

驼乳功能成分分析及其改善睡眠产品的开发研究

尚苗苗^{1, 2}, 张丽茹^{2, 3}, 台艳杰^{2, 3}, 黄新红^{2, 3}, 张宗杰^{2, 3}, 石 刚³, 张连潮^{2*},
再娜普·阿布都沙拉木⁴

(1.齐齐哈尔大学食品与生物工程学院, 黑龙江齐齐哈尔 161000; 2.新疆骆驼乳工程技术研究中心, 新疆伊犁 835400;
3.伊犁那拉乳业集团有限公司, 新疆伊犁 835400; 4.喀什大学, 新疆喀什 844000)

摘 要: [目的] 针对当前日益凸显的睡眠障碍问题, 弥补传统药物干预存在的副作用、成瘾性与依赖性缺陷, 本研究围绕驼乳的助眠功效展开系统探究, 深入解析其活性成分改善睡眠的潜在机制, 为研发天然来源的睡眠干预产品提供理论支撑。[方法] 通过文献梳理的方式, 系统剖析驼乳中酪蛋白源肽、 α -乳白蛋白、色氨酸、 ω -3脂肪酸、维生素C等关键营养与活性成分的睡眠调节机制; 结合动物试验开展功能验证, 并同步推进相关产品的研发与功能试验。[结果] 驼乳中的多种生物活性物质, 可通过调控神经递质合成、稳定神经功能、抗氧化、抗炎及调节神经信号通路等途径发挥助眠作用。动物试验与产品功能研究结果证实, 以菊粉、酸枣仁粉、茶叶茶氨酸为辅料研发的驼乳配方奶粉, 具备一定的助眠功效。[结论] 驼乳配方奶粉拥有一定的助眠功能与较高的开发价值, 在睡眠障碍干预领域具备广阔的应用前景。本研究为助眠类营养品的研发与应用提供了坚实的理论依据和实验基础。

关键词: 驼乳; 睡眠质量; 生物活性成分; 作用机制; 产品研发

文章编号: 1671-4393 (2026) 03-0107-09 DOI:10.12377/1671-4393.26.03.15

Functional Components of Camel Milk in Sleep Improvement: An Analytical Review and Product Development Prospects

SHANG Miaomiao^{1, 2}, ZHANG Liru^{2, 3}, TAI Yanjie^{2, 3}, HUANG Xinhong^{2, 3},
ZHANG Zongjie^{2, 3}, SHI Gang³, ZHANG Lianchao^{2*}, ZAINAB Abudushalamu⁴

(1.College of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar Heilongjiang 161000; 2.Xinjiang

基金项目: 伊犁哈萨克自治州科技计划项目—驼乳营养研究与功能性驼奶粉创制关键技术研究 (YJC2025B09); 新疆自治区中央引导地方资金项目 (ZYYD2025QY26)

作者简介: 尚苗苗 (2005-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 本科在读, 研究方向为食品科学与工程;
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;
台艳杰 (1979-), 女, 吉林吉林人, 本科, 研究方向为乳制品加工;
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;
张宗杰 (1978-), 男, 甘肃庆阳人, 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;
再娜普·阿布都沙拉木 (2003-), 女, 新疆伊犁人, 本科在读, 研究方向为食品质量与安全。

***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。

Camel Milk Engineering And Technology Research Center, Yili Xinjiang 835400; 3.Yili Nala Dairy Industry Group Co., Ltd., Yili Xinjiang 835400; 4.Kashi University, Kashi Xinjiang 844000)

Abstract: [Objective] To address the increasingly prominent problem of sleep disorders and make up for the side effects, addiction and dependence associated with traditional pharmaceutical interventions, this study focused on the sleep-improving efficacy of camel milk, systematically explored the potential mechanisms of its bioactive components in ameliorating sleep, and provided theoretical support for natural sleep intervention products.[Method] The sleep-regulating mechanisms of key nutritional and bioactive components in camel milk, including casein-derived peptides, α -lactalbumin, tryptophan, ω -3 fatty acids and vitamin C, were systematically analyzed through literature review. Functional verification was carried out combined with animal experiments, and the development and functional tests of relevant products were conducted simultaneously by Nala Dairy.[Result] A variety of bioactive substances in camel milk exert sleep-improving effects by regulating neurotransmitter synthesis, stabilizing neural function, antioxidation, anti-inflammation and modulating neural signaling pathways. Animal experiments and product functional studies confirmed that camel milk formula powder has a definite ameliorative effect on sleep disorders.[Conclusion] Camel milk formula powder has favorable sleep-improving function and high development value, showing broad application prospects in the intervention of sleep disorders. This study provides a solid theoretical basis and experimental foundation for the research, development and application of camel milk in sleep-improving products.

