

驼乳运输与贮藏过程中品质劣变的影响因素分析及控制策略

黄新红¹, 付小锋², 张丽茹³, 张宗杰¹, 台艳杰¹, 石 刚¹, 张连潮^{3*}

[1.伊犁那拉乳业集团有限公司(新疆骆驼乳工程技术研究中心), 新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州 835400; 2.新疆阿斯迈乳业有限公司, 新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州 835400; 3.新疆那拉本源乳业有限公司, 新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州 835400]

摘 要: 驼乳因其独特的营养成分和生物活性物质, 作为一种天然功能性食品日益受到全球关注。然而, 在运输与贮藏过程中, 驼乳品质易受多种环境因素的显著影响。本综述系统分析了温度、时间、微生物、冻融、光照、运输震荡、卫生条件与运输设备等因素对驼乳品质的影响机制。现有研究表明, 不当的温度控制会加速微生物繁殖与理化性质劣变; 贮藏时间延长可导致pH值下降、脂肪上浮及蛋白质水解; 嗜冷菌等微生物在冷藏条件下仍具活性, 可引发脂肪与蛋白质分解; 反复冻融会促进菌落总数增长; 光照可诱导脂肪氧化与蛋白质变性; 运输震荡可破坏乳化体系并激活脂肪酶活性; 卫生条件与运输设备的不完善则增加了微生物污染风险。目前, 针对驼乳运输与贮藏的标准仍以地方和行业标准为主, 尚未形成统一的国家标准。未来应加强多因素协同效应研究, 开发基于物联网、大数据等技术的智能化监测手段, 优化储运参数与冷链设施, 为保障驼乳品质、完善标准体系及促进驼乳产业高质量发展提供理论依据。

关键词: 驼乳; 运输与贮藏; 品质劣变; 影响因素; 控制策略; 冷链物流

文章编号: 1671-4393 (2026) 05-0127-08

DOI:10.12377/1671-4393.26.05.18

Analysis of Influencing Factors and Control Strategies for Quality Deterioration of Camel Milk During Transportation and Storage

HUANG Xinhong¹, FU Xiaofeng², ZHANG Liru³, ZHANG Zongjie¹, TAI Yanjie¹,
SHI Gang¹, ZHANG Lianchao^{3*}

基金项目: 伊犁哈萨克自治州科技计划项目 (YKX2050A06, YJC2025B09)

作者简介: 黄新红 (1984-), 女, 河北保定人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为乳制品加工;

付小锋 (1978-), 男, 陕西西安人, 本科, 研究方向为乳制品加工;

张丽茹 (1972-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 本科, 高级工程师, 研究方向为乳制品加工;

张宗杰 (1978-), 男, 甘肃庆阳人, 本科, 研究方向为乳制品加工;

台艳杰 (1979-), 女, 吉林吉林人, 本科, 研究方向为乳制品加工;

石 刚 (1987-), 男, 湖南常德人, 本科, 研究方向为乳制品加工。

***通信作者:** 张连潮 (1988-), 男, 河北唐山人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为乳制品加工。

[1.Yili Nala Dairy Group Co. , Ltd. , Xinjiang Uygur Autonomous Region, Yili Kazak Autonomous Prefecture 835400; 2.Xinjiang Asmai Dairy Co. , Ltd. , Xinjiang Uygur Autonomous Region, Yili Kazak Autonomous Prefecture 835400; 3.Xinjiang Nala Benyuan Dairy Industry Co., Ltd., Xinjiang Uygur Autonomous Region, Ili Kazak Autonomous Prefecture 835400]

Abstract: Camel milk is gaining global attention as a natural functional food due to its unique nutritional components and bioactive substances. However, during transportation and storage, the quality of camel milk is significantly susceptible to various environmental factors. This review systematically analyzes the mechanisms by which factors such as temperature, time, microorganisms, freeze-thaw cycles, light, transportation oscillation, sanitary conditions, and transportation equipment affect camel milk quality. Existing studies indicate that improper temperature control accelerates microbial proliferation and physicochemical deterioration; prolonged storage time leads to a decrease in pH value, fat rising, and protein hydrolysis; psychrophilic bacteria and other microorganisms remain active under refrigeration conditions, causing fat and protein decomposition; repeated freeze-thaw cycles promote an increase in total bacterial count; light exposure induces fat oxidation and protein denaturation; transportation oscillation disrupts the emulsion system and activates lipase activity; and inadequate sanitary conditions and transportation equipment increase the risk of microbial contamination. Currently, standards for camel milk transportation and storage remain primarily at regional and industry levels, with no unified national standard established. Future research should strengthen studies on multi-factor synergistic effects, develop intelligent monitoring methods based on technologies such as the Internet of Things and big data, and optimize storage and transportation parameters as well as cold chain facilities, thereby providing a theoretical basis for ensuring camel milk quality, improving the standard system, and promoting the high-quality development of the camel milk industry.

