

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2021.5.09

甘草多糖的免疫调节和抗炎作用机制研究进展

柴美灵,武晓英*,张晓红,乔宏萍,李娜,刘地

(太原师范学院生物系,山西晋中 030600)

[收稿日期] 2020-10-12 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2021) 05-0066-06 [中图分类号] S853.7

[摘要] 多糖类物质是具有提高免疫力、抗病毒、抗肿瘤、抗氧化、抗炎症等广泛生理作用的生物活性成分。近年来,甘草多糖的作用受到研究人员的广泛关注,甘草多糖可以通过调节机体固有免疫、体液免疫、细胞免疫和细胞因子来增强机体免疫力,还可以通过调控机体氧化平衡、MAPK 信号通路和 NF- κ B 核因子发挥有效的抗炎作用,并具有防治骨关节炎和治疗胃炎的作用。重点阐述甘草多糖的免疫调节和抗炎作用机制,旨在为甘草多糖的进一步研究提供理论基础,并为甘草多糖的临床应用提供有价值的实践指导。

[关键词] 甘草多糖;免疫调节;抗炎作用机制;细胞因子

Advances in Immunomodulation and Anti-inflammatory Mechanism of Glycyrrhiza Polysaccharide

CHAI Mei-ling, WU Xiao-ying*, ZHANG Xiao-hong, QIAO Hong-ping, LI Na, LIU Di

(Department of Biology, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030600, China)

Corresponding author: WU Xiao-ying, E-mail: wuxy@tynu.edu.cn

Abstract: Polysaccharides are biological active components with a wide range of physiological functions, such as improving immunity, anti-viral, anti-tumor, anti-oxidation and anti-inflammatory. In recent years, the role of glycyrrhizin has been widely concerned by researchers. Glycyrrhiza Polysaccharide can enhance the body's immunity by regulating innate immunity, humoral immunity, cellular immunity and cytokines. It can also play an effective anti-inflammatory role by regulating the body's oxidative balance, MAPK signaling pathway and NF- κ B nuclear factors, and can prevent and treat osteoarthritis and gastritis. This paper focuses on the immune regulation and anti-inflammatory mechanism of Glycyrrhiza Polysaccharide, in order to provide a theoretical basis for the further study of Glycyrrhiza Polysaccharide, and to provide valuable practical guidance for the clinical application of Glycyrrhiza Polysaccharide.

Key words: Glycyrrhiza Polysaccharide; immunomodulation; anti-inflammatory mechanism; cytokines

基金项目: 山西省重点研发计划重点项目子项目(201603D21109-1-2); 山西省重点研发计划(201603D221008-2)

作者简介: 柴美灵, 硕士研究生, 从事天然活性成分创制兽药方向研究。

通讯作者: 武晓英。E-mail: wuxy@tynu.edu.cn

现代药理研究表明,许多中药有效成分可通过促进相关免疫细胞分泌白介素、肿瘤坏死因子等细胞因子发挥免疫调节作用^[1]。因此,中药的免疫调节、抗炎作用受到研究人员的广泛关注。甘草在多个国家药典中均有记载,是一种有着悠久历史的中草药,在医药、食品和工业生产中被广泛应用^[2]。目前,从甘草中共提取分离得到 300 多种黄酮类混合物、20 余种三萜皂苷类化合物及多糖成分,研究结果证实,甘草具有镇咳、抗菌、抗病毒、抗炎症、抗氧化、抗癌等多种活性功能^[3]。其次,药理研究发现,多糖类化合物是一种免疫调节剂,可以激活免疫细胞来提高机体的免疫功能,对正常细胞产生的毒副作用也比较小^[4]。甘草多糖是从甘草中提取出来的活性多糖,易溶于水,对感染引发的炎症等疾病表现出治疗活性,也具有多种不同的功效,例如抗肿瘤、抗病毒、抗氧化、抗炎症、吞噬作用等^[5],对免疫系统具有多种途径的调节作用。因此,通过分析甘草多糖的组成成分,探究其对机体的免疫调节和抗炎作用机制,为开发甘草作为新型抗炎药物应用于畜牧业养殖提供参考。

