牛初乳利用的因素之一。另外，直至 60、70 年代，乳品工业才真正拥有易于保藏牛初乳的设备和方法。因此，有关牛初乳喂养实验大多数均在 20 世纪 70 年代进行，这些试验确认了适当处理的牛初乳作为一种优质抗病饲料的地位。此后的研究主要确认了牛初乳及其组分作为乳猪或宠物强化饲料的抗病作用，例如，牛初乳作为人工喂养乳猪的饲料，能够替代母猪初乳成功地传递被动免疫，乳猪生长速率、摄食量、饲料转化效率（体重增加量 / 饲料重量比率）和成活率均与吮吮母猪初乳组无异。从 1987 年开始，Sterling Technology 公司便在动物实验基础上供应各种牛初乳功能性饲料。

牛初乳及其免疫组分的商品开发至少可以追溯至 1958 年，当时芬兰 Immuno. Dynamics. Inc 与其他公司开始合作研究牛初乳及其组分的生理功能、用量及安全性。20 世纪 70 年代，哈佛医学院科学家 Michael Klagsbrun 发现，由于初乳生长因子浓度高于血清，哺乳动物细胞在初乳中生长特别好。此后，其他学者对牛初乳用于细胞、组织培养的研究结果也显示，牛初乳中富含的大量生长因子对组织生长确实具有促进作用。1980 年左右开始出现综述，讨论牛初乳作为组织培养介质的应用潜力。1995 年前后，一些生物技术公司开始正式对牛初乳进行评估，以确定它是否能够取代牛血清作为研究或生产中培养哺乳动物细胞的基质。来自胎牛的血清每升价格约 120~200 美元，而且价格仍持续上涨。Klagsbrun 博士的培养基已经获得专利，至少已经有一家生物技术公司开始使用这

种培养基。同年，Lehto E. 等人在 *International Food Ingredients* 杂志上撰文，首先提出动物初乳可能不经分离直接作为一种功能性食品基料。

这些令人鼓舞的研究结果也立即引发了一个研究牛初乳功能性食品的热潮。“永葆青春，长生不老”是人类的共同梦想，抗衰老功能食品开发一直是个热点。大量研究证实，牛初乳含有丰富的生长因子，其抗衰老和促进伤口痊愈的功能必然引起了食品科学家关注。结合最近 10 年生物技术的迅猛发展，近年来发现了牛初乳食品的诸多生理功能，如今展现于世人面前的牛初乳已经是一种相当有前景的生长促进剂和提高机体免疫能力的功能性食品或保健品，在大洋洲、亚洲及美国、英国、德国以及其他欧洲国家均有出售。

近年来，牛初乳组分被用于制造高级护肤、保健用品，其中活性组分仍是免疫因子和生长因子。例如，New Life 公司开发的一种高级护肤霜经临床证实，具有抗衰老功能，在控制粉刺及其他面部瑕疵等方面有较好功效，主要功能因子，例如乳铁蛋白、表皮生长因子、 β -脂肪、维生素 C 和维生素 E 等，均来源于天然牛初乳。

二、牛初乳与食品科学新规范

牛初乳功能性食品的兴起与食品科学新规范的建立密切相关。进入 20 世纪 90 年代，“工程食品”和“功能性食品”成为食品科学的主流概念，被誉为“21 世纪的食品”。

所谓“工程食品”是指分离、抽提出不同原料中具有营养、满足嗜好和机体调节功能的组分，再根据人体需求将这些组分按照一定配比组合而成的规格标准化的新食品。工程食品的核心内容在于食品组分的分离、重组和转化。20 世纪 80 年代中期兴起后，在食品新资源开发、改善不同人群膳食结构、促进食品营养标准化等方面均起到积极推动作用，并且突破了传统食品学科规范，使食品工业成为名副其实的“制造业”。