Keywords: camel milk; transportation and storage; quality deterioration; influencing factors; control strategies; cold chain logistics

长期以来，骆驼被誉为“沙漠之舟”，驼乳也一直是中东、非洲和亚洲部分地区人们的重要食品，被誉为“沙漠白金”。近年来，随着学界对特种乳保健益处研究的不断深入，驼乳作为一种具有独特营养价值的乳源，在乳制品生产领域的作用日益受到全球范围内的广泛关注。研究显示，1961—2022年，全球产奶骆驼数量增长了78%，2002—2022年，亚洲产奶骆驼的数量增长了30.5%^[1]。2023年，全球驼乳市场规模约为75 亿美元。根据国际市场分析研究和咨询（IMARC）集团预测，至2032

年，全球驼乳市场规模将上升至99 亿美元，预计2024—2032年复合年增长率（CAGR）为3%，中国双峰驼乳市场规模将显著上升，在2026年市场价值将达约28 亿美元^[1]。

驼乳含有人体所需蛋白质、脂肪酸和矿物质，且富含大量维生素。相比牛乳、羊乳，其与人乳在成分上更为相似。驼乳富含乳铁蛋白、血清白蛋白、免疫球蛋白、高比例的β-酪蛋白和αs-酪蛋白的同时，不含β-乳清蛋白，这些特性使其成为婴儿配方奶粉和乳糖不耐症患者的潜在替代品。此外，

驼乳中以肽类为代表的其他生物活性物质对多种疾病具有保护作用，例如调控过敏反应、胃肠道疾病、糖尿病、高血压、血脂异常、心血管疾病、癌症、自闭症谱系障碍等方面均展现出积极作用。上述营养成分与生物活性物质使驼乳成为一种潜在天然功能性食品^[2]。然而，此类高价值营养成分在运输与贮藏过程中极易受到外界因素的影响。

在驼乳制品的运输和贮藏过程中，其品质稳定性面临显著挑战。这主要源于原料乳产地、加工企业及产品分销地之间通常存在一定距离，以及运输与贮藏期间环境条件的复杂性与多样性。在此期间，由于冷链条件不完备、操作不当或出现设备故障均可引起微生物超标、营养损失、产品腐败变质，由此将影响驼乳品质 and 安全性，同时造成原料浪费。因此，本综述旨在通过总结运输与贮藏期间影响驼乳产品品质的因素，并针对限制驼乳行业发展的因素加以论述，以期在生产商、行业参与者、政策制定者和研究人员提供研究基础，促进驼乳产业发展。

1 影响驼乳品质的因素

原料的远距离、长时间运输已成为现代乳制品生产体系中的关键环节。运输周期可能超过一个月，且运输路线可能跨越多个气候带。环境空气差异所导致的温度、运输时长、光照、震荡以及运输设备的卫生条件等均会对驼乳品质产生直接影响。

1.1 温度

不同贮藏温度对驼乳细菌菌落总数影响较为显著。《GB12693—2023食品安全国家标准 乳制品良好生产规范》中规定，生乳在挤奶后应于2 h内冷却至0~4 ℃^[3]。生乳的贮藏、运输应符合国家有关部门的相关规定及相关标准要求，对温度进行有效管控，做好防护，同时监控记录温度。生乳到厂后应及时进行加工，如果不能及时处理，应冷藏贮存，无特殊要求时，贮藏温度不超过7 ℃。

