

中草药提取物对羊免疫机能的影响研究进展

白博文¹, 于磊², 丛玉艳^{1*}

(1. 沈阳农业大学动物科学与医学学院, 辽宁沈阳 110866; 2. 赤峰市农畜产品质量安全中心, 内蒙古赤峰 024000)

摘要: 随着畜牧业的高速发展, 动物生产中抗生素的不合理使用已引发药物残留、细菌耐药性等一系列公共卫生与生态安全问题, 严重威胁人类和动物健康。因此, 开发安全、高效、无残留的抗生素替代品已成为当前畜牧业的研究热点。中草药富含多糖、多酚等多种生物活性成分, 具有来源广泛、纯天然、无残留等特点。中草药活性成分可以通过 MAPK 等信号通路调控相关基因的转录过程, 从而调节免疫因子水平, 影响机体的免疫机能。现有研究表明, 特定中草药提取物可显著提升羊血清免疫球蛋白 IgA、IgG、IgM 水平, 并调节 IL-2、IL-6 等细胞因子表达, 从而增强机体免疫功能。本文综述了中草药活性成分对羊免疫调节功能的分子机制及作用通路, 旨在为植物源性饲料添加剂在畜牧生产体系中的科学应用提供理论依据和实践指导。

关键词: 中草药提取物; 免疫调节; 免疫球蛋白; 炎症因子

中图分类号: S826.5

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250418-04

我国农业农村部于 2019 年发布第 194 号公告, 明确规定自 2020 年起全面停用促生长类抗生素饲料添加剂, 标志中国正式进入“全面禁抗”阶段。在抗生素使用受到严格限制的背景下, 中草药因其天然性、多功能性等优势, 在畜牧业发展中体现出不可替代的作用^[1]。中草药不仅富含蛋白质、氨基酸、脂肪酸等基础营养物质, 还包含生物碱、多糖等生物活性成分, 这些成分不仅可满足动物的基本营养需求, 还具备免疫调节、抗氧化、抗炎等多种生理功能, 使中草药兼具了营养补充与健康调控的双重功效, 从而提高动物的生产性能^[2-3]。我国作为全球中草药资源最丰富的国家之一, 拥有可开发利用的药用植物近 6 000 种, 其中经科学验证适用于饲料添加剂的中草药品种已超过 1 280 种。目前, 中草药在畜牧生产中的应用形式多样, 常见的中草药添加方式有复方制剂、中草药提取物、中草药单体、中草药超微粉剂等^[4]。羊的免疫机能低下易导致传染病和寄生虫

病高发, 引发腹泻、营养不良, 降低饲料转化率, 母羊的免疫状态也会影响妊娠和羔羊存活。通过测定免疫球蛋白和细胞因子含量、免疫器官发育状态等指标可以了解动物免疫机能的变化。目前中草药提取物在羊免疫调控中的研究主要体现在对炎症因子、体液免疫和免疫器官的影响, 而对于免疫调控的分子机制研究较少。本文主要就中草药提取物对羊免疫机能的影响进行综述, 以期养殖实践中提高羊的健康状况和生产性能提供参考。

1 调节免疫因子

1.1 细胞因子的双向平衡 中草药提取物对细胞因子的调节具有双向性特征, 既能抑制过度的促炎反应, 又可激活抗炎机制。丝裂原活化蛋白激酶 (Mitogen-Activated Protein Kinase, MAPK) 是细胞内重要的信号传导通路, 包含细胞外信号调节激酶 (Extracellular Signal-Regulated Kinase, ERK)、c-Jun 氨基末端激酶 (c-Jun N-terminal kinase, JNK)、p38 3 条主要通路。其中 p38 通过上游信号激活丝裂原活化蛋白激酶激酶 3 (Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 3, MKK3) / 丝裂原活化蛋白激酶激酶 6 (Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 6, MKK6), 触发自身苏氨酸-180 (Threonine-180, Thr-180) / 酪氨酸-182 (Tyrosine-182, Tyr-