牛乳和大豆作为食品工业中制造油脂和蛋白质基料的主要原料，立即成为工程食品制造的范例。牛初乳首先是一种特殊的牛奶，由于对它的生理功能认识不足，贮存加工方法研究较少，加之不少乳牛受到抗生素、农药以及合成生长激素污染，故不少牧场废弃富余初乳或作为饲料使用，因此在产品开发初期，曾有学者考虑它的综合利用。例如，前苏联的 Vyshemirskii F. A. 和 Abrosimova S. V. 在 1990 年申请的一项专利中，描述过以牛初乳为原料制造乳脂基料的工艺。牛初乳离心分离出高脂组分和脱脂组分，后者冷冻干燥后以 18%~29% 加量再与高脂组分混合，70~75 巴氏杀菌 10~15min，获得一种高营养价值的乳脂基料。工程食品制造极大推动了乳组分的应用，目前在东欧国家、新西兰、澳大利亚、美国、亚洲等地都已经出现很多组合了乳组分的工程食品。这些食品一般利用透析、超滤、反渗透、离子交换、电渗析和离心等分离技术获得乳组分，再与其他来源食品组分有机组合成满足不同人群需求、标示清楚的标准化食品。

牛初乳功能性研究的迅速进展很快使之从众多乳品中脱颖而出。从食品文献分析，正是在 1990 年前后，一批科学家开始从功能性食品角度关注牛初乳大规模开发问题，而且直到最近两年才大量整理出有关研究报告。由于初乳是纯天然食品，尽管生理功能卓著，它不能被申请专利和被医药部门开发作为药物使用。

1989 年，日本首先明确地定义“功能食品”，所谓功能性食品是指与机体生物防御、生物节律调整、预防疾病、恢复健康等有关，经设计加工，对生物体有明显调整功能的食

品。功能性食品应由通常食品所使用的材料或成分加工而成，并以通常形态和方法摄取，标有具体生物调节或调整活性的标签。对照这一定义，牛初乳无疑是一种非常理想的功能性食品或者功能性食品组分的资源宝库。1991年7月，日本通过“营养改善法”，将功能食品改名为“特定保健用食品”。1995年9月，联合国粮农组织（FAO）、世界卫生组织（WHO）、国际生命科学研究所（ILSI）在新加坡共同举办了“东西方功能食品第一届国际研讨会”。1997年1月28日，由我国国家质量技术监督局发布《保健（功能）食品通用标准（GB16740—1997）》，在整顿和规范保健（功能）食品，加强管理和技术监督，维护消费者权益和促进保健功能食品健康发展方面具有促进作用。

全脂牛初乳本身是一种功效卓著的纯天然功能性食品。牛初乳分离组分与双歧杆菌或双歧因子（低聚糖类）等其他功能性组分组合，组合功能性食品其功效可能进一步增强。牛初乳功能性组分的分离与重组大大丰富了乳功能性食品的品种，其特点是功效确切、机理清楚。

动物乳汁，尤其是集中了普通乳精华的初乳，是全世界公认的功能性食品资源宝库。牛初乳中的功能性组分主要包括：免疫球蛋白、乳铁蛋白、特异性抗体、乳过氧化物酶、富含脯氨酸多肽（PRP）、乳清蛋白等免疫功能性组分，以及胰岛素样生长因子（IGF-I和II）转化生长因子（TGF α 和 β ）、表皮生长因子（EGF）和核苷等促进生长发育的功能性组分，可以说它是乳功能性食品的代表性资源。

三、牛初乳功能性食品开发的社会背景和动态

（一）牛初乳与现代社会

日益发展的现代乳品工业提供了较为充足的牛初乳资源，客观上提出了牛初乳深加工的要求；从经济角度分析，牛初乳开发成功能性饲料和功能性食品是必然的趋势。然而，牛初乳产品的开发尚有较深刻的社会背景。

1. 牛初乳与机体免疫挑战

随着人类社会的发展，保健观念深入人心，加之当今社会工作压力骤增，环境污染问题严重，人与人之间接触频繁，机体免疫机能面临严重考验，人们迫切盼望能开发出安全、纯天然的抗病食品。牛初乳功能性食品应运而生，它在满足人们提高自身抗病能力需求方面无与伦比。正如 David J. H. 博士所言，“现代家庭每一位成员均应该有意识补充初乳强化食品，提高自身抗病能力，只有这样才能从容面对生活压力和泛滥成灾的方便食品对机体免疫功能的挑战”。牛初乳功能性食品开发基于坚实的理论和实验基础。新生牛、猪、羊等动物，如果完全剥夺初乳，夭折率会大大增加，例如，小羊死亡率从对照组（摄食初乳组）7.4%增加至19.4%。人类婴儿死亡率与摄食初乳的关系也有很多报道，母乳，尤其是初乳的重要性已经成为现代人普遍接受的理念。但观念并非造成母乳喂养率下降的唯一原因，还在于现代人生活方式的变化，如何在保证固有生活质量的前提下维护人类的健康是对食品科学的挑战。