Keywords: camel milk; sleep quality; bioactive components; mechanism of action; product development

睡眠是维持机体正常生理功能的核心环节，目前全球有大量人群深受睡眠障碍的困扰。传统药物治疗虽能暂时缓解睡眠障碍症状，但长期服用会产生成瘾性，且存在较大的副作用风险，因此市场对天然、安全助眠物质的需求日益攀升，天然助眠物质的研发也成为食品领域的热点。色氨酸、 ω -3脂肪酸、维生素及矿物质等营养物质，可通过调节中枢神经系统、维持睡眠节律平衡发挥助眠作用，其中乳制品因生物活性物质含量高、易被人体吸收等特点，逐渐进入大众视野，成为承载天然助眠物质的重要载体。

相较于牛乳、羊乳等常见奶源，驼乳中含有高含量的色氨酸、维生素，以及独特的 ω -3脂肪酸与矿物质，为其助眠功效奠定了坚实的物质基础。但目前关于驼乳的研究多集中于抗氧化、低致敏性等

方面，其助眠功效与作用机制尚未得到系统性的论述和深入研究。因此，本文致力于分析驼乳的成分组成，系统阐述其在助眠方面的潜在机制与作用效果，并研发驼乳类助眠产品，通过功能性试验进一步验证产品功效，为助眠类营养品的研发提供理论依据与实验支撑。

1 睡眠问题的社会现状及影响睡眠的因素

睡眠作为一种自然且周期性重现的生理现象^[1]，是人体生命活动中不可或缺的重要组成部分。人的一生约有1/3的时间在睡眠中度过，良好的睡眠能够帮助人体消除疲劳、巩固记忆，并对免疫系统的恢复发挥不可替代的作用^[2]。随着现代社会的快速发展，快节奏的工作与生活方式使许多人出现以失眠、抑郁、焦虑为主要表现的睡眠障碍综合征，严

重影响人体健康与日常生活质量^[3]。睡眠问题已成为全球普遍存在的公共健康问题，且发生率呈逐年上升趋势^[4]。

世界卫生组织（WHO）相关调查指出，全球约27%的人群存在不同类型的睡眠障碍，其中青少年的睡眠问题多表现为入睡困难、早醒等；成年人则常出现夜间易醒、睡眠时间碎片化及昼夜节律紊乱等问题。研究表明，成年人群中约35%的人有过失眠困扰^[5]。长期、严重的睡眠障碍会诱发心脑血管疾病、糖尿病、抑郁症、痴呆等慢性疾病^[6, 7]。近年来，临床治疗睡眠问题仍以西药为主，但长期服用失眠类药物易产生药物成瘾等副作用^[8]。

睡眠问题的产生与多种因素相关，主要包括环境因素、心理因素、疾病因素及营养物质缺乏等四个方面：一是环境因素，光照异常、噪声干扰、居住环境舒适度不足、作息节律紊乱及夜间电子设备暴露等，均会对睡眠产生不良影响；二是心理与行为因素，紧张焦虑的情绪、工作生活的过重压力、焦躁的心态均可能诱发失眠，而睡前饮用浓茶、咖啡，吸烟饮酒，以及睡前2 h内进行剧烈运动等行为，也会显著降低睡眠质量；三是疾病因素，心脏疾病、肺部疾病、前列腺疾病等基础病症，常因引发夜间呼吸困难、频繁如厕等问题，导致睡眠质量不佳；四是营养物质缺乏因素，Jiang等^[9]通过孟德尔试验证实，维生素缺乏会对睡眠产生负面影响；Ji等^[10]发现，微量营养素会影响神经递质平衡与昼夜节律基因表达，进而间接影响睡眠质量；Sutanto等^[11]经数据收集研究发现，蛋白质的摄入与睡眠质量呈正相关。而驼乳中含有的酪蛋白、乳清蛋白、油酸、 ω -3系列长链多不饱和脂肪酸，以及丰富的维生素、矿物质和生长因子等营养物质，均与睡眠调节密切相关。

2 驼乳的成分组成及与睡眠的关系

驼乳富含多种生物活性成分，包含蛋白质、不饱和脂肪酸、多种维生素，以及K、Ca、Na、Mg、P等矿物质，还有免疫球蛋白（Ig）、乳铁蛋白

（LF）、溶菌酶、生长因子等，这些成分共同赋予驼乳抗氧化、抗炎、抗菌和免疫调节等多种生物活性，驼乳也因此被称为“沙漠白金”^[12, 13]。除此之外，结合现有文献研究与动物验证试验发现，驼乳在改善睡眠质量方面也发挥着一定作用，这为开发新型助眠功能性食品提供了重要的理论依据与物质支持。

