山羊乳制品在多元化生产中的技术挑战及策略研究

魏灵霜，刘永峰，舒　琴*

陕西师范大学食品工程与营养科学学院，陕西西安 710119

摘　要：山羊乳具有很高的营养价值，其成分接近母乳，富含乳蛋白、乳脂、乳糖、矿物质等营养成分。其脂肪球小、脂肪碳链短、αs1-酪蛋白含量低、人体对其的过敏反应较小。目前，我国山羊乳大部分用于生产乳粉，少量用于生产液态乳、发酵乳、乳酪等。本文分析了山羊乳的营养成分，系统综述了乳粉、发酵乳、乳酪等多元化开发中的关键技术挑战及解决策略，并对山羊乳产业的未来发展方向进行了展望。

关键词：山羊乳；营养成分；技术挑战；策略

文章编号：1671-4393（2025）05-0085-08　　DOI:10.12377/1671-4393.25.05.14

中国乳业线上阅读

0 引言

山羊是一种小型哺乳动物，广泛用于肉、奶生产。作为全国最大的奶山羊生产基地，陕西的山羊乳制品产业近年来发展迅速[1]。相较于牛乳，山羊乳的αs1-酪蛋白含量较低，致敏性较弱[2]，因此可作为牛乳过敏人群的理想替代品。此外，山羊乳中乳清蛋白含量较高，酪蛋白比例较低，在胃内易形成细小的凝乳块，更利于人体消化吸收[3]。研究表明，山羊乳具有增强免疫力、预防慢性疾病的功效，尤其适合儿童和老年人食用[4]。其富含的短链和中链脂肪酸不仅能调节血压、促进凝血功能，还对肥胖人群的健康管理具有潜在益处[5]。值得一提的是，山羊乳在发酵过程中可产生具有降血压作用的生物活性肽，这些肽类物质能有效抑制血管紧张素转化酶（ACE）的活性[6]。

目前，我国山羊乳制品市场仍以乳粉为主导产品，其他品类如液态乳、发酵乳和乳酪等市场份额相对有限。为推动山羊乳制品产业的高质量发展，满足消费者日益多元化的需求，亟需加快产品多元化开发进程。山羊乳独特的营养成分赋予其产品显

基金项目：陕西省科技计划项目（2024NC-ZDCYL-03-07，2024NC-YBXM-156）；西安市科技计划项目（24NYGG0018，24GXFW0008）

作者简介：魏灵霜（2000-），女，河北武邑人，硕士，研究方向为乳品科学；
刘永峰（1981-），男，陕西西安人，博士，教授，研究方向为畜产品科学与营养。
*通信作者：舒　琴（1994-），女，安徽石台人，博士，讲师，研究方向为畜产品质量与安全。

著的功能特性[7]，但同时也对加工技术提出了更高要求，例如发酵乳的凝胶稳定性差、乳酪产率低等技术瓶颈。基于此，本文系统分析山羊乳制品加工过程中的关键技术挑战，并提出针对性解决方案，以期为行业技术创新和产品升级提供理论依据，同时为山羊乳制品市场价值评估提供参考。

1 山羊乳的营养成分和功能特性

山羊乳富含多种营养成分，包括乳蛋白（3.5%～3.6%）、乳脂、乳糖和矿物质等，在预防心血管疾病、癌症、贫血和胆固醇代谢紊乱等方面具有显著功效[8]。其蛋白质组成以β-酪蛋白为主，且主要为A2型[6]。研究表明，A2 β-酪蛋白不仅富含必需氨基酸，还具有高消化率和低致敏性的特点[8]。与牛乳相比，山羊乳中αs1-酪蛋白含量较低，Zhang等[9]通过小鼠模型研究发现，牛乳αs1-酪蛋白对树突状细胞的致敏性显著高于山羊乳。此外，山羊乳中的乳清蛋白具有独特的生物活性，Xiao等[10]证实其可作为结肠癌靶向治疗药物的有效载体，并表现出抑制肿瘤生长的作用。蛋白质组学分析显示，山羊乳中含有550 种蛋白质，其中15 种乳清蛋白直接参与免疫调节系统[11]。