免疫系统是人体与疾病作斗争的决定性因素，而牛初乳则提供了对免疫系统前所未有的支持。20世纪40年代发现青霉素后，医学界陶醉于这一巨大成就，乐观地认为随着新型抗生素的发明，将彻底结束顽疾猖狂的时代。但是，事与愿违，使用抗生素后新的病毒

和耐抗生素细菌仍不断出现，人体免疫系统的免疫能力也逐步降低，出现这种现象的最主要原因便是不适当地长期大量使用抗生素，人类未来可能会面临无药医病的窘境。这种状况实际上已经初露端倪。1967年，在美国发现第一例青霉素治疗无效的肺炎双球菌感染病人，1992年青霉素治疗无效的患者比率增加到约5%，目前则达到25%~40%。研究证实：牛初乳是自然界唯一富含免疫因子的天然食物，它满足了现代人追求自然的心态。更加重要的是，牛初乳的抗病能力主要来源于其中免疫球蛋白，机制是机体自然的抗原-抗体反应，这是唯一能够抵御各种不同结构致病原侵害的物质。

2. 牛初乳与顽疾

病毒作为对人类健康威胁最大的病原，初乳是能够阻止它在体内繁殖的少数物质之一。感冒、流感、疱疹和艾滋病均是由病毒引起，至今尚无特效治疗方法。例如，轮状病毒变种较多，其导致的腹泻尚无特效药物和疫苗治疗或预防，迄今，初乳和抗轮状病毒牛初乳仍是唯一有效的防治手段。另一方面，病毒一旦突变，想即时研究出某种药物来控制一种可能是新形成的病毒几乎是不可能的。但是，科学家们公认抗体特别适于破坏病毒。难怪 Bernard Jensen 博士在 1996 年出版的《初乳：人类的最佳食物》一书中惊呼牛初乳抗病毒功能性的揭示是一个“白金般珍贵的发现”。

艾滋病（AIDS）防治局势日益严峻。在未找到特效药物之前，干扰素（Interferon）可望延长末期艾滋病病人的寿命。干扰素是白细胞在特定条件下产生的，它能够干扰病毒生长和增殖，制止其扩散、控制更多细胞；同时，一种病毒引发分泌的干扰素，能够保护细胞不受附近其他相关病毒侵袭。20世纪70年代后期，香港大学科技人员发现，初乳中含有白细胞，在适宜条件下，能够如同血液中循环的淋巴细胞一样制造干扰素。

白色念珠菌（*Candida albicans*）感染一直未找到有效的天然药物。香港大学的一个研究小组1978年在《儿科》杂志上发表的报告表明，初乳中含有的白细胞可以有效控制白色念珠菌感染。纽约州立大学研究人员则发现在初乳中存在对抗该菌的特异性抗体。

牛初乳组用于防治多种癌症或慢性疾病的临床研究报道也已经引起广泛关注。例如，牛初乳抽提物与一种中草药黄芪组分结合治疗癌症和其他慢性病，疗效显著，改善或治愈比例很高，机理也清楚：即刺激机体天然杀伤细胞（NK）的活力产生功效。附录 I 列出了该方法对 107 例病人的治疗效果。

类风湿性关节炎、多发性硬化症、过敏反应、恶性贫血、I型糖尿病、突眼性甲状腺肿、冻疮样红斑狼疮、重症肌无力等疾病均属自动免疫疾病。牛初乳与绵羊等动物的初乳一样，含有富含脯氨酸多肽（PRP），调节机体免疫反应强度。初乳中表皮生长因子（EGF）和两种转化生长因子（TGF）则有助于修复自动免疫疾病对细胞、组织造成的破坏。

3. 牛初乳与人的寿命

抗衰老食品开发一直是人类热门课题。一般认为，人体老化过程是由于人体天然免疫系统衰退、体内过氧化物类废物累积等因素促发的。

Benjamin Frank 博士在维持青春和抗衰老领域进行了大量研究，结果显示：核糖核酸（RNA）是人类营养中最重要的保持青春的因子之一，多摄入富含 RNA 的食物将能够维持健康和体内能量平衡，确保青春长驻。初乳富含多种生长因子，摄入后可以显著刺激机体生长，并修复脱氧核糖核酸（DNA）和 RNA 等核酸类物质。初乳中的胰岛素样生长因

