

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2024.01.11

# 中药提取物的生物学功能及其在断奶仔猪中的 试验性研究进展

郭 翱, 顾进华, 王学伟, 刘自扬, 苏富琴\*

(中国兽医药品监察所, 北京 100081)

[收稿日期] 2023-05-12 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2024) 01-0069-06 [中图分类号] S859.79

**[摘要]** 中药提取物具有抗炎、抗菌、抗氧化、调节机体免疫等生物学功能, 在改善断奶仔猪采食量减少、生长发育迟缓、腹泻等问题上具有良好的效果。本文综述了中药提取物的生物学功能及其在断奶仔猪中的试验性研究, 为开发利用兽用中药提取物及其制剂提供参考。

**[关键词]** 中药提取物; 生物学功能; 断奶仔猪; 生长性能

## Progress on Biological Function and Experimental Study of Chinese Herbal Extracts in Weaned Piglets

GUO Ao, GU Jin-hua, WANG Xue-wei, LIU Zi-yang, SU Fu-qin\*

(China Institute of Veterinary Drug Control, Beijing 100081, China)

Corresponding author: SU Fu-qin, E-mail: qinqinsu123@163.com

**Abstract:** Chinese herbal extracts have anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant, immune regulation and other biological functions, and have a good effect on reducing feed intake, growth retardation, diarrhea and other problems of weaned piglets. In this paper, the biological functions and experimental studies of Chinese herbal extracts in weaned piglets were reviewed, providing reference for the development and utilization of Chinese herbal extracts and their preparations for veterinary use.

**Key words:** Chinese herbal extracts; biological function; weaned piglets; growth performance

中药提取物在《中华人民共和国药典》2020 年版一部凡例中有所规定, 即提取物包括以水或醇为溶剂经提取制成的流浸膏、浸膏或干浸膏、含有一类或数类有效成分的有效部位和含量达到 90% 以

上的单一有效成分。通过对中药材的提取, 可以富集有效成分、去除中药材中无效和有毒成分, 降低用药剂量。目前, 中药提取物在亚洲、欧洲得到比较广泛的应用, 我国医药和畜牧兽医领域也都对中

基金项目: “十四五”国家重点研发计划“中兽药现代化与产业化技术研发”(2022YFD1801105)

作者简介: 郭翱, 从事兽用化学药品评审。

通讯作者: 苏富琴。E-mail: qinqinsu123@163.com

药提取物进行了多年的研究探索<sup>[1]</sup>。

在畜禽养殖中,断奶仔猪由于免疫系统、消化系统尚未发育完善,母源抗体水平和自身免疫水平都比较低,加上断奶、转群、环境、饲料变化等不同程度的应激影响,易受到各种病原微生物的侵袭,容易出现采食量减少、生长发育迟缓、腹泻等问题。药效学研究表明,中药提取物具有抗炎、抗菌、抗氧化、调节机体免疫等生物学功能,在改善断奶仔猪采食量减少、生长发育迟缓、腹泻等问题上具有良好的效果。同时,中药提取物以资源丰富、不易产生耐药性等特点,在开发兽用中药提取物及其制剂方面受到广泛关注。本文综述了中药提取物的生物学功能及其在断奶仔猪中的试验性研究,为开发利用兽用中药提取物及其制剂提供参考。

## 1 中药提取物的生物学功能

1.1 抗氧化作用 氧化应激是指机体在遭受各种有害刺激时,体内高活性分子如活性氧(ROS)和活性氮(RNS)自由基产生过多,氧化程度超出氧化物清除能力,氧化系统和抗氧化系统动态失衡,从而导致细胞和组织损伤<sup>[2]</sup>。机体在正常条件下,通过体内氧化还原酶系统的调节,细胞内 ROS 水平保持较低水平,当机体受到有害刺激,体内产生自由基过多,超出体内抗氧化系统的清除能力,机体氧化系统和抗氧化系统失衡,易造成机体损伤<sup>[3]</sup>。体内和体外研究表明,多种中药提取物具有较强的抗氧化作用。1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基、超氧阴离子和羟基自由基常被用于评价物质的抗氧化活性。研究发现,甘草黄酮对 DPPH 自由基、超氧阴离子和羟基自由基的清除率能力较强<sup>[4]</sup>。丙二醛(MDA)是脂质过氧化反应的副产物,可用于评价脂质过氧化反应。Lin X 等<sup>[5]</sup>用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导 RAW264.7 细胞产生氧化应激并评价了姜黄素的抗氧化能力,结果显示姜黄素可以提高 RAW264.7 细胞过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)等抗氧化酶活性,降低了 MDA 水平,从而降低细胞氧化损伤。核因子 E2 相关因子 2(Nrf2)是调控细胞氧化应激反应的重要转录因子,通过诱导调控一系列

