

刺五加提取物的生物学功能及其在畜禽生产中的应用

张云露^{1,2,3} 谢凯桓^{2,3} 贺喜^{2,3} 刘自逵^{1,4*}

(1.湖南农业大学动物医学院,长沙 410128;2.湖南农业大学动物科学技术学院,长沙 410128;3.湖南家禽安全生产工程技术研究中心,长沙 410128;4.湖南加农正和生物技术有限公司,长沙 410128)

摘要: 刺五加是我国一种常用中草药,具有抗炎、抗氧化、调节脂质代谢等多种生物学功能。近年来研究发现在饲料中添加刺五加提取物可以提高畜禽生长性能并促进其胃肠发育。本文综述了刺五加提取物在体内的吸收代谢、生物学功能及其在畜禽生产中的应用,为刺五加提取物在畜禽生产中的研究应用提供参考。

关键词: 刺五加;生物学功能;抗炎;畜禽生产

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)07-3049-08

刺五加(*Acanthopanax senticosus*)俗称西伯利亚人参,在中、韩、日、俄等国均有分布,主要药用部位为其干燥的根及茎^[1-2]。刺五加具有益气健脾、补肾等功能,还可用于治疗慢性支气管炎、神经衰弱、高血压及缺血性心脏病等疾病,从刺五加中检测出的主要成分有刺五加苷、刺五加多糖、刺五加酸等^[3-4],因其含有的这些活性物质具有抗炎、抗氧化、降血脂、抑菌、抗病毒及免疫调节等功能而被广泛应用^[5-11]。刺五加提取物在畜禽生产上的应用发现,通过在饲料中添加刺五加提取物能显著提高畜禽生产性能,并起到免疫调节等作用。本文就刺五加提取物的代谢途径、生物学功能及畜禽生产中的应用进行综述。

1 刺五加提取物在体内的代谢

刺五加的主要活性成分为刺五加苷和刺五加多糖。魏文峰等^[12]通过对大鼠进行腹腔注射刺五加叶提取物,从血清中推测出刺五加叶提取液的11种代谢产物;Zhang等^[13]试验表明,给大鼠饲喂

刺五加后,从心脏组织中鉴定出含有21种与刺五加有关的调节代谢物,肝脏中20种,脾脏中14种,肺脏中17种,肾脏中16种,血清中12种。刺五加苷的主要活性成分为刺五加苷B和刺五加苷E(图1),刺五加苷B也被称为紫丁香苷,主要用于免疫调节、抗炎和抗高血糖,刺五加苷E具有显著的抗炎作用。研究表明刺五加苷B和刺五加苷E经口服后前0.5h被迅速吸收,之后其吸收速度开始下降,并于5~6h后完成其吸收代谢,这与静脉注射后小鼠血浆中代谢规律相似^[14],由此可以推测,刺五加苷B与刺五加苷E主要在前肠吸收代谢,随后分布到各个组织器官中。Lu等^[15]的研究得出,刺五加苷B的主要代谢过程包括去甲基化、乙酰化、氧化和去糖基化后的葡萄糖醛酸化。刺五加多糖是一类生物高分子质量化合物,平均分子质量为10ku,主要单糖组成为阿拉伯糖、木糖、葡萄糖、甘露糖,其大致比例为7.1:22.3:7.6:1.0^[9]。刺五加多糖的代谢机制尚不清楚,仍有待进一步研究。此外,Han等^[3]在饲喂添加刺五加

收稿日期:2019-12-19

基金项目:国家重点研发计划(2018YFE0101700);湖南省重点研发项目(2019NK2161);湖南农业大学“双一流”建设项目(SYL201802015,SYL201802009)