子(IGF-I)可以阻止机体蛋白质被破坏,促进蛋白质的补充和修复。这种修复作用的重要机制之一在于促进DNA和RNA合成。初乳中核苷组分与人体完全相同,它们也能促进受伤肌肉、皮肤胶原质、软骨和神经组织的修复,平衡血糖。一些科学家乐观地预言:不远的将来,初乳功能性食品将“凝固人的年龄,使人年轻”。

(二) 牛初乳功能性食品开发动态与趋势

1. 牛初乳免疫改良

应该指出,牛初乳与目前很热门的所谓“免疫乳(Immune milk)”有所不同,尽管也可以通过免疫学方法提高初乳中免疫因子含量,牛初乳一般是指母牛分娩后数天内的天然乳汁,具有纯天然特性。但是,给乳牛接种疫苗后,其初乳抗体的特异性增强,或者说针对特定病原的效价增加,因此是牛初乳功能性食品开发的一个重要方向。

初乳中抗体特异性反映了人、哺乳动物生活史中感染致病原的历史,也就是说,只有感染过特定疾病的动物,其初乳中才会存在针对该病原的特异性抗体,关于这一点读者在本书下面章节中会有较深入理解。这样,单从抗体免疫活性分析,世界各地的牛初乳的抗病特性应存在一定差异。早在1951年,就有人提出给牛接种特制的病毒疫苗以提高初乳功效的想法。这种想法后来逐渐成为现实,目前,免疫牛初乳生产已经实现商业化。

2. 遗传工程技术改良

另一个动态是利用遗传工程技术对牛初乳进行改良,希望提高牛初乳功能性组分的效价以及使牛初乳组成分人乳化。

IGF-I、EGF和TGF等生长因子可以加速手术伤口、事故创伤的愈合及疾病恢复,主要对肌肉及其相关组织起作用。澳大利亚科学家在牛初乳生长因子研究领域居领先水平,例如,阿德雷德(Adelaide)人体基础营养研究院的John Ballard博士和John Wallace博士首次鉴定了初乳中的生长因子,目前,他们主持研究的生长因子药物已经通过临床实验。该研究小组采用遗传工程技术提高牛初乳IGF-I含量及其效价,据估计,该项目若能够获得成功,产品年销售额将达到2.5亿美元。

1995年,英国伦敦医学研究所指出,采用生物技术将妇女细胞核中能够决定母乳成分的6种基因转移到小母牛细胞内,小牛成长、产犊后,所产牛初乳或常乳的化学成分将与人乳一致。该技术将使婴儿乳粉和牛初乳功能性食品研究迈上新台阶。从基因工程飞速进展的趋势看,现在已经不存在技术问题,关键在于社会伦理方面的压力。

3. 追求牛初乳产品的天然性

另一方面,牛初乳功能性食品开发仍然追求天然性。牛初乳关键功能性成分,例如IgG等,不能从植物原料中提取或者从医药实验室中合成。若采用牛初乳功能性基料制造产品,人们不希望添加任何人工合成的组分。此时,乳蛋白、乳脂、乳糖等原乳基料为最佳选择。

(三) 牛初乳功能性食品开发中存在的主要问题

在牛初乳产品方面,既有全牛初乳又有牛初乳工程食品,形式也有粉状、片状、胶囊等多种。除直接作为人类功能性食品外,尚有牛初乳护肤保健用品、宠物食品、功能性饲料、功能性食品基料等多种用途。然而,牛初乳开发尚存在以下一些有待解决的问题:

由于牛初乳组成的复杂多变性，关于其物化性质的研究尚十分欠缺，这就对牛初乳基料（原料）的标准化提出了更高的要求。作为一种功能性食品或基料，牛初乳标准化加工工序不可或缺。

尽管已经确切证明了牛初乳内各种组分的功能活性，但有关这些组分协同作用的信息了解不多。这一问题在牛初乳功能基料的制造中显得非常重要，因为它涉及到牛初乳“拆分度”或“分离度”。例如，1975年，科学家就研究发现牛初乳中含有特殊糖蛋白组分，它们在保护牛初乳免疫和生长因子免遭成年人胃肠道消化酶降解、破坏方面具有特别效果。因此，最好在产品制造中保留这些组分，不能拆分过度。