在脂质组成方面，山羊乳的多不饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量介于母乳和牛乳之间[12]。其脂肪球粒径较小，增加了与消化酶的接触面积，从而提高了脂肪的消化吸收率[13]。Meena等[14]的体外消化实验表明，山羊乳中游离脂肪酸的释放量显著高于牛乳，证实了其更高的消化率。然而，由于缺乏凝集素且脂肪球较小，山羊乳的乳化性能相对较弱。值得注意的是，山羊乳富含亚油酸和亚麻酸，这些必需脂肪酸对婴幼儿大脑发育和营养健康至关重要[15]。

山羊乳中低聚糖含量（2.5%～3.0%）显著高于牛乳，达到后者的4～5倍[16]。Lu等[17]采用液相色谱-质谱联用技术鉴定出山羊乳中含有64 种低聚糖，其中关中山羊乳尤为突出。这些低聚糖具有优异的益生元特性，能够调节肠道黏液屏障功能，减轻炎症反应，对肠道健康具有保护和促进作用[18]。尽管山羊乳乳糖含量较高，但由于含有与母乳相似的酸性低聚糖，能够调节肠道菌群平衡并促进肠蠕动，因此不易引起消化不良[7]。

在矿物质组成上，山羊乳的镁含量约为牛乳的3倍，这种元素是多种酶促反应的关键辅助因子，在预防心血管疾病和延缓慢性肾病进展方面发挥重要作用[19]。山羊乳酪蛋白含有较高浓度的钙和无机磷，这一特点导致其溶剂化能力较低且热稳定性较差。研究显示，山羊乳的乙醇稳定性与钙离子浓度均与pH值呈负相关，当pH低于5.2时，由于钙-磷酸盐离子平衡被破坏，会在室温下出现沉淀现象[20]。

2 技术挑战及应对策略

当前我国山羊乳加工仍以乳粉为主，液态乳、发酵乳及乳酪等产品占比较小。产业发展面临三大核心挑战：一是特征性膻味影响消费者接受度；二是乳清资源利用率低下；三是产品结构单一化。这些挑战直接关系到产品的感官品质和质构特性，其中膻味问题尤为突出，亟需系统研究其成分特征及脱除技术。

2.1 山羊乳粉

山羊乳粉生产面临复水性差和特征性膻味两大技术瓶颈。目前主要采用两种生产工艺：湿法工艺虽然生产效率高（可达5 t/h）、适合连续化生产，但存在操作复杂（需15~20 道工序）、成本较高（较干法高约30%）以及热敏性营养素损失（维生素保留率降低15%~20%）等问题；相比之下，干法工艺设备投入少（投资额降低40%）、加工温度低（＜50 ℃），能最大限度保留营养成分，但面临混合均匀度控制难题（变异系数＞10%）[21]。当前市场以婴幼儿配方乳粉为主，产品同质化率达80%以上。针对特定人群的功能性产品开发潜力巨大，特别是中老年配方乳粉市场年增长率达25%。张

中国乳业杂志上网版

闹[22]的研究表明，采用干法工艺制备的富肽中老年配方乳粉，其蛋白质含量（24.5 g/100g）显著优于国家标准（20 g/100 g），且抗氧化活性（ORAC值提高35%）和降血糖效果（GI值降低20%）均优于湿法产品。更值得注意的是，富硒高钙配方（硒含量≥15 μg/100 g，钙含量≥800 mg/100 g）展现出显著的骨骼保护作用，张怡然等[23]通过动物实验证实，该配方可使骨质疏松模型大鼠的骨密度提高18.7%，骨小梁数量增加25.3%，为老年人骨骼健康提供了有效的营养干预方案。

2.2 山羊发酵乳

优质发酵牛乳质地均匀、无颗粒感和无明显乳清分离，但由于山羊乳中营养成分的差异，导致山羊发酵乳有质地软、乳清分离、持水能力差和膻味重的缺陷。

山羊乳中短链和中链脂肪酸含量较高，导致山羊发酵乳具有强烈膻味[24]。山羊乳的αs1-酪蛋白含量较低，而αs1-酪蛋白在发酵过程中可使凝胶更坚固并形成致密网络结构，因此山羊发酵乳质地较软[25]。由于山羊乳中甘氨酸对苏氨酸醛缩酶的反馈抑制作用，导致乙醛产量低，影响发酵乳的风味[26]。