2.1 蛋白质及氨基酸

驼乳的蛋白质含量一般在2.15%~4.61%范围内，且在泌乳期间，驼乳中的基本营养成分呈逐渐下降趋势^[14]。驼乳中的蛋白质主要由酪蛋白和乳清蛋白构成，其中酪蛋白占总蛋白质的52%~87%，占比高于乳清蛋白在1.63%~2.76%之间^[15]。

驼乳在关键活性成分的组成比例、特定含量及分子特征上具有显著的差异化优势：与牛乳（酪蛋白：乳清蛋白≈80：20）、羊乳（酪蛋白：乳清蛋白≈75：25）相比，驼乳酪蛋白与乳清蛋白的比例约为44：56，这一比例为其作为睡眠干预手段提供了重要的理论支撑^[16-18]。邓世洁等^[19]通过戊巴比妥钠睡眠行为实验，探究酪蛋白源肽协同戊巴比妥钠对小鼠睡眠的影响，结果表明酪蛋白源肽具备良好的助眠功能；进一步研究其对小鼠下丘脑中mRNA表达水平的影响发现，酪蛋白源肽可能通过提升GABA- α 1和5-HT1A的表达量，减弱神经元细胞的兴奋性，从而实现助眠与神经调节的双重功能。

同时，酪蛋白作为驼乳中的主要蛋白质，也是色氨酸的优质供给载体。色氨酸是人体必需氨基酸之一，是合成神经递质5-羟色胺的重要前体，而5-羟色胺是参与睡眠调节机制的核心物质^[20]。伊日贵^[21]的研究表明，骆驼奶中的天冬氨酸可刺激人体分泌褪黑素，帮助缩短入睡时间、提升睡眠质量。Barnard等^[22]的研究得出，睡前3.5 h内补充20~40 g α -乳白蛋白，可减少睡眠潜伏期，进一步提升睡眠效率与睡眠质量，且未发现 α -乳白蛋白对睡眠存在任何负面影响。

综上所述，驼乳中的酪蛋白、乳清蛋白及多种

活性氨基酸与多肽，可通过调节神经递质、提升相关受体表达、促进褪黑素分泌等多种途径，在改善睡眠和调节神经功能方面发挥潜在的应用价值。

2.2 脂肪与脂肪酸

骆驼乳的脂肪含量在1.2%~6.4%之间波动，该数值范围与骆驼的饲料、品种、年龄及泌乳阶段密切相关，据统计其平均含量为 $(3.5 \pm 1.0)\%$ ^[23]。乳中的脂类不仅能为人体提供能量，补充必需脂肪酸，还是脂溶性维生素的重要溶剂^[24]。与其他动物的乳脂相比，驼乳中的乳脂更易被人体消化吸收，是维持人体生长发育和身体健康的重要营养素^[25, 26]。

李磊等^[27]采用气相色谱法检测发现，驼乳中总计检出33种脂肪酸，其中棕榈酸的相对含量最高。乳脂中最重要的单不饱和脂肪酸为油酸^[28]，油酸有助于调节身体代谢，减少代谢紊乱对睡眠节律的干扰，为睡眠营造稳定的身体内环境。驼乳中5种长链脂肪酸占总脂肪酸的75.83%，其中亚油酸和亚麻酸分别占4.42%和1.43%^[29]，且驼乳中的ALA、EPA和DHA含量均高于牛乳粉与羊乳粉^[30]。

属于 ω -3系列的亚麻酸、DHA、EPA，可减轻中枢神经系统的炎症反应，避免炎症因子干扰睡眠节律中枢，有助于延长深度睡眠时长。Shimizu等^[31]的研究发现，补充 ω -3长链多不饱和脂肪酸的实验组，其睡眠效率显著高于对照组；主观评估结果也显示， ω -3脂肪酸可有效改善睡眠质量。由此可见，驼乳脂肪不仅含量适中、易消化吸收，其富含的油酸及 ω -3系列长链多不饱和脂肪酸，还可通过调节机体代谢、减轻中枢炎症，对睡眠质量产生积极的调控作用。

2.3 维生素及矿物质

骆驼乳中含有多种维生素，包括维生素A、维生素C、维生素D、维生素E及B族维生素等^[13]，其中维生素C的含量为 (34.3 ± 10.10) mg/L，是牛乳 (9.42 ± 2.10) mg/L的3~5倍^[24]。维生素C是强效抗氧化剂，可抑制脂质过氧化自由基的生成，阻断脂质过氧化反应，防止自由基对人体组织造成损伤；同时，维生素C能使生育酚自由基重新还原为生育

酚，因此生育酚与维生素C在体内可协同发挥清除自由基的作用^[32]。若体内自由基过多且未被及时清除，会导致神经细胞异常兴奋，干扰抑制性神经递质的释放，进而引发入睡困难、睡眠易醒、睡眠浅等问题。