将10 份混合生鲜驼乳样品在不同的冷藏

温度下贮藏（每种贮藏条件2 个平行），采用《GB4789.2—2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[4]中的测定方法，探究不同的冷藏温度对生鲜驼乳中菌落总数的影响研究。如图1所示，4 ℃储藏48 h，驼乳中菌落总数稳定保持在约5 logCFU/mL；然而，当贮藏温度上升至10 ℃时，菌落总数在4 h内即可达到约5 logCFU/mL；在15 ℃条件下，4 h内菌落总数可增至6 logCFU/mL，而20 ℃条件下，4 h内菌落总数则进一步上升至7 logCFU/mL，呈现出近乎正比例的增长趋势^[5]。

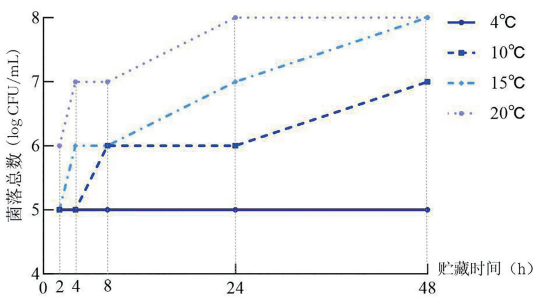


图 1 贮藏温度和时间对驼乳中菌落总数的影响^[5]
Figure 1 The Effect of Storage Temperature and Time on the Total Colony Count in Camel Milk

除微生物指标外，温度亦会影响驼乳的理化性质。pH值与食品的口感和风味密切相关，是乳制品化学性质和新鲜度变化的重要指标，当乳制品新鲜度降低，pH值会呈下降趋势。将巴氏杀菌驼乳、超巴氏杀菌驼乳、超高温瞬时灭菌驼乳分别在4、25及37 ℃下贮藏。结果发现，在相同贮藏天数下，随着贮藏温度的升高，3 种驼乳的pH值均显著下降。引发pH值降低的原因通常包括磷酸钙的沉淀、酪蛋白的去磷酸化、乳糖的分解以及蛋白水解。37 ℃条件下储存的样品pH值最低，可能是由于热处理未能灭活所有酶，而37 ℃是酶的最佳反应温度，能最大限度地分解蛋白质、脂肪等，产生更多氢离子^[6]。此外，驼乳粒径也会受到贮藏温度影响。酪蛋白胶束作为驼乳中含量最高的蛋白质，与驼乳的理化性质和加工特性息息相关。贮藏温度过高会使酪蛋白胶束不稳定，导致液态乳凝胶化或蛋白沉淀；且贮藏温度与蛋白水

解度亦呈正相关关系^[4]。

1.2 时间

驼乳在长期贮藏过程中，其品质会受到诸多环境因素影响，进而引发颜色改变、脂肪上浮及蛋白质沉淀等一系列反应，最终导致品质降低，货架期缩短。

将灭菌驼乳贮藏0~15 d，随贮藏天数的延长，pH值呈下降趋势。这可能是由于在贮藏过程中，液态乳中脂肪会发生氧化反应，生成游离脂肪酸和小分子有机酸等产物，使pH值降低。驼乳粒径会随贮藏时间的延长而增大。在贮藏前期，变性的乳清蛋白会在酪蛋白胶束的表面结合，直至饱和；至贮藏后期，蛋白质之间发生相互作用，导致蛋白质凝聚，粒径增大。经过巴氏杀菌的驼乳即使在4℃下贮藏，随贮藏时间的延长，蛋白质水解度亦会显著变化，在贮藏15 d时可达38.3%。这可能是由于杀菌温度较低，驼乳样品中仍残留部分微生物和酶，使其在贮藏过程中可逐渐分解蛋白质，增加蛋白质水解度。相比之下，超高温瞬时杀菌驼乳蛋白质水解度显著降低，可能是由于杀菌温度较高，从而减少了驼乳样品中残留微生物对蛋白质水解度的影响^[6]。此外，原料乳的乳脂肪在冷藏第3d起（4.46 g/100 g）开始显著下降，至第6d降至3.51 g/100 g。乳脂肪主要由甘油三酯、磷脂和甾醇组成，其中微生物产生的脂肪酶会将甘油三酯分解为游离脂肪酸，而磷脂则会被磷脂酶分解^[7]。