为改善山羊发酵乳质地，通常在发酵前加入少量水胶体作乳化剂或增稠剂，加强凝胶结构，改善质地。膳食纤维与乳蛋白结合，具有静电、桥接和立体作用，可稳定发酵乳的凝胶结构，提高持水能力，防止乳清分离、保持质地均匀[27]。Zhang等[28]发现，将羽衣甘蓝纤维加入凝固山羊发酵乳可改善柔软质地和弱凝胶性，且在0.5%纤维的添加下实现了最佳的保水性（81.33%）和稳定性。同时，羽衣甘蓝富含膳食纤维、维生素和抗氧化物质，将羽衣甘蓝和山羊乳结合还可提高发酵乳的营养价值。Domagala等[29]发现，浓缩山羊发酵乳具有更高的蛋白质和脂肪含量，可使乳清脱水收缩减少，改善乳制品的感官特性。蒸发浓缩山羊发酵乳具有更高的黏度、硬度和内聚性，在150 MPa下高压均质处理的山羊发酵乳稳定性强[30]。添加β-环状糊精和聚合乳清蛋白与山羊乳中短链脂肪酸复合后，可使短链脂肪酸含量减少，减轻膻味。此外，添加调味粉可弱化山羊乳的膻味，赋予产品独特风味和良好外观，增加接受度和欢迎度。Zhao等[31]发现，添加莲子的山羊乳比纯山羊乳更快凝固，有助于降低发酵乳的酸度。添加5%的莲子粉和5%的可可粉可提高冷冻发酵乳的厚度和硬度，提高消费者对山羊冷冻发酵乳的接受度和需求量。Feng等[32]发现，添加枣泥和枣酱的山羊发酵乳具有独特质地，这两种成分可促进发酵剂的生长并提高稳定性，降低山羊发酵乳的脱水收缩，保持其理化性质，改善发酵乳的质地。

2.3 山羊乳酪

山羊乳酪具有独特风味和营养价值，其风味主要由糖酵解、蛋白质和脂肪分解产生的短链脂肪酸、乙醛、双乙酰、肽和氨基酸提供[33]。但山羊乳酪在生产过程中仍存在技术挑战。

山羊乳中酪蛋白胶束粒子较大，导致乳酪凝乳时间较短，凝胶凝乳速度较快。而山羊乳中较低的αs1-酪蛋白、较高的β-酪蛋白和较多的钙、磷等矿物质会导致凝胶无法形成，影响乳酪质量[34]。山羊乳中较低的脂肪和非脂肪固体会导致乳酪凝乳硬度低、结构弱、产量低；且山羊乳中含有4-甲基辛酸、4-乙基辛酸等成分，使乳酪产品有膻味[34]。成熟42 天的山羊乳酪中完整酪蛋白分解率为22%，这是由于山羊乳中αs1-酪蛋白对凝乳酶的敏感性高，导致山羊乳酪更易分解[35]，从而影响产品的质地和风味。

通过改善山羊乳的成分，可提高乳酪凝乳的质量。较高的酪蛋白含量可改善乳酪硬度，但随着酪蛋白含量的增加会延长凝乳酶的凝固时间[36]。Gebreyowhans等[37]发现，原料乳中αs1-酪蛋白含量高时，有更高的凝结特性。为改善乳酪凝乳质量，可采用牛乳与山羊乳1∶1的混合乳来制备乳酪，使乳酪产品硬度高、性能好。此外，添加柠檬酸钙可提高山羊酪凝乳的硬度。Ragab等[38]使用超声波

中国乳业线上阅读

（20 kHz、25 min）预处理山羊乳，提高了凝乳的凝胶强度、硬度和凝乳酶的凝固时间。

山羊乳酪添加0.04%牛乳奶油或黄油香精可遮盖膻味[39]。市场上，常用β-环状糊精作为除膻剂截留山羊乳的短链脂肪酸，降低膻味[34]。上述方法可改善山羊乳酪的感官特性，促进山羊乳酪市场的发展。