作者简介:张云露(1996—),女,河南南阳人,硕士研究生,从事功能性植物提取物与中兽药创制。E-mail:1247623079@qq.com

*通信作者:刘自逵,教授,硕士生导师,E-mail:lzk7035@sina.com

饲料的大鼠体内检测出绿原酸、儿茶酸、咖啡酸等活性成分。

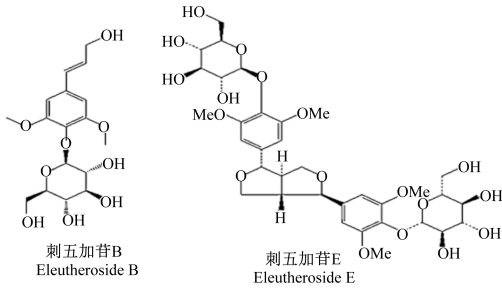


图1 刺五加苷 B 和刺五加苷 E 的化学结构

Fig.1 Chemical structure of eleutheroside B and eleutheroside E

2 刺五加提取物的生物学功能

2.1 抗炎功能

刺五加中发挥抗炎作用的主要活性成分为刺五加多糖、刺五加苷及刺五加酸。其中刺五加多糖可以通过保护动物机体肠道的完整性来达到抗炎的目的。在畜禽生产中,环境因素、高蛋白质饲料及动物应激等会造成动物机体肠道损伤并引发肠炎,影响动物对营养物质的吸收速率,进而导致其生长性能下降,营养不良,甚至死亡^[16]。Han 等^[17]研究证明,刺五加多糖可以改善脂多糖(LPS)诱导的小鼠肠损伤条件下肠道的完整性,其机制与抑制 Toll 样受体 4 (TLR4)/核转录因子- κ B (NF- κ B) 信号通路有关。Han 等^[18]还表明,刺五加多糖可以预防 LPS 所致炎症条件下小鼠的肠黏膜屏障损伤,其机制可能与上调表皮生长因子及其受体基因信使核糖核酸(mRNA)表达有关。刺五加苷和刺五加酸则主要是通过直接作用于炎症因子而发挥其抗炎作用。其中,刺五加中得到的提取物对小鼠肺炎有一定的抑制作用,特别是刺五加苷 D 能够显著减轻肺组织病变,减缓 LPS 处理引起的炎症细胞浸润和肺泡壁厚度增加^[5]。另外,刺五加苷有保护小鼠急性肝损伤的作用,其保护作用可能归因于 NF- κ B 和核因子 E2 相关因子 2 (Nrf2)/血红素加氧酶-1 (HO-1) 信号通路中的炎症抑制功能^[19]。Zou 等^[20]试验结果表明,刺五加苷的抗炎活性可能与下调了小鼠单核巨噬细胞白血病细胞 RAW264.7 中的肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 和白细胞介素-1 β (IL-1 β) 含量

以及晚期促炎细胞因子高迁移率族蛋白 1 (HMGB1) 的表达量有关;Kang 等^[21]研究了刺五加苷 C3 对 LPS 刺激的 RAW264.7 细胞的抗炎作用机制,并发现这些作用可能是通过先抑制 TLR4 信号通路后再抑制丝裂原活化蛋白激酶 (MAPKs) 和 NF- κ B 磷酸化来实现的。Li 等^[22]研究了刺五加酸对 LPS 诱导的人脐静脉内皮细胞炎症反应的影响,结果表明刺五加酸可抑制 TNF- α 诱导的白细胞介素-6 (IL-6) 和白细胞介素-8 (IL-8) 的产生和 LPS 诱导的 NF- κ B 活化,并上调肝 X 受体 α (LXR α) 的表达。此外,通过用刺五加树皮提取物以经济环保的方式合成金纳米颗粒也具有抗炎活性^[23]。高剂量的刺五加乙醇提取物也被报道可能通过加速脂质氧化、酒精代谢以及抑制炎症反应(包括 TLR 途径)的方式来保护酒精性和高脂饮食性肝损伤^[24]。Chien 等^[25]使用刺五加提取物进行了大鼠体内外试验研究,结果显示刺五加提取物阻断了 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞及 LPS 导致的肺损伤中的诱导型一氧化氮合酶、环氧化酶-2、核因子- κ B 抑制剂 α (I κ B- α) 蛋白的磷酸化和 MAPKs 的表达。由此可以看出,刺五加提取物具有较强的抗炎活性。

2.2 抗氧化功能

自由基是许多代谢途径的正常产物,但自由基在体内蓄积可能导致蛋白质功能障碍、脱氧核糖核酸(DNA)损伤、脂质过氧化甚至可以导致细胞死亡^[26]。刺五加提取物主要通过清除自由基活性发挥其抗氧化作用。Hao 等^[6]试验结果表明,采用水提取法得到的新型刺五加水溶性多糖具有较强的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 清除活性。除刺五加多糖外,刺五加苷也具有较强抗 DPPH 活性,推测刺五加苷 E1 的抗氧化机制可能是基于 DPPH 分子与其芳基的络合作用^[27]。Kang 等^[28]使用斑马鱼模型对从刺五加中分离纯化的多糖进行抗氧化作用的研究,结果表明纯化后的多糖能显著提高清除过氧化氢的能力,减少过氧化氢诱导的 Vero 细胞和斑马鱼细胞死亡。此外,刺五加苷预处理可明显改善 LPS/D-氨基半乳糖 (D-GalN) 所致小鼠肝脏组织中过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性及谷胱甘肽 (GSH) 含量的下降和丙二醛 (MDA) 含量的升高,表明刺五加苷可抑制 LPS/D-GalN 诱导急性肝损伤所致的氧化应激,其抗氧化作用与 Nrf2 信号通

