

绞股蓝的生物学功能及其在猪、鸡生产中的应用潜力

谢 谦^{1,2} 张海涵^{1,2} 宋泽和^{1,2} 贺 喜^{1,2*}

(1.湖南农业大学动物科学技术学院,长沙 410128;2.湖南家禽安全生产工程技术研究中心,湖南畜禽安全生产协同创新中心,长沙 410128)

摘 要: 绞股蓝是葫芦科绞股蓝属攀援草本植物,含有皂苷、多糖、黄酮类化合物、氨基酸、无机元素等多种成分,具有抗炎、抗氧化、增强免疫、降血糖等多种生物学功能。我国绞股蓝资源丰富,将其开发为饲料添加剂具有一定的潜力。本文对绞股蓝的生物学功能进行综述,为其作为饲用资源的合理开发提供科学参考。

关键词: 绞股蓝;抗炎;抗氧化;降血糖

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)09-4053-06

随着“禁抗令”的实施,研究和开发新型绿色、安全、有效的饲料添加剂成为行业内的研究重点^[1]。植物源性饲料添加剂因其无残留、无毒无害、高效等特性受到广泛的关注,研究显示植物源性饲料添加剂能有效提高动物的生产性能,增强动物的抗氧化能力和免疫力^[2-4]。

绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)是葫芦科绞股蓝属攀援草本植物,生长在海拔300~3 200 m的地区,在我国主要分布在秦岭以及长江以南的地区^[5]。我国从明朝开始就已经广泛使用绞股蓝作为蔬菜和制作凉茶,已经有数百年的历史^[6]。绞股蓝主要生物活性成分是绞股蓝皂苷和绞股蓝多糖,具有抗炎、抗氧化、降血糖、降低胆固醇、增强免疫力、调节血脂和调节血压等多种生物学功能^[7-11]。我国绞股蓝资源丰富,将其作为饲料添加剂开发具有一定的潜力。本文对绞股蓝的生物学功能进行综述,为其作为饲用资源的合理开发提供科学参考。

1 绞股蓝的生物活性成分

产地和部位不同会导致绞股蓝的生物活性成分含量不同,但是生物活性成分的组成不会有太大的改变,绞股蓝的主要生物活性成分为皂苷、多糖和黄酮类化合物^[12]。绞股蓝皂苷是绞股蓝中最有效的生物活性成分之一,其在绞股蓝叶中的含量最高,其次是茎、根,总体含量为5.3%~8.9%^[13-14]。目前已经明确了201个绞股蓝皂苷的结构,其苷元部分基本为达玛烷型四环三帖类^[15]。绞股蓝多糖是绞股蓝中含量较高的生物活性成分,其在绞股蓝叶中含量最高,为(1.78±0.60)% ,其次是茎,为(0.84±0.23)%^[16]。绞股蓝多糖由8种单糖组成,分别为葡萄糖、木糖、鼠李糖、阿拉伯糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸^[17]。目前对绞股蓝的报道主要与皂苷和多糖相关,对黄酮类化合物的研究较少,已经报道的黄酮类化合物有槲皮素、芦丁、商陆素、异鼠里素、商陆苷、硬脂酸、山奈酚等7种,绞股蓝茎、叶中黄酮总体含量为2%~5%^[5,18],对于绞股蓝中黄酮类

收稿日期:2020-02-27

基金项目:国家重点研发计划中英政府间国际合作重点项目(2018YFE0101700);国家自然科学基金面上项目(31872378);湖南农业大学重大科研项目(17PYXM04);湖南农业大学“双一流”建设项目(SYL201802015)

作者简介:谢 谦(1997—),男,广东惠州人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 292851677@qq.com