提高山羊乳酪的产量也至关重要。对山羊乳进行热处理，可增加凝乳中的乳清蛋白保留率，提高山羊乳酪产量。山羊乳的热处理方式包括巴氏杀菌和高温杀菌两种。Miloradovic等[40]发现，高温处理（80～90 ℃，5 min）山羊乳的乳酪产量明显高于巴氏杀菌（63 ℃，5 min）处理的山羊乳。高温处理前加入20%的柠檬酸钙，乳酪凝乳可保留更多蛋白质，提高乳酪产量。这是由于钙离子在加热前加入，会增大酪蛋白胶束的表面积，为更多的乳清蛋白和酪蛋白作用创造机会[41]。

2.4 液态山羊乳

山羊乳分子小、稳定性差，在常温下比牛乳易变质。新鲜山羊乳中含有较多杂质和细菌，因此杀菌时间和温度要准确。热处理可保证液态山羊乳的微生物安全性，但会改变其加工特性[42]，加工过程中会发生各种理化反应（如乳清蛋白变性、感官特性变化、必需氨基酸和B族维生素损失等），导致山羊乳体系不稳定和品质改变，限制液态山羊乳产品的工业发展进程。

热处理山羊乳会导致其中热敏性蛋白出现两种类型的变化：一是热敏性蛋白（如乳清蛋白）变性、降解和失活；二是在加热加工过程中，乳糖产生乳果糖等新物质[43]。热加工会影响蛋白质的稳定性，尤其是乳清蛋白可能变性并聚集，导致对乳制品的品质产生重要影响[44]。影响山羊乳的热稳定性因素有钙离子含量、盐类、pH值和加工方式等[45]。此外，液态山羊乳有特殊膻味，限制其市场发展。

调节pH值、温度和山羊乳中酪蛋白和乳清蛋白比例，可解决山羊乳热稳定性差的问题。Pesic等[46]发现，pH值为6.8时，酪蛋白热稳定性最佳。郭银萍[47]利用树脂脱除山羊乳中部分矿物元素、提高山羊乳的热稳定性。随着树脂添加量的增加，乳清蛋白变性率、蛋白沉淀率和钙磷盐含量均有不同程度的降低。树脂添加量为15 g/kg时，稳定性最好。利用离子交换树脂与超高温灭菌工艺结合生产无菌包装山羊乳，既可提高山羊乳的热稳定性，又可实现液态山羊乳的商业无菌化。Wang等[48]发现，添加果胶的山羊乳经巴氏杀菌热处理后，乳蛋白的结构得到改善，颗粒分布更均匀，结构更致密。此外，壳寡糖能使乳蛋白表现较好的乳化活性，使山羊乳蛋白更稳定。

2.5 山羊乳冰淇淋

山羊乳冰淇淋虽质地软，但融化速度比牛乳快。山羊乳冰淇淋易融化是因为山羊乳冷却时无法自然均质脂肪球聚集，且山羊乳中脂肪球较小以及脂质与乳化剂的相互作用，都会导致冰淇淋分子结构排列改变[49]。针对这一问题，Carvalho等[50]发现，山羊乳冰淇淋脂肪含量从8%增至12%后，可降低融化速度。Sanlidere Aloğlu等[51]发现，山羊乳中添加酶，与山羊乳蛋白形成交联网络，可延长山羊乳冰淇淋的融化时长，同时改善冰淇淋的结构和质地。

此外，冷冻山羊乳的脂肪在低温下会分解，从而具有浓厚的膻味[52]，阻碍其市场销售。针对山羊乳冰淇淋的膻味问题，可使用鲜山羊乳为原料加以改善。Robins等[53]发现，将甜菊糖作为甜味剂添加入山羊乳冰淇淋，可使融化时长大幅增加。这是由于添加甜菊糖后，可形成更多的空气细胞、大冰晶并增加水分含量，减少冰淇淋的热量传递。

此外，在山羊乳冰淇淋中添加果胶化合物，可使其更黏稠。使用5%菊粉作为脂肪替代品成功取代冰淇淋配方中的山羊乳奶油，可改善其感官特性[54]。与牛乳冰淇淋相比，使用脂肪含量为10%的巧克力香精制作的山羊乳冰淇淋更受消费者青睐[54]。

2.6 山羊黄油

山羊黄油是一种高脂肪乳制品，其成分组成与

中国乳业杂志阅读

牛乳黄油相似但比例存在差异。山羊乳脂中含有60%～65%的饱和脂肪酸，这些脂肪酸对乳制品的营养价值具有重要贡献[55]。作为生物活性成分的天然来源，乳脂能够为消费者提供理想的功能性营养成分。然而，目前关于山羊黄油的研究相对有限，这可能是由于山羊乳在搅拌工艺上存在技术难点所致。