牛初乳功能性组分较为独特，均为蛋白性物质。如何保护牛初乳功能性组分在贮运、加工中的活性十分关键。单纯依赖提高牛初乳功能性食品中活性组分浓度或含量的方法，来保证产品功能性显然不可取，也不可靠。国内外一些学者提出采用微胶囊技术、高糖醇配方方法来提高这些组分的稳定性。

特殊加工工艺仍有待研究。例如，仔细控制工艺参数，巴氏消毒和低温喷雾干燥能够有效保存牛初乳抗体的活性。但是，这类工艺尚不能适应产品多样化的需求。

应该完善牛初乳功能食品检测技术，加强牛初乳功能性食品管理。牛初乳粉等产品问世不久，已经发现假冒产品，例如一些标示为“初乳”的产品其实是廉价的乳清粉，对于人体并无特别益处。

正是由于上述原因，目前牛初乳功能性食品的品种较为单调，从工程食品和功能性食品角度看，开发各种牛初乳功能性基料尤为重要。针对牛初乳功能性食品开发的趋势和主要问题，本书将分别加以讨论。

第三节 我国牛初乳功能性食品现状与前景

一、我国牛初乳功能性食品现状

我国牛初乳功能性食品研究刚刚起步，或者处于孕育阶段。牛初乳首先是一种特殊的牛奶，因此，牛初乳功能性食品开发与一个国家或地区乳品工业的发展息息相关。

我国乳品工业较为落后，乳制品深加工水平非常低。1996年、1997年我国牛、羊奶总产量分别为730和804万t（图1-3），人均占有量不足6kg（目前全世界奶类人均占有量在100kg以上），这与发达国家相差甚远，与印度等发展中国家也有相当差距。我国乳品工业的另一主要问题是乳牛单产较低。显然，牛初乳功能性食品开发的当务之急是要增加产量。应注意到，在乳品工业较为发达的国家，乳牛数量相对稳定，而单产提高是一个发展趋势。例如，澳大利亚在1950~1999年

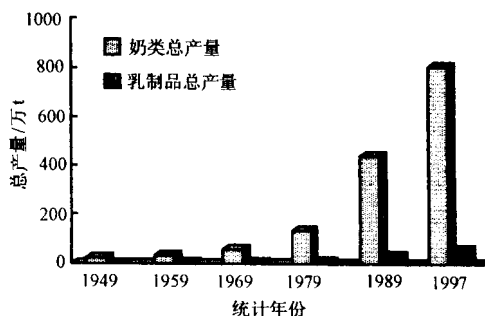


图 1-3 中国乳业及乳制品加工业发展概况
注：中国乳制品工业协会提供。

之间，乳产量由约 590 万 t 提高至 990 万 t 乳牛总数量则由 1950 年的 324.4 万头减少至 1998 年的 200.2 万头，期间单产提高 65% 以上。1980 年，澳大利亚乳牛单产约为我国 1.42 倍。我国政府对乳品工业发展采取了积极扶持态度，并在国家“八五”科技攻关计划、国家自然科学基金项目中对乳功能性食品研究进行了资助。1997 年末，我国已经有良种及改良种乳牛存栏数约 420 万头，这意味着存在约 160 000t 潜在的宝贵初乳资源。

过去，我国民间通过蒸煮方法将少量富余牛初乳加工成所谓“乳豆腐”，甚至将其废弃掉，其丰富的功能活性组分未得到应有的利用。原轻工业部部颁标准曾规定，奶牛产犊 7d 内的初乳不得作为乳品原料，主要基于加工特性方面的考虑。进入 20 世纪 90 年代，一向推崇“医食同源”的我国，出现一些强化了牛初乳的乳制品，例如，黑龙江完达山食品厂和杭州食品厂推出的婴儿配方奶粉，它采用了免疫活性基料与普通乳粉分装的方式，即饮用之前混合。北京牛奶公司 1995 年利用牛初乳生产出的含 IgG 活性的巴氏消毒乳“来福乳”和牛初乳粉，南京桃园应用生物技术公司生产出混合了牛初乳的初乳冲剂。

1998 年，著名的新西兰 Healtheries 健康食品有限公司的两种产品，即牛初乳粉和牛初乳片进入中国市场，这两种产品明确标示每 100g 分别含活性 IgG 555mg 和 4166mg。其中牛初乳粉是一种纯天然的脱脂牛初乳功能性食品。一些澳大利亚乳品公司也计划向中国出口牛初乳产品。