驼乳中的矿物质含量占总灰分含量的0.60%~1.30%^[14]，富含K、Ca、Na、Mg、Zn、Fe等元素及人体必需的多种微量元素^[33]。Mehaia等^[34]研究报道了单峰驼乳中Ca、K、Zn和Fe的平均含量（表1）；Zhang等^[35]的研究显示，阿拉善双峰驼产后2 h乳中Ca、P、K、Na、Cl的含量丰富（表2）。丰富的Ca、Mg等矿物质可通过稳定神经功能调节睡眠质量。Ca是维持神经细胞膜电位稳定和神经递质正常传递的核心物质，静息状态下可维持细胞膜电位差，受刺激时参与动作电位复极化，确保神经冲动正常传导；同时， Ca^{2+} 内流可促进乙酰胆碱等神经递质释放，保障信号传递^[36]，进而抑制大脑皮层神经元的过度兴奋，帮助机体维持稳定的深度睡眠状态。补充适量的 Ca^{2+} 还能使肌肉细胞膜电位更稳定，减少夜间肌肉异常收缩，提升并保证睡眠的完整性。Bojarskaite等^[37]通过小鼠试验得出， Ca^{2+} 信号通路的基因消融会损害慢波睡眠，导致微觉醒次数增加、脑节律异常，以及慢波睡眠状态转换和睡眠纺锤波频率改变，结果表明星形细胞 Ca^{2+} 信号传导在调节慢波睡眠中发挥着重要作用。

表 1 单峰驼乳中矿物质的含量

Table 1 Mineral Content in Camel Milk from Dromedary Camels

矿物质	Ca	K	Zn	Fe
含量 (mg/100g)	116	144	0.59	0.23

表 2 双峰驼乳中矿物质的含量

Table 2 Mineral Content in Camel Milk from Bactrian Camels

矿物质	Ca	P	K	Na	Cl
含量(mg/100g)	222.58	153.74	136.50	65.00	141.10

可见，驼乳中丰富的维生素与钙、镁等矿物质，可通过抗氧化、稳定神经细胞膜电位及调控钙信号通路等途径，有效改善人体睡眠质量。

2.4 免疫活性物质

综合分析各项研究结果得出，驼乳含有乳铁蛋白、免疫球蛋白（Ig）、溶菌酶、类胰岛素等功效

因子,具有抗炎、免疫调节的作用,还能在缓解糖尿病、肝损伤、结肠炎、肾病等方面发挥医疗保健效果^[38-40]。Uesaki等^[41]通过试验研究发现,即便两次旅行中导游的睡眠时长均有限,但服用含有乳铁蛋白的脂质体饮品后,其睡眠质量得到了显著改善;Besedovsky等^[42]的研究指出,睡眠与免疫系统存在双向关联,微生物刺激引发的炎症反应,会根据反应强度和持续时间改变睡眠时长与质量,而充足的睡眠能通过调节激素水平辅助免疫功能,维持炎症稳态,同时免疫系统的激活也会反向调节睡眠状态,免疫球蛋白可间接改善睡眠质量。

由此可知,驼乳所含的乳铁蛋白、Ig等生物活性因子,在发挥抗炎、免疫调节等生理功能的同时,可通过睡眠-免疫双向调控机制,对睡眠质量产生积极的改善作用。

2.5 生长因子

驼乳中富含多种生长因子,在细胞的生长、繁殖、分化和修复过程中发挥着重要作用。其中较为常见的神经生长因子和脑源性神经营养因子均能改善与调节睡眠,且其含量分别为牛乳的3.2倍和4.7倍^[43]。Takahashi等^[44]为探究神经生长因子的作用,给兔子植入脑电图电极、脑部温度传感器和脑室内引导套管,向其脑室内注射不同剂量的人 β -神经生长因子,并以注射无菌生理盐水作为对照,同时记录脑电图和脑温,结果表明,较高剂量的神经生长因子能显著增加兔子的睡眠时长,明确了神经生长因子可调节睡眠状态。Yamuy等^[45]将神经生长因子微量注射到猫的脑桥网状结构,发现其诱导出与快速眼动睡眠生理特征一致的行为状态。

综上,驼乳中富含的神经生长因子、脑源性神经营养因子等生长因子,可通过调控中枢神经活动与睡眠相关生理过程,对睡眠状态及睡眠结构发挥良好的调节作用。

3 驼乳改善睡眠的综合机制与产品开发

3.1 综合机制

驼乳中发挥改善睡眠作用的有效物质并非单一

成分,而是通过多种物质协同作用共同实现助眠效果。现有文献研究证实,驼乳中的各类成分可通过多途径协同改善睡眠质量:蛋白质及氨基酸可通过调节神经递质表达,减弱神经元的兴奋性; ω -3系列脂肪酸可通过稳定机体代谢环境、维持睡眠节律平衡,减少节律紊乱对睡眠的影响;高含量的维生素C可与其他抗氧化物质协同清除自由基,降低神经细胞的异常兴奋;Ca、Mg等矿物质可通过稳定细胞膜电位与神经功能,帮助机体维持深度睡眠状态。各类成分相互配合、各司其职,形成协同作用的网络,共同发挥良好的助眠功效。