山羊乳中缺乏凝集素蛋白，而该蛋白主要在低温条件下促进脂肪球聚结，因此山羊黄油的制备过程面临挑战[34]。此外，与牛乳黄油相比，山羊乳脂肪含有更高比例的不饱和脂肪酸和短链脂肪酸。研究发现，在4～5 ℃条件下储存30天的山羊黄油会出现酸败、苦味以及浑浊黄色等品质缺陷[56]。

为改善山羊黄油的品质特性，研究表明添加胡萝卜粉能够显著优化其感官特性、结构和稠度[57]。同时，肉桂提取物可作为天然防腐剂用于制备具有抗氧化功能的黄油产品[58]，而绿茶提取物的添加则能提升黄油的营养价值和微生物稳定性[59]。由于山羊黄油本身呈白色，从消费者接受度角度考虑，改善其色泽具有重要意义。研究显示，添加1.5%的沙棘汁作为天然着色剂不仅能增强山羊黄油的颜色，还能改善其质地和风味[60]。此外，番茄加工副产品提取物（富含番茄红素和酚类物质）、核桃仁隔膜提取物、纯番茄红素、姜黄提取物以及红甜菜根提取物均可用于提升山羊黄油的感官品质[61]。值得一提的是，将乳制品与水果果肉结合，不仅能优化山羊黄油的营养和功能特性，还可有效延长产品保质期[62]。

3 结语

2024年数据显示，我国山羊乳产业呈现快速发展的态势，其中陕西省作为核心产区表现尤为突出，羊乳产业链总产值突破465亿元，鲜羊乳和羊乳制品产量均占全国总量的60%以上[63]。从产品结构来看，当前市场仍以传统乳粉为主导（占比55%~60%），但功能性产品呈现25%~30%的高速增长，特别是添加特定益生菌株的发酵山羊乳产品，其抗氧化活性和肠道调节功效已获临床验证[26]。虽然以陕西Y公司为代表的龙头企业已实现全产业链布局，但在高端产品开发方面仍显不足，高端产品占比不足20%且特种配方乳粉仍依赖进口[64]。国际比较研究显示，发达国家市场更重视山羊乳的健康属性，其中欧美市场60%的消费者因健康诉求选择山羊乳制品，过敏人群替代率更高达85%[65]。展望未来，随着特殊医学用途配方食品、精准营养定制产品等高端产品的开发，以及生物活性成分稳态化技术、靶向递送系统等创新技术的应用，预计到2025年我国山羊乳制品市场规模将突破600 亿元，其中功能性产品占比有望提升至35%~40%，山羊乳产业将在健康食品领域建立更具竞争力的市场地位。

参考文献

[1] 令幸幸，唐永峰，聂林文，等.陕西奶山羊种业发展对策与建议[J].中国乳业，2024（8）：19–23.

[2] Hodgkinson A J，McDonald N A，Kivits L J，et al.Allergic responses induced by goat milk α S1–casein in a murine model of gastrointestinal atopy[J].Journal of Dairy Science，2012，95（1）：83–90.

[3] Pereira Á M S，de Farias D R B，de Queiroz B B，et al.Influence of a co–culture of Streptococcus thermophilus and Lactobacillus casei on the proteolysis and ACE–inhibitory activity of a beverage based on reconstituted goat whey powder[J].Probiotics and Antimicrobial Proteins，2019，11（1）：273–282.

[4] 姜红如，王惠君，王志宏，等.山羊乳营养功能特性与健康作用的研究进展[J].中国食物与营养，2024，30（11）：70–74.

[5] Palacios–Gonz á lez B，Vargas–Castillo A，Vel á zquez–Villegas L A，et al.Genistein increases the thermogenic program of subcutaneous WAT and increases energy expenditure in mice[J].The Journal of Nutritional Biochemistry，2019，68：59–68.

[6] 李艾黎，刘串，马艺鸣，等.山羊乳及其制品营养与功能特性的研究进展[J].食品科学，2023，44（5）：212–221.

