

黄芪多糖预防奶牛乳房炎的研究进展

沃野千里 常美楠 高 铎 孙 鹏*

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,动物营养学国家重点实验室,北京 100193)

摘 要: 黄芪在我国作为保健药材已有数百年的历史,开发黄芪提取物黄芪多糖为饲料添加剂,在畜禽养殖中已表现出充分的潜力。本文对黄芪多糖的生理功能和预防奶牛乳房炎的作用机理进行综述,旨在表明黄芪多糖在预防奶牛乳房炎上具有广阔的前景,为其在饲料中的合理应用提供参考。

关键词: 黄芪多糖;奶牛;乳房炎;防控;研究进展

中图分类号: S823;S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)01-0042-06

乳房炎是长期困扰着奶牛生产的关键疾病,它不仅会导致奶牛产奶量下降、淘汰率增加和死亡,还会降低牛奶品质、提高饲养成本,每年对全世界奶业造成巨额的损失^[1-3]。临床治疗乳房炎主要依赖抗生素,目前抗生素的残留和耐药性等问题已经引起人们对于生物安全和食品安全的担忧,严格控制使用抗生素已是大势所趋^[4]。在抗生素逐渐淡出的未来,使用新型添加剂来预防、控制奶牛乳房炎将成为一个热点问题。

黄芪多糖是天然黄芪经过水、微波、超声波和酶解等方法所提取的水溶性多糖^[5],是黄芪的主要活性成分,具有改善肠道菌群^[6]、免疫调节^[7]和抗衰老^[8]等生理功能。大量研究表明,黄芪多糖作为饲料添加剂可以提高畜禽生产性能^[9]、缓解热应激^[10]和预防畜禽疾病^[11]。在奶牛饲料中添加黄芪多糖,不仅可以有效预防奶牛乳房炎,还可以避免抗生素等药物治疗的副作用和残留,并且不会产生耐药性,在替代抗生素和预防乳房炎疾病上有充分潜力^[12]。因此,本文对黄芪多糖的生理功能及其预防奶牛乳房炎的作用机理进行了综述,为其在预防奶牛乳房疾病和饲料中的合理应用提供理论依据。

1 黄芪多糖的生理功能

1.1 改善肠道菌群

肠道菌群在畜禽营养中占有越来越重要的位置,研究者们逐渐认识到畜禽健康和肠道菌群之间的密切关系。例如,大肠杆菌是常见的肠道致病菌,附植在畜禽肠道中能够引发出血性肠炎,危害畜禽健康^[13]。乳酸杆菌和双歧杆菌是肠道中的益生菌,能够产生酸性物质降低肠道 pH,从而抑制有害菌种增殖,健康的肠道菌群主要由益生菌和少量的大肠杆菌构成^[14]。黄芪多糖能够改善肠道微生物的构成、丰度和多样性^[15]。例如,黄芪多糖可以提高生产性能和改善免疫指标,其原因可能是减少畜禽肠道中大肠杆菌的数量并增加乳酸杆菌的数量^[16]。另有研究表明,黄芪多糖能够改善 II 型糖尿病小鼠肠道菌群的丰富度和多样性,使乳酸杆菌和双歧杆菌的丰度显著增加,并且提高肠道中拟杆菌门和厚壁菌门的比值,此比值升高表明肠道环境失调得到改善^[17]。黄芪多糖还能够提高肠道中变形杆菌门萨特氏菌属(*Sutterella* sp.)的丰度,这一菌种的增殖能够通过微生物-肠-脑轴有效调节机体脂肪代谢紊乱^[18]。

收稿日期:2019-07-22

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0500703);中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-IAS07)

作者简介:沃野千里(1997—),男,江苏宿迁人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: WYQL0427@163.com