1 甘草多糖的组成

甘草多糖是甘草中比较重要的一个成分,是由葡萄糖及葡萄糖醛酸组成的有机大分子多糖。何培新等选用人工与野生甘草作为研究材料,应用 GC/MS 对甘草多糖进行单糖组分分析,得出甘草多糖的单糖组分主要是甘露糖和葡萄糖,另外还含有阿拉伯糖、核糖、木糖、半乳糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸,并得出人工与野生甘草多糖均为酸性多糖^[6]。李薇等以药典所规定的 3 种基源的甘草(胀果甘草、光果甘草、乌拉尔甘草)为研究对象,通过柱前衍生(PMP)-HPLC 法对其多糖的单糖组成进行分析研究,比较了 3 种甘草多糖中的 5 个单糖成分,发现甘露糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖的比例均有差别,表明不同品种的甘草多糖中单糖的组成虽然相同,但其比例却有较大的差异^[7]。由此可以认为甘露糖、阿拉伯糖、葡萄糖和半乳糖是甘草多糖的主要单糖组成。

2 甘草多糖的免疫调节作用

免疫调节在维持机体健康中发挥重要作用。其基本机制是激活巨噬细胞和活化补体系统,进而使机体相互协调促进体液免疫和细胞免疫应答,同时分泌相关免疫活性因子完成免疫调节,实现机体健康。

2.1 调节机体固有免疫 甘草多糖可作为免疫增强剂来增强机体固有免疫力,主要调节机体的网状内上皮系统功能,激活淋巴细胞、巨噬细胞和自然杀伤细胞等免疫细胞,促进细胞因子的生成,影响蛋白质的合成及抗体的生成,改善机体的免疫功能,能在多条途径、多个层面对免疫系统发挥调节作用。

已有的报道称甘草多糖对正常细胞无毒害作用,具有多种非特异性免疫增强功能,能提高巨噬细胞吞噬能力和能量代谢水平,能激活并提高网状内皮系统功能^[8]。王树琪和唐中生等研究发现甘草多糖可促进体外树突状细胞(DC)的分化和成熟,增强 DC 的免疫学活性^[9]。冯磊等在探究炙甘草多糖诱导巨噬细胞极化中发现,水溶性炙甘草多糖能促进巨噬细胞的 M1 极化、拮抗 IL-4 诱导的 M2 极化,可同时调节小鼠巨噬细胞再极化^[10]。

2.2 调节体液免疫 甘草多糖能直接刺激细胞免疫中的 B 淋巴细胞增殖,达到增进其特异性免疫功能。胡菁等从甘草残渣中提取分离得到甘草多糖,采用血清溶血素及抗体生成细胞水平实验、碳粒廓清实验、S180 荷瘤小鼠实验测定其免疫和抗肿瘤作用,研究表明甘草多糖通过促进血清溶血素 IgM 和 IgG 的生成增强小鼠体液免疫功能^[11]。

2.3 调节细胞免疫 细胞免疫是 T 淋巴细胞介导的免疫应答反应,同时伴随细胞因子的辅助来提高免疫能力。热米拉·米吉提等研究发现甘草多糖对经刀豆蛋白(ConA)诱导的 T 淋巴细胞的增殖或转化具有明显促进作用,表明甘草多糖提高了机体的细胞免疫功能^[12]。

2.4 调节细胞因子 细胞因子(CK)是由多种细胞产生的,包括白细胞介素(IL)、干扰素(IFN)、肿瘤坏死因子(TNF)等。甘草多糖激活巨噬细胞分

泌的多种细胞因子,可通过调节 NK 细胞、CTL 细胞、LAK 细胞介导的非特异性免疫与 Th 细胞、细胞毒性 T 细胞介导的特异性免疫来增强机体的免疫调节功能。

甘草多糖促进辅助性 T 淋巴细胞释放细胞因子 IL-2、TNF- α 增强免疫;可促使 T 细胞分泌 IFN- γ 的数量增多或活性增强以来上调机体免疫水平,其次甘草多糖能使小鼠血清中 TNF- α 水平显著降低,抑制肝肿瘤的生长。丛媛媛等研究甘草多糖对 RAW 264.7 巨噬细胞免疫功能的影响,得出甘草多糖促进 TNF- α 、IL-1 β 、NO 及 NOS 释放,上调 iNOS、TNF- α 、IL-1 β 的 mRNA 水平,从而增强 RAW264.7 巨噬细胞的免疫功能^[13]。孙舒玉等通过研究发现甘草多糖能促进人外周血 γ δT 细胞增殖,同时甘草多糖作用后, γ δT 细胞分泌的 IFN- γ 和 TNF- α 明显增多^[14]。