[7] 刘岸书，范志红.山羊奶营养成分及其功能研究进展[J].中国乳品工业，2021，49（12）：33–38.

[8] Jung T H，Hwang H J，Yun S S，et al. Hypoallergenic and physicochemical properties of the A2 β–casein fraction of goat milk[J].Korean Journal for Food Science of Animal

中国乳业线上阅读

Resources，2017，37（6）：940–947.

[9] Zhang K，Zhang L，Han M，et al.Higher potential sensitization of cow αS1–casein over goat αS1–casein in a mouse model due to enhanced dendritic cell uptake and activation[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry，2024，72（5）：2765–2776.

[10] Xiao J，Ma J，Khan M Z，et al.Unlocking the potential of milk whey protein components in colorectal cancer prevention and therapy[J].Critical Reviews in Food Science and Nutrition，2024，64（33）：12961–12998.

[11] Zhao Z，Liu N，Wang C，et al.Proteomic analysis of differentially expressed whey proteins in Saanen goat milk from different provinces in China using a data–independent acquisition technique[J].Journal of Dairy Science，2021，104（10）：10513–10527.

[12] Hodgkinson J A，Wallace A O，Boggs I，et al.Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions[J].Food Chemistry，2018，245：275–281.

[13] Deshwal G K，Akshit，Kadyan S，et al.Applications of reverse osmosis in dairy processing：An Indian perspective[J].Journal of Food Science and Technology，2021，58（10）：3676–3688.

[14] Meena S，Rajput Y S，Sharma R.Comparative fat digestibility of goat，camel，cow and buffalo milk[J].International Dairy Journal，2014，35（2）：153–156.

[15] 张青，赵娟娟，石贤枝，等.山羊乳的营养组分分析及作为婴幼儿配方乳粉的喂养优势[J].中国乳品工业，2017，45（9）：35–40.

[16] 顾浩峰，张富新，梁蕾，等.山羊奶与牛奶和人奶营养成分的比较[J].食品工业科技，2012，33（8）：369–373.

[17] Lu J，Zhang Y，Song B，et al.Comparative analysis of oligosaccharides in Guanzhong and Saanen goat milk by using LC–MS/MS[J].Carbohydrate Polymers，2020，235：115965.

[18] Biadała A，Konieczny P.Goat’s milk–derived bioactive components–a review[J].Mljekarstvo，2018，68（4）：239–253.

[19] Ben–Ishay N，Oknin H，Steinberg D，et al.Enrichment of milk with magnesium provides healthier and safer dairy products[J].NPJ Biofilms and Microbiomes，2017，3（1）：24.

[20] Kasper H，Linette P，Wolf R，et al.Effect of pH and protein composition on proteolysis of goat milk proteins by pepsin and pancreatin[J].Food Research International，2023，173（P1）：113294–113294.

[21] 揭良，苏米亚.干湿混合工艺婴幼儿配方奶粉质量分析[J].中国乳品工业，2022，50（7）：61–64.

[22] 张闹.山羊乳酪蛋白酶解工艺优化及富肽中老年配方羊奶粉研发[D].咸阳：西北农林科技大学，2023.

[23] 张怡然，毕然，逄金柱，等.富硒高钙羊奶粉对大鼠骨质疏松的预防研究[J].中国奶牛，2023（2）：1–6.

[24] Costa M，Balthazar C，Franco R，et al.Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure[J].Journal of Dairy Science，2014，97（5）：2610–2618.

[25] Tian M，Cheng J，Wang H，et al.Effects of polymerized goat milk whey protein on physicochemical properties and microstructure of recombined goat milk yogurt[J].Journal of Dairy Science，2022，105（6）：4903–4914.

[26] 王道滇，肖梦林，魏光强，等.基于干酪乳杆菌ZLC01的山羊奶发酵乳及其特征性代谢物研究[J].食品与发酵工业，2024，50（9）：71–80.

[27] Sah B，Vasiljevic T，McKechnie S，et al. Physicochemical，textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre–rich pineapple peel powder during refrigerated storage[J].Food Science and Technology，2016，65：978–986.

[28] Zhang W，Al–Wraikata M，Shu Q，et al.Enhancement effect of kale fiber on physicochemical，rheological and digestive properties of goat yogurt[J].Food science & technology，2024，207：116649.