* 通信作者:孙 鹏,研究员,博士生导师,E-mail: sunpeng02@caas.cn

1.2 免疫调节功能

黄芪多糖目前已被广泛的应用于免疫调节研究,是热门的免疫活性多糖之一^[19]。黄芪多糖具有广泛的免疫调节功能,如提高免疫器官指数,增强巨噬细胞、B 淋巴细胞和自然杀伤(natural killer, NK)细胞的活性^[20],促进 T 淋巴细胞的转化,促进细胞因子的 mRNA 表达等^[21]。

黄芪多糖能够增强非特异性和特异性免疫,尤其是增强疫苗的抗原性^[22],目前已成为口蹄疫和乳房炎等疫苗的免疫佐剂或免疫增强剂^[23]。林树乾等^[24]将黄芪多糖和金黄色葡萄球菌疫苗联合接种奶牛,其血清抗体水平显著提高,并且维持在较高水平;与氢氧化铝佐剂相比,黄芪多糖佐剂能显著提升白细胞和淋巴细胞数量,降低牛乳中体细胞数(somatic cell count, SCC)。黄芪多糖能够增强辅助型 T 细胞(T helper cell, Th)1 反应,同时促进脾细胞增殖,提高脾细胞对干扰素- γ (interferon- γ , IFN- γ)和白细胞介素-6(interleukin, IL-6)的 mRNA 表达,黄芪多糖还可以增强 Th2 活性,刺激 B 细胞增殖,产生免疫球蛋白 E(immunoglobulin E, IgE),并提高抗体的数量和效价^[25]。

1.3 抗衰老功能

黄芪多糖是传统中药材,具有抗衰老、延年益寿的功效^[26]。目前的研究表明,黄芪多糖可以缓解氧化应激,提高抗氧化酶的活性,从而延缓氢化可的松导致的大鼠衰老^[27]。羟脯氨酸是存在于胶原蛋白中的特有氨基酸,对维持皮肤光泽和弹性有重要作用,黄芪多糖能够提高羟脯氨酸含量,延缓皮肤衰老^[28]。

2 黄芪多糖预防奶牛乳房炎的作用及其机理

众多研究表明,黄芪多糖主要通过抑制奶牛乳房炎致病菌、降低牛乳中 SCC、缓解乳腺上皮细胞炎症和改善奶牛抗氧化性能 4 个方面达到预防奶牛乳房炎的目的。

2.1 抑制奶牛乳房炎致病菌

在奶牛集约化养殖条件下,由于卫生防疫不过关、消毒操作不规范等原因,金黄色葡萄球菌、无乳链球菌、大肠菌群属和支原菌属等^[29]有害病原菌常出现在奶牛的养殖环境中,鉴于这些病原菌能直接导致奶牛乳房炎的发生,抑制这些致病菌的增殖将有利于预防奶牛乳房炎^[30]。

杨玉艾等^[31]研究表明,黄芪多糖可以抑制并杀灭大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和无乳链球菌,在参与试验的所有乳房炎致病菌中,黄芪多糖抑制大肠杆菌增殖的效果最为突出。李瑜等^[32]研究表明,0.02 mg/mL 黄芪多糖对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果良好,且在微酸性环境下黄芪多糖的抑菌性能增强。

黄芪多糖能够激活溶菌酶参与杀灭大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌等病原菌^[31]。

此外,黄芪多糖对革兰氏阴性菌的抑菌机制可能是由于革兰氏阴性菌细胞壁的肽聚糖层较薄,只有 2~3 nm^[33],其细胞壁容易被破坏,黄芪多糖破坏了革兰氏阴性菌的细胞壁,随后使细胞膜变形破损,导致细菌的遗传物质溢流最终死亡^[5]。

2.2 降低牛乳中 SCC

致病菌经乳头管侵入乳腺组织诱发乳房炎症,在奶牛患乳房炎期间,大量体细胞动员至乳腺,其中 90% 为嗜中性粒细胞(polymorphonuclear neutrophils, PMN)^[34],大量 PMN 在白细胞释放的趋化因子的介导下进入受感染的组织,吞噬和消化入侵的细菌^[35],同时白细胞也释放组胺类物质改变血液渗透性,吸引更多白细胞到该区域对抗感染^[36],这些体细胞最终通过乳腺导管进入乳汁,使 SCC 持续升高。