3 甘草多糖的抗炎作用

生物体通过自身防御系统来维持氧化还原平衡状态,一旦平衡被打破,氧化应激会导致生物大分子受到损伤,进而造成机体的功能障碍^[15]。炎症是机体对外来刺激的一种正常防御反应,机体的炎症反应可以刺激 ROS 生成增多,从而造成机体的氧化应激损伤^[16-17]。大量的研究证实,糖尿病、肥胖、癌症、帕金森、老年痴呆、抑郁症、神经系统等疾病都与炎症有关。然而,甘草及其活性多糖具有抗炎、抗变态反应和提高抗氧化力、调控炎症反应的药理活性。

3.1 调节氧化应激和抗氧化平衡 氧化应激(OS)是指体内氧化与抗氧化系统失衡并倾向于氧化的一种状态,当机体在遭受有害刺激后,体内活性氧自由基(ROS)过量产生,使氧化和抗氧化系统失衡。甘草多糖对 ROS 中的羟自由基($\cdot$ OH)、超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$)、DPPH 自由基(DPPH $\cdot$)具有良好的清除能力,同时还具有较强的还原能力,可以有效调节氧化和抗氧化系统的平衡^[18]。

甘草多糖还可以通过调节机体抗氧化力来维持氧化-抗氧化平衡。衣蕾等在罗曼鸡体内注射新城疫疫苗后发现,甘草多糖显著提高了血清总抗

氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、过氧化氢酶(CAT)活性和超氧化物歧化酶(SOD)含量,降低了丙二醛(MDA)含量^[19]。同样在廖成水对鼠伤寒沙门菌诱导的巨噬细胞氧化和抗氧化平衡研究中发现,甘草多糖能显著降低在鼠伤寒沙门菌损伤下巨噬细胞中的 MDA 和 ROS 含量,显著提高 GSH-Px、SOD 和 T-AOC 的抗氧化水平^[20]。

3.2 调控 MAPK 细胞信号转导通路 丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)是细胞氧化应激和损伤反应的主要信号通路,MAPK 信号途径主要有 ERK、JNK 和 p38 三种途径,能调节细胞的生长、分化,还参与环境的应激适应和炎症反应等多种细胞病理的调节。连科迅等用 LPS 刺激巨噬细胞使 MAPK 信号转导通路被激活并诱发炎症反应,发现通过硒化修饰的新疆乌拉尔甘草多糖(SeGUP)能明显抑制 ERK、JNK 和 p38 蛋白磷酸化表达,且得出硒化甘草多糖的抗炎作用强于甘草多糖^[21]。

3.3 调控炎症过程的关键因子 NF- κ B NF- κ B 是炎症过程的关键调控因子,在炎症和免疫反应中,核转录因子(NF- κ B)在诱导转录和调节基因表达过程中具有重要作用,如诱生型 NO 合酶(iNOS)等酶和 TNF- α 等炎症因子都通过 NF- κ B 进行转录调控。Cheng C Y 等研究了 LPS 刺激的 RAW264.7 巨噬细胞在应用于 NF- κ B 荧光素酶检测后,结果显示甘草复方中草药能降低培养液中 NO、IL-6 和 TNF- α 等炎症介质的分泌,降低 iNOS 和 COX-2 的细胞蛋白水平,降低 JNK 和 p38MAPK 的磷酸化,抑制 NF- κ B 的转录活性^[22]。

3.4 防治骨关节炎 汪巍的研究是通过建立大鼠骨关节炎模型对其关节腔注射不同浓度的甘草多糖,表明甘草多糖可通过促进葡萄糖醛酸转移酶(GlcAT-1)的表达进而促进大鼠骨关节炎软骨细胞增殖和糖胺多糖(GAG)的合成,表明甘草多糖具有防治骨关节炎的作用^[23]。