*通信作者:贺 喜,教授,博士生导师, E-mail: hexi111@126.com

化合物的其他研究还有待深入。

2 绞股蓝的生物学功能

2.1 抗炎与增强免疫

目前的研究发现,绞股蓝皂苷和绞股蓝多糖都表现出对动物机体有抗炎和增强免疫的作用。Wong 等^[19]报道,当发生炎症性肠病时,肠道免疫稳态受到干扰,肠道中的巨噬细胞被激活并通过活化核转录因子- κ B (NF- κ B) 和转录活化因子 3 (STAT3) 信号通路释放诱导型一氧化氮合酶 (iNOS)、白细胞介素 (IL)-6、IL-12、肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 等促炎因子,扩大并延长炎症反应。绞股蓝皂苷通过抑制巨噬细胞中磷酸化 NF- κ B 和磷酸化 STAT3 蛋白表达阻断 NF- κ B 和 STAT3 信号通路的活化,减少促炎因子基因的转录,以此发挥抗炎作用。Aktan 等^[20]也报道了绞股蓝皂苷可通过抑制 iNOS 活性并减弱 NF- κ B 介导的 iNOS 蛋白表达来抑制小鼠巨噬细胞中的一氧化氮 (NO) 合成。绞股蓝多糖可以通过改善小鼠胸腺指数、脾脏指数,促进脾细胞增殖,增加自然杀伤 (NK) 细胞杀伤活性,增加 CD4⁺、CD8⁺ 水平及 CD4⁺/CD8⁺ 比值发挥其对动物机体的免疫调节作用^[21-22]。Yu 等^[23]报道,通过脂质体包裹的绞股蓝皂苷在体内外均可显著促进淋巴细胞的增殖,增加新城疫疫苗的特异性抗体,增强针对新城疫疫苗的细胞免疫应答,并可促进细胞因子的分泌。由此可见,绞股蓝皂苷还可作为免疫佐剂增强新城疫疫苗的免疫应答。

2.2 抗氧化

在动物机体中,活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 的产生与消除处于动态平衡状态,当机体受到外界环境的刺激,会产生过量的 ROS,这些 ROS 对细胞结构和功能造成严重损伤,导致细胞、机体的氧化损伤^[24-25]。绞股蓝可以通过提高动物体内抗氧化酶的活性来增强动物的抗氧化能力。Lin 等^[26]使用绞股蓝黄酮处理 2,2-偶氮二异丁基脒二盐酸盐 (AAPH) 诱导氧化损伤的猪肾小管上皮细胞 (LLC-PK1),发现绞股蓝黄酮通过抑制细胞内超氧化物歧化酶 (SOD) 活性和谷胱甘肽 (GSH) 含量的降低以及和丙二醛 (MDA) 含量的升高,缓解细胞的氧化损伤。Shang 等^[27]报道,绞股蓝粗多糖能改善环磷酸腺苷诱导的小鼠免疫器官中谷胱甘肽过氧化物酶 (GPx)、SOD 和过氧化氢

酶 (CAT) 活性的降低,通过提高抗氧化酶活性起到保护免疫器官的作用。

核因子 E2 相关因子 2 (Nrf2) 信号通路是细胞抗氧化应激反应中最核心的调控分子,Nrf2 信号通路激活后启动下游多个抗氧化相关基因的表达,从而调控机体产生抗氧化反应,抵消 ROS 造成的氧化损伤^[28]。Wang 等^[29]报道,绞股蓝黄酮可以提高人肺腺癌细胞 (A549) 内 SOD 的活性和 GSH 的含量,并且激活细胞中 Nrf2 信号通路,增加 Nrf2 信号通路的下游抗氧化基因醌氧化还原酶 1 (NQO1) 和血红素加氧酶-1 (HO-1) 的表达,降低细胞内 ROS、MDA 的含量,从而减轻过氧化氢 (H₂O₂) 诱导的氧化损伤。Alhasani 等^[30]报道,绞股蓝皂苷可以保护 H₂O₂ 诱导的视网膜色素上皮细胞 (ARPE-19) 的氧化损伤,因为绞股蓝皂苷通过增加 CAT、SOD 活性及 GSH 含量,并且激活 Nrf2 信号通路上调 SOD1、GPx1、CAT、NQO1、谷氨酰半胱氨酸连接酶修饰亚基 (GCLM) 基因表达,以此减少 MDA 的产生。研究表明,绞股蓝提取物、绞股蓝种子油均能提高动物机体的抗氧化能力^[31-32]。

