羊乳脱膻技术研究进展

郭 洁[1]，孙丽媛[1]，罗 强[1]，王 娟[2]，令幸幸[3]，汪海涛[4]，李 胜[1*]，贾永宏[3*]

1 陕西省畜牧技术推广总站，陕西西安 710000
2 陕西丽牧生物技术有限责任公司，陕西西安 710000
3 陕西省畜牧产业试验示范中心，陕西泾阳 713702
4 汉中市动物疫病预防控制中心，陕西汉中 723000

摘 要：羊乳作为传统乳制品的重要组成部分，以其独特的营养价值和健康益处受到越来越多消费者的青睐，但其特有的膻味却成为制约其市场普及和消费者接受度的一大障碍。近年来，随着科技的不断进步和人们对健康饮食需求的日益增长，羊乳脱膻技术得到广泛关注和研究。本文旨在综述羊乳脱膻技术的研究进展，探讨其发展趋势，为相关领域的科研人员和从业人员提供参考。

关键词：羊乳；脱膻；技术；方法

文章编号：1671–4393（2025）09–0145–06 DOI:10.12377/1671–4393.25.09.21

0 引言

羊乳作为一种古老而珍贵的乳制品，自古以来就被誉为“奶中之王”，是国内外公认最接近人乳、最易被人体吸收的乳制品。羊乳营养全面，含有丰富的蛋白质、脂肪、矿物质和维生素，尤其是其富含的中链脂肪酸和免疫球蛋白，对人体健康有

中国乳业线上阅读

基金项目：2024年陕西省级农业科技推广–顶级奶山羊资源挖掘与良种繁育技术应用试验示范（NY2024–02）；2024年省级国有资本经营预算科技创新专项–奶山羊良种选育关键技术创新与种质核心种群建设（GZ2024–01）；2023年陕西省级农业科技推广–关中奶山羊良繁性控技术攻关与试验示范（NY2023–02）；2022年陕西省级农业科技推广–优质高产关中奶山羊快速扩繁关键技术研究与产业化应用试验示范（NY2022–02）

作者简介：郭 洁（1980–），女，陕西山阳人，本科，畜牧师，研究方向为畜牧技术；
孙丽媛（1994–），女，山东莱阳人，硕士，畜牧师，研究方向为畜牧技术；
罗 强（1994–），男，山西忻州人，硕士，畜牧师，研究方向为畜牧技术；
王 娟（1984–），女，陕西宝鸡人，本科，研究方向为天然植物在畜禽养殖中的应用；
令幸幸（1993–），女，甘肃天水人，硕士，畜牧师，研究方向为奶牛遗传育种；
汪海涛（1968–），男，陕西南郑人，本科，研究方向为畜牧技术和重大动物疫病防控。
*通信作者：李 胜（1966–），男，陕西大荔人，硕士，正高级畜牧师，研究方向为畜牧技术及动物营养调控；
贾永宏（1966–），男，陕西白水人，本科，正高级畜牧师，研究方向为奶牛遗传育种技术。

显著益处[1]。尽管羊乳有诸多优点，但羊乳的膻味问题一直是制约其在市场上被广泛接受的一大障碍。这种膻味主要来源于羊乳中的特定成分及外界环境的影响，不仅影响产品的风味、降低消费者的购买意愿，也制约产业的发展。因此，研究与应用羊乳脱膻技术尤为重要。羊乳脱膻技术从最初简单的物理处理到复杂的生物化学技术，各种方法层出不穷，为羊乳产业的发展注入了新的活力。

1 羊乳膻味的成因

风味是影响羊乳制品质量的关键因素。羊乳膻味的成因复杂多样，主要包括外界污染和内在成分两大方面。外界污染方面，奶山羊在饲养过程中可能受到环境、饲料等因素的影响，特别是公羊在发情期时，其头部角间腺分泌的脂质显著增加，这些物质进入乳中后形成膻味。内在成分方面，羊乳中短中链游离脂肪酸（如已酸、辛酸和葵酸）的含量较高，这些脂肪酸在特定条件下易挥发，产生明显膻味[2]。