收稿日期: 2025-04-18; 修回日期: 2025-06-28

资助项目: 国家绒用羊产业技术体系辽阳绒山羊综合试验站 (CARS-39-27); 兴辽英才计划 (XLYC2413013)

作者简介: 白博文 (2002-), 男, 辽宁东港人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学研究, E-mail: 13889231523@163.com

* 通信作者: 丛玉艳 (1972-), 女, 黑龙江人, 教授, 主要从事反刍动物营养与饲料研究, E-mail: cyy66@163.com

182) 位点磷酸化, 进而磷酸化 I κ B 激酶 (I κ B Kinase, IKK), 促进核因子 κ B (Nuclear Factor kappa B, NF- κ B) 进入细胞核, 游离在细胞核内的 NF- κ B 结合到特定的 DNA 序列上, 调控相关基因的转录过程, 最终调节免疫因子的水平^[5-7]。

1.1.1 多糖类 多糖类成分可以通过与免疫细胞表面的受体结合, 激活多种信号通路, 调节机体促炎因子、抗炎因子和趋化因子水平, 进而调节免疫系统^[8]。研究发现, 日粮中添加 0.3% 的辣木多糖可显著提高羔羊的肿瘤坏死因子- α (Tumor Necrosis Factor- α , TNF- α) 含量, 增强山羊羔的免疫防御能力^[9]; 添加 0.4% 诺丽果多糖提取物可以提高绒山羊白细胞介素-6 (Interleukin-6, IL-6) 和 TNF- α 等基因表达, 促进 IL-6 和 TNF- α 等促炎因子的分泌, 进而增强免疫功能^[10]; 添加 50、80 g/kg 黄芪根部能显著提高藏羊血清白细胞介素-2 (Interleukin-2, IL-2)、白细胞介素-4 (Interleukin-4, IL-4)、白细胞介素-10 (Interleukin-10, IL-10) 含量, 同时降低 IL-6 水平^[11]。

1.1.2 皂苷类 皂苷可通过 TLRs、NF- κ B、MAPK 等各种免疫相关信号通路诱导免疫细胞活化和细胞因子释放, 从而启动先天免疫反应并促进抗原特异性免疫反应^[12]。张艳等^[13]研究发现, 添加 2 g/kg 苜蓿皂苷能显著降低断奶湖羊促炎因子 TNF- α 、IL-6 含量, 并显著提高 IL-10 等抗炎因子含量。

1.1.3 多酚类 多酚类可以通过抑制 TOLL 样受体 4 (Toll-Like Receptor 4, TLR4) 和 NF- κ B 的激活来调节炎症信号通路, 以此产生抗炎作用^[14]。徐养滨等^[15]研究表明, 添加 200 mg/d 百里酚和香芹酚能显著降低羔羊血清 TNF- α 和 IL-6 浓度, 并显著提高血清 IL-10 浓度。

1.1.4 植物精油类 植物精油可以通过靶向与炎症相关的信号通路的重要基因和蛋白质发挥抗炎作用^[16]。Jia 等^[17]研究发现, 在羔羊日粮中添加牛至精油降低了空肠黏膜中 NF- κ B、TLR4 和 IL-6 的 mRNA 表达, 表明牛至精油能够通过抑制 TLR4/NF- κ B 通路减轻肠道炎症, 抑制促炎反应, 改善羔羊免疫机能。

1.2 多组分协同增效作用 干扰素 (Interferon, IFN) 是宿主细胞分泌的一类细胞因子, 能够激活巨噬细胞和自然杀伤细胞 (Natural Killer Cell, NK) 的抗病毒功能。Cui 等^[18]通过有关口蹄疫的研究发现, 由大

豆油、维生素 E 和人参皂苷组成的植物油佐剂能显著提高湖羊血清干扰素- γ (Interferon- γ , IFN- γ) 和 IL-4 水平, 从而增强湖羊的免疫抗炎能力。有研究表明, 日粮中添加中草药复方 (党参、白术、黄芪) 能够显著提高简州大耳羊的血清免疫球蛋白 G (Immunoglobulin G, IgG)、IFN- γ 、总超氧化物歧化酶 (Total Superoxide Dismutase, T-SOD) 和碱性磷酸酶 (Alkaline Phosphatase, AKP) 含量^[19], 表明这种多组分协同作用使中草药能够增强机体的免疫防御、抗氧化应激和代谢调节能力, 形成系统性抗病网络, 从多种途径维持机体健康。