抗氧化酶的表达,可以减轻活性氧和亲电体引起的细胞损伤,使细胞处于稳定状态,维持机体氧化还原动态平衡<sup>[6]</sup>。王玉荣等<sup>[7]</sup>研究发现,绞股蓝黄酮通过激活 Nrf2 信号通路,增加下游抗氧化基因醌氧化还原酶 1(NQO1),血红素氧合酶-1(HO-1)的表达从而减轻人肺腺癌 A549 细胞氧化应激损伤。综上所述,中药提取物可通过清除自由基、提高抗氧化酶含量来发挥抗氧化功能。

1.2 抗菌作用 体内和体外研究表明,多种中药提取物具有显著的抗菌活性。王静慧等<sup>[8]</sup>研究发现,博落回提取物血根碱的抗菌谱广,对沙门氏菌、金黄色葡萄球菌和大肠埃希氏菌等病原菌有较强的抑菌作用。刘明<sup>[9]</sup>在体内和体外试验研究发现,大黄素具有显著的抗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌作用且不易诱导其产生耐药性。杨天鸣等<sup>[10]</sup>研究表明,柴胡水提物对金黄色葡萄球菌、伤寒杆菌有显著的抑制作用,并明显降低由伤寒杆菌引起的小鼠急性腹腔感染的死亡率。王宏军等<sup>[11]</sup>研究发现,连翘酯苷对引发奶牛乳房炎的主要致病菌金黄色葡萄球菌、停乳链球菌、无乳链球菌均有较好的抑制作用。综上所述,中药提取物对体内和体外的多种革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌都有显著的抑制作用。

1.3 抗炎作用 炎症是机体对致炎物质刺激产生的防御反应,适度的炎症使机体更好的抵抗病原体以及调节新陈代谢,但过度的炎症则会对机体造成损伤<sup>[12]</sup>。NF- $\kappa$ B 作为一种重要的核转录因子,在炎症反应的调控中起着重要作用<sup>[13]</sup>。Chao H 等<sup>[14]</sup>利用脂多糖(LPS)刺激巨噬细胞,建立炎症细胞模型,研究丹参多糖对炎症的影响,结果表明丹参多糖下调 NF- $\kappa$ B 的激活和核转移,并降低炎症相关基因和炎症介质的表达。Yan F 等<sup>[15]</sup>研究了小檗碱对结肠炎小鼠的治疗作用,结果表明小檗碱能抑制小鼠结肠巨噬细胞和上皮细胞促炎细胞因子产生,改善小鼠结肠炎症状。Cheng P 等<sup>[16]</sup>研究表明,黄芩苷能够减轻 LPS 诱导的鸡肝脏炎症,其抗炎活性与抑制 NF- $\kappa$ B 信号通路激活有关。由此可见,中药提取物可通过抑制 NF- $\kappa$ B 信号通路激

活来发挥抗炎作用。

**1.4 免疫调节** 免疫是机体的一种生理性功能,通过识别和排除抗原性异物维持机体内环境的平衡。免疫系统的功能下降或受损,机体的防御能力降低,易导致多种疾病发生。研究表明,多种中药提取物具有调节机体免疫的功能。Ren Z 等<sup>[17]</sup>研究表明,大叶贯众多糖能显著提高免疫抑制小鼠的胸腺和脾脏指数,增强淋巴细胞增殖活性和巨噬细胞功能、提高免疫球蛋白和细胞因子水平。王伟等<sup>[18]</sup>研究发现,金银花提取物可通过提高小鼠 NK 细胞活性、恢复 T 淋巴细胞亚群之间的平衡、抑制脾细胞凋亡来提高免疫抑制小鼠的免疫功能。陈福星等<sup>[19]</sup>研究发现蒲公英多糖显著提高小鼠免疫器官指数,促进免疫器官发育。树突状细胞是最有效的抗原呈递细胞,具有连接先天免疫和适应性免疫的能力。Li X 等<sup>[20]</sup>研究发现,甘草多糖能够诱导树突状细胞成熟。由此可见,中药提取物可通过作用于免疫器官、免疫细胞、免疫分子来发挥免疫调节作用。