路的调节有关^[19]。与刺五加其他部位提取物相比,刺五加叶提取物具有最强的清除 DPPH 活性。由于提取物的抗氧化活性与总酚和原花青素含量有关,从各部位的主要酚类含量来看,刺五加叶提取物中绿原酸和咖啡酸的含量均高于其他部位,且刺五加发酵后可以提高其抗氧化活性^[29-30]。基于上述对抗氧化能力的研究,刺五加提取物尤其是刺五加叶部位的提取物有希望作为良好的新型饲料添加剂或抗氧化剂使用。

2.3 调节糖脂代谢功能

腹部脂肪通常被认为是一种饲料能量的损失,在畜禽生产中腹脂率过高会造成瘦肉率和产蛋率的下降^[31]。Han 等^[32]从刺五加叶中分离得到的糖苷 ST-C1 和糖苷 ST-E2 可以通过 AMPK-过氧化物酶体增殖物激活受体- γ (PPAR γ)-CCAAT 增强子结合蛋白 α (C/EBP α) 机制抑制脂肪生成。Nishida 等^[7]研究发现,对给予高脂饲料的 BALB/c 小鼠补喂刺五加可显著降低其血浆中的甘油三酯 (TG) 含量,使治疗组小鼠肝脏中的谷丙转氨酶 (CPT) 活性显著增强,其机制可能是刺五加可增加线粒体的脂肪酸氧化及 CPT 的激活。与肥胖相关的胰岛素抵抗是大多数代谢性疾病的主要危险因素,尤其是血脂异常和 II 型糖尿病。Ahn 等^[33]选用 5 周龄的 *db/db* 小鼠饲喂添加刺五加提取物或刺五加皂苷的饲料 5 周,发现两者均能有效改善血脂水平,显著降低血糖和胰岛素水平。刺五加的果实也被发现可以通过调节 AMPK 活性和脂质代谢相关基因表达来改善肥胖相关的胰岛素抵抗和肝脏脂质积聚^[34]。Li 等^[35-36]研究发现,刺五加提取物能对蛋白酪氨酸磷酸酶 1B (PTP1B)、二酰甘油酰基转移酶 1 (DGAT1)、二酰甘油酰基转移酶 2 (DGAT2) 均表现出选择性抑制活性,通过对刺五加提取物的研究和优化,使得新的 PTP1B 抑制剂的发现成为可能,并且此研究为 II 型糖尿病和肥胖症的治疗提供了新的理论依据。

2.4 提高抗病力功能

疾病对畜禽生产危害严重,特别是传染性疾病,一旦爆发,就会造成重大的经济损失。通过增加畜禽的免疫力,可以有效提高畜禽的抗病力。刺五加被证明能显著增加免疫器官的重量,促进淋巴 T 细胞的增殖,调节淋巴 B 细胞的功能,降低自然杀伤细胞的能力^[3]。Li 等^[37]研究发现,刺五

加多糖增加了小鼠巨噬细胞吞噬功能,及 IL-6 和 TNF- α 含量,确定 TLR4 是刺五加多糖结合的主要受体。另外,刺五加多糖能够有效改善试验小鼠的免疫器官指数,调节相关免疫细胞因子水平^[38]。孙守坤等^[39]为探讨刺五加多糖中发挥作用的成分,研究了刺五加酸性多糖的免疫作用,发现刺五加酸性多糖可以增加免疫低下小鼠的器官指数及 TNF- α 和 γ -干扰素 (IFN- γ) 含量,增强小鼠巨噬细胞吞噬功能等。刺五加中发挥免疫调节作用的主要为刺五加多糖,因此刺五加多糖具有成为一种新型免疫增强剂的潜力。此外,刺五加具有抑菌性及抗病毒性,可提高动物机体的抗病力。Zhou 等^[10]试验表明,从刺五加叶中得到的提取物对金黄色葡萄球菌感染有显著的抑制作用,揭示了刺五加叶提取物是一种有效的天然抗生素。Yan 等^[11]发现,刺五加苷 B1 可能影响 N-聚糖的生物合成、化学因子信号途径、细胞因子-细胞因子受体相互作用,特别是可能以 RNA 聚合酶 II 亚基 A (POLR2A) 为靶点抑制流感病毒基因的产生。