2 提高体液免疫

2.1 促进 B 淋巴细胞分化与免疫球蛋白生成 中草药含有的活性成分可刺激免疫器官功能, 促进 B 淋巴细胞分化和浆细胞增殖。黄芪、党参等药材中的多糖、皂苷类物质能激活抗原呈递细胞, 通过 Toll 样受体 (Toll-Like Receptors, TLRs) 信号通路增强免疫应答^[20-21]。IgG 既能特异性结合病原体表面抗原, 阻止其黏附或侵入宿主细胞, 也能与吞噬细胞表面的 Fc γ 受体 (Fc Gamma Receptor, Fc γ) 结合, 增强吞噬细胞对病原体的吞噬和杀伤能力, 发挥免疫作用; 免疫球蛋白 A (Immunoglobulin A, IgA) 能够通过多聚免疫球蛋白受体 (Polymeric Immunoglobulin Receptor, pIgR) 介导的跨上皮转运, 形成分泌型 IgA (Secretory Immunoglobulin A, SIgA), SIgA 可直接结合病原体及其毒素, 阻止其黏附于宿主细胞表面。大量研究表明, 中草药提取物可以促进羊血清免疫球蛋白生成。如研究发现日粮添加苜蓿皂苷 (10 g/kg 和 20 g/kg)、纳米胶束化姜黄素 (40 mg/d) 或牛至精油均可显著提高羊血清 IgA、IgG 等免疫球蛋白水平, 其中纳米姜黄素还能降低丙二醛水平缓解热应激损伤, 牛至精油可同步降低 IL-6 含量^[22-24]。由此可见, 中草药提取物可以通过改善羊的特异性免疫, 促进免疫球蛋白分泌, 进而保持机体健康状态。Chen 等^[25]和 Li 等^[26]通过 RNA 测序 (RNA sequencing, RNAseq) 和液相色谱-串联质谱联用技术 (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry, LC-MS/MS) 结合 KEGG 富集分析研究发现, 在日粮中添加白藜芦醇及 β -羟基- β -甲基丁酸 (Beta-hydroxy-beta-methylbutyric acid, HMB) 可通过调控特定代谢

物(DL-丝氨酸、2-羟基雌二醇)水平激活免疫相关代谢通路,从而显著提高羊血清IgM、IgA、IgG含量。

IgM作为抗原刺激后最早产生的抗体,参与B细胞的发育和活化,并通过FcμR受体介导抗原呈递,调控后续IgG等抗体的生成,进而维持机体免疫防御功能^[27]。有研究发现,日粮中添加150 g/t辣椒碱或1%的苦参提取液均能显著增加羊血清IgM含量^[28-29]。表明中草药提取物可以上调羊血清中IgM分泌,优先激活早期免疫防御,为后续免疫反应奠定基础。也有研究表明,在日粮中添加含黄芪、党参等中草药成分的复方中草药超微粉或中草药添加剂60 d后,羊血清IgG、IgA含量显著提升,并且低添加量的提升效果更显著^[30-31],表明中草药提取物的添加量对羊免疫能力的调控效果会产生影响,高剂量会削弱免疫增强效果,抑制免疫能力的提升。