## 2 中药提取物在断奶仔猪中的试验性研究

### 2.1 中药提取物对断奶仔猪抗氧化水平的影响

在养殖中,高温、日粮改变、断奶、转群等因素都会导致断奶仔猪产生应激。应激状态下动物的抗氧化防御系统易造成破坏,自由基产生过多,造成氧化损伤,使动物生长性能下降、免疫功能受损<sup>[21]</sup>。研究表明,多种中药提取物具有提高断奶仔猪抗氧化水平的作用。洪奇华等<sup>[22]</sup>研究发现,在断奶仔猪日粮中添加 200 mg/kg 姜黄素能显著增加仔猪小肠中 SOD、T - AOC 和 GSH - Px 抗氧化酶的活性、提高断奶仔猪日增重、同时降低料重比。Yang M 等<sup>[23]</sup>研究表明,饲料中添加 200 mg/kg 迷迭香提取物能够提高断奶仔猪血清和肝脏中 SOD 和 GSH - Px 活性,降低 MDA 的含量并降低仔猪腹泻率。费枫等<sup>[24]</sup>研究发现,在仔猪日粮中添加 100 mg/kg 薄荷提取物能改善热应激条件下断奶仔猪生长性能、提高仔猪抗氧化水平。李建房<sup>[25]</sup>研究发现,饲料中添加 100 mg/kg 甘草多糖能显著提高仔猪血清中 T - AOC 活性,降低 MDA 含量,提高断

奶仔猪的抗氧化水平。综上所述,在断奶仔猪日粮中添加适量的中药提取物能够提高断奶仔猪的抗氧化水平。

**2.2 中药提取物对断奶仔猪肠道健康的影响** 肠道不仅是断奶仔猪营养物质消化吸收的重要场所,而且还是重要的免疫器官。断奶会影响仔猪肠道形态,损伤肠道黏膜,使肠道上皮细胞间的通透性增加<sup>[26]</sup>。洪奇华等<sup>[22]</sup>研究发现,日粮中添加 200 mg/kg 姜黄素对保护断奶仔猪肠道屏障功能、保持肠黏膜结构完整具有积极作用。免疫球蛋白(尤其是 SIgA)在保护肠道黏膜免受病原侵袭和抑制病毒增殖等方面发挥着十分重要的作用<sup>[27]</sup>。尤婷<sup>[28]</sup>研究表明,在断奶仔猪日粮中添加 150 mg/kg 甘草提取物能增加断奶仔猪十二指肠、空肠及回肠的肠道黏膜 SIgA 含量。胃肠道正常微生物菌群在抑制病原微生物定植和宿主免疫系统发育等方面发挥重要作用。当猪胃肠道菌群失衡时,病原微生物通过产生毒素、利用宿主动物体内的营养物质以及抑制合成维生素或其他生长因子,从而降低猪的生长速度和健康状况<sup>[29]</sup>。乳酸杆菌是仔猪肠道内的主要优势菌群,也是猪肠道内有益菌之一<sup>[30]</sup>。汤文杰等<sup>[31]</sup>研究发现,在断奶仔猪日粮中添加 600 mg/kg 山楂提取物能显著提高结肠乳酸杆菌数量,降低大肠杆菌数量。陈凌锋等<sup>[32]</sup>研究发现,在断奶仔猪基础饲料中添加 1000 mg/kg 太子参茎叶多糖能够降低盲肠大肠杆菌的数量并提高乳酸杆菌数量。综上所述,中药提取物通过保护仔猪肠道黏膜完整、提高 SIgA 含量、增加益生菌数量来改善断奶仔猪肠道健康。