1.1 外界污染

羊乳的膻味与外界环境联系紧密，尤其与奶山羊的饲养条件和管理水平密切相关。奶山羊在放牧、饲喂或挤奶过程中，如果接触到带有膻味的物质（如公羊的分泌物、饲料中的杂草等），这些物质中的挥发性游离脂肪酸、醛类、酮类等化合物就有可能被羊乳吸收，形成膻味。此外，公羊在发情期时，其头部角间腺会分泌出一种具有强烈膻味的脂质，这种脂质也可能通过空气传播或接触传播的方式污染羊乳，且公羊气息对母羊性神经有一定刺激作用，导致在分泌乳汁时产生较浓的膻味[3]。

1.2 内在成分

羊乳膻味主要是由挥发性游离脂肪酸、醛类、酮类等多种物质协同作用形成的气味化合物。研究证实，羊乳膻味浓度与挥发性游离脂肪酸含量呈正相关，其中己酸、辛酸和癸酸等短中链游离脂肪酸是引起膻味的主要脂肪酸，是行业公认的重要膻味前体物质[4]。其中癸酸是影响奶山羊乳膻味的主要成分。这些脂肪酸在羊乳中的含量虽然不高，但其阈值很低，即使在很低的浓度下也能被人类嗅觉感知到。此外，羊乳中其他挥发性化合物（如醇类、醛类、酮类等），也可能对膻味有影响[5]。

2 羊乳脱膻技术概述

针对羊乳膻味问题，科研人员开发了多种脱膻技术，主要包括源头降膻、物理脱膻、化学脱膻和生物脱膻四大类。源头降膻通过公母羊分圈饲养、去除角间腺、改善饲养环境、优化饲料配方等措施减少膻味物质的产生。物理脱膻利用热处理、真空闪蒸、离心脱脂等方法去除乳中的膻味成分。化学脱膻通过添加特定的化学物质（如β-环糊精、香精等）掩蔽或去除膻味。生物脱膻利用乳酸菌等微生物发酵作用改善乳的风味。

2.1 源头降膻

源头降膻是减少羊乳膻味的最直接方法，其核心在于去除羔羊角间腺[2]、改善奶山羊的生长环境、提高饲养管理[6]。具体措施包括：（1）去除羔羊角间腺，位于头部角芽基部后内侧的角间腺是产生膻味的脂质细胞团，在羔羊出生后15 天内，去角的同时也除去这些细胞团（用火或电烙铁烧烙去角时，将烙铁烧烙角基部之后向中线移动6～7 mm，破坏此处皮肤及皮下组织），即可达到去膻的目的。经过上述方法处理的母羔羊，成年后所产羊乳膻味将大减或无膻味；公羔羊用此方法烧烙后，成年后羊只的膻味也会大大减轻。（2）实行公母羊分开饲养，将膻味较大的公羊与母羊分圈饲养，避免公羊在发情期污染母羊，从而减少羊只的膻味。（3）投喂干净牧草饲料，选择无污染的优质牧草和饲料，减少外界物质污染羊乳。（4）保持饮水纯净，确保奶山

中国乳业线上阅读

羊饮用的水源干净无污染。（5）定期清洁消毒，对羊舍、挤奶设备等进行定期清洁和消毒，减少细菌滋生和交叉感染。

这些措施虽然不能直接去除羊乳中的膻味成分，但可以从源头上减少膻味物质的产生和积累，为后续脱膻处理打下良好基础。

2.2 物理脱膻

物理脱膻是指利用物理手段去除羊乳中的膻味成分。目前常见方法包括热处理法、真空闪蒸法和离心脱脂法等。

热处理法：通过高温加热使羊乳中的膻味成分挥发或分解。该法简单易行，但可能造成羊乳营养成分损失。因此，在实际应用中需控制好加热温度和时间，以保证脱膻效果的同时尽量保留营养成分。孙马龙[7]曾做过梯度温度处理试验，结果表明，75 ℃短时热处理脱膻效果最明显，使山羊乳中短链游离脂肪酸含量最低。