2.2 改善营养代谢以提供免疫物质基础 总蛋白(Total Protein, TP)水平反映了机体的营养状态和蛋白质合成能力,为免疫细胞(如B细胞、浆细胞)的增殖和分化提供必需的氨基酸和能量支持,血清总蛋白和球蛋白(Globulin, GLB)水平升高意味着机体有足够的氨基酸储备,支持浆细胞高效合成免疫球蛋白。张善芝等^[32]发现饲料中添加复方中草药添加剂(黄芪、当归、肉桂等)有助于提高湖羊血液TP和GLB水平。谭翠霞^[33]在山羊日粮中添加1.0%和1.5%蒲公英提取物,发现山羊的TP和GLB含量显著提高。赵梦迪等^[34]研究表明,在湖羊日粮中添加0.1%单宁和0.1%纤维素酶,可使湖羊血清中TP和GLB含量显著升高。魏莎等^[35]在饲料中添加2%中草药添加剂(黄芪、女贞子、甘草等)5周后,努比亚黑山羊血清TP和白蛋白(Albumin, ALB)含量显著增加,尿素氮、甘油三酯、胆固醇含量均显著降低。上述试验表明,中草药成分可以促进蛋白质合成,而TP含量提高有利于维持机体渗透压与物质运输,支持免疫细胞功能,以此提高免疫蛋白的合成^[36-37],同时降低胆固醇、甘油三酯含量,减少脂质过氧化对免疫细胞的损伤,为免疫系统提供物质基础并改善代谢环境,从而增强羊的抗病能力。

3 促进免疫器官和免疫细胞发育

胸腺、淋巴和脾脏等免疫器官的发育状况直接影响机体的免疫能力。免疫器官指数是免疫器官(脾脏、胸

腺等)重量与实验动物体重的比值,计算方法为免疫器官重量(mg)÷动物体重(g)×10。免疫器官指数可以反映机体免疫功能的强弱^[38]。有研究发现,日粮中添加中草药制剂(党参、黄芪、茯苓等)能显著提高湖羊的肝脏重量,进而提升了湖羊的免疫器官指数^[39]。张娅娣等^[40]研究发现,日粮中添加0.1%、0.2%的复方中草药(由黄芪、党参、板蓝根、金银花、山楂、麦芽组成)可显著提高杜寒杂交羊的脾脏指数,表明中草药中的活性成分能够刺激淋巴细胞增殖,促进脾脏组织发育进而增强免疫功能。

免疫细胞是免疫系统的核心组成部分,其中的淋巴细胞承担着识别、清除病原体 and 异常细胞,维持机体稳态等关键作用。有研究表明,在饲料中加入1 g/d甜菜碱可显著提高湖羊的单核细胞(Monocyte, MON)和嗜碱性粒细胞(Basophil, BAS)比例,表明甜菜碱的补充对湖羊的免疫反应有积极影响^[41]。赵正伟等^[42]研究发现,在精粗比为0.98的日粮中添加0.65%中草药添加剂(黄芪、甘草、枸杞等),能提高滩羊白细胞、淋巴细胞和IgA、IgG、IgM含量,增强滩羊的免疫机能。

4 中草药提取物与益生菌的协同作用

中草药中含有果胶、纤维素等大分子有机物,益生菌发酵过程中产生的胞外酶可使中草药的细胞壁降解,除去淀粉、果胶等成分,提高中草药中的有效组分含量^[43],还能对已有的活性成分进行生物转化或结构修饰,提高有效成分的生物利用度^[44-45]。王福厚等^[46]研究表明,添加0.15%的多菌株益生菌+中药制剂可以显著提高羔羊的日增重,改善其生长性能;同时羔羊血清IgA、IgM、IgG、IL-2、IFN-γ含量显著升高,血清IL1、IL-6、TNF-α含量显著降低,表明使用多菌株益生菌和中草药组合的添加剂能够提高羔羊免疫水平。Fan等^[47]研究发现,枯草芽孢杆菌发酵中草药提取物(板蓝根和黄芪)能够将中草药中的大分子蛋白质分解为小分子多肽和游离氨基酸,进而使断奶羔羊最终体重和日增重显著提高,TP、天冬氨酸转氨酶(Aspartate Aminotransferase, AST)水平显著降低,而未发酵的中草药提取物的效果则不显著。上述试验表明,益生菌通过发酵过程中的生物转化作用将大分子物质分解为生物利用度高的小分子物质,显著提升中草药活性成分的含量,从而有效增强了羔羊的生长性能和免疫机能。