3.5 抗胃溃疡和治疗胃炎 赵云生等通过建立醋酸致小鼠毛细血管炎性渗透、无水乙醇致小鼠胃溃疡、利血平致小鼠胃溃疡与胃出血的动物模型研究

了甘草多糖抗胃溃疡作用,发现甘草多糖具有治疗胃炎作用,对胃溃疡有明显抑制作用且量效关系明显^[24]。钱峻探讨了甘草多糖对慢性萎缩性胃炎病变胃粘膜细胞的保护作用及其机制,发现甘草多糖可以通过调控 AKT - Mdm2 - p53 通路以及提高 Bcl - 2/Bax 的比值来抑制乙醇诱导的胃粘膜细胞损伤,还能通过提高胃粘膜组织中 SOD 和 GSH 含量并降低 MDA 的含量来实现抗氧化的作用^[25]。

3.6 治疗肺炎 武晓英等通过烟熏法构建 COPD 小鼠模型,探究了甘草多糖对慢性阻塞性肺疾病(COPD)的小鼠肺组织炎症和氧化损伤的修复作用,发现经过甘草多糖的灌胃治疗后,促炎症细胞因子 IL - 17、IL - 6 和 TNF - α 的分泌降低,抑制炎症细胞因子 IL - 10 的分泌升高,同时其抗氧化能力提高,表明甘草多糖能够有效修复 COPD 小鼠肺组织的炎症及氧化损伤^[26]。

4 炎症与免疫的关系

炎症与免疫密切相关,炎症反应大多涉及免疫机制,免疫反应的临床表现一般会晚于急性炎症反应,也没有急性炎症反应表现得剧烈,而炎症反应和早期免疫反应参与细胞相同。首先,TNF - α 是免疫调节起关键作用的细胞因子,是细胞受到刺激后最早分泌的“前炎性因子”,可以准确反映细胞的活化程度,TNF - α 还可以和 IL - 10、IL - 6、IL - 1 β 等各种类型的炎性因子共同作用,造成炎症的瀑布级联反应,促进炎症反应;其次,炎症早期症状,如血管壁通透性增加、炎性渗出、组织肿胀等伴有炎症递质水平的提升也必定相应地影响到相关免疫细胞的功能,在使用 LPS 建立动物炎症模型,机体巨噬细胞就会通过分泌 TNF - α 和 IL - 1 β 等多种炎症因子增强机体免疫力。因此,甘草多糖不仅能调节机体免疫力,还能加强抗氧化防御系统,保护机体免受炎症导致的氧化损伤。

5 甘草多糖在畜牧业中的应用

植物多糖作为天然活性物质,具有来源广泛、生物活性高、无残留、无抗药性等优点,越来越多的被作为一种绿色安全的饲料添加剂被应用于畜禽养殖中,其对免疫系统的调节作用也使其作为免疫

增强剂应用于动物生产中^[27]。

马璐等在日粮中添加不同水平甘草多糖后,发现 21 日龄肉鸡血清中 IgM、IL - 6、IFN - γ 的质量和新城疫抗体水平 ($P < 0.05$) 显著提高,这表明甘草多糖在一定程度上提高了肉鸡的免疫器官指数、新城疫抗体水平、免疫球蛋白、细胞因子和脾相关细胞因子的基因表达水平,达到提高机体免疫的功能^[28]。

黄静通过构建 ETEC (产肠毒素大肠杆菌) 感染猪肠道上皮细胞损伤模型,加入甘草多糖共培养后发现其对 ETEC 感染的耐受性显著增强,探讨出甘草多糖可通过抑制 TLR2、TLR4、TLR9 受体和促炎因子 IL - 8、IL - 6、IL - 1 β 和 TNF - α mRNA 的表达来抑制 ETEC 感染引起的猪肠道上皮细胞的炎性反应,从而得出甘草多糖可以达到保护 ETEC 感染下猪肠道细胞免疫机能的功效^[29]。