真空闪蒸法：压力下降，羊乳沸点降低。利用在真空和低温条件下，加热羊乳使沸点低、易挥发的短中链游离脂肪酸等膻味物质快速蒸发去除。冯芝等[8]抽真空脱气（闪蒸）试验结果表明，真空闪蒸法在奶温65 ℃、真空度0.085 MPa下抽气1 min效果最佳，能有效去除羊乳中的挥发性游离脂肪酸等膻味前体物质，且对营养成分的破坏较小。但此法设备投资较大，操作复杂，需较高的技术水平和维护成本。

离心脱脂法：该法更适用于生产脱脂乳制品，通过离心作用将羊乳中沉降系数不同的脂肪分离出来，从而减少膻味物质的含量。这种方法虽然简单易行，但只能去除部分膻味成分，且脱脂后的羊乳口感和风味会发生变化。陈瑜芳[9]多次试验验证，离心脱脂后膻味降低效果最优的脱脂条件为离心时间25 min、离心温度3.5 ℃、离心转速5 000 r/min。

物理脱膻通过不断优化热处理工艺，提高脱膻效果的同时减少营养成分的损失。除了传统的热处理法、真空闪蒸法和离心脱脂法外，近年来还出现一些新型物理脱膻技术（如超声波处理、超高压处理等）。超声波处理利用超声波的空化效应、热效应和机械效应等，可破坏羊乳中的脂肪球膜结构，促进脂肪球的聚合并形成较大的脂肪滴，从而减少膻味成分的挥发。超高压处理则通过高压作用使羊乳中的蛋白质变性、脂肪球聚集等，改变羊乳的微观结构，进而影响膻味成分的释放和感知。这些新技术具有处理时间短、效率高、对营养成分破坏小等优点，但设备投资较大，技术难度较高。

2.3 化学脱膻

化学脱膻是通过在羊乳中加入添加剂或吸附剂，使其与羊乳中的膻味物质发生化学反应或起到吸附作用，从而降低或去除膻味。常见的化学脱膻方法包括吸附剂添加法、添加香精掩蔽法等。

吸附剂添加法：利用β－环糊精的空腔结构包埋羊乳中的膻味成分，从而减少其挥发性。β－环糊精作为一种无毒、无味、可食用的环状低聚糖，其空腔能与膻味分子形成稳定的包合物，有效降低膻味[10]。Wang等[11]通过试验发现添加0.3%β－环糊精和0.6%聚合乳清蛋白能发挥协同作用，显著降低短中链游离脂肪酸含量从而降低羊乳中的膻味。这种方法操作简便，对羊乳的营养成分影响较小，但包埋效率可能受温度、pH值等影响。

添加香精掩蔽法：通过在羊乳中添加适量香精，利用香精的香气掩盖或中和膻味。该法可快速有效改善羊乳的风味，但要注意香精的种类和添加量需经过严格筛选和控制，避免对羊乳的整体风味产生负面影响。杜远华等[12]通过试验证实，添加苦杏仁浆、绿茶、百里香精油3 种物质后，羊乳脱膻效果显著，且对风味影响较小。

在化学脱膻方面，新的掩蔽剂和吸附剂也在不断涌现，为羊乳脱膻提供更多选择。例如，利用纳米材料（如纳米银、纳米碳等）作为吸附剂去除羊乳中的膻味成分；利用酶制剂（如脂肪酶、过氧化物酶等）催化分解羊乳中的膻味前体物质等。这些