5 小结和展望

中草药提取物可以通过调节免疫因子、提高体液免疫、促进免疫器官发育等多种途径维持羊的健康状况,同时对羊的生长性能也有积极影响,表现出替代抗生素的潜力。目前对于中草药提取物的研究多数表现于单方中草药和复方中草药,而对于中草药提取物和酶制剂、抗菌肽的协同作用研究较少,并且中草药提取物对羊免疫机能影响的分子机制尚不明确。因此,在未来的研究中需深入探究中草药提取物与其他添加剂的协同增效作用,并阐明其对羊免疫机能调控的具体分子机制,以期中草药提取物在羊生产中的应用奠定基础。

参考文献:

- [1] 章春燕. 中草药饲料添加剂的特点及作用[J]. 饲料博览, 2018(10): 10-12, 15.
- [2] 周德财, 王艺淞, 胡爽. 发酵中草药的特性及其在动物生产中的应用研究进展[J]. 畜牧与饲料科学, 2024, 45(3): 27-34.
- [3] 高庆. 中草药添加剂对动物生长性能影响的初步研究[D]. 成都: 四川大学, 2006.
- [4] 王翊廷, 刘子为, 李灿, 等. 中草药饲料添加剂对肉鸡生产、免疫性能及肉品质影响的研究进展[J]. 饲料工业, 2024, 45(22): 28-33.
- [5] Pua L J W, Mai C W, Chung F F L, *et al.* Functional roles of JNK and p38 MAPK signaling in nasopharyngeal carcinoma[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(3): 1108.
- [6] Yang Y Y, Kim S C, Yu T, *et al.* Functional roles of p38 mitogen-activated protein kinase in macrophage-mediated inflammatory responses[J]. *Mediat Inflamm*, 2014, 23(1): 352371.
- [7] Pramanik K C, Makena M R, Bhowmic K K, *et al.* Advancement of NF- κ B signaling pathway: a novel target in pancreatic cancer[J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(12): 3890.
- [8] Niu X F, Yu J B, Huang Q X, *et al.* Immunoenhancement activity of *Bletilla striata* polysaccharide through MAPK and NF- κ B signalling pathways in vivo and in vitro[J]. *Autoimmunity*, 2022, 55(8): 650-660.
- [9] Liu J, Chen J, Fang S, *et al.* Effects of *Moringa* polysaccharides on growth performance, immune function, rumen morphology, and microbial community structure in early-weaned goat kids[J]. *Front Vet Sci*, 2024, 11: 1461391.
- [10] Zhang Q, Li Y, Yin G, *et al.* The effects of supplementation of Noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit polysaccharides-rich extract on antioxidant status and immune function in cashmere goats[J]. *J Anim Sci*, 2022, 100(10): 1-10.
- [11] Wang X J, Ding L M, Wei H Y, *et al.* Astragalus membranaceus root supplementation improves average daily gain, rumen fermentation, serum immunity and antioxidant indices of Tibetan sheep[J]. *Animal*, 2021, 15(1): 100061.
- [12] Shen L, Luo H, Fan L, *et al.* Potential immunoregulatory mechanism of plant saponins: a review[J]. *Molecules*, 2023, 29(1): 113.
- [13] 张艳, 马森, 栗守仁, 等. 苜蓿皂苷提取物对断奶湖羊免疫、抗氧化能力和瘤胃微生物区系的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51(7): 2799-2809.
- [14] Cirmi S, Maugeri A, Russo C, *et al.* Oleacein attenuates lipopolysaccharide-induced inflammation in THP-1-derived macrophages by the inhibition of TLR4/MyD88/NF- κ B pathway[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(3): 1206.
- [15] 徐养滨, 张婷, 杨雨鑫, 等. 百里酚和香芹酚改变肠道微生物组成抑制羔羊腹泻的作用研究[J]. 微生物学报, 2023, 63(3): 1128-1140.
- [16] Zhao Q, Zhu L Y, Wang S N, *et al.* Molecular mechanism of the anti-inflammatory effects of plant essential oils: A systematic review[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 301: 115829.
- [17] Jia L, Wu J, Lei Y, *et al.* Oregano essential oils mediated intestinal microbiota and metabolites and improved growth performance and intestinal barrier function in sheep[J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 908015.
- [18] Cui X, Wang Y, Guan R, *et al.* Enhanced immune responses with serum proteomic analysis of Hu sheep to foot-and-mouth disease vaccine emulsified in a vegetable oil adjuvant[J]. *Vaccines*, 2020, 8(2): 180.
- [19] 达芳艳, 倪鹏洋, 唐小凤, 等. 一种中草药复方对低龄简州大耳羊血清免疫指标及肠道微生物多样性的影响[J]. 四川畜牧兽医, 2024, 51(4): 16-20.
- [20] Zou Y F, Li C Y, Fu Y P, *et al.* Angelica sinensis aboveground part polysaccharide and its metabolite 5-MT ameliorate colitis via modulating gut microbiota and TLR4/MyD88/NF- κ B pathway[J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 242: 124689.
- [21] Dong N, Li X, Xue C, *et al.* Astragalus polysaccharides alleviates LPS-induced inflammation via the NF- κ B/MAPK signaling pathway[J]. *J Cell Physiol*, 2020, 235(7-8): 5525-5540.
- [22] Yang F, Yang F, Zhai Z H, *et al.* Effects of alfalfa saponins on the production performance, serum biochemical factors, and immune factors in Small-Tailed Han sheep[J]. *Front Vet Sci*, 2022, 9: 924373.
- [23] Bokharaeian M, Toghdory A, Ghoorchi T. Effects of dietary curcumin nano-micelles on growth performance, blood metabolites, antioxidant status, immune and physiological responses of fattening lambs under heat-stress conditions[J]. *J Therm Biol*, 2023, 114: 103585.
- [24] 宋淑珍, 宫旭胤, 吴建平. 牛至精油对蒙古羊生长性能、血清免疫指标和粪便寄生虫的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(11): 7210-7219.
- [25] Chen X, Zhang F, Raza S H A, *et al.* Immune, oxidative, and morphological changes in the livers of Tibetan sheep after feeding resveratrol and β -Hydroxy- β -Methyl butyric acid: a transcriptome-metabolome integrative analysis[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(18): 9865.
- [26] Li X, Sha Y, Li S, *et al.* Dietary resveratrol improves immunity and antioxidant defense in ewes by regulating the rumen microbiome and metabolome across different reproductive stages[J].