二、乳功能性食品的相关标准

1986 年，轻工业部和卫生部联合下达起草国家标准《婴幼儿食品标准》的任务，由上海市食品工业研究所和卫生部营养与食品卫生研究所承担，轻工业部食品发酵工业科学研究所归总、整理，并于 1990 年开始实施。包括配方乳粉等主食 4 种，补充食品 2 种，辅助食品 6 种及强化食品 4 种等的标准。1995 年又根据发展需要，对其中 4 种配方主食的国家标准进行修订，1997 年 5 月发布，1998 年 9 月实施。除对原有配方增加了维生素 K 维生素 B₆、维生素 B₁₂、泛酸、叶酸、生物素、胆碱和牛磺酸等 8 项指标外，还增加了婴儿配方乳粉 II 的国家标准。

目前，我国卫生部审批合格的 24 项保健食品功能项目中第一项便是免疫调节，第二项是延缓衰老，第四项是促进生长发育，第十一项是抑制肿瘤，第十四项是改善胃肠道，这些均为牛初乳组分已经证实的保健功能，这预示着，牛初乳作为一种多功能性食品在我国必将占据相当重要的地位。配合我国大力发展乳品工业，跟随全球保健潮流，牛初乳加工成各种功能性食品、基料应具有广阔前景。

最后指出，常乳中也含有牛初乳的基本功能性组分，但是含量低，且在常规乳品加工过程中基本损失殆尽。一些常乳加工副产物，例如乳清，数量很大，其中也含有免疫球蛋白、乳铁蛋白等宝贵的功能性组分，它们的综合利用一向是科学家研究的课题。本书所涉及的内容也为常乳功能性食品的研究开发提供了指导和参考。

参 考 文 献

- [1] Bernard Jensen. Colostrum. Man's First Food. Escondido, CA, 1993
- [2] 蔡同一. 保健(功能)食品研制、开发与功能成分的研究. 食品工业科技, 1997(4):1~3
- [3] 曹劲松. 牛初乳功能性食品的开发现状和前景. 食品科学, 1999(5):
- [4] Crago S S, Mestechy J. Immunoinhibitory elements in human colostrum. *Surv. Immunol. Rts.*, 1988 (2):164~169
- [5] Hurley D J et al. Evidence supporting the mechanism of enteric protection provided by colostrum whey fed supplements. *Proc. Am. Assoc. Bovine Pract.*, 1995, 27: 193~198
- [6] Hurley D J, Talib S M. Bovine colostrum whey inhibits in vitro enterovirus infection. *Proc. NC Regional ASM Meeting, Abstract*
- [7] Kuhl S et al. Human colostrum cytotoxicity: Antibody dependent cellular cytotoxicity against Herpes Simplex virus infected cells mediated by colostrum cells. *J. Clin. Lab. Immunol.*, 1978 (1):221~224
- [8] Palmer E L et al. Antiviral activity of colostrum and serum immunoglobulins A and G. *J. Med. Virol.*, 1980 (5):123~129
- [9] Rouse B T et al. Antibody-dependent Cell-mediated cytotoxicity in cows: Comparison of effector cell activity against erythrocytes and herpes-virus infected bovine target cells. *Infect. Immun.*, 1976, 13: 1433~1440
- [10] Sabin A B. Antipoliomyelitic substance in milk from human beings and certain cows. *Am. J. Dis. Children.*, 1950, 80: 866~870
- [11] Sabin A B et al. Antipoliomyelitic activity of human and bovine colostrum and milk. *Pediatrics*, 1962, 29:105~115
- [12] Vyshemirskii F A, Abrosimova S V. Production of butter from colostrum. *USSR Patent SU1 597 145*, 1990
- [13] Waltz B et al. Enhancement of resistance to *Cryptosporidium parvum* by pooled bovine colostrum during murine retroviral infection. *Am. J. Med. Hyg.*, 1993, 48: 519~523
- [14] 王晓琴, 曹劲松. 牛初乳可作为功能性食品添加剂. 中国食品报, 1998. 12. 23
- [15] 肖家捷. 婴儿配方食品综述. 食品工业科技, 1997(5):1~4
- [16] Zawistowski J, Mackinnon R. Incidence of colostrum in raw milk. *J. Food Protection*, 1993, 56(7): 625~626
- [17] Ibrahim H Abu-Lehia et al. Physical and chemical characteristics of camel colostrum. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 5: 34~36, 1989
- [18] Anatoly Bezkorovainy. Human milk and colostrum protein. a review. *J Dairy Sci*, 60: 1023~1037, 1977
- [19] I Ladjeva et al. IgA subclasses of human colostrum antibodies specific for microbial and food antigens. *Clin Exp Immunol*, 78: 85~90, 1989
- [20] Lehto E et al. Colostrum as an ingredient for functional foods. *International Food Ingredient*, 2: 19~20, 1995
- [21] G G Gomez et al. Effect of immunoglobulin source on survival, growth, and hematological and immunological variables in pigs. *J Anim Sci*, 76: 1~7, 1998
- [22] J J Matte et al. Absorption of colostrum immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *J Dairy Sci*, 65:

1765~1770, 1982

- [23] P SUTHERLAND. The Australian dairy industry-a 50 year review. *Food Australia*, 51 (8):362~363, 1999
- [24] Choi J C, et al. Studies on the physical properties of korea human milk depending on the lactation period: *Korean Journal of Dairy Science*, 19 (2):113~122, 1997
- [25] Pakkanen R & Aalto J. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum: *International Dairy Journal*, 7 (5):285~297, 1997
- [26] Guimont C. et al, Biologically active factors in bovine milk and dairy byproducts. Influence on cell culture: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (4):393~410, 1997
- [27] Kulkarni PR & Pimpale NV. Colostrum-a review: *Indian Journal of Dairy Science*, 42 (2):216~224, 1989
- [28] N R Reddy. et al, Foods and Food Ingredients for Prevention of Diarrheal Disease in Children in Developing Countries:*Journal of Food Protection*, 51 (1):66~75, 1988
- [29] JERZY ZAWISTOWSKI & RUFINA MACKINNON. Incidence of colostrum in raw milk: *Journal of Food Protection*: 56 (7):625~626, 1993

第二章 牛初乳的化学组成和营养特征

第一节 牛初乳的化学组成

新鲜初乳有一些共同特征：初乳色泽黄而浓稠，甚至混有血红色，具有特殊的乳腥味和苦味；初乳固体含量高于常乳，其中球蛋白、白蛋白和无机盐类含量特别高；初乳中维生素 A 效价特别高，而乳糖含量较之常乳低；以及热稳定性差（初乳加热至 60 即开始出现凝固）等等。由于这些特殊性状，初乳与末乳一起被列入“异常乳”范围，各国乳制品质量标准一般规定严禁使用初乳。例如，由于牛初乳蛋白质耐热性差，若掺到常乳中进行常规热处理，发现巴氏杀菌机、蒸发器污染机会增加。初乳的特殊性状取决于它特殊的化学组成。

一、牛初乳的物理特性和化学组成特性

（一）物理特性

不同哺乳动物的初乳在粘度、酸度、电导率、相对密度、色泽、气味等方面具有一定特性。

1. 缓冲能力

牛初乳中的磷酸盐、蛋白性组分以及柠檬酸盐和碳酸盐等具有一定缓冲能力，1~3d 的初乳的缓冲指数为 0.012~0.031，常乳为 0.025~0.050。在酸性条件下初乳具有更高的缓冲指数，在高、低 pH 一侧的滴定曲线呈不对称性。

2. 粘度

蛋白质和脂肪含量是影响乳汁粘度的主要因素，干物质总量越大则粘度越高，所以，初乳粘度远大于常乳。郭本恒等推导出表征 20~60℃ 温度范围内初乳流变学特征受温度和干物质总量影响的关系式：

$$\ln \eta_r = 0.144c + 2.812 \times 10^3 (1/t) \times 10.85 \quad (20 \sim 35^\circ\text{C})$$

$$\ln \eta_r = 0.144c + 2.056 \times 10^3 (1/t) \times 8.42 \quad (35 \sim 60^\circ\text{C})$$

η_r 为相对粘度， t 为测定温度， c 为初乳干物质浓

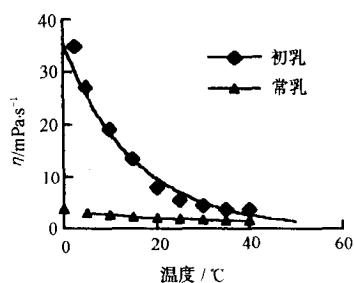


图 2-1 牛初乳和常乳粘度与温度的关系