**2.3 中药提取物对仔猪生长性能的影响** 多项研究表明,在断奶仔猪日粮中添加中药提取物,能够提高断奶仔猪的生长性能。苟昌勇等<sup>[33]</sup>研究发现,在断奶仔猪饲料中添加 1700 mg/kg 五倍子单宁酸能降低仔猪腹泻发生率、提高仔猪生长性能。梅华迪等<sup>[34]</sup>研究表明,饲料中添加 400 mg/kg 槲皮素可提高断奶仔猪平均日增重并降低仔猪腹泻率。黄其春等<sup>[35]</sup>研究表明,日粮中添加 0.2% 银杏提取物能够提高断奶仔猪对粗蛋白、粗脂肪消化率,从而促进仔

猪生长发育。李建房等<sup>[25]</sup>研究发现,在断奶仔猪饲料中添加 1000 mg/kg 甘草多糖,可以显著提高断奶仔猪的平均日增重并显著降低料重比,提高生长性能。何夏阳<sup>[36]</sup>研究发现,饲料中添加 0.5 mg/kg 血

根碱可显著提高断奶仔猪平均日增重,明显降低料重比和腹泻率。综上所述,中药提取物可通过增加断奶仔猪采食量、提高营养物质的消化吸收率、降低仔猪腹泻发生率来提高仔猪的生长性能。

表 1 常见中药提取物在断奶仔猪试验性研究中的添加剂量及主要作用

Tab 1 Dosage and main effects of common Chinese herbal extracts in experimental study of weaned piglets

中药提取物名称	添加剂量	主要作用	参考文献
姜黄素	200 mg/kg	提高断奶仔猪的生长性能、增加抗氧化酶活性	洪奇华等 <sup>[22]</sup>
迷迭香提取物	200 mg/kg	提高仔猪抗氧化功能、减少腹泻发生	Yang M 等 <sup>[23]</sup>
薄荷提取物	100 mg/kg	改善热应激条件下断奶仔猪生长性能、提高仔猪抗氧化水平	费枫等 <sup>[24]</sup>
甘草提取物	150 mg/kg	增加断奶仔猪十二指肠、空肠及回肠的肠道黏膜 SIgA 含量	尤婷 <sup>[28]</sup>
山楂提取物	600 mg/kg	提高结肠乳酸杆菌数量,降低大肠杆菌数量	汤文杰等 <sup>[31]</sup>
太子参茎叶多糖	1000 mg/kg	降低盲肠大肠杆菌的数量并提高乳酸杆菌数量	陈凌锋等 <sup>[32]</sup>
五倍子单宁酸	1700 mg/kg	降低仔猪腹泻发生率、提高仔猪生长性能	苟昌勇等 <sup>[33]</sup>
槲皮素	400 mg/kg	提高断奶仔猪平均日增重、结束体重并降低仔猪腹泻率	梅华迪等 <sup>[35]</sup>
血根碱	0.5 mg/kg	提高断奶仔猪平均日增重,降低肉肉比和腹泻率	何夏阳 <sup>[36]</sup>

### 3 讨论

中药提取物在断奶仔猪中的药效学探索性试验表明,多种中药提取物具有提高断奶仔猪的抗氧化水平、改善断奶仔猪肠道健康、提高断奶仔猪的生长性能等作用,同时能够降低断奶仔猪的发病率(表 1)。中药提取物可作为开发兽用中药制剂的重要原料,但是不能直接在兽医临床上使用,需要制成制剂。《兽药管理条例》第四十一条规定“经批准可以在饲料中添加的兽药,应当由兽药生产企业制成药物饲料添加剂后方可添加。禁止将原料药直接添加到饲料及动物饮用水中或者直接饲喂动物”。

在申报兽用中药提取物及其制剂,《兽药注册分类及注册资料要求》(农业部公告第 442 号)适用兽用中药提取物及其制剂注册的情形有两种:一是第一类 1,即从中药、天然药物中提取的有效成份及其制剂,是指兽药国家标准中未收录的从中药、天然药物中得到的未经化学修饰的单一成份及其制剂,其单一成分的含量应当占总提取物的 90% 以上;二是第二类 2,即从中药、天然药物中提取的有效部位制成的制剂,是指从中药、天然药物中提取的一类或数类成份制成的制剂。现已批准的兽用中药提取物及其制剂有博落回提取物及博落回散、白头翁皂苷提取物及白头翁皂苷提取物注射液等。博落回散具有