2.3 调节血脂

绞股蓝可以通过影响脂质代谢发挥调节血脂的作用。有研究表明绞股蓝皂苷可以显著降低高血脂大鼠血清中甘油三酯、总胆固醇、游离脂肪酸、低密度脂蛋白胆固醇的含量,提高大鼠血清高密度脂蛋白胆固醇的含量,对大鼠血脂的异常进行调节^[33-34]。动物机体内的磷脂酰胆碱可以合成氧化三甲胺 (TMAO),而磷脂酰胆碱是由疏水性非极性基团和亲水性极性基团组成,具有较强的表面活性和乳化性,磷脂酰胆碱能促进脂质的吸收和利用,减少脂质在血管中的滞留,清除血管壁胆固醇沉积,降低胆固醇^[35]。Wang 等^[36]报道,高血脂模型大鼠饲喂绞股蓝后,血浆中的胆固醇和低密度脂蛋白含量降低,并且提高了磷脂酰胆碱的含量,降低了 TMAO 含量,说明绞股蓝可以通过抑制磷脂酰胆碱合成 TMAO 的途径来发挥调节血脂的作用。

2.4 降血糖

绞股蓝可以影响与葡萄糖吸收代谢相关的蛋白酶的活性,以此增加葡萄糖的利用和减少其摄取,降低血糖水平。Wang 等^[11]报道,绞股蓝多糖可以抑制小鼠 α -葡萄糖苷酶活性,减少碳水化合

物在小肠中的消化,并且可降低葡萄糖转运蛋白 2 (*GLUT2*) 的表达量,减少肠上皮中的葡萄糖被吸收进入血液,降低小鼠的血糖水平。Megalli 等^[37]报道,250 mg/kg 绞股蓝可以显著降低肥胖大鼠血液中葡萄糖含量,并且体外试验发现绞股蓝能抑制 α -葡萄糖苷酶的活性。Yeo 等^[38]报道,在小鼠饲料中添加 0.01% 的绞股蓝乙醇提取物后,肝脏中葡萄糖激酶/葡萄糖-6-磷酸酶活性比率显著增加,而肝糖原含量没有显著变化,小鼠血糖水平降低是因为葡萄糖被更多的利用产生能量。

绞股蓝可以通过提高胰岛 β 细胞数量、增加胰岛素含量发挥降血糖的作用。Yeo 等^[38]报道,添加绞股蓝乙醇提取物可以防止胰岛缩小并增加胰岛 β 细胞数量,提高了胰岛素的分泌,降低血糖水平。Gao 等^[7]也发现绞股蓝皂苷可以通过提高糖尿病大鼠血液中胰岛素的含量来降低血糖水平。绞股蓝还可以通过改善胰岛素敏感性维持动物机体血糖稳定。Huyen 等^[39]报道,绞股蓝茶显著降低了糖尿病患者的胰岛素抵抗,降低了空腹血糖水平。动物体内胰岛素结合胰岛素受体 (IR) 后会诱导胰岛素受体自磷酸化,而后导致胰岛素受体底物 (IRS1) 磷酸化,以此激活胰岛素信号通路,降低血糖水平,而蛋白质酪氨酸磷酸酶 1B (PTP-1B) 会直接与 IR 和 RIS1 结合,负调节胰岛素对葡萄糖代谢的作用^[40-41]。Huyen 等^[42]研究发现绞股蓝茶中的达玛烷化合物会抑制 PTP-1B 的活性,使胰岛素敏感性增强,以此发挥抗糖尿病的作用。

3 绞股蓝在猪、鸡生产中的应用

目前,关于绞股蓝的研究主要集中在医学方面,但是有少量学者已经开始对绞股蓝在畜禽生产中的应用进行探索。绞股蓝具有多种生物学功能,并且我国绞股蓝资源丰富,因此绞股蓝在动物生产中的应用前景广阔。