在奶牛全混合日粮中添加 10 g/d 的黄芪多糖,可以降低牛乳中 SCC,且在饲喂 65 d 内牛群乳房炎发病率显著下降^[37-38]。连慧香等^[39]用嗜酸乳杆菌发酵的黄芪粉(主要成分为黄芪多糖)饲喂奶牛,结果表明 20 g/d 发酵黄芪粉使牛乳中 SCC 显著降低了 36.7%。黄芪多糖减少乳房炎奶牛牛乳中 SCC 的机制在于黄芪多糖可以显著提高奶牛乳腺上皮细胞中一氧化氮(nitric oxide, NO)含量,降低牛乳 β -N-乙酰氨基葡萄糖苷酶(NAGase)活性^[40]。NO 是重要的信号分子,NO 不仅能直接杀灭抗原,还能促进血液循环,使更多的吞噬细胞进入感染组织^[41]。NAGase 是存在于乳腺组织和白细胞中的酶,反映乳腺细胞的受损状况,当乳腺细胞受到损伤或者白细胞数量升高时, NAGase 活性升高^[42]。黄芪多糖提高血清中 NO 含量,清除感染乳腺组织的病原菌,使牛乳中 NAGase 活性显著降低,乳腺细胞受损程度减小,从而降低乳中 SCC。

2.3 缓解乳腺上皮细胞炎症

早期炎症时炎症组织的血管通透性增加,炎性物质渗出,血液中细胞因子水平增加^[5]。脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)是革兰氏阴性菌细胞壁的主要成分,LPS可与宿主细胞膜表面的Toll样受体4(Toll-like receptors 4, TLR4)结合^[43],随之产生肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor, TNF- α)、IL-6和白细胞介素-1 β (IL-1 β)等细胞因子,激活核转录因子- κ B(nuclear factor-kappa B, NF- κ B)通路诱导急性炎症^[44]。

黄芪多糖可以改善奶牛乳腺上皮炎症细胞的细胞因子水平。孟云^[45]用黄芪多糖处理LPS诱导炎症的乳腺上皮细胞,发现炎症因子TNF- α 、IL-1 β 和IL-6的含量显著下降,但是白细胞介素-2(IL-2)的含量显著升高,IL-2含量升高有利于加快淋巴细胞转化和抗体分泌^[46]。钟凯^[47]建立相同的炎症模型,结果发现黄芪多糖能够使乳腺腺泡腔中的PMN数量显著上升,且乳腺细胞中的TNF- α 含量和NAGase活性与健康的乳腺细胞无显著差异。

NF- κ B通路是LPS诱导细胞炎症的关键机制,NF- κ B受LPS和TNF- α 、IL-1 β 、IL-6等细胞因子介导^[48],黄芪多糖可以降低炎症因子TNF- α 、IL-1 β 和IL-6含量,抑制NF- κ B信号通路正常传导,从而减轻LPS诱导的炎症反应^[49]。此外,CD34分子是一种跨膜磷酸糖蛋白,在增殖状态的血管内皮细胞中高度表达,其含量可以反映血管内皮细胞的增殖水平^[50],黄芪多糖能够降低微血管内皮细胞的CD34含量,抑制微血管内皮细胞增殖,从而减少炎症细胞黏附聚集^[51]。

2.4 改善奶牛抗氧化性能

细胞代谢产生活性氧自由基(reactive oxygen species, ROS),当ROS大量生成且超出细胞正常代谢能力时容易产生氧化应激^[52],具体表现为ROS引发脂质过氧化,对细胞膜造成损伤,破坏细胞结构,影响细胞功能的正常表达^[53]。泌乳期或围产期的奶牛产奶旺盛,能量负平衡奶牛脂肪动员会加剧脂质过氧化^[54],使奶牛体内积聚较多的ROS,损害奶牛乳腺上皮细胞健康,引发乳房炎^[55]。