3 刺五加提取物在畜禽生产中的应用

刺五加提取物因具有较好的抗炎、抗氧化等生物活性而被报道,但刺五加提取物在畜禽生产上的应用较少,且研究主要集中在国内。目前,刺五加提取物在畜禽生产应用表现出较好的功效,展现出良好的应用前景。

3.1 刺五加提取物在猪生产中的应用

在仔猪饲料中添加刺五加提取物对仔猪腹泻有很好的防治效果,并可以达到提高生产性能、提升免疫力以及调节仔猪肠道微生物的作用^[40-41]。Bekenev 等^[42]试验证明,每天给断奶仔猪饲喂含 3 mL 刺五加提取物的添加剂混合物,可以提高仔猪的存活率和平均日增重,使断奶后仔猪平均日增重提高 4.8%~24.6%,成活率提高 5.0%~5.1%。Han 等^[43]研究发现,在仔猪饲料中添加 800 mg/kg 刺五加多糖可以通过调节促炎细胞因子的释放,减轻仔猪对 LPS 的过度免疫反应,表明降低免疫系统的过度激活可能是利用刺五加多糖作为天然衍生免疫调节剂来提高断奶仔猪生长速度和采食量的机制。Fan 等^[44]也发现添加 800 mg/kg 刺五加多糖能改善 LPS 诱导的仔猪肠道形态的恶化,逆转了 LPS 引起的仔猪平均日采食量下降、腹泻发生率和腹泻指数的上升及炎症的扩增。此外,

添加刺五加多糖能够提高断奶仔猪的免疫器官指数及平均日增重,降低料重比及腹泻率,同时也能起到调节粪便微生物菌群数及胃肠道 pH 的作用^[45-47]。梁兴龙等^[48]在仔猪饲料中添加刺五加多糖也达到了相似的效果,但该试验表明刺五加多糖的最佳添加量为 900 mg/kg。范越鑫等^[49]研究证明,在饲料中添加 0.1 mg/mL 刺五加苷 E,可以改变肠道上皮细胞间紧密连接蛋白和细胞因子基因的表达,促进仔猪肠道屏障功能的完整性。因此,刺五加提取物在仔猪上的应用具有较好的效果,主要表现在改善断奶仔猪的腹泻和肠道健康方面,其中刺五加多糖更具有应用前景,且最适添加量约为 800 mg/kg。

3.2 刺五加提取物在鸡生产中的应用

刺五加提取物在鸡生产中也具有积极的影响,并且效果显著。才絮等^[50]试验证明,在饲料中添加一定比例的刺五加可以提高贵妃鸡的生长性能,并且得出最佳添加量为 1%。杜杰等^[51]发现添加 0.75% 刺五加显著提高了乌鸡的全净膛率和腿肌率,且胸腺指数、脾脏指数与对照组相比也存在显著差异。马月军等^[52]试验证明,添加 1 500 mg/kg 刺五加多糖,蛋雏鸡每日采食量可以提高 9.4%。赵国先等^[53]证明添加 0.10% 刺五加多糖能显著提高蛋雏鸡的体重,56 日龄蛋鸡血清中免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 M(IgM)的含量及料重比。综上所述,刺五加在鸡生产中的作用主要表现在对免疫功能的调节方面,能够有效提高其免疫力。

3.3 刺五加提取物在牛生产中的应用

近年来,关于刺五加在牛生产中的应用也有报道,主要集中在提高其胃肠道发育。王长文等^[54]试验表明,在牛饲料中添加 1 g/kg 的刺五加超微粉消化道壁明显变薄,1 g/kg 的刺五加微粉和 1 g/kg 的刺五加超微粉提高了犊牛瘤胃、十二指肠、空肠、回肠绒毛高度及绒毛数量,进而提高了犊牛的生长性能。Kong 等^[55]设计了不添加刺五加组(对照组)、添加 1.0 g/L 刺五加微粉组、添加 1.0 g/L 刺五加超细粉组和添加 1.0 g/L 刺五加粗粉组,研究结果显示,与对照组相比,添加 1.0 g/L 刺五加微粉组小牛瘤胃壁厚和乳头直径均显著降低,隐窝深度显著增大,在小牛十二指肠中,添加刺五加组绒毛直径显著降低,表明幼仔在吸吮期补充刺五加微粉能促进胃肠发育。