然而，随贮藏时间的延长，同一温度下菌落总数亦呈现梯度式上涨趋势。如在<10℃条件下，贮藏4 h，生鲜驼乳菌落总数为5 logCFU/mL，但贮藏4~8 h后其菌落总数上升至6 logCFU/mL并保持相对稳定；当贮藏时间延长至24~48 h后，其菌落总数从6 logCFU/mL上升至7 logCFU/mL。此外，将样品置于-20℃冷冻保存40 d，期间每隔5 d检测其菌落总数。结果显示，驼乳在-20℃条件下贮藏5 d后菌落总数为5 logCFU/mL；然而，贮藏至第10d时，其菌落总数增长至6 logCFU/mL，并在此后稳定于该水平；尽管20 d后菌落总数呈下降趋势，但需考虑嗜冷菌的生长情况及其在乳中的相对丰度变化^[5]。

1.3 微生物

驼乳富含多种营养物质，为微生物生长提供了理想的培养基，其生产、加工、储运不当均可能引发微生物污染，如张丽茹等^[8]研究均发现驼乳易受金黄色葡萄球菌的污染。

除致病菌的影响外，罗思氏菌属（*Rothia*）、无色杆菌属（*Achromobacter*）、不动杆菌属（*Acinetobacter*）、假单胞菌属（*Pseudomonas*）、单胞菌属（*Malikia*）、棒状杆菌属（*Corynebacterium*）、乳球菌属（*Lactococcus*）等是生鲜驼乳样品中的优势菌群。而原料乳在冷藏的过程中，以假单胞菌为例的嗜冷菌约占菌群的90%。该菌种可在低温条件下生长，即使在热处理后仍具部分活性，甚至会形成生物膜增强自身抵抗力，并产生脂肪酶和蛋白酶等多种活性酶，导致乳中脂肪及蛋白质分解，引发苦味、涩味、凝胶化、脂肪氧化和腐臭等问题^[7]。

为减少微生物对乳质质量的影响，巴氏杀菌、超巴氏杀菌和超高温瞬时杀菌等加工技术被广泛应用。在4℃贮藏条件下，巴氏杀菌驼乳在第9d到达货架期终点，菌落总数超过 5×10^4 CFU/mL；而超声处理的驼乳样品可通过声空化的机械效应，引起强烈的剪切应力，在物理上削弱、穿透甚至破坏微生物细胞壁，从而导致其死亡。因此，尽管超巴氏杀菌和超高温瞬时灭菌驼乳分别在第62d和第83d因稳定性不足而达到货架期终点，但其中菌落总数仍未超过 5×10^4 CFU/mL。此外，不同加工方式亦能影响驼乳中微生物的丰度，但同时也会影响其营养成分，以婴幼儿的必需氨基酸组氨酸为例，经超高温瞬时灭菌的驼乳样品中，其含量相较于生鲜驼乳显著下降了68.4%^[6]。

因此，不同类别驼乳制品需适配特定的营养需求。为实现该类乳制品营养价值的最大化，应针对性地制定并细化其运输与贮藏条件。

1.4 冻融

冷冻贮藏是驼乳运输过程中重要的保鲜方式之一。将生鲜驼乳冷冻至-20℃贮藏24 h后，分别在

25、30、35、40 ℃条件下解冻。结果显示,随解冻温度的升高,驼乳中菌落总数持续增长。然而,在4 ℃条件下进行缓慢解冻,分别解冻1、3、5次后,对驼乳中菌落总数均未产生显著影响。因此,夏日储运冷冻驼乳时,若气温过高则不适合在室温条件下解冻,建议在4 ℃低温条件下缓慢解冻^[5]。

1.5 光照

驼乳中含有多种对光敏感的水溶性维生素(如维生素B族、C)和脂溶性维生素(如维生素A、D、E)。维生素对光和氧气敏感,因此,驼乳或驼乳粉长时间暴露在光照和空气中易造成维生素损失^[9]。但目前关于光照对乳制品影响的研究主要聚焦于牛乳,驼乳的相关研究较少。