总抗氧化能力(total antioxidant capacity, T-AOC)是反映机体总体抗氧化水平的指标,包括抗氧化酶和非酶类抗氧化物^[56]。饲料中添加

50 g/d黄芪多糖能有效提高泌乳期奶牛血清T-AOC,添加5、10 g/d黄芪多糖则没有类似的效果,说明黄芪多糖在较大剂量下产生的T-AOC更高^[40]。王义翠等^[57]在断奶犊牛饲料中添加黄芪多糖,均能显著提高血清超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活性,降低丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量。此外,用黄芪多糖处理过氧化氢(H₂O₂)诱导炎症的乳腺上皮细胞,结果同样发现SOD和GSH-Px活性显著提高,MDA含量降低^[58]。黄芪多糖改善机体抗氧化性机理在于:1)黄芪多糖糖链的主要成分是葡萄糖,具有很好的还原性^[59],在氧化还原反应的作用下,中和过量ROS,从而保护细胞内蛋白质、脂质、核酸的结构和功能正常^[40];2)黄芪多糖可以抑制同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)对血管内皮细胞的氧化,降低细胞过氧化水平^[60];3)黄芪多糖可以提高血清中抗氧化酶的活性,提高清除ROS的能力。综上所述,黄芪多糖可以减少氧化应激的损伤,改善奶牛抗氧化能力,从而维持奶牛乳腺上皮细胞的健康,有利于预防乳房炎的发生。

3 小 结

黄芪多糖具有众多生理特性,并且能够抑制奶牛乳房致病菌、降低乳中SCC、缓解乳腺上皮细胞炎症和抗氧化等,有希望未来替代抗生素预防和控制奶牛乳房炎。目前在实际生产中,黄芪多糖受到添加剂量大、见效时间慢和成本高等缺点限制,未能大规模的推广,所以研究者们还需进一步明确黄芪多糖在奶牛体内的药理和毒理学机制,从而为黄芪多糖在畜牧生产中的安全应用保驾护航。

参考文献:

- [1] TIAN X Y, ZHENG N, HAN R W, et al. Antimicrobial resistance and virulence genes of *Streptococcus* isolated from dairy cows with mastitis in China [J]. *Microbial Pathogenesis*, 2019, 131: 33-39.
- [2] PAŞCA C, MĂRGHITAŞ L, DEZMIREAN D, et al. Medicinal plants based products tested on pathogens isolated from mastitis milk [J]. *Molecules*, 2017, 22 (9): E1473.
- [3] VAN SOEST F J S, MOURITS M C M, BLANCO-PENEDO I, et al. Farm-specific failure costs of pro-