抗菌消炎,开胃的功能,可作为药用饲料添加剂使用,用于促进猪、鸡生长,对于猪、鸡的健康生长和减少抗菌药使用具有重要意义。目前,开展中药提取物在畜禽中的药效学探索性研究较多,但开发为兽用中药提取物及其制剂的产品相对较少,未来应加大研发和利用力度以满足养殖业实际用药需求。

### 参考文献:

- [1] 顾进华,毕昊容,张莉,等. 兽用中药提取物发展与管理研究[J]. 中国兽药杂志,2021. 55(4): 69-73.  
Gu J H, Bi H R, Zhang L, et al. Research on the Development and Management of Veterinary Chinese Medicine Extract [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2021. 55(4): 69-73.
- [2] 胡流芳,王迎,任汝静,等. Keap1 - Nrf2/ARE 信号通路的抗氧化应激作用及其调控机制[J]. 国际药学研究杂志, 2016. 43(1): 146-152.  
Hu L F, Wang Y, Ren R J, et al. Anti-oxidative stress actions and regulation mechanisms of Keap1 - Nrf2/ARE signal pathway [J]. International Journal of Pharmaceutical Research, 2016. 43(1): 146-152.
- [3] 钟琴,陈代文,余冰,等. 氧化应激对断奶仔猪的影响及营养的调控作用[J]. 动物营养学报, 2019. 31(5): 2022-2029.  
Zhong Q, Chen D W, Yu B, et al. Effects of oxidative stress on weaned piglets and nutritional regulation [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019. 31(5): 2022-2029.