牛乳中约含34%的不饱和脂肪酸,而不饱和脂肪酸,尤其是多不饱和脂肪酸极易被氧化进而引发酸败,导致牛乳品质下降,并影响其风味^[10]。光诱导是导致不饱和脂肪酸氧化的主要因素之一。乳脂肪中的色素可吸收紫外光或可见光,激发光敏剂,引起乳脂肪光敏化反应,而光照强度和光照时间对乳脂肪光氧化作用的影响更为显著^[11]。此外,当牛乳中的蛋白质受到强度小于310 nm的光照时,酪氨酸等氨基酸吸收能量,使肽键断裂,蛋白质变性。进而产生异味、有毒物质或色素;当光照强度大于310 nm时,牛乳中大量光敏剂被激发,发生光氧化反应,生成硫化物、二甲基二硫化物等物质,造成牛乳变质^[12]。驼乳中含有大量蛋白质,且不饱和脂肪酸占比高于牛乳,因此,光照可能同样会成为影响驼乳品质的重要因素。

因此,在选择驼乳制品包装材料时,除考虑设计感外,更需评估材料对乳制品特性的适配性。采用避光贮藏或使用遮光包装材料对延长驼乳制品的货架期、维持其品质和营养成分的稳定性至关重要。

1.6 运输震荡

驼乳是一种富含生物活性成分的特殊乳源,其在运输过程中的品质稳定性受多种因素的共同影响。其中,机械震荡引起的驼乳品质下降机制尚未

得到充分揭示。然而,驼乳独特的理化性质和微生物代谢特性可能会共同加剧其在震荡环境下的品质下降风险。

在理化特性方面,首先,驼乳脂肪球粒径约为1.5 μm,比牛乳(3~4 μm)小,其超细乳化粒径易在高速搅动下发生膜结构破损,释放游离脂肪酸,进而加速脂肪氧化^[13]。此外,驼乳不饱和脂肪酸含量在65%以上^[14],其脂肪氧化物醛和酮类物质会进一步破坏驼乳感官品质。其次,高速搅动易损害驼乳酪蛋白胶粒-脂肪球体系间形成的动态乳化稳定结构,导致脂肪上溢、蛋白下沉。最后,在乳糖与矿物质(钙、铁等)含量方面,驼乳相较于牛乳分别降低了约40%与35%。两者所形成的乳化体系对外力作用的敏感性和抗干扰能力均较弱,在高速搅动过程中易导致包装密封性破坏,从而显著增加微生物由此侵入包装内部的概率,可视为微生物侵入包装的“安全阀”^[15]。

从生物活性成分角度分析,驼乳富含乳铁蛋白、免疫球蛋白(免疫球蛋白IgG平均4.0 g/100 g)、溶菌酶等热敏感物质^[16],强烈晃动造成的物理应力可直接造成蛋白质三级结构的崩解,使其抑菌及免疫作用失活。假单胞菌属等嗜冷菌产生的脂肪酶是引发乳酸化、蛋白质凝集、脂肪氧化等脂质腐败的根本原因。张瑞宇^[17]等利用回旋式连续振荡模型研究表明,牛乳经震荡处理2 h后,其脂肪酶活性较静置组显著提升,增幅达65.5%。随后,酶活性虽呈逐渐下降趋势,但20 h后仍可保持较高活性。这是由于震荡会进一步引起脂肪球膜结构的变化,暴露脂肪酶的结合位点,同时,溶解氧浓度的上升为好氧菌(如假单胞菌)繁殖生长提供了所需条件,因此加速了脂肪的分解与氧化。而驼乳具有较高pH值(6.4~6.8)和乳糖分解酶活性,当乳铁蛋白的抑菌屏障破损时,将加速腐败菌中芽孢杆菌的繁殖速度。

当前研究尚存诸多不足,大部分文献仅聚焦于影响驼乳品质的单一因素进行研究,而未深入分析温度、时间、震荡强度等多因素组合作用下的不同

影响。建议未来可开展多因素实验，结合动力学模型，系统分析复合胁迫环境下驼乳品质劣变的影响机制，以期为建立驼乳冷链保鲜技术关键参数、制定科学的冷链保鲜措施工艺提供理论依据。

1.7 卫生条件与运输设备

鉴于骆驼的生活习性，其挤奶过程难以实现机械化操作。若未经系统培训采用手工挤奶方式，会导致卫生状况不稳定。本研究通过试验人员指导奶农对双手及骆驼乳头进行消毒后采集乳样，检测结果显示，菌落总数显著低于收购乳样^[5]。因此，卫生条件与运输设备对驼乳品质的影响不容忽视。