在猪生产中,绞股蓝可以改善母猪的生产过程、提高乳汁质量,并且通过改善肠道形态、促进养分消化吸收来提高猪的生产性能。人参绞股蓝混合发酵粉能有效促进母猪分娩启动以及缩短产仔间隔时间,并且通过提高母猪乳汁质量提高断奶仔猪个体重以及平均日增重^[43]。绞股蓝微粉发酵物可以显著提高断奶仔猪的平均日增重以及平均日采食量,并且显著降低料重比^[44],从而提高育

肥猪的生长性能^[45]。0.4% 绞股蓝多糖可以改善断奶仔猪的肠道形态,增加小肠绒毛高度、降低隐窝深度,提高断奶仔猪养分消化利用率^[46]。绞股蓝微粉发酵物可以显著提高断奶仔猪血清免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 G (IgG) 含量和外周血 CD4⁺/CD8⁺,进而提高断奶仔猪的免疫功能^[47]。绞股蓝多糖可以提高断奶仔猪血清、空肠 SOD、CAT、GPx 活性并降低 MDA 含量,增强断奶仔猪的抗氧化能力^[48]。绞股蓝多糖可以通过降低断奶仔猪小肠 pH,增加肠道双歧杆菌、乳酸杆菌数量,抑制肠道大肠杆菌增殖,改善断奶仔猪肠道菌群结构^[46]。由此可见,绞股蓝可通过提高免疫功能、抗氧化能力和改善肠道菌群结构改善猪的健康水平。还有研究报道,绞股蓝多糖可以提高猪瘟弱毒疫苗的抗体效价^[49],因此绞股蓝多糖可作为疫苗的佐剂提高疫苗的免疫应答。

在鸡生产中,绞股蓝能提高肉鸡的生长性能、肉品质和蛋鸡的产蛋性能、蛋品质,并且通过改善鸡的胸腺发育提高机体免疫功能。有研究表明,饲料中添加 0.5% 或 1.0% 的绞股蓝粉均能降低肉鸡的死亡率,改善肉品质,并使皮肤黄色加深^[50]。在广西三黄鸡上的研究发现,饲料中添加 0.5% 绞的绞股蓝粉可以显著提高高日龄鸡的胸腺皮髓比,增加低日龄和高日龄鸡的胸腺小体数量,增加高日龄鸡胸腺中肥大细胞数量,表明绞股蓝能促进胸腺的早期发育和延缓胸腺萎缩,改善机体免疫功能^[51]。绞股蓝粉可以显著提高蛋鸡的产蛋性能,显著提高鸡蛋哈氏单位、加深蛋黄颜色、降低蛋黄胆固醇含量、增加蛋重,并且因添加绞股蓝粉增加的成本低于畜产品产量增加获得的效益,经济效益得到显著增加^[52-53]。还有研究表明,绞股蓝皂苷脂质体可以增加鸡新城疫疫苗的特异性抗体^[23]。

综上所述,绞股蓝有利于动物健康,可提高疫苗的免疫应答,并能提高猪、鸡的生产性能,增加经济效益,在猪、鸡实际生产中表现出了较高的应用价值。

4 小 结

绞股蓝在我国应用历史悠久、资源丰富,绞股蓝拥有多种生物活性成分,具有抗炎、增强免疫、抗氧化、调节血脂、降血糖等多种生物学功能,具有较大的市场潜力。目前,仅有少量学者对绞股

蓝在畜禽生产中的应用进行了探索,尚未完善绞股蓝在畜禽生产中应用时的添加形式、添加量,绞股蓝的生物学功能对畜禽的具体影响机制也还需进一步研究,未来的研究可以围绕这几个方面的问题,充分解析绞股蓝的应用价值,发挥绞股蓝的应用潜力。

参考文献:

- [1] 崔志娟,肖定福,陈宇光.植物提取物替代抗生素在仔猪肠道中的应用[J].饲料博览,2019(11):22-27.
- [2] ZHU N H, WANG J, YU L F, et al. Modulation of growth performance and intestinal microbiota in chickens fed plant extracts or virginiamycin[J].Frontiers in Microbiology, 2019, 10, doi: 10.3389/fmicb.2019.01333.
- [3] DONIA A, RASHID J. Evaluation of antioxidant capacity and phenolic content in ethanolic extracts of leaves and flowers of some asteraceae species[J].Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 2018, 9(1):42-49.
- [4] WANG S H, ZHANG L, LI J L, et al. Effects of dietary marigold extract supplementation on growth performance, pigmentation, antioxidant capacity and meat quality in broiler chickens [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30(1):71-77.
- [5] 袁志鹰,谢梦洲,黄惠勇.绞股蓝植物资源、化学成分及药理研究进展[J].亚太传统医药,2019,15(7):190-197.
- [6] WANG J, HA T K Q, SHI Y P, et al. Hypoglycemic triterpenes from *Gynostemma pentaphyllum*[J].Phytochemistry, 2018(155):171-181.
- [7] GAO D, ZHAO M, QI X M, et al. Hypoglycemic effect of *Gynostemma pentaphyllum* saponins by enhancing the Nrf2 signaling pathway in STZ-inducing diabetic rats [J]. Archives of Pharmacal Research, 2016.39(2):221-230.
- [8] SHEN C Y, JIANG J G, SHI M M, et al. Comparison of the effects and inhibitory pathways of the constituents from *Gynostemma pentaphyllum* against LPS-induced inflammatory response [J]. Journal of Agricultural And Food Chemistry, 2018, 66(43):11337-11346.
- [9] BAE U J, PARK E O, PARK J, et al. Gypenoside UL4-rich *Gynostemma pentaphyllum* extract exerts a hepatoprotective effect on diet-induced nonalcoholic fatty liver disease [J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2018, 46(6):1315-1332.
- [10] LI Y T, LIN W J, HUANG J J, et al. Anti-cancer effects of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino (*Jiaogulan*) [J]. Chinese Medicine, 2016, 11(43):1-16. doi:10.1186/s13020-016-0114-9.
- [11] WANG Z, ZHAO X, LIU X, et al. Anti-diabetic activity evaluation of a polysaccharide extracted from *Gynostemma pentaphyllum* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 126:209-214.
- [12] 薛晶晶,高建德,陈正君,等.绞股蓝化学成分及药理作用研究进展[J].甘肃中医药大学学报,2018,35(6):86-89.
- [13] 张涛,袁弟顺.中国绞股蓝种质资源研究进展[J].云南农业大学学报,2009,24(3):459-464,469.
- [14] 王金丹.绞股蓝皂苷的提取方法研究进展[J].农业科技与装备,2018(5):76-77.
- [15] 范冬冬,匡艳辉,向世颯,等.绞股蓝化学成分及其药理活性研究进展[J].中国药学杂志,2017,52(5):342-352.
- [16] 马丽萍,赵培荣,张惠芳,等.绞股蓝不同部位多糖含量的测定[J].河南医科大学学报,2000(5):445-446.
- [17] 陈克克,王喆之.绞股蓝多糖的组成分析及其对质粒DNA的保护作用[J].中成药,2009,31(1):92-95.
- [18] 丁建南.疏花绞股蓝黄酮化化合物的分离与鉴定[J].江西科学,1996(4):223-227.
- [19] WONG W Y, LEE M M, CHAN B D, et al. *Gynostemma pentaphyllum* saponins attenuate inflammation *in vitro* and *in vivo* by inhibition of NF- κ B and STAT3 signaling [J]. Oncotarget, 2017, 8(50):87401.
- [20] AKTAN F, HENNESS S, ROUFOGALIS B D, et al. Gypenosides derived from *Gynostemma pentaphyllum* suppress NO synthesis in murine macrophages by inhibiting iNOS enzymatic activity and attenuating NF- κ B-mediated iNOS protein expression [J]. Nitric Oxide, 2003.8(4):235-242.
- [21] LIU J, ZHANG L H, REN Y G, et al. Anticancer and immunoregulatory activity of *Gynostemma pentaphyllum* polysaccharides in H22 tumor-bearing mice [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 69:1-4.
- [22] 刘艳菊,刘景超,王永飞.绞股蓝多糖对MFC胃癌荷瘤小鼠肿瘤生长抑制及免疫调节作用[J].中成药,2019,41(12):2876-2881.
- [23] YU Y, WANG D, ABULA S, et al. The immunologi-