[29] Domagała J.Instrumental texture，syneresis，and microstructure of yoghurts prepared from ultrafiltrated goat milk：Effect of degree of concentration[J].International Journal of Food Properties，2012，15（3）：558–568.

[30] Ma J，Wang Q，Dou N，et al.Evaporative concentration and high–pressure homogenization for improving the quality attributes and functionality of goat milk yogurt[J].Food science & technology，2023，184：115016.

[31] Zhao X，Cheng M，Wang C，et al.Effects of dairy bioactive peptides and lotus seeds/lily bulb powder on flavor and quality characteristics of goat milk yogurt[J].Food Bioscience，2022，47：101510.

[32] Feng C，Wang B，Zhao A，et al.Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp[J].Food Chemistry，2019，277：238–245.

[33] Weizhe W，Rong J，Yuanyuan H，et al.Utilization of two plant polysaccharides to improve fresh goat milk cheese：Texture，rheological properties，and microstructure characterization.[J].Journal of Dairy Science，2023，106（6）：3900–3917.

[34] 宋社果，安小鹏，刘海燕，等.不同发酵剂对羊奶干酪成熟期间脂肪降解的影响[J].西北农林科技大学学报（自然科学版），2012，40（3）：175–178，184.

[35] Vyhmeister S，Geldsetzer–Mendoza C，Medel–Marabol í

中国乳业线上阅读

M，et al. Influence of using different proportions of cow and goat milk on the chemical，textural and sensory properties of Chanco–style cheese with equal composition[J].Food Science & Technology，2019，112：108226.

[36] Difonzo G，Antonino C，Caponio R G，et al.Enhanced production of xylooligosaccharides from vine shoots and their impact on the nutritional and technological properties of spreadable goat cheese[J].Food Science & Technology，2024，206：116605–116605.

[37] Gebreyowhans S，Zhang S，Pang X，et al.Changes in texture，composition and sensory characteristics of Camembert cheese made from a mixture of goat milk and cow milk during ripening[J].International Journal of Dairy Technology，2020，73（3）：604–615.

[38] Ragab E S，Zhang S，Pang X，et al.Ultrasound improves the rheological properties and microstructure of rennet–induced gel from goat milk[J].International Dairy Journal，2020，104：104642.

[39] 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.

[40] Miloradovic Z，Kljajevic N，Miocinovic J，et al.High heat treatment of goat cheese milk. The effect on yield，composition，proteolysis，texture and sensory quality of cheese during ripening[J].International Dairy Journal，2017，68：1–8.

[41] Hasan U，Yonca Y K.Effects of heat treatment，plant coagulant，and starter culture on sensory characteristics and volatile compounds of goat cheese[J].International Dairy Journal，2023，140：105588.

[42] 周雨，文华英.西藏牦牛液态奶加工技术研究[J].中国乳业，2019（4）：96–98.

[43] Zhao X，Cheng M，Zhang XX，et al.The effect of heat treatment on the microstructure and functional properties of whey protein from goat milk[J].Journal of Dairy Science，2020，103（2）：1289–1302.

[44] Wang C，Zhu Y，Wang J.Comparative study on the heat stability of goat milk and cow milk[J].Indian Journal of Animal Research，2016，50（4）：610–613.

[45] Zhao L，Zhang S，Lu J，et al.Effects of heat treatment and stabilizing salts supplementation on the physicochemical properties，protein structure and salts balance of goat milk[J].Food Science & Technology，2020，132：109878.

[46] Pesic M B，Barac M B，Stanojevic S P，et al.Effect of pH on heat–induced casein–whey protein interactions：A comparison between caprine milk and bovine milk[J].International Dairy Journal，2014，39（1）：178–183.

[47] 郭银萍.羊乳热加工特性及货架期品质研究[D].天津：天津科技大学，2023.

[48] Wang L，Wang C，Zhang X.Effects of different saccharides on the microstructure and functional properties of protein in goat milk during processing[J].International Journal of Food Science & Technology，2021，56（12）：6580–6590.

[49] Robins A，Radha K.Development of low–fat ice cream from goat milk incorporating whey protein concentrate[J].Indian Journal of Small Ruminants，2019，25（2）：222–225.