《乳品质量监督管理条例》、《GB12693—2023 食品安全国家标准 乳制品良好生产规范》、《新疆维吾尔自治区奶业条例》、《T/IMAS 046—2022 生鲜驼乳采集规程》等多项标准均对奶畜养殖环节以及原料乳在贮藏与运输过程中所使用的容器、设施提出了规范与要求^[18-21]。驼乳的运输与贮藏应于密闭、洁净且经消毒的保温奶槽车或符合食品安全要求的容器内进行。奶畜养殖者需对挤奶设

施及生鲜乳贮藏设施及时清洗与消毒，避免对生鲜乳造成污染。生鲜驼乳的挤奶、冷却、贮藏、交收各环节中的卫生操作均须符合相关规范要求。

2 现行标准

驼乳产业虽处于快速发展阶段，但当前针对驼乳食品安全所制定的标准仅5项，包括生驼乳、巴氏杀菌驼乳、灭菌驼乳、驼乳粉和发酵驼乳。表1汇总了部分现行液态驼乳标准中关于理化指标和微生物限量参数。然而，上述标准均属地方或行业标准，尚并未形成相应的国家标准^[2]。

确定影响驼乳在储运过程中品质变化的因素，对未来相关标准制定具有重要意义。

（1）确定关键控制点：由于驼乳富含蛋白质和脂肪，易受微生物污染和脂肪氧化影响，因此，在标准中可规定运输与贮藏过程中的卫生要求和温度控制范围，以抑制微生物生长和脂肪氧化。

（2）保障产品品质：了解影响驼乳质品质变化的因素，有助于在标准中制定合理的指标和参数，

表 1 液态驼乳主要理化指标及微生物限量标准比较^[22-30]

Table 1 Comparison of Main Physicochemical Indicators and Microbial Limits of Liquid Camel Milk

乳类			生驼乳				巴氏杀菌驼乳		灭菌驼乳		
标准			RHB 900- 2017	DBS 65/010- 2023	DBS 15/015- 2019	T/ CAAA007- 2019	DBS 65/011- 2023	T/ CAAA009- 2019	DBS 65/012- 2023	DBS 15/017- 2019	T/ CAAA008- 2019
理化 指标	相对密度 / （20℃ /4℃） ≥		1.027	1.030	1.028	1.028	/		/		
	蛋白质 ≥ g/100 g	双峰驼乳	3.5	3.5	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.7	3.5
		单峰驼乳				3.4		3.4			
	脂肪 ≥ /g/100 g		5.0	4.0			4.0		4.0		
	杂质度 /mg/kg		4.0			/		/			
	非脂乳固体 /g/100 g		8.5			8.5		8.5			
	酸度 /°T		16~24			16~24		16~24			
微生物 限量 CFU/g (mL)	菌落总数 ≤		2×10 ⁶			/	/	商业无菌			
	采样方案 及限量(总 菌落数)	n	/			5					
		c	/			2					
		m	/			5×10 ⁴					
		M	/			1×10 ⁵					

注：RHB：/为该标准中无该项数据；n为同一批次产品应采集的样品件数；c为最大可允许超出m值的样品数；m为微生物指标可接受水平的限量值；M为微生物指标的最高安全限量值

保障驼乳在运输与贮藏后的品质。

(3) 规范行业操作：明确多种因素对驼乳品质的影响，可在标准中对驼乳运输与贮藏各环节进行规范，进而实现行业操作的统一。

(4) 适应不同环境和情况：不同的区域、气候、运输距离、运输方式等因素存在显著差异，上述因素均会对驼乳的运输与贮藏过程中的品质稳定性造成影响。可基于对各因素的研究制订适用于不同环境、不同的运输与贮藏场景的技术规范和指导建议标准。

(5) 促进市场监管：影响驼乳品质变化的因素为市场监管体系提供了明确方向与指标。

综上所述，标准指导生产实践，企业可以对驼乳的生产经营活动进行有效的监督和管理；监管部门依据标准，规范企业生产行为，消费者权益得到保障。因此，确定影响驼乳储运中品质变化的因素，完善标准对促进驼乳行业健康有序的发展是至关重要的。