6 结语与展望

炎症是多种疾病的共同病理过程,涉及多种作用机制和多个细胞信号通路,现有很多天然药物具有良好的抗炎效果且毒副作用小,因此探索有关天然药物的抗炎免疫机理可进一步研究相关的炎症反应。众多研究表明中药草中的多糖类物质存在治疗炎症、抗氧化、防应激等活性,广泛应用于畜禽的疾病防治、增强畜禽免疫力、提高动物生产性能、改善动物产品质量等方面,同时还可以避免药物残留和耐药性的发生^[30]。综上所述,甘草多糖作为一种免疫调节剂可提高动物机体的免疫功能,起到保护机体的作用,与抗生素相比,在动物体内不会产生毒副作用,对环境和人类的健康均无不良影响,因而在畜牧业发展中具有显然的应用前景。

参考文献:

- [1] Jin Y, Wan Y, Chen G, *et al.* Treg/IL - 17 Ratio and Treg Differentiation in Patients with COPD [J]. Plos One, 2014, 9: 1044.
- [2] 郭雪峰,尹雪,刘俊峰,等. 甘草提取物的开发利用研究进展[J]. 现代农业科技, 2019, 3: 211 - 215.
- Guo X F, Yin X, Liu J F, *et al.* Development and Utilization of Glycyrrhiza uralensis Extract [J]. Progress Modern Agricultural

- Science and Technology, 2019, 3: 211 – 215.
- [3] Takashima K, Matsushima M, Hashimoto K, *et al.* Protective effects of intratracheally administered quercetin on lipopolysaccharide – induced acute lung injury[J]. *Resp Res*, 2014, 15: 150 – 160.
 - [4] 李发胜, 徐恒瑰, 李明阳, 等. 附子多糖的提取及免疫活性研究[J]. *现代预防医学*, 2008, 35(12): 2290 – 2291.
Li F S, Xu H G, Li M Y, *et al.* Extraction and immune activity of *Aconitum Polysaccharide* [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2008, 35(12): 2290 – 2291.
 - [5] 王兵, 王亚新, 赵红燕, 等. 甘草的主要成分及其药理作用的研究进展[J]. *吉林医药学院学报*, 2013, 34(03): 215 – 218.
Wang B, Wang Y X, Zhao H Y, *et al.* Advances in studies on the main components of *Glycyrrhiza uralensis* and Its pharmacological effects[J]. *Journal of Jilin Medical College*, 2013, 34(03): 215 – 218.
 - [6] 何培新, 吴双双, 林莉, 等. 甘草多糖超声辅助提取工艺优化及分子表征[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(06): 72 – 76.
He P X, Wu S S, Lin L, *et al.* Optimization of ultrasonic assisted extraction technology and molecular characterization of Glycyrrhiza Polysaccharide [J]. *Food Research and Development*, 2016, 37(06): 72 – 76.
 - [7] 李薇, 夏晴, 孙成荣, 等. 柱前衍生(PMP) – HPLC 法测定不同品种甘草多糖中单糖组成[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2014(1): 56 – 58.
Li W, Xia Q, Sun C R, *et al.* Determination of monosaccharide composition of glycyrrhizin – column derivatization (PMP) – HPLC method[J]. *Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine*, 2014(1): 56 – 58.
 - [8] Nose M, Terawaki K, Oguri K, *et al.* Activation of macrophages by crude polysaccharide fractions obtained from shoots of *Glycyrrhiza glabra* and hairy roots of *Glycyrrhiza uralensis in vitro* [J]. *Biol Pharm Bull*, 1998, 21(10): 1110 – 1112.