3.2 产品开发

驼乳富含多种营养物质,在改善睡眠质量、缓解睡眠相关不适方面已展现出积极效果,为睡眠障碍的营养干预提供了潜在途径,具有较高的开发利用价值。本研究以菊粉、酸枣仁粉、茶叶茶氨酸为辅料,研发出具有助眠作用的配方乳粉——那拉丝醇眠康配方驼奶粉,并开展针对性的功能试验,验证产品的实际助眠效果。

其中,菊粉能通过纠正节律基因的异常表达,缓解昼夜节律失调问题,进而改善睡眠^[46];酸枣仁属养心安神类药食同源物质,味甘质润,具有养心安神的功效^[47],酸枣仁汤及其提取物可通过减轻炎症、调节神经递质改善失眠症状^[48];朱晶晶^[49]的研究证实,茶叶茶氨酸、酸枣仁水提物均为具有改善睡眠作用的功效成分,可有效改善睡眠状态,在睡眠障碍的辅助干预中发挥积极作用。

3.3 功能试验

3.3.1 试验原理

斑马鱼与哺乳动物拥有高度相似的神经系统,且调控睡眠的关键分子及神经元细胞群(如单胺能神经元、胆碱能神经元、下丘脑素能神经元)在其体内高度保守,因此成为睡眠相关研究的理想模式动物。同时,H1组胺受体拮抗剂、褪黑素激动剂、 α -2肾上腺素能激动剂等多种催眠相关物质在斑马鱼体内的作用效应也表现出保守性,进一步验证了该模型在睡眠研究中的可靠性。

从分子机制来看， γ -氨基丁酸（GABA）是中枢神经系统重要的抑制性神经递质，其功能正常与否直接影响睡眠稳态；戊四唑（PTZ）作为特异性GABA受体拮抗剂，小剂量即可通过抑制GABA的抑制作用，诱导斑马鱼产生失眠样行为异常，该异常主要表现为总运动距离显著增加，且可通过行为分析仪进行精准定量检测。基于此，本试验以PTZ构建斑马鱼失眠模型，选用氯化锂作为阳性对照药物，通过评价受试样品对斑马鱼总运动距离的影响，探究其改善睡眠的潜在功效。

3.3.2 材料与方法

（1）实验仪器与试剂：斑马鱼行为轨迹跟踪系统（DanioVision）（BOM-ZDAN-OBS），诺达思（北京）信息技术责任有限公司；戊四唑（CAS：54-95-5）、氯化锂，国药集团化学试剂有限公司；那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉，新疆那拉本源乳业有限公司。

（2）实验动物：野生型AB品系斑马鱼，选用受精后4~5天的斑马鱼开展试验，成鱼的饲养与繁殖严格参照斑马鱼标准化饲养规范执行。

（3）安全测试浓度（MTC）测定：随机选取受精后4~5天的野生型AB品系斑马鱼置于6孔板中，每孔处理30尾斑马鱼；通过水溶方式给予那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉，设置200、500、1 000 $\mu\text{g/mL}$ 三个浓度组，同时设置空白对照组，每孔溶液容量为3 mL。连续处理2天后，测定样品对斑马鱼的MTC，结果显示500 $\mu\text{g/mL}$ 为样品对斑马鱼的最大安全浓度，将该浓度用于后续的功能试验。

（4）试验流程：试验分为正常对照组、模型对照组、阳性对照组和样品（那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉）处理组。其中正常对照组未经任何处理；

模型对照组、样品处理组、阳性对照组均摄入等量的戊四唑（戊四唑通过溶解于养鱼用水的方式被斑马鱼摄入）；阳性对照组在摄入戊四唑的同时摄入氯化锂；样品处理组在摄入戊四唑的同时摄入受试样品。待处理一段时间后，对各组斑马鱼进行行为学分析，最终以斑马鱼的总运动距离作为核心检测指标。

（5）数据处理与判断依据：采用SPSS26软件进行数据统计分析，使用GraphPadPrism8进行作图，数据以“平均值±标准差”表示；试验结果先通过SPSS软件进行正态分布检验，符合正态分布的资料采用t检验或方差分析（ANOVA），不符合正态分布的采用非参数检验（结果P值<0.05表示存在统计学显著差异）。模型对照组与空白对照组相比，若斑马鱼移动距离显著增加（ $P<0.05$ ），说明失眠模型构建成功；样品处理组与模型对照组对比，若样品处理组斑马鱼移动距离显著小于模型对照组（ $P<0.05$ ），说明该样品具有改善睡眠的功效。