- cal adjuvant activity of gypenosides liposome against Newcastle disease vaccine[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 60: 116–121.
- [24] ZHANG D, LEE H, CAO Y, et al. miR-185 mediates lung epithelial cell death after oxidative stress[J]. American Journal of Physiology: Lung Cellular and Molecular Physiology, 2016, 310(7): L700–L710.
- [25] TAN B L, NORHAIZAN M E, LIEW W P P. Nutrients and oxidative stress: friend or foe?[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2018, 2018: 9719584. doi:10.1155/2018/9719584.
- [26] LIN M, WANG Y R, ZHAI X F, et al. Protective effects of flavonoids from *Gynostemma pentaphyllum* on oxidative damage in LLC-PK1 cells[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2019, 44(6): 1193–1200.
- [27] SHANG X Y, CHAO Y, ZHANG Y, et al. Immunomodulatory and antioxidant effects of polysaccharides from *Gynostemma pentaphyllum* Makino in immunosuppressed mice[J]. Molecules, 2016, 21(8): 1085. doi:10.3390/molecules21081085.
- [28] QIN S, HOU D X. Multiple regulations of Keap1/Nrf2 system by dietary phytochemicals[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2016, 60(8): 1731–1755.
- [29] WANG Y R, YANG K, CUI W Y, et al. Effects of flavonoids from *Gynostemma pentaphyllum* on A549 cells damaged by hydrogen peroxide[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(5): 1014–1020.
- [30] ALHASANI R H, BISWAS L, TOHARI A M, et al. Gypenosides protect retinal pigment epithelium cells from oxidative stress[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 112: 76–85.
- [31] WANG L, PANG M, WANG X, et al. Characteristics, composition, and antioxidant activities *in vitro* and *in vivo* of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino seed oil[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 97(7): 2084–2093.
- [32] LOBO S N, QI Y Q, LIU Q Z. The effect of *Gynostemma pentaphyllum* extract on mouse dermal fibroblasts[J]. ISRN Dermatology, 2014, 2014: 202876. doi:10.1155/2014/202876.
- [33] QIN R A, ZHANG J Y, LI C Y, et al. Protective effects of gypenosides against fatty liver disease induced by high fat and cholesterol diet and alcohol in rats[J]. Archives of Pharmacal Research, 2012, 35(7): 1241–1250.
- [34] ZHOU L, XU Y P, WEI Y, et al. The effect of *Gynostemma pentaphyllum* (GP) on plasma lipoprotein metabolism and lipoperoxidation lipoprotein in the experimental hyperglycemia rats[J]. Chinese Journal of Applied Physiology, 2008, 24(2): 205–208.
- [35] TANG W H W, WANG Z, LEVISON B S, et al. Intestinal microbial metabolism of phosphatidylcholine and cardiovascular risk[J]. New England Journal of Medicine, 2013, 368(17): 1575–1584.
- [36] WANG M, WANG F, WANG Y N, et al. Metabonomics study of the therapeutic mechanism of *Gynostemma pentaphyllum* and atorvastatin for hyperlipidemia in rats[J]. PLoS one, 2013, 8(11): e78731.
- [37] MEGALLI S, DAVIES N M, ROUFOGALIS B D. Anti-hyperlipidemic and hypoglycemic effects of *Gynostemma pentaphyllum* in the Zucker fatty rat[J]. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 2006, 9(3): 281–291.
- [38] YEO J, KANG Y J, JEON S M, et al. Potential hypoglycemic effect of an ethanol extract of *Gynostemma pentaphyllum* in C57BL/KsJ-*db/db* mice[J]. Journal of Medicinal Food, 2008, 11(4): 709–716.
- [39] HUYEN V T T, PHAN D V, THANG P, et al. Antidiabetic effect of *Gynostemma pentaphyllum* tea in randomly assigned type 2 diabetic patients[J]. Hormone and Metabolic Research, 2010, 42(5): 353–357.
- [40] ABDELSALAM S S, KORASHY H M, ZEIDAN A, et al. The role of protein tyrosine phosphatase (PTP)-1b in cardiovascular disease and its interplay with insulin resistance[J]. Biomolecules, 2019, 9(7): 286. doi:10.3390/biom9070286.
- [41] 徐琦. 溴酚化合物靶向 PTP1B 改善胰岛素抵抗和抗胰腺癌的作用机制研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [42] HUYEN V T T, PHAN D V, THANG P, et al. *Gynostemma pentaphyllum* tea improves insulin sensitivity in type 2 diabetic patients[J]. Journal of Nutrition and Metabolism, 2013, 2013: 765383.
- [43] 高遵波, 贾艳林, 叶维民, 等. 人参绞股蓝混合发酵粉对母猪分娩和仔猪生长性能的影响[J]. 中国猪业, 2018, 13(11): 29–31.
- [44] 段雪磊, 李得鑫, 巴翠晶, 等. 绞股蓝微粉发酵物对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(14): 155–157.
- [45] 段雪磊, 李得鑫, 巴翠晶, 等. 绞股蓝微粉发酵物对育肥猪生长性能和粪便微生物菌群的影响[J]. 动物医学进展, 2016, 37(1): 63–67.