中国乳业线上阅读

方法具有针对性强、效率高、副产物少等优点，但需进一步研究其安全性和可行性。

2.4 生物脱膻

生物脱膻是利用生物酶、乳酸菌等微生物的代谢活动，去除羊乳中的膻味成分。这种方法具有环保、安全、高效等优点，是当前羊乳脱膻技术研究的热点之一。目前国内主要利用乳酸菌发酵脱膻法，该法是利用乳酸菌在发酵过程中产生乳酸等有机酸，降低羊乳pH值，从而抑制脂肪酸水解酶活性，减少短中链游离脂肪酸的生成[13]。同时，乳酸菌在发酵过程中，通过分解脂肪、蛋白质、乳糖等有机分子，产生大量具有芳香味的物质（如乙醛、酮类等），这些物质能与膻味成分发生反应或掩盖其气味，从而达到脱膻效果[14]。乳酸菌发酵脱膻能去除膻味、改善羊乳风味和质地，消费者饮用后，乳酸菌可在肠道中迅速增殖，抑制肠道中有害菌生长繁殖，调节肠道菌群，改善肠道微生态环境，提高机体免疫力。

生物脱膻作为极具潜力的脱膻方法之一，其研究不断深入。不同种类的乳酸菌对羊乳脱膻的效果存在差异，通过筛选和优化乳酸菌菌种组合，研究其代谢机制、调控发酵条件等，可显著提高脱膻效果和稳定性。同时，多种乳酸菌混合发酵、乳酸菌与其他微生物协同发酵等新型发酵模式充分利用不同菌株的优势互补作用，进一步提高脱膻效果和产品质量[15，16]。此外，随着基因工程技术发展，科研人员尝试通过基因改造手段优化乳酸菌代谢途径和产物特性，以期获得更高效的脱膻乳酸菌菌株。

3 羊乳脱膻技术的挑战与展望

尽管羊乳脱膻技术取得了显著进展，但在实际应用过程中仍面临诸多挑战。一方面，部分先进的脱膻技术（如真空闪蒸法、超高压处理法等）设备投资较大，操作复杂，导致生产成本较高，难以大规模推广应用。另一方面，由于不同批次、不同来源的羊乳其膻味成分和含量可能存在差异，导致同一脱膻技术在不同情况下效果不稳定；并且部分脱膻方法可能破坏羊乳中的蛋白质、脂肪、维生素等营养成分。因此，未来的研究应重点解决这些问题，开发成本低廉、效果稳定、对营养成分影响小的脱膻技术；同时，加强跨学科合作和创新也是推动羊乳脱膻技术发展的重要途径。

面对这些挑战，未来羊乳脱膻技术的发展趋势可能包括以下几方面：

（1）多学科交叉融合。未来羊乳脱膻技术研究中，单一学科技术难以解决“脱膻好、效率高”等科学难题[17]，需更加注重多学科交叉融合、多技术跨界融合。通过结合食品科学、生物技术、化学工程、材料科学等多个学科的知识和技术手段，不断探索新的脱膻方法和材料，实现脱膻技术新突破。

（2）绿色环保与可持续性。近年来，全国大力推进美丽中国建设，积极促进发展方式向绿色低碳转型。鉴于我国对环保和可持续发展予以高度重视，未来羊乳脱膻技术将更加注重绿色环保和可持续性利用[18]。这包括减少化学试剂的使用，研发可降解或无毒的脱膻材料，以及优化工艺过程以减少能源消耗和废物排放。此外，利用天然资源（如植物提取物、酶制剂等）进行脱膻将成为未来的研究热点。

（3）自动化与智能化。目前，全球制造业正加速向数字化、智能化时代迈进，在经济发展新常态下，数字智能与传统制造深度融合，已成为加快供给侧结构性改革、高质量发展必经之路。随着工业4.0时代的到来，自动化、智能化和数字化将成为羊乳脱膻技术发展的重要方向[19]。通过引入传感器、机器视觉、人工智能等先进设备和技术，可实现对脱膻过程的实时监测和精准控制，提高生产效率和产品质量。同时，智能化的脱膻设备将可根据不同批次羊乳的特性和脱膻需求进行自动调整和优化，进一步提高脱膻技术的稳定