（6）适用及局限性：本试验方法适用于保健品、食品、化妆品及其原料的改善睡眠功效检测，要求样品能溶于水或在水中制备成均匀分散的悬浮液。

3.3.3 试验结果

试验结果分析见表3、表4和图1。根据各组试验数据对比分析发现，样品处理组斑马鱼的总运动距离显著小于模型对照组，表明那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉在改善睡眠障碍、提升睡眠质量方面具有一定作用。

表 3 安全测试浓度测定结果表

Table 3 Determination Results of Safety Test Concentrations			
检测项目	检测浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）	P 值	检测结果
改善睡眠功效	500	< 0.01	有效

表 4 斑马鱼移动距离统计结果表
Table 4 Statistical Results of Zebrafish Movement Distance

分组	平均值	标准差	平均值 ± 标准差	单位：mm
				Unit:mm
空白对照组	170.47	172.39	170.47±172.39	—
模型对照组	624.00	261.29	624.00±261.29	—
阳性对照组	314.33	143.30	314.33±143.30	46.92
样品处理组	316.16	113.76	314.33±143.30	49.33

注：改善率（%）=（模型组平均移动距离-试验组平均移动距离）/模型组平均移动距离×100%

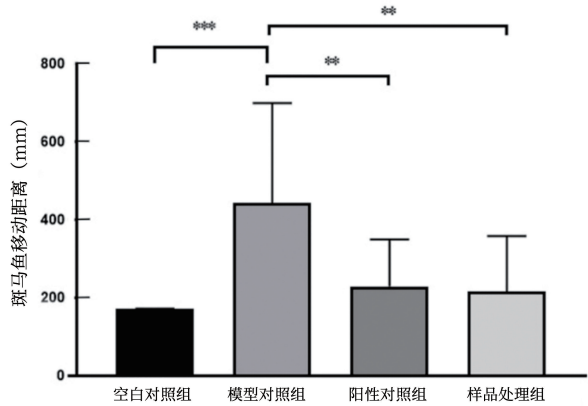


图1 斑马鱼运动距离对比

Figure 1 Comparison of Zebrafish Movement Distance

图注：模型组与空白组相比， $P<0.001$ ；阳性组与模型组相比， $P<0.001$ ；样品组与模型组相比， $P<0.001$ ； $：$ $P<0.05$ ； $：$ $P<0.01$ ； $：$ $P<0.001$ ； P 值越小代表组间差异越显著

3.3.4 试验结论

本研究以驼乳为核心原料，结合菊粉、茶叶茶氨酸及药食同源物质酸枣仁粉的助眠功效，经科学配比研发出那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉。通过斑马鱼失眠模型功能性试验验证，该产品在500 $\mu\text{g/mL}$ 的安全浓度下，可一定降低失眠模型斑马鱼的运动距离，证明其在改善睡眠障碍、提升睡眠质量方面具有一定功效。

4 驼乳作为天然助眠物质的应用前景

本研究通过斑马鱼失眠模型，初步验证了500 $\mu\text{g/mL}$ 浓度下该配方驼乳的助眠功效及安全性，其助眠效果与阳性药物氯化锂相当（可使失眠斑马鱼的运动距离减少49.33%）。但本次研究仍存在一定的局限性：其一，试验模型较为单一，仅采用戊四唑诱导的斑马鱼急性失眠模型，未涵盖慢性失眠、节律紊乱型失眠等临床常见的失眠类型，且斑马鱼与哺乳动物存在生理差异，可能限制试验结果向人体的外推性；其二，检测指标较为局限，仅以总运动距离作为失眠改善的核心评价指标，缺乏对斑马鱼睡眠周期（如睡眠潜伏期、总睡眠时间、睡眠片段化程度）、中枢神经递质（如GABA、褪黑素、5-羟色胺）含量及相关基因表达的检测，难

以全面揭示配方驼乳的助眠机制；其三，试验条件的可控性与重复性有待进一步验证，未系统考察驼乳配方中各成分（如酪蛋白源肽、酸枣仁粉、茶氨酸）的单独作用及协同效应，也未明确不同剂量、不同给药时长对助眠效果的影响；其四，未开展长期毒性试验，对配方驼乳长期摄入的安全性及潜在影响缺乏数据支撑。