3 伊犁那拉乳业集团有限公司典型案例

该企业位于新疆伊犁地区，拥有自有牧场与养殖基地，致力于生产高品质驼乳产品。然而，受限于骆驼养殖规模有限、双峰驼数量较少、母骆驼泌乳周期较短及单产水平较低等因素，其奶源供应较为稀缺，且对冷链物流体系具有较高要求。该企业采用配备冷藏罐的生鲜驼乳运输方案。该冷藏罐采用SUS304不锈钢材质，可有效隔绝外界空气与污染物，实现产品的保纯锁鲜；罐体配备全自动微电脑控制系统，可维持内部4℃恒温状态；其保温层采用60~80 mm聚氨酯发泡材料，具备较好的绝热性能；制冷核心部件采用美国进口谷轮压缩机，制冷效率高，从而确保生鲜驼乳在奶源采集环节始终处于恒温锁鲜状态。在运输环节，该企业采用冷链运输车队，确保从挤奶到加工的快速直达，显著降低了生鲜驼乳在运输过程中的品质劣变风险。

基于上述冷链优化举措，该企业对奶源品质实施了严格把控，从而确保了生鲜驼乳营养成分的完整性及其品质的安全性。同时，其生产的那拉丝醇系列驼奶粉在全渠道的销量已突破百万罐，确立了

其在市场中的领先地位。

4 策略与展望

在驼乳产业快速发展的背景下，储运过程中环境因素对驼乳品质的影响愈发值得关注。为有效降低储运过程中外界因素对驼乳品质的影响，建议采取以下措施：

(1) 优化运输路线：采用大数据和物联网等技术，基于交通状况、运输里程、送货时限等因素，选择最佳运输路径；(2) 提升冷链设施：加大冷链运输工具及冷藏仓库的投入，采用先进的低温环境技术以及保温材料，控制温度的精准度；(3) 优化包装方式：研发并利用高阻隔性、高耐冲击性包装材料、具有保鲜作用的包装材料，增强包装对氧、水、光、微生物的阻隔作用，减少外界环境对乳制品的影响，同时改良包装结构，加大缓冲结构，降低震动及碰撞对乳制品的影响；(4) 加强人员培训：对乳制品运输人员、采集人员、贮藏人员进行卫生安全、冷链运输以及设备操作及维护、应急处理等内容进行培训；(5) 构建质量监控系统：采用物联网技术及传感器技术、区块链技术，监控贮藏与运输过程，实时掌握运输及贮藏过程中温度、湿度、振动等参数的波动情况，依托质量追溯系统，记录乳制品生产、运输、贮藏及销售等情况。

此外，为降低未来储运过程中多种因素对驼乳品质的影响，可一方面通过重复性试验与数据分析优化储运参数，以准确分析出延缓驼乳品质劣变的最佳储运参数，从而保障驼乳质量。另一方面，可致力于新型冷链输送系统的设计与研发，整合物联网、大数据等高新技术，构建驼乳储运品质实时预测模型，以显著减少驼乳在储运过程中的损耗，并推动驼乳产品进入更广阔的市场。

5 结语

尽管驼乳产业发展势头强劲，其在食品安全与监管层面仍面临严峻挑战。关键的食品安全问题包括缺乏可靠的冷链系统，致使驼乳在贮藏和运输过

程中的保存难度增加；以及生产端与流通环节的卫生操作规范尚不完善，从而加剧了微生物污染风险。此外，而运输和贮藏过程中的温度、运输时间、微生物、冻融条件、震荡、光照、运输设备与卫生条件等因素，均会对驼乳制品品质产生显著影响。上述因素不仅关乎乳制品的安全性及营养成分的完整性，还涉及产品的风味、口感和外观等多个属性。在实际生产和流通环节中，任一因素控制不当均可能引发驼乳制品品质劣化，甚至引发食品安全问题，进而危及消费者健康与利益。

因此，驼乳产业需重视运输和贮藏环节，采取科学有效的应对策略，如优化运输路线、完善冷链设施、改进包装技术、加强人员培训和建立质量监控体系等，以确保驼乳制品在供应链全流程中维持品质稳定和安全可靠。

参考文献

[1] Ait El Alia O, Zine-Eddine Y, Chaji S, et al.Global camel milk industry: a comprehensive overview of production, consumption trends, market evolution, and value chain efficiency[J]. Small Ruminant Research, 2025 (243) : 107441.

[2] 马洪鹏, 娄肖肖, 马宪兰, 等.我国驼乳品质产地差异及相关标准研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15 (6) : 280-287.