- [4] 张福欣,宋佳烜,刘晓东,等. 甘草黄酮抗氧化及免疫活性[J]. 中国兽医学报, 2019. 39(6): 1180-1183.  
Zhang F X, Song J X, Liu X D, *et al.* Antioxidant and immune activity of licorice flavonoids [J]. Chinese Veterinary Journal, 2019. 39(6): 1180-1183.
- [5] Lin X, Bai D, Wei Z, *et al.* Curcumin attenuates oxidative stress in RAW264.7 cells by increasing the activity of antioxidant enzymes and activating the Nrf2-Keap1 pathway[J]. PLOS ONE, 2019. 14.
- [6] 李慧,杨林. Nrf2 抗氧化的分子调控机制[J]. 生物信息学, 2018. 16(1): 1-6.  
Li H, Yang L. Molecular regulation mechanism of Nrf2 antioxidant[J]. Bioinformatics, 2018. 16(1): 1-6.
- [7] 王玉荣,杨康,崔伟业,等. 绞股蓝黄酮对过氧化氢损伤 A549 细胞的作用[J]. 中国中药杂志, 2018. 43(5): 1014-1020.  
Wang Y R, Yang K, Cui W Y, *et al.* Effects of flavonoids from *Gynostemma pentaphyllum* on A549 cells damaged by hydrogen peroxide[J]. Journal of Chinese Traditional Medicine, 2018. 43(5): 1014-1020.
- [8] 王静慧,韩剑众,曲道峰. 血根碱体外抑菌作用及其对细菌生物被膜的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2012. 48(19): 67-70.  
Wang J H, Han J Z, Qu D F. In vitro bacteriostatic effect of sanguinarine and its effect on bacterial biofilm [J]. Chinese Journal of Animal Husbandry, 2012. 48(19): 67-70.
- [9] 刘明. 大黄素对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的体内、外抗菌作用及机制研究[D]. 第三军医大学, 2015.  
Liu M. Investigation on its anti-MRSA effects of emodin *in vivo* and *in vitro*, and mechanism [D]. The Third Military Medical University, 2015.
- [10] 杨天鸣,盖静,赵萌. 柴胡水提取物抗菌作用研究[J]. 中兽医医药杂志, 2011. 30(2): 49-51.  
Yang T M, Gai J, Zhao M. Study on antibacterial activity of water extract of *Bupleurum bupleurum* [J]. Journal of Chinese Veterinary Medicine, 2011. 30(2): 49-51.
- [11] 王宏军,蒋红,吴国娟. 连翘酯苷在体外与体内的抑菌效果研究[J]. 中国饲料, 2005(10): 26-27.  
Wang H J, Jiang H, Wang G J. Study on bacteriostatic effect of forsythate glycoside *in vitro* and *in vivo* [J]. Chinese feed, 2005(10): 26-27.
- [12] 关爽. 红景天苷的抗炎作用及其对炎症信号转导通路的调控[D]. 吉林大学, 2011.  
Guang S. Anti-inflammatory activity and Regulation on inflammatory signal transduction pathways of salidroside [D]. Jilin University, 2011.
- [13] Cao S T, Wang C C, Wu H, *et al.* Weaning disrupts intestinal antioxidant status, impairs intestinal barrier and mitochondrial function, and triggers mitophagy in piglets[J]. Journal of animal science, 2018. 96(3): 1073.
- [14] Chao H, Jin K Y, Peng Y S, *et al.* Effects of *Salvia miltiorrhiza* Polysaccharides on Lipopolysaccharide-Induced Inflammatory Factor Release in RAW264.7 Cells[J]. Journal of Interferon and Cytokine Research, 2018. 38(1): 29-37.
- [15] Yan F, Wang L, Shi Y, *et al.* Berberine promotes recovery of colitis and inhibits inflammatory responses in colonic macrophages and epithelial cells in DSS-treated mice[J]. American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology, 2012. 302(5): 504-514.
- [16] Cheng P, Wang T, Li W, *et al.* Baicalin Alleviates Lipopolysaccharide-Induced Liver Inflammation in Chicken by Suppressing TLR4-Mediated NF- $\kappa$ B Pathway[J]. Frontiers in Pharmacology, 2017. 8: 547.
- [17] Ren Z, He C, Fan Y, *et al.* Immune-enhancing activity of polysaccharides from *Cyrtomium macrophyllum* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 70: 590-595.
- [18] 王伟,林宇城,王玉兰,等. 金银花提取物对小鼠免疫功能的影响[J]. 沈阳药科大学学报, 2022. 39(2): 164-173.  
Wang W, Lin Y C, Wang Y L, *et al.* Effects of extract of Honeysuckle on immune function in mice [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2022. 39(2): 164-173.
- [19] 陈福星,陈文英,钟秀会. 蒲公英多糖对小鼠免疫机能的影响[J]. 中国兽医杂志, 2009. 45(3): 19-20.  
Cheng F X, Chen W Y, Zhong X H. Effect of dandelion polysaccharide on immune function in mice [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2009. 45(3): 19-20.
- [20] Li X, He X, Liu B, *et al.* Maturation of Murine Bone Marrow-Derived Dendritic Cells Induced by *Radix Glycyrrhizae* Polysaccharide [J]. Molecules, 2012. 17(6): 6557-6568.
- [21] 李永义. 多酚对氧化应激仔猪的保护作用及机制研究[D]. 四川农业大学, 2011.  
Li Y Y. Protective effects of tea polyphenols for Weaned pigs challenged with oxidative stress [D]. Sichuan Agricultural University, 2011.
- [22] 洪奇华,李鑫,徐求文,等. 姜黄素对断奶仔猪肠道屏障、抗氧化和线粒体功能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2022. 58(6): 251-255.  
Hong Q H, Li X, Xu Q W, *et al.* Effects of curcumin on intestinal barrier, antioxidant and antioxidant activity in Weaned Piglets [J]. Chinese Journal of Animal Husbandry, 2022. 58(6): 251-255.