未来的研究需围绕那拉丝醇牌眠康配方骆驼奶粉重点开展以下工作：一是拓展试验模型，开展哺乳动物慢性失眠模型试验及人体临床试验，明确产品的适宜摄入量与长期食用安全性；二是深入研究驼乳源性成分与菊粉、酸枣仁粉、茶氨酸的协同助眠机制，锁定核心的活性成分组合；三是优化产品的应用场景（如摄入量、冲调条件等），建立多维度的产品功效评价体系；四是强化特殊人群（如老年人、青少年、孕产妇）的适用性与安全性研究；五是基于助眠机制进一步优化产品配方，推进产品迭代与功能多元化开发，进一步挖掘并完善驼乳在功能性食品研发中的应用价值。

参考文献

[1] 医学名词审定委员会，睡眠医学名词审定委员会. 睡眠医学名词[M]. 北京：科学出版社，2022.

[2] 唐仲良. 神经系统生理学[M]. 上海：复旦大学出版社，1991.

[3] 李旭，李金科，侯莉明，等. 睡眠障碍与慢性疾病关系的研究进展[J]. 国际老年医学杂志，2025，46（4）：468-471.

[4] Allen R P, Singer H S, Brown J E, et al. Sleep disorders in Tourette syndrome: A primary or unrelated problem?[J]. Pediatric Neurology, 1992, 8（4）：275-280.

[5] Sateia M J, Doghramji K, Hauri P J, et al. Evaluation of chronic insomnia [J]. Sleep, 2000, 23（2）：1-66.

[6] Foley D, Ancoli-israel S, Britz P, et al. Sleep disturbances and chronic disease in older adults results of the 2003 National Sleep Foundation Sleep in America Survey[J]. Psychosomatic Research, 2004, 56（5）：497-502.

[7] Garcia A D. The effect of chronic disorders on sleep in the elderly[J]. Clinics in Geriatric Medicine, 2008, 24（1）：27-38.

[8] 张婷. 牡蛎酶解产物改善睡眠作用研究及产品开发[D]. 湛江：广东海洋大学，2021.

[9] Jiang Y Y, Ge S Q, Wang C Y, et al. Causal relationship between micronutrient and sleep disorder: A mendelian