3.4 刺五加较其他植物提取物在畜禽生产中应用的潜力

刺五加在植物学分类上与人参同属五加科,刺五加含有与人参等相似的多种皂苷、多糖,它的部分生物学功能与人参极为相似^[56],且刺五加较人参价格低廉,更适于在畜禽生产中应用。黄芪与刺五加均具有较强的免疫调节功能,黄芪的主要活性成分之一为黄芪多糖,刺五加提取物中总多糖及总皂苷含量均显著高于黄芪提取物(表 1)。近年来植物多糖及植物皂苷在畜禽生产中展现出较大的应用潜力,刺五加因其价优、主要活性成分含量高、效果好等因素,较适于在畜禽生产中应用。

表 1 刺五加提取物与其他植物中总多糖和总皂苷含量的对比

Table 1 Comparison of total polysaccharide and saponin of *Acanthopanax senticosus* extract with other plants

项目 Items	总多糖 Total polysaccharide/%	总皂苷 Total saponin/%	应用 Application	参考文献 References
刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i>	4.26~7.91	4.80~5.32	猪、鸡、牛等	[41, 50, 55-57]
人参 Ginseng	4~6	3~6	猪、鸡等	[58-60]
黄芪 <i>Astragalus membranaceus</i>	2.12~7.79	1.8~2.3	猪、鸡、羊等	[61-65]

4 小 结

综上所述,刺五加提取物具有抗炎、抗氧化、调节糖脂代谢等多种生物学功能,在畜禽生产中有着广阔的应用前景。但是,刺五加提取物在畜禽生产中的应用并不广泛,如何将其合理应用于

畜禽生产中还需要更加深入的研究。此外,刺五加提取物在抑菌及抗病毒能力方面有着巨大潜力,但其机制仍需详细研究。因此,本文为刺五加提取物在畜禽生产中到达高效精准的饲用效果,且作为一种新型健康的饲料添加剂在畜禽生产中的应用提供了重要参考。

参考文献:

- [1] LI T, FERNS K, YAN Z Q, et al. *Acanthopanax senticosus*: photochemistry and anticancer potential [J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2016, 44 (8): 1543–1558.
- [2] 国家药典委员会. 中国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 206, 1034–1036.
- [3] HAN Y, ZHANG A H, SUN H, et al. High-throughput ultra high performance liquid chromatography combined with mass spectrometry approach for the rapid analysis and characterization of multiple constituents of the fruit of *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms [J]. Journal of Separation Science, 2017, 40 (10): 2178–2187.
- [4] ADAMCZYK K, OLECH M, ABRAMEK J, et al. Eleutherococcus species cultivated in Europe: a new source of compounds with antiacetylcholinesterase, antihyaluronidase, anti-DPPH, and cytotoxic activities [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2019, 2019: 8673521.
- [5] LEE J H, SUN Y N, KIM Y H, et al. Inhibition of lung inflammation by *Acanthopanax divaricatus* var. *albeofructus* and its constituents [J]. Biomolecules & Therapeutics, 2016, 24 (1): 67–74.
- [6] HU H B, LIANG H P, LI H M, et al. Isolation, purification, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from the stem barks of *Acanthopanax leucorrhizus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 196: 359–367.
- [7] NISHIDA M, KONDO M, SHIMIZU T, et al. Antihyperlipidemic effect of *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms leaves in high-fat-diet fed mice [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 96 (11): 3717–3722.
- [8] SUN D, CHEN J, HU H, et al. *Acanthopanax senticosus* polysaccharide suppressing proliferation and metastasis of the human non-small cell lung cancer NCI-H520 cells is associated with Wnt/ β -catenin signaling [J]. Neoplasma, 2019, 66: 555–563.
- [9] MENG Q L, PAN J Z, LIU Y J, et al. Anti-tumour effects of polysaccharide extracted from *Acanthopanax senticosus* and cell-mediated immunity [J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2018, 15 (2): 1694–1701.
- [10] ZHOU T, LI Z, KANG O-H, et al. Antimicrobial activity and synergism of ursolic acid 3-O- α -L-arabinopyranoside with oxacillin against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. International Journal of Molecular Medicine, 2017, 40 (4): 1285–1293.
- [11] YAN W, ZHENG C G, HE J Y, et al. Eleutheroside B1 mediates its anti-influenza activity through POLR2A and N-glycosylation [J]. International Journal of Molecular Medicine, 2018, 42 (5): 2776–2792.
- [12] 魏文峰, 陈宏昌, 刘焯, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术的刺五加叶血清药物化学初步研究 [J]. 中草药, 2017, 48 (7): 1306–1313.
- [13] ZHANG S N, LI X Z, LIU S M, et al. Metabonomic study of the effects of *Acanthopanax senticosus* on peripheral system of rats [J]. Planta Medica, 2015, 81 (9): 722–732.
- [14] MA B, ZHANG Q, LIU Y H, et al. Simultaneous determination of eleutheroside B and eleutheroside E in rat plasma by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry and its application in a pharmacokinetic study [J]. Journal of Chromatography B, 2013, 917/918: 84–92.
- [15] LU F, SUN Q, BAI Y, et al. Characterization of eleutheroside B metabolites derived from an extract of *Acanthopanax senticosus* Harms by high-resolution liquid chromatography/quadrupole time-of-flight mass spectrometry and automated data analysis [J]. Biomedical Chromatography, 2012, 26 (10): 1269–1275.
- [16] SUN J, PAN X Y, CHRISTIANSEN I, et al. Necrotizing enterocolitis is associated with acute brain responses in preterm pigs [J]. Journal of Neuroinflammation, 2018, 15: 180.
- [17] HAN J, LIU L X, YU N, et al. Polysaccharides from *Acanthopanax senticosus* enhances intestinal integrity through inhibiting TLR4/NF- κ B signaling pathways in lipopolysaccharide-challenged mice [J]. Animal Science Journal, 2016, 87 (8): 1011–1018.
- [18] HAN J, XU Y H, YANG D, et al. Effect of polysaccharides from *Acanthopanax senticosus* on intestinal mucosal barrier of *Escherichia coli* lipopolysaccharide challenged mice [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2016, 29 (1): 134–141.
- [19] BIAN X B, LIU X F, LIU J P, et al. Hepatoprotective effect of chiisanoside from *Acanthopanax sessiliflorus* against LPS/D-GalN-induced acute liver injury by inhibiting NF- κ B and activating Nrf2/HO-1 signaling pathways [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99 (7): 3283–3290.
- [20] ZOU Q P, LIU X Q, HUANG J J, et al. Inhibitory