- duction disorders in European organic dairy herds[J]. Preventive Veterinary Medicine, 2019, 168: 19-29.
- [4] HILLERTON J E, IRVINE C R, BRYAN M A, et al. Use of antimicrobials for animals in New Zealand, and in comparison with other countries[J]. New Zealand Veterinary Journal, 2017, 65(2): 71-77.
- [5] WANG J, JIA J Y, SONG L, et al. Extraction, structure, and pharmacological activities of astragalus polysaccharides[J]. Applied Sciences, 2019, 9(1): 122.
- [6] 高杨, 王洪芳, 陈辉, 等. 饲料添加黄芪多糖对蛋鸡免疫功能及肠道菌群的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(3): 447-451.
- [7] FARAG M R, ELHADY W M, AHMED S Y A, et al. Astragalus polysaccharides alleviate tilmicodin-induced toxicity in rats by inhibiting oxidative damage and modulating the expressions of HSP70, NF- κ B and Nrf2/HO-1 pathway[J]. Research in Veterinary Science, 2019, 124: 137-148.
- [8] 苗雨丹, 张浩, 许妍妍. 黄芪多糖对致衰老模型小鼠氧自由基水平的影响[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(17): 4193-4194.
- [9] 贾红杰, 史兆国, 武书庚, 等. 山黄粉和黄芪多糖配伍使用对产蛋鸡生产性能、蛋品质、血清抗氧化和生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(3): 1334-1341.
- [10] TSAI C C, WU H H, CHANG C P, et al. Calycosin-7-O- β -D-glucoside reduces myocardial injury in heat stroke rats[J]. Journal of the Formosan Medical Association, 2019, 118(3): 730-738.
- [11] 武彩红, 蒋春茂, 李玲, 等. 3 种中药活性成分对猪圆环病毒 2 型疫苗免疫效果的影响[J]. 中国预防兽医学报, 2017, 39(8): 611-615.
- [12] 李万坤, 郭福存, 赵兴绪. 天然免疫活性多糖替代抗生素添加剂的作用研究[J]. 家畜生态学报, 2007, 28(1): 10-17.
- [13] FEENEY S, RYAN J T, KILCOYNE M, et al. Glycomacropeptide reduces intestinal epithelial cell barrier dysfunction and adhesion of entero-hemorrhagic and entero-pathogenic *Escherichia coli in vitro*[J]. Foods, 2017, 6(11): 93.
- [14] BAMOLA V D, GHOSH A, KAPARDAR R K, et al. Gut microbial diversity in health and disease: experience of healthy Indian subjects, and colon carcinoma and inflammatory bowel disease patients[J]. Microbial Ecology in Health and Disease, 2017, 28(1): 1322447.
- [15] CHE D S, ADAMS S, WEI C, et al. Effects of *Astragalus membranaceus* fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs[J]. MicrobiologyOpen, 2019, 8(5): e00712.
- [16] GUO L L, HUA J, LUAN Z H, et al. Effects of the stems and leaves of *Astragalus membranaceus* on growth performance, immunological parameters, antioxidant status, and intestinal bacteria of quail[J]. Animal Science Journal, 2019, 90(6): 747-756.
- [17] LIU Y M, LIU W, LI J, et al. A polysaccharide extracted from *Astragalus membranaceus* residue improves cognitive dysfunction by altering gut microbiota in diabetic mice[J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 205: 500-512.
- [18] SUN H L, WANG N J, CANG Z, et al. Modulation of microbiota-gut-brain axis by berberine resulting in improved metabolic status in high-fat diet-fed rats[J]. Obesity Facts, 2016, 9(6): 365-378.
- [19] YANG C M, HAN Q J, WANG K L, et al. *Astragalus* and ginseng polysaccharides improve developmental, intestinal morphological, and immune functional characters of weaned Piglets[J]. Frontiers in Physiology, 2019, 10: 418.
- [20] RIVERA E, DAGGFELDT A, HU S, et al. Ginseng extract in aluminium hydroxide adjuvanted vaccines improves the antibody response of pigs to porcine parvovirus and *Erysipelothrix rhusiopathiae*[J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 2003, 91(1): 19-27.
- [21] FAN Y P, MA L, ZHANG W M, et al. Liposome can improve the adjuvanticity of *Astragalus* polysaccharide on the immune response against ovalbumin[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 60: 206-212.
- [22] LI J F, ZHONG Y G, LI H R, et al. Enhancement of *Astragalus polysaccharide* on the immune responses in pigs inoculated with foot-and-mouth disease virus vaccine[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 49(3): 362-368.
- [23] KALLON S, LI X R, JI J, et al. *Astragalus* polysaccharide enhances immunity and inhibits H9N2 avian influenza virus *in vitro* and *in vivo*[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2013, 4(1): 22.
- [24] 林树乾, 张燕, 杨少华, 等. 中药黄芪多糖的免疫佐剂作用[J]. 中国畜牧兽医, 2006, 33(5): 58-60.
- [25] ZHANG Y Y, ZHU H Y, HUANG C G, et al. Astragaloside IV exerts antiviral effects against coxsack-