 - [9] 王树琪, 李华, 唐中生, 等. 甘草多糖诱导的树突状细胞生物学特性研究[J]. *云南中医中药杂志*, 2020, 41(02): 72 – 78.
Wang S Q, Li H, Tang Z S, *et al.* Study on biological characteristics of dendritic cells induced by Glycyrrhiza Polysaccharide [J]. *Yunnan Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2020, 41(02): 72 – 78.
 - [10] 冯磊, 李响, 孟繁平, 等. 炙甘草多糖对小鼠巨噬细胞再极化的影响[J]. *中国免疫学杂志*, 2020, 36(09): 1080 – 1085.
Feng L, Li X, Meng F P, *et al.* Effects of Radix Glycyrrhizae Polysaccharide on the repolarization of mice macrophages [J]. *Chinese Journal of Immunology*, 2020, 36(09): 1080 – 1085.
 - [11] 胡菁, 敖明章, 崔永明, 等. 甘草多糖的抗肿瘤活性及对免疫功能的影响[J]. *天然产物研究与开发*, 2008, 20: 911 – 913.
Hu J, Ao M Z, Cui Y M, *et al.* antitumor activity of Glycyrrhiza Polysaccharide and its effect on immune function [J]. *Research and Development of Natural Products*, 2008, 20: 911 – 913.
 - [12] 热米拉·米吉提, 丛媛媛, 帕丽达·阿不力孜, 等. 胀果甘草多糖对小鼠脾淋巴细胞增殖及诱生细胞因子的影响[J]. *中华中医药学刊*, 2016, 34(07): 1647 – 1649.
Remila M J T, Cong Y Y, Palida A B L Z, *et al.* Effects of Glycyrrhiza Polysaccharide on proliferation and induced cytokines of spleen lymphocytes in mice [J]. *Journal of Chinese Medicine*, 2016, 34(07): 1647 – 1649.
 - [13] 丛媛媛, 热米拉·米吉提, 米仁沙·牙库甫, 等. 胀果甘草多糖对 RAW264.7 巨噬细胞免疫功能的影响[J]. *中华中医药学刊*, 2018, 036(005): 1043 – 1047.
Cong Y Y, Remila M G T, MirenSha Y K F, *et al.* Effects of Glycyrrhiza Polysaccharides on immune function of RAW264.7 macrophages [J]. *Chinese Medicine Journal*, 2018, 036(005): 1043 – 1047.
 - [14] 孙舒玉, 何小鹏, 柴旺, 等. 甘草多糖对外周血 $\gamma\delta$ T 细胞的免疫调节作用[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(06): 242 – 245.
Sun S Y, He X J, Chai W, *et al.* Immunomodulatory effect of Glycyrrhizin on $\gamma\delta$ T cells in human peripheral blood [J]. *Chinese Journal of Experimental Prescriptions*, 2013, 19(06): 242 – 245.
 - [15] 杨莉. 益母草碱对肉仔鸡的免疫和抗氧化作用及其机制研究[D]. 博士学位论文. 新疆石河子大学, 2019.
Yang L. Effects of Leonurus on immunity and antioxidation of broiler chickens and its mechanism [D]. *Doctoral Thesis*. Shihezi University, Xinjiang, 2019.
 - [16] 史纪芳, 潘佳琪, 陈梦, 等. 基于 PPAR γ 途径探讨桑叶总黄酮对妊娠期糖尿病模型大鼠糖脂代谢、炎症和氧化应激的改善作用[J]. *中国药房*, 2020, 31(3): 671 – 676.
Shi J F, Pan J Q, Chen M, *et al.* To investigate the effect of total flavonoids of mulberry leaves on the improvement of Glycolipid metabolism, inflammation and oxidative stress in rats with gestational diabetes mellitus based on PPAR γ pathway [J]. *China Dispensary*, 2020, 31(3): 671 – 676.