- [46] 方磊涵,毕玉霞,王振,等.绞股蓝多糖对断奶仔猪肠道微生物区系的影响[J].河南农业科学,2017,46(12):122-125,138.
- [47] 段雪磊,巴翠晶,李得鑫,等.绞股蓝微粉发酵物对断奶仔猪免疫功能的影响[J].中国兽医学报,2016,36(11):1929-1932.
- [48] 谢红兵,侯晓晓,朱文杰,等.绞股蓝多糖对断奶仔猪抗氧化性能的影响[J].猪业科学,2019,36(9):82-85.
- [49] 方磊涵,毕玉霞,王振,等.绞股蓝多糖对猪瘟弱毒疫苗免疫效果的影响[J].中兽医医药杂志,2018,37(1):58-60.
- [50] 周贞兵,杨慧芳,李玉,等.绞股蓝添加剂对肉鸡的饲养试验[J].广西农业科学,2007(4):465-467.
- [51] 吴亚辉.绞股蓝对广西三黄鸡胸腺增龄性变化的影响[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2016.
- [52] 徐凤文.饲料中添加绞股蓝粉对蛋鸡生产性能、蛋品质、血清生化指标和盲肠微生物区系影响的研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [53] 徐凤文,张杉杉,黄利华.蛋鸡日粮添加绞股蓝粉对蛋品质的影响研究[J].中国家禽,2018,40(13):32-35.

Gynostemium pentaphyllum: Biological Functions and Application Potential in Pig and Chicken Production

XIE Qian^{1,2} ZHANG Haihan^{1,2} SONG Zehe^{1,2} HE Xi^{1,2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Engineering Research Center of Poultry Production Safety, Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Changsha 410128, China)

Abstract: *Gynostemium pentaphyllum* is a climbing herb of Cucurbitaceae and *Gynostemma*, which contains saponins, polysaccharides, flavonoids, amino acids, inorganic elements and other components. *Gynostemma pentaphyllum* has many biological functions such as anti-inflammatory, anti-oxidation, immuno-enhancement, hypoglycemia, and so on. China has abundant *Gynostemium pentaphyllum* resource, the development of *Gynostemma pentaphyllum* as a feed additive has full value. This article reviewed the biological functions of *Gynostemma pentaphyllum* and provided scientific references for its rational development as a feed resource. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(9):4053-4058]

Key words: *Gynostemma pentaphyllum*; anti-inflammatory; antioxidant; hypoglycemic