- Front Immunol, 2024, 15: 1462805.
- [27] Li Y, Shen H, Zhang R, *et al.* Immunoglobulin M perception by FcμR [J]. Nature, 2023, 615(7954): 907-912.
- [28] 高鑫, 李秀芝, 晏琦, 等. 辣椒碱对育肥湖羊生长性能、瘤胃发酵指标、血清生化指标及瘤胃细菌区系的影响 [J]. 动物营养学报, 2024, 36(6): 3823-3832.
- [29] 娜日苏, 董雨萌. 苦参提取液替代抗生素对肉羊生长性能和血液代谢的影响 [J]. 饲料工业, 2021, 42(4): 20-23.
- [30] 申恒然. 复方中草药超微粉对肉羊生长性能、养分表观消化率及免疫机能的影响 [J]. 中国饲料, 2020 (19): 64-67.
- [31] 秦星, 代金平, 王志方, 等. 中草药添加剂对断奶湖羊生长性能、血清抗氧化指标及免疫功能的影响 [J]. 饲料研究, 2024, 47(8): 1-7.
- [32] 张善芝, 孙培功, 韩金玉, 等. 中草药添加剂对肉羊生长性能及血液生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2019, 51(8): 123-126.
- [33] 谭翠霞. 蒲公英提取物对羊血液生化指标的影响 [J]. 中国动物保健, 2024, 26(12): 94-95.
- [34] 赵梦迪, 邱凌峰, 唐泽宇, 等. 单宁与饲用纤维素酶对湖羊生长性能、血液生化指标、屠宰性能及器官发育的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(6): 1668-1676.
- [35] 魏莎, 邓玉娟, 李美珍, 等. 中草药添加剂对努比亚黑山羊血清生化指标的影响 [J]. 中国动物保健, 2023, 25(6): 72-73.
- [36] Ward E S, Gelinas D, Dreesen E, *et al.* Clinical significance of serum albumin and implications of FcRn inhibitor treatment in IgG-mediated autoimmune disorders[J]. Front Immunol, 2022, 13: 892534.
- [37] Marchingo J M, Cantrell D A. Protein synthesis, degradation, and energy metabolism in T cell immunity[J]. Cell Mol Immunol, 2022, 19(3): 303-315.
- [38] 赖梦亭, 肖平, 方悦悦, 等. 中药多糖免疫调节作用机制研究进展 [J]. 中草药, 2023, 54(10): 3337-3348.
- [39] 朱艳敏, 李乔, 栗登攀, 等. 中草药制剂对湖羊生长性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响 [J]. 饲料工业, 2025, 46(3): 76-81.
- [40] 张娅娣, 赵成莹, 郭广玲, 等. 复方中草药对肉羊生长性能、屠宰性能、肉品质和免疫功能的影响 [J]. 家畜生态学报, 2023, 44(12): 25-29.
- [41] Cai Y, Deng M, Zhang Q, *et al.* Effects of dietary betaine supplementation on biochemical parameters of blood and testicular oxidative stress in Hu sheep[J]. Theriogenology, 2021, 164: 65-73.
- [42] 赵正伟, 赵涛, 马青, 等. 日粮不同精粗比与中草药添加剂对滩羊增重、肉理化性能、血液生化和免疫指标的影响 [J]. 饲料研究, 2020, 43(3): 1-4.
- [43] 张谦, 刘一尘, 刘应鹏, 等. 益生菌与中草药协同作用及其在畜禽养殖中的应用 [J]. 现代牧业, 2018, 2(1): 30-34.
- [44] 崔亚鹏, 许锐, 陈泽元, 等. 酿酒酵母和植物乳杆菌混合发酵对金银花浸提液多酚物质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(5): 95-99.
- [45] 田秋丰, 张红, 尹琨伊, 等. 复方中草药生物发酵对其活性成分的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(8): 116-121.
- [46] 王福厚, 刘根新, 刘海霞, 等. 多菌株益生菌+中药制剂对羔羊免疫力的影响 [J]. 畜牧兽医杂志, 2022, 41(6): 101-103.
- [47] Fan J, Cui H, Mu Z, *et al.* Non-targeted metabolomics analysis of fermented traditional Chinese medicine and its impact on growth performance, serum biochemistry, and intestinal microbiome of weaned lambs[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 20385.