- [17] Liu Z, Wang X, Li L, *et al.* Hydrogen sulfide protects against paraquat – induced acute liver injury in rats by regulating oxidative stress, mitochondrial function, and inflammation[J]. *Oxid Med Cell Longev.* 2020. 3.
- [18] 李青宇, 孟哲, 王磊. 响应面法优化超临界 CO₂ 提取甘草多糖及抗氧化活性研究[J]. *食品工业*, 2017, 38(09): 1 – 5.
- Li Q Y, Meng Z, Wang L. Study on extraction of Glycyrrhiza Polysaccharide from supercritical CO₂ by response surface method and antioxidant activity[J]. *Food Industry*, 2017, 38(09): 1 – 5.
- [19] 衣蕾, 史钰, 刘广, 等. 甘草多糖对鸡体内抗氧化活性的研究[J]. *畜牧与兽医*, 2019, 51(02): 110 – 113.
- Yi L, Shi Y, Liu G, *et al.* Study on antioxidant activities of Glycyrrhiza Polysaccharide in chicken[J]. *Livestock and Veterinary*, 2019, 51(02): 110 – 113.
- [20] 廖成水, 王晓利, 牛晓婉, 等. 甘草多糖对鼠伤寒沙门菌诱导的巨噬细胞氧化 – 抗氧化平衡紊乱的调解[J]. *中国兽医学报*, 2015, 35(06): 941 – 945.
- Liao C S, Wang X L, Niu X W, *et al.* Mediation of glycyrrhiza polysaccharide on the disorder of oxidative – antioxidant balance in macrophages induced by salmonella[J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2015, 35(06): 941 – 945.
- [21] 连科迅. 硒化新疆乌拉尔甘草多糖抗炎免疫调节作用研究[D]. 石河子大学, 2018.
- Lian K X. Studies on the anti – inflammatory and immunomodulatory effects of *Selenium Glycyrrhiza uralensis* Polysaccharide in Xinjiang[D]. Shihezi University, 2018.
- [22] Brian Chi – Yan Cheng, Xiao – Qing Ma, Hiu – Yee Kwan, *et al.* A herbal formula consisting of *Rosae Multiflorae Fructus* and *Lonicerae Japonicae Flos* inhibits inflammatory mediators in LPS – stimulated RAW 264.7 macrophages[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, 153(3).
- [23] 汪巍. 甘草多糖对大鼠骨关节炎软骨细胞糖胺多糖合成影响及其作用机制的研究[D]. 武汉大学, 2012.
- Wang W. Effects of Glycyrrhiza Polysaccharide on synthesis and mechanism of Glycosaminoglycan in rat osteoarthritis[D]. Wuhan University, 2012.
- [24] 赵云生, 毛福英, 赵启鹏, 等. 甘草多糖抗炎与抗胃溃疡作用研究[J]. *亚太传统医药*, 2015, 11(09): 12 – 14.
- Zhao Y S, Mao F Y, Zhao Q P, *et al.* Study on anti – inflammatory and anti – Gastric ulcer effect of glycyrrhiza Polysaccharide[J]. *Asia Pacific Traditional Medicine*, 2015, 11(09): 12 – 14.
- [25] 钱峻. 甘草多糖对萎缩性胃炎胃粘膜细胞的保护作用及其机制研究[D]. 苏州大学, 2018.
- Qian J. Effect of Glycyrrhiza Polysaccharide on the protective effect and mechanism of gastric mucosa cells in atrophic gastritis and its mechanism[D]. Suzhou University, 2018.
- [26] 武晓英, 李娜, 乔宏萍, 等. 甘草多糖对小鼠肺组织炎症及氧化损伤的修复机制[J]. *甘肃农业大学学报*, 2020, 55(05): 8 – 14.
- Wu X Y, Li N, Qiao H P, *et al.* Repair mechanism of Glycyrrhiza Polysaccharide on inflammation and oxidative injury of lung tissue in mice[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2020, 55(05): 8 – 14.
- [27] 孙新堂. 植物多糖的生物活性及其在畜牧业中的应用[J]. *畜牧与兽医*, 2019, 51(08): 135 – 137.
- Sun X T. Biological activity of plant polysaccharide and its application in animal husbandry[J]. *Livestock and Veterinary*, 2019, 51(08): 135 – 137.
- [28] 马璐, 张才, 杨自军, 等. 甘草多糖对肉鸡免疫功能的影响[J/OL]. *中国兽医科学*: 1 – 8[2020 – 07 – 08]. 1673 – 4696.
- Ma L, Zhang C, Yang Z J, *et al.* Effects of Glycyrrhiza Polysaccharide on immune function of broiler chicken[J/OL]. *Chinese Veterinary Science*: 1 – 8[2020 – 07 – 08]. 1673 – 4696.
- [29] 黄静. ETEC 感染对猪肠道上皮细胞的炎性损伤作用及甘草多糖的干预效果研究[D]. 西南大学, 2020.
- Huang J. Study on the effect of ETEC infection on inflammatory injury of porcine intestinal epithelial cells and the intervention effect of Glycyrrhizin[D]. Southwest University, 2020.
- [30] 牛华星, 李迎梅, 尹旭升, 等. 植物多糖生物活性的研究及其在畜牧业中的应用[J]. *畜牧与饲料科学*, 2009, 30(09): 165 – 167.
- Niu H X, Li Y M, Yin X S, *et al.* Study on biological activity of plant Polysaccharide and its application in animal husbandry[J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2009, 30(09): 165 – 167.

(编辑:陈希)