- randomization study[J]. *Nature and Science of Sleep*, 2024, 16: 1267-1277.
- [10] Ji X, Grandner M A, Liu J H. The relationship between micronutrient status and sleep patterns: A systematic review [J]. *Public Health Nutrition*, 2017, 20 (4): 687-701.
- [11] Sutanto C N, Loh W W, Toh D W K, et al. Association between dietary protein intake and sleep quality in middle-aged and older adults in Singapore[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2022, 9: 832341.
- [12] 蔡树东, 潘伊微, 李文, 等. 中国双峰骆驼乳营养价值研究进展[J]. *中国乳业*, 2025, (12): 109-117, 123.
- [13] 李丹蕾, 孔夏冰, 于悦, 等. 驼乳营养成分分析与真实性鉴别研究进展[J]. *食品科学*, 2025, 46 (10): 346-357.
- [14] 肖宇辰. 基于组学技术研究不同泌乳期驼乳蛋白质、代谢物及脂质组成差异[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2022.
- [15] 王乃慧. 热处理对驼乳理化性质及体外消化特征的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021.
- [16] Jeong J, Kim S, Park J, et al. Structural and nutritional superiority of camel milk whey protein based on amino acid profiling and secondary structure analysis[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2025, 60 (2): 456-465.
- [17] Faye B, Konuspayeva G, Loiseau G. Camel milk composition by breed, season, publication year, and country: A global systematic review, meta-analysis, and meta-regression[J]. *Dairy Science & Technology*, 2025, 105: 1-22.
- [18] Fox P F, McSweeney P L H. *Dairy chemistry and biochemistry*[M]. London: Blackie Academic & Professional, 2000.
- [19] 邓世洁, 刘玲, 黄菊, 等. 酪蛋白源肽TPTLN助睡眠作用及其机制 [J]. *食品科学*, 2025, 46 (3): 119-127.
- [20] 陆泳, 陈国强, 马崔, 等. L-色氨酸双盲法治疗睡眠障碍[J]. *新药与临床*, 1990 (2): 99-100, 96.
- [21] 伊日贵. 中国不同地区双峰驼乳营养成分的差异分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.
- [22] Barnard J B, Roberts S, Kelly M, et al. Alpha-lactalbumin and sleep: A systematic review[J]. *Journal of Sleep Research*, 2024, 33 (5): e14141.
- [23] Swelum A A, El-Saadony M T, Abdo M, et al. Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of Camel' s milk: A review[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, 28 (5): 3126-3136.
- [24] 王曙阳, 梁剑平, 魏恒, 等. 骆驼、牛、羊、人乳中维生素C含量测定与比较[J]. *中兽医医药杂志*, 2009, 28 (6): 35-37.
- [25] 陆东林, 徐敏, 李景芳, 等. 双峰驼乳的化学成分和营养价值[J]. *新疆畜牧业*, 2019, 34 (5): 4-12.
- [26] 吉日木图, 张和平, 苏雅拉玛. 蒙古国戈壁红双峰驼乳化学组成及其动态变化[J]. *食品科学*, 2007 (8): 399-403.
- [27] 李磊, 王昆, 何静, 等. 驼、牛、羊乳中脂肪酸含量的比较分析[J]. *食品科学*, 2019, 40 (6): 223-227.
- [28] 陆东林, 王文秀, 徐敏, 等. 不同动物乳脂肪酸组成的比较分析[J]. *新疆畜牧业*, 2014 (4): 7-10.
- [29] 徐敏, 陆东林, 罗晓红, 等. 新疆双峰驼乳成分及特性分析[J]. *中国奶牛*, 2014, (15): 49-52.
- [30] 陆东林, 叶东东, 徐敏, 等. 驼乳粉脂肪酸含量和组成分析 [J]. *中国奶牛*, 2017 (5): 35-39.
- [31] Shimizu K, Kuramochi Y, Hayamizu K. Effect of omega-3 fatty acids on sleep: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 2024, 75 (3): 204-212.
- [32] 丛林, 朱静华. 浅谈维生素C的功效和使用[J]. *田径*, 2023 (4): 83-84.
- [33] 赵璐. 新疆北部地区骆驼乳及驼乳粉中营养成分及生物活性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2017.
- [34] Mehaia M A. Mineral Contents of Milk of Cattle, Camels, Goats and Sheep in the Central Region of Saudi Arabia[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, 44 (10): 3072-3075.
- [35] Zhang H, Yao J, Zhao D, et al. Changes in chemical composition of Alxa Bactrian Camel milk during lactation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88 (10): 3402-3410
- [36] 陈凯. 钙离子在人体生理活动中的常见作用机制[J]. *中学生理科应试*, 2024 (12): 51-52.
- [37] Bojarskaite L, Bjornstad D M, Pettersen K H, et al. Astrocytic Ca²⁺ signaling is reduced during sleep and is involved in the regulation of slow wave-sleep[J]. *Nature-Communications*, 2020, 11: 3240.
- [38] Ayoub M A, Palakkott A R, Ashraf A, et al. The molecular basis of the anti-diabetic properties of camel milk[J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2018, 146: 305-312.
- [39] Ming L, Qiao X Y, Yi L, et al. Camel milk modulates ethanol-induced changes in the gut microbiome and transcriptome in a mouse model of acute alcoholic liver disease[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103 (5): 3937-3949.
- [40] He J, Guo K J, Chen Q, et al. Camel milk modulates the gut microbiota and has anti-inflammatory effects in a mouse model of colitis[J]. *Journal of Dairy Science*, 2022, 105 (5): 3782-3793.
- [41] Uesaki S, Yamato M, Ishikado A, et al. Liposomal lactoferrin reduces brain neuroinflammation in rats and alleviates jetlag and improves sleep quality after long-haul travel[J]. *Neurosci*, 2025, 6 (1): 19

- [42] Besedovsky L, Lange T, Haack M. The sleep-immune crosstalk in health and disease[J]. *Physiological Reviews*, 2019, 99 (3) : 1325-1380.
- [43] 驼乳神经保护活性成分研究 [J]. *中国神经科学杂志*, 2025, 31 (2) : 145-152.
- [44] Takahashi S, Krueger J M. Nerve growth factor enhances sleep in rabbits. *Neuroscience Letters*, 1999, 264 (2) : 149-152.
- [45] Yamuy J, Morales FR, Chase M H. Induction of rapid eye movement sleep by the microinjection of nerve growth factor into the pontine reticular formation of the cat[J]. *Neuroscience*, 1995, 66 (1) : 9-13.
- [46] Cheng W Y, Lam K L, Kong A P S, et al. Prebiotic supplements (β glucan and inulin) alleviate circadian disruption induced by shifting light-dark cycles in mice by regulating circadian clock gene expression[J]. *Food Research International*, 2020, 137: 109437.
- [47] 朱爱静. 炒酸枣仁粉治疗老年人神经衰弱38例疗效观察 [J]. *医学理论与实践*, 2000, (12) : 748.
- [48] Wang S X, Zhao Y, Hu X G. Exploring the mechanism of Suanzaoren decoction in treatment of insomnia based on network pharmacology and molecular docking[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2023, 14: 1145532.
- [49] 朱晶晶, 焦劼. 茶叶茶氨酸与酸枣仁水提物的改善睡眠作用的研究[J]. *现代食品*, 2022, 28 (21) : 188-191, 197.