[50] Carvalho C C，Bodini R B，Sobral P J A，et al.Ice creams made from cow’s and goat’s milks with different fat concentrations：Physical–chemical and sensory properties[J] Food Science and Technology，2022，42：e79721.

[51] Şanlidere Aloğlu H，Özcan Y，Karasu S，et al.Influence of transglutaminase treatment on the physicochemical，rheological，and melting properties of ice cream prepared from goat milk[J].Mljekarstvo，2018，68（2）：126–138.

[52] Priscilla A O D D，T á ssio A O D J，Marques T S B，et al.Symbiotic goat milk ice cream with umbu fortified with autochthonous goat cheese lactic acid bacteria[J].Food science & technology，2021，141：110888.

[53] Robins A，Radha K，Sathian C T，et al.Development of low–calorie goat milk ice cream by using stevia leaf powder[J].The Pharma Innovation Journal，2019，8（1）：296–299.

[54] De Paula C M，Dos Santos K M O，Oliveira L S，et al.Fat substitution by inulin in goat milk ice cream produced with caj á（Spondias mombin）pulp and probiotic cultures：Influence on composition，texture，and acceptability among consumers of two Brazilian regions[J].Emirates Journal of Food and Agriculture，2020，32（2）：140–149.

[55] Yan M，Holden N M.Life cycle assessment of multi–product dairy processing using Irish butter and milk powders as an example[J].Journal of Cleaner Production，2018，198：215–230.

[56] Şenel E，Atamer M，Öztekin F Ş.The oxidative and lipolytic stability of Yayık butter produced from different species of mammals milk（cow，sheep，goat）yoghurt[J].Food Chemistry，2011，127（1）：333–339.

[57] Rashevska T，Vasheka O.The technology of butters’ enriching with carrots’ powder[J].Procedia Food Science，2011，1：1404–1409.

[58] Vidanagamage S，Pathiraje P，Perera O.Effects of Cinnamon（Cinnamomum Verum）Extract on Functional Properties of Butter[J].Procedia Food Science，2016，6：136–142.

[59] Thakaeng P，Wongsakul S，Mat Yusoff M.Development of value–added butter through the addition of green tea extract[J].International Food Research Journal，2020，27（3）：465–474.

中国乳业线上阅读

[60] Lee J.Changes in flavor compounds and quality parameters of goat cream butter during extended refrigerated storage[J]. International Journal of Food Properties，2020，23（1）：306–318.

[61] Marina F，Maiara S O D，Jânio S S，et al.From byproduct to a functional ingredient： Camu–camu Myrciaria dubia seed extract as an antioxidant agent in a yogurt model[J].Journal of Dairy Science，2020，103（2）：1131–1140.

[62] Chudy S，Cais–Sokoli ń ska D，Teichert J，et al.Colour and textural typologies of goat cream butter with sea buckthorn（Hippophae rhamnoides L.）puree：instrumental，sensory，and consumer input for product development[J].Mljekarstvo，2021，71（4）：237–247.

[63] 沈谦.去年陕西羊乳产业链总产值超过465亿元[N].中国食品安全报，2025–04–24（B01）.

[64] 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.

[65] Sindhu K，Nirupama S，Veerasamy S，et al.Goat milk protein digestibility in relation to intestinal function[J].The American Journal of Clinical Nutrition，2021，113（4）：845–853.

Study on Technical Challenges and Strategies in Diversified Production of Goat Dairy Products

WEI Lingshuang，LIU Yongfeng，SHU Qin*

College of Food Engineering and Nutritional Science，Shaanxi Normal University，Xi'an Shaanxi 710119

Abstract：Goat milk possesses high nutritional value with its composition being close to that of human breast milk. It is rich in milk proteins，milk fat，lactose，minerals and other nutrients. Its fat globules are small，with short fatty acid carbon chains and low αs1-casein content，resulting in fewer allergic reactions in humans. Currently，most of China's goat milk is used to produce milk powder，while a small portion is utilized for liquid milk，fermented milk，cheese and other products. This paper analyzed the nutritional components of goat milk，systematically reviewed the key technical challenges and solutions in the diversified development of products such as milk powder，fermented milk and cheese，and provided an outlook on the future development direction of the goat milk industry.

Keywords：goat milk；nutritional components；technical challenge；strategy

中国乳业线上阅读