- [23] Yang M, Yin Y, Wang F, *et al.* Effects of dietary rosemary extract supplementation on growth performance, nutrient digestibility, antioxidant capacity, intestinal morphology and microbiota of weaning pigs[J]. *Journal of animal science*, 2021. 99(9): 237.
- [24] 费枫, 刘锐. 薄荷提取物对热应激下断奶仔猪生长性能、血清抗氧化能力及炎症因子的影响[J]. *饲料研究*, 2023(4): 25-30.
- Fei F, Liu R. Effects of peppermint extract on growth performance serum antioxidant capacity and inflammatory factors in Weaned piglets under heat stress[J]. *Feed Research*, 2023(4): 25-30.
- [25] 李建房. 甘草多糖对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[D]. 扬州大学, 2022.
- Li J F. Effects of Glycyrrhiza polysaccharide on growth performance and intestinal health of weaned piglets [D]. Yangzhou University, 2022.
- [26] 魏宏逵, 吴晓宇, 崔琛彬, 等. 肠道炎症的发生机制及其营养调控研究进展[J]. *动物营养学报*, 2022. 34(10): 6358-6370.
- Wei H K, Wu X Y, Cui C B, *et al.* Progress in the pathogenesis and nutritional regulation of intestinal inflammation[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022. 34(10): 6358-6370.
- [27] 毛湘冰, 胡海燕, 陈代文, 等. 饲料添加香菇多糖对轮状病毒攻毒断奶仔猪回肠屏障功能的影响[J]. *动物营养学报*, 2021. 33(8): 4323-4331.
- Mao X B, Hu H Y, Chen D W, *et al.* Effects of dietary lentinan on ileal barrier function of weaned piglets challenged by rotavirus[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021. 33(8): 4323-4331.
- [28] 尤婷. 甘草提取物对断奶仔猪生长性能、免疫功能及肠道健康的影响[D]. 四川农业大学, 2020.
- You T. Effects of licorice extract on growth performance, immune function and intestinal health of weaned piglets [D]. Sichuan Agricultural University, 2020.
- [29] Ahmed ST, Hossain ME, Kim GM, *et al.* Effects of resveratrol and essential oils on growth performance, immunity, digestibility and fecal microbial shedding in challenged piglets [J]. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2013. 26(5): 683-690.
- [30] 沈志文, 胡念之, 张琦玉, 等. 日粮蛋白与猪肠道健康关系的研究进展[J]. *饲料研究*, 2020. 43(11): 150-153.
- Shen Z W, Hu N Z, Zhang Q Y, *et al.* Research progress on the relationship between dietary protein and intestinal health in pigs [J]. *Feed Research*, 2020. 43(11): 150-153.
- [31] 汤文杰, 何鹏, 刁慧, 等. 山楂提取物对断奶仔猪生长性能、免疫功能、抗氧化能力及肠道微生物的影响研究[J]. *中国饲料*, 2022(3): 47-52.
- Tang W J, He P, Diao H, *et al.* Effects of hawthorn extract on growth performance, immune function, antioxidant capacity and intestinal microorganisms of weaned piglets [J]. *Chinese feed*, 2022(3): 47-52.
- [32] 陈凌锋, 蔡旭滨, 檀新珠, 等. 太子参茎叶多糖对断奶仔猪肠道免疫功能、肠黏膜形态结构及盲肠内容物菌群的影响[J]. *动物营养学报*, 2017. 29(3): 1012-1020.
- Chen L F, Cai X B, Tan X Z, *et al.* Effects of stem and leaf polysaccharide from pseudostellariae pseudostellariae on intestinal immune function, intestinal mucosal morphology and cecal Contents microflora of weaned piglets [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2017. 29(3): 1012-1020.
- [33] 苟昌勇, 施晓丽, 孙澄慧, 等. 五倍子单宁酸对断奶仔猪生长性能、腹泻和养分消化的影响[J]. *动物营养学报*, 2020. 32(11): 5137-5144.
- Gou C Y, Shi X L, Sun C H, *et al.* Effects of gallnut tannic acid on growth performance, diarrhea and nutrient digestion of weaned piglets [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020. 32(11): 5137-5144.
- [34] 梅华迪, 李袁飞, 田琦, 等. 槲皮素对断奶仔猪生长性能、营养物质表观消化率、血清生化指标、粪便微生物及其代谢产物的影响[J]. *动物营养学报*, 2022. 34(5): 2884-2895.
- Mei H D, Li Y F, Tian Q, *et al.* Effects of quercetin on growth performance nutrient apparent digestibility, serum biochemical indices, fecal microorganisms and their metabolites in weaned piglets [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022. 34(5): 2884-2895.
- [35] 黄其春, 陈彤, 郑新添, 等. 银杏叶提取物对断奶仔猪养分消化率、消化酶活性及肠道吸收能力的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2017. 53(3): 125-128.
- Huang Q C, Chen T, Zheng X T, *et al.* Effects of ginkgo biloba leaf extract on nutrient digestibility, digestive enzyme activities and Intestinal absorption Capacity of weaned piglets [J]. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 2017. 53(3): 125-128.
- [36] 何夏阳. 血根碱对断奶仔猪生长性能、养分消化率和血液生化指标的影响[D]. 湖南农业大学, 2010.
- He X Y. Effects of sanguinarine on growth performance, nutrient digestibility and blood biochemical indices of weaned piglets [D]. Hunan Agricultural University, 2010.