中国乳业线上阅读

性和适应性[20]。

（4）消费者感知与接受度。在羊乳脱膻技术的研发过程中，消费者的感知和接受度将成为重要的考量因素。科研人员和企业要密切关注市场动态和消费者需求，通过感官评价、市场调研等了解消费者对脱膻后羊乳的接受程度，并根据反馈结果改进技术、优化产品。此外，加强羊乳科普宣传和教育，提高消费者对羊乳及其脱膻技术的认识和理解，也将有助于扩大市场需求，激发消费潜能。

（5）国际合作与交流。羊乳脱膻技术是全球性课题，需各国科研人员和企业共同努力与合作，助推羊乳产业高质量发展。通过加强国际合作交流，学习分享研究成果和技术经验，可推动羊乳脱膻技术快速发展和广泛应用。同时，国际间合作可促进脱膻新技术、新材料的引进和利用，为羊乳脱膻技术创新提供有力支持。

4 结语

综上所述，羊乳脱膻技术作为提升羊乳品质和市场竞争力的重要手段，近年来取得显著进展。从源头降膻、物理脱膻、化学脱膻到生物脱膻，各种脱膻方法层出不穷，为提升羊乳品质、扩大市场接受度提供了有力支持，为羊乳产业发展注入了新活力。然而，在实际应用过程中羊乳脱膻技术仍面临技术成本、技术稳定性、营养保留等挑战。未来，随着多学科交叉融合、绿色环保与可持续性、自动化与智能化、消费者感知与接受度以及国际合作与交流等趋势的推动，羊乳脱膻技术有望取得更加显著的突破和发展。未来，随着更多高效、环保、经济的羊乳脱膻技术问世，有望为消费者提供更加美味、健康的羊乳制品。

面对当前存在的挑战和未来发展的需求，科研人员仍需继续加大脱膻技术研究力度和创新力度。以现有方法为基础，聚焦脱膻难点，充分利用多学科交叉融合技术，多措并举加强脱膻研究，提升创新能力。

参考文献

[1] 魏丽婧，宋彦秀，苏葳艺，等.牛乳、羊乳营养价值及发展现状[J].品牌与标准化，2024（5）：161–163.

[2] 汪志铮.山羊奶脱膻技术[J].草业与畜牧，2011（3）：57.

[3] 王明礼，秦兰霞，姜云庆，等.羊乳中膻味形成机制及脱膻方法的研究进展[J].中国乳品工业，2021，49（3）：29–36.

[4] 艾对，张富新，李延华，等.羊奶短中链脂肪酸与羊奶膻味关系的研究[J].食品工业科技，2015，36（6）：113–116，121.

[5] 齐强强.发酵羊乳脂肪酸组成的动态变化分析及生物除膻技术研究[D].咸阳：西北农林科技大学，2012.

[6] 高祀敏.羊奶脱膻技术[J].农家科技，2007（4）：34.

[7] 孙马龙.山羊奶物理脱膻方法的研究[D].烟台：烟台大学，2016.

[8] 冯芝，罗永康.山羊奶脱膻技术的研究[J].中国乳业，2008（5）：48–49.

[9] 陈瑜芳.羊奶脱脂除膻及发酵工艺研究[D].福州：福建农林大学，2013.

[10] Young O A，Gupta R B，Sadooghy–Saraby S.Effects of cyclodextrins on the flavor of goat milk and its yogurt[J].Journal of Food Science，2012，77（2）：S122–S127.

[11] Wang C，Wang C，Gao F，et al.Effects of polymerized whey protein on goaty flavor and texture properties of fermented goat milk in comparison with β–cyclodextrin[J].Journal of Dairy Research，2018，85（4）：465–471.