Research Progress on the Effect of Chinese Herbal Extracts on Immune Function of Sheep

BAI Bowen¹, YU Lei², CONG Yuyan^{1*}

(1. College of Animal Science and Medicine, Shenyang Agricultural University, Liaoning Shenyang 110866, China;
2. Chifeng Agricultural and Livestock Products Quality and Safety Center, Inner Mongolia Chifeng 024000, China)

Abstract: With the rapid development of animal husbandry, the irrational use of antibiotics in animal production has triggered a series of public health and ecological safety issues, such as drug residues and bacterial resistance, posing serious threats to both human and animal health. Consequently, the development of safe, efficient, and residue-free antibiotic alternatives has become a key research focus in the livestock industry. Chinese herbal medicines, rich in bioactive components such as polysaccharides and polyphenols, are characterized by their wide availability, natural purity, and absence of residues. The active constituents in these herbs can regulate the transcription of related genes through signaling pathways like MAPK, thereby modulating the levels of immune factors and influencing the immune function of organisms. Existing studies indicate that specific extracts from Chinese herbal medicines can significantly elevate serum immunoglobulin IgA, IgG, IgM levels in sheep and modulate the expression of cytokines such as IL-2 and IL-6, thereby enhancing immune function. This review systematically summarizes the molecular mechanisms and signaling pathways through which active components of Chinese herbal medicines regulate immune function in sheep. It aims to provide a theoretical foundation and practical guidance for the scientific application of plant-derived feed additives in animal production systems.

Keywords: Chinese herbal extract; Immunomodulation; Immunoglobulin; Inflammatory factors

(责任编辑: 周会会)