[3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局.GB 12693—2023 食品安全国家标准 乳制品良好生产规范[S].

[4] 中华人民共和国卫生部.GB4789.2—2010, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].

[5] 王帅, 陈贺, 张继军, 等.不同温度条件对生鲜驼乳菌落总数的影响[J].黑龙江畜牧兽医, 2017 (8) : 231-233.

[6] 赵晓璇.驼乳营养组及热加工对产品品质影响的研究.[D]北京: 中国农业科学院, 2023.

[7] 冀承昊.生驼乳中微生物风险关键点及冷藏稳定性研究.[D]呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2024.

[8] 张丽茹, 范铁良, 张连潮, 等.驼奶质量安全问题与对策研究[J].乳品与人类, 2024 (4) : 42-46.

[9] 何晓瑞, 殷娜, 徐敏, 等.新疆驼乳粉中维生素含量测定的研究[J].中国乳业, 2021 (6) : 83-87.

[10] 张乐天, 于治成, 周小玲.不饱和脂肪酸在畜禽生产中的应用及微胶囊化研究进展[J].动物营养学报2025, 37 (4) : 2178-2188.

[11] 谭冬飞, 王少雷, 张清阳, 等.光诱导乳脂肪氧化的研究进展[J].乳业科学与技术, 2021, 44 (1) : 39-43.

[12] 张清阳.基于多肽组学对不同品种牛奶品质及光氧化特征的研究.[D]邯郸: 河北工程大学, 2021.

[13] 郭文婕, 伊丽, 吉日本图.不同热处理的驼乳脂肪和脂肪球膜组成成分及特[J].中国乳品工业, 2021, 49 (8) : 10-15.

[14] 张璐, 任佳琦, 何强, 等.基于主成分分析的不同乳中脂肪酸组成及含量的比较[J].现代食品科技, 2025, 41 (6) : 190-197.

[15] 时佳, 张海娇, 赵锋, 等.乳脂肪球膜结构、功能特性及其应用研究进展[J].乳业科学与技术, 2025, 48 (1) : 190-197.

[16] 明亮, 李雅菲, 吕浩迪, 等.不同泌乳期驼乳化学组成及蛋白质组学[J].食品科学, 2024, 45 (12) , 46-52.

[17] 张瑞宇, 刘立衡.灭菌牛乳中脂肪酶活性变化的研究[J].食品科学, 2009, 30 (17) : 221-224.

[18] 国家市场监督管理总局.乳品质量安全监督管理条例[EB/OL]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/fgs/art/2023/art_f966022547a04335885cfc3ed7383e3b.html, 2008-10-09.

[19] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局.GB12693—2023, 食品安全国家标准 乳制品良好生产规范[S].

[20] 克孜勒苏柯尔克孜自治州人民政府.新疆维吾尔自治区奶业条例 (2011修正本) [EB/OL].<https://www.xjkz.gov.cn/xjkz/c102042/201807/ab246c83e15b460d878ec3775e5ca632.shtml>, 2018-07-22.

[21] 内蒙古标准化协会.T/IMAS 046—2022 团体标准 生鲜驼乳采集规程[S].

[22] 中国乳制品工业协会.RHB 900—2017 中国乳制品工业行业标准 生驼乳[S].

[23] 新疆维吾尔自治区卫生健康委员会.DBS 65/010—2023 食品安全地方标准 生驼乳[S].

[24] 内蒙古自治区卫生健康委员会.DBS 15/015—2019 食品安全地方标准 生驼乳[S].

[25] 中国畜牧业协会.T/CAAA 007-2019 团体标准 生驼乳[S].

[26] 新疆维吾尔自治区卫生健康委员会.DBS 65/011—2023 食品安全地方标准 巴氏杀菌驼乳[S].

[27] 中国畜牧业协会.T/CAAA009—2019 团体标准 巴氏杀菌驼乳[S].

[28] 新疆维吾尔自治区卫生健康委员会.DBS 65/012—2023, 食品安全地方标准 灭菌驼乳[S].

[29] 内蒙古自治区卫生健康委员会.DBS 15/017—2019 食品安全地方标准 灭菌驼乳[S].

[30] 中国畜牧业协会.T/CAAA008—2019, 团体标准 灭菌驼乳[S].