[12] 杜远华，张富新，葛萍，等.不同物质对羊乳脱膻效果的比较研究[J].中国乳品工业，2015，43（1）：7–10.

[13] 屈岩峰，王丙然，邵琪，等.羊奶酸奶的生物除膻研究进展[J].食品研究与开发，2019，40（16）：202–206.

[14] 苏伟丽.乳酸菌对羊奶酸奶脱膻效果的研究[D].西安：陕西师范大学，2015.

[15] 陈慧.益生菌发酵对羊酸奶食用品质和脂肪酸的影响[D].咸阳：西北农林科技大学，2013.

[16] 齐强强，褚莹，丁武.丁二酮乳酸乳球菌发酵对羊奶脂肪酸组成影响分析[J].食品工业科技，2012，33（9）：85–87，91.

[17] 郑华杰，李华平，聂养林，等.搅拌型茶风味酸羊奶的研制[J].中国乳业，2023（10）：94–99.

[18] 张薇.乳业行业ESG表现对企业价值影响研究[D].呼和浩特：内蒙古财经大学，2024.

[19] 叶琳.陕西Y公司奶山羊乳制品市场营销策略研究[D].西安：西安科技大学，2021.

[20] 赵烜.不同糖类对羊乳乳蛋白热聚集行为及乳品品质的影响研究[D].济南：齐鲁工业大学，2020.

中国乳业线上阅读

Research Progress on De-mutton Technology of Goat Milk

GUO Jie[1]，SUN Liyuan[1]，LUO Qiang[1]，WANG Juan[2]，LING Xingxing[3]，
WANG Haitao[4]，LI Sheng[1*]，JIA Yonghong[3*]
[1]Shaanxi Provincial Animal Husbandry Technology Promotion Station，Xi'an Shaanxi 710000
[2]Shaanxi Limu Biotechnology Co., Ltd.，Xi'an Shaanxi 710000
[3]Shaanxi Animal Husbandry Industry Development Center，Jingyang Shaanxi 713702
[4]Hanzhong Animal Disease Prevention and Control Center，Hanzhong Shaanxi 723000

Abstract：As an important part of traditional dairy products，goat milk is favored by more and more consumers for its unique nutritional value and health benefits，but its distinctive muttony has become a major obstacle restricting its market popularization and consumer acceptance.In recent years，with the continuous progress of science and technology and the growing demand for healthy diet，the technology of goat milk de-mutton has been widely concerned and studied.This paper aimed to review the current research progress of goat milk de-mutton technology，and discussed its development trend，so as to provide reference for researchers and practitioners in related fields.

Keywords：goat milk；de-mutton；technology；method

▲上接144页

Research on Natural Active Components in Milk and their Influencing Factors

SUN Hua，SUN Jingdi，HE Jinxing，QU Jingran*
School of Food Science and Engineering，Qilu University of Technology（Shandong Academy of Sciences），Jinan Shandong 250353

Abstract：Milk is a nutritionally complete natural food，rich in a variety of essential nutrients such as proteins，fats，carbohydrates，vitamins，and minerals，while also containing multiple natural active ingredients with physiological regulatory functions. This paper systematically reviewed the biological functions and health effects of key natural active components in milk—including conjugated linoleic acid（CLA），α-linolenic acid（ALA），eicosapentaenoic acid（EPA），docosahexaenoic acid（DHA），lactoferrin，and immunoglobulins—and emphasizes the impact of factors such as feeding methods，diet composition，seasonal variations，parity，and lactation stage on their content. The aim is to provide a theoretical basis for scientific milk consumption and the development of high-value-added dairy products.

Keywords：milk；conjugated linoleic acid（CLA）；α-linolenic acid（ALA）；docosahexaenoic acid（DHA）；eicosapentaenoic acid（EPA）；lactoferrin；immunoglobulin

中国乳业线上阅读