- ievirus B3 by upregulating interferon- γ [J]. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 2006, 47(2): 190-195.
- [26] PING L, ZHAO H P, LUO Y M. Anti-aging implications of *Astragalus membranaceus* (*Huangqi*): a well-known Chinese tonic[J]. *Aging and Disease*, 2017, 8(6): 868-886.
- [27] 李维祖, 李卫平, 尹艳艳. 黄芪总苷及黄芪甲苷对糖皮质激素诱导衰老大鼠氧自由基代谢的影响[J]. *中国中药杂志*, 2007, 32(23): 2539-2542.
- [28] 王红丽, 吴铁, 钱聚标, 等. *D*-半乳糖致衰老模型小鼠皮肤衰老的观察[J]. *中华老年医学杂志*, 2004, 23(8): 566-568.
- [29] BI Y L, WANG Y J, QIN Y, et al. Prevalence of bovine mastitis pathogens in bulk tank milk in China [J]. *PLoS One*, 2016, 11(5): e015562.
- [30] 薛利娟, 姬志勤, 魏少鹏. 扁茎黄芪植株中化学成分的分离鉴定及其抑菌活性[J]. *农药学学报*, 2019, 21(3): 389-394.
- [31] 杨玉艾, 杨林富, 杨亮宇, 等. 黄芪多糖对奶牛乳房炎主要致病菌的体外抑菌作用[J]. *动物医学进展*, 2010, 31(6): 47-49.
- [32] 李瑜, 周玉, 江冠民, 等. 枸杞多糖与黄芪多糖抑菌活性的研究[J]. *现代生物医学进展*, 2012, 12(26): 5061-5063.
- [33] 郭丽丽, 王小敏, 秦楠, 等. 黄芪茎叶总皂苷提取物的抑菌活性研究[J]. *现代食品科技*, 2019, 35(1): 82-88.
- [34] HARMON R J. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts[J]. *Journal of Dairy Science*, 1994, 77(7): 2103-2112.
- [35] NICKERSON S C, PANKEY J W. Neutrophil migration through teat end tissues of bovine mammary quarters experimentally challenged with *Staphylococcus aureus*[J]. *Journal of Dairy Science*, 1984, 67(4): 826-834.
- [36] CRAVEN N, WILLIAMS M R. Defences of the bovine mammary gland against infection and prospects for their enhancement[J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 1985, 10(1): 71-127.
- [37] 韩映梅, 朱彤, 王生华, 等. 中药方剂及黄芪素对奶牛乳房炎及其生产性能的影响[J]. *中兽医医药杂志*, 2014, 33(5): 38-39.
- [38] 王彩玲, 许鸿, 张乐年. 芪黄素对奶牛乳房炎及其生产性能影响的研究[J]. *畜牧兽医杂志*, 2018, 37(5): 20-22.
- [39] 连慧香. 发酵黄芪粉对奶牛产奶量及乳成分的影响研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2015(1): 46-48.
- [40] 申义君. 奶牛口服黄芪多糖对奶牛血液生理生化、口蹄疫抗体水平及抗氧化能力的影响研究[D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2014: 35-37.
- [41] LINDEMANN S, SHARAFI M, SPIECKER M, et al. NO reduces PMN adhesion to human vascular endothelial cells due to downregulation of *ICAM-1* mRNA and surface expression [J]. *Thrombosis Research*, 2000, 97(3): 113-123.
- [42] LIU X Q, LIU Y, RONG C, et al. Expression localization of angiotensin converting enzyme 2 (ACE 2) in dairy cow mammary gland and its anti-inflammation effect [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2017, 48(3): 552-560.
- [43] TAO H, LI N, ZHANG Z, et al. Erlotinib protects LPS-induced acute lung injury in mice by inhibiting EGFR/TLR4 signaling pathway [J]. *Shock*, 2019, 51(1): 131-138.
- [44] HE X X, WEI Z K, ZHOU E S, et al. Baicalein attenuates inflammatory responses by suppressing TLR4 mediated NF- κ B and MAPK signaling pathways in LPS-induced mastitis in mice [J]. *International Immunopharmacology*, 2015, 28(1): 470-476.
- [45] 孟云. 黄芪多糖对 LPS 诱导奶牛乳腺上皮细胞凋亡的体外保护作用研究[D]. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学, 2014: 27-28.
- [46] SMYTH M J, CRETNEY E, KERSHAW M H, et al. Cytokines in cancer immunity and immunotherapy [J]. *Immunological Reviews*, 2004, 202(1): 275-293.
- [47] 钟凯. 动物乳腺炎的人工诱导及黄芪多糖等对乳腺的保护研究[D]. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2005: 88-89.
- [48] 周丽菁, 汪志学, 龙婷婷, 等. 黄芪多糖在体外巨噬细胞-乳腺癌细胞共培养体系中的作用[J]. *免疫学杂志*, 2017, 33(6): 469-476.
- [49] 王金虎, 董娟聪, 赵继学, 等. 不同相对分子质量一年生膜荚黄芪多糖对 RAW264.7 细胞炎症相关因子表达的影响[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2011, 37(6): 1051-1056.
- [50] SIDNEY L E, BRANCH M J, DUNPHY S E, et al. Concise review: evidence for CD34 as a common marker for diverse progenitors [J]. *Stem Cells*, 2014, 32(6): 1380-1389.
- [51] 张爽, 张涛, 滕可导, 等. 黄芪多糖对卵白蛋白致敏大鼠皮肤内微血管及肥大细胞的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(1): 67-71.

- [52] BLASER H, DOSTERT C, MAK T W, et al. TNF and ROS crosstalk in inflammation [J]. *Trends in Cell Biology*, 2016, 26(4): 249–261.
- [53] RADIN L, ŠIMPRAGA M, VINCE S, et al. Metabolic and oxidative status of Saanen goats of different parity during the peripartum period [J]. *Journal of Dairy Research*, 2015, 82(4): 426–433.
- [54] MIRANDA S G, PURDIE N G, OSBORNE V R, et al. Selenomethionine increases proliferation and reduces apoptosis in bovine mammary epithelial cells under oxidative stress [J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(1): 165–173.
- [55] JÓŹWIK A, KRZYŹEWSKI J, STRZALKOWSKA N, et al. Relations between the oxidative status, *mastitis*, milk quality and disorders of reproductive functions in dairy cows—a review [J]. *Animal Science Papers and Reports*, 2012, 30(4): 297–307.
- [56] 刘庆华, 于军方, 梁学武, 等. 奶牛 *HSP* 基因多态性与血清生化指标的相关性 [J]. *福建农林大学学报 (自然科学版)*, 2009, 38(2): 160–165.
- [57] 王义翠, 刘延鑫, 孙宇, 等. 不同水平黄芪多糖对早期断奶犊牛生长性能及抗氧化能力的影响 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(20): 151–153, 156.
- [58] 曾涵芳, 张林, 陈孟姣, 等. 黄芪多糖对 H_2O_2 诱导的奶牛乳腺上皮细胞氧化损伤及凋亡的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2019, 42(5): 903–910.
- [59] 邓六勤, 黎梅桂, 吴宝仪. 黄芪多糖的氧化降解及其抗氧化和抗肿瘤活性研究 [J]. *中国药业*, 2018, 27(1): 13–16.
- [60] 邱立红. 中药黄芪及其活性成分对同型半胱氨酸所致的血管损伤的保护作用的研究 [D]. 博士学位论文. 杭州: 浙江大学, 2018: 14–21.

Advances on *Astragalus* Polysaccharides on Prevention of Dairy Cow Mastitis

WO Yeqianli CHANG Meinan GAO Duo SUN Peng*

(State Key Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: *Astragalus* has been used as medicine in China for hundreds of years, and the application of *Astragalus* polysaccharides as feed additive has shown potential in animal breeding. In this paper, we summarized the biofunctions and mechanisms of prevention of dairy cows mastitis of *Astragalus* polysaccharides, aimed to show the *Astragalus* polysaccharides' prospects in preventing dairy cow mastitis and provide a reference for the application of *Astragalus* polysaccharides in diets. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1): 42–47]

Key words: *Astragalus* polysaccharides; dairy cows; mastitis; prevention; advances