- effects of lupane-type triterpenoid saponins from the leaves of *Acanthopanax gracilistylus* on lipopolysaccharide-induced TNF- α , IL-1 β and high-mobility group box 1 release in macrophages [J]. *Molecular Medicine Reports*, 2017, 16(6):9149-9156.
- [21] KANG D H, KANG O H, LI Z, et al. Anti-inflammatory effects of ciwujianoside C3, extracted from the leaves of *Acanthopanax henryi* (Oliv.) Harms, on LPS-stimulated RAW 264.7 cells [J]. *Molecular Medicine Reports*, 2016, 14(4):3749-3758.
- [22] LI Y, ZHANG X S, YU J L. Acanthoic acid inhibits LPS-induced inflammatory response by activating LXR α in human umbilical vein endothelial cells [J]. *International Immunopharmacology*, 2016, 32: 111-115.
- [23] AHN S, SINGH P, JANG M, et al. Gold nanoflowers synthesized using *Acanthopanax cortex* extract inhibit inflammatory mediators in LPS-induced RAW264.7 macrophages via NF- κ B and AP-1 pathways [J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2018, 162: 398-404.
- [24] KIM H, PARK M, SHIN J H, et al. Ethanol extract of *Acanthopanax koreanum* nakai alleviates alcoholic liver damage combined with a high-fat diet in C57BL/6J Mice [J]. *Molecules*, 2016, 21(6):681.
- [25] CHIEN T M, HSIEH P C, HUANG S S, et al. *Acanthopanax trifoliatum* inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory response *in vitro* and *in vivo* [J]. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 2015, 31(10):499-509.
- [26] SUN M S, JIN H, SUN X, et al. Free radical damage in ischemia-reperfusion injury: an obstacle in acute ischemic stroke after revascularization therapy [J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 2018: 3804979.
- [27] ZAŁUSKI D, KU Ź NIEWSKI R, JANECZKO Z. HPTLC-profiling of eleutherosides, mechanism of antioxidative action of eleutheroside E1, the PAMPA test with LC/MS detection and the structure-activity relationship [J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2018, 25(3):520-528.
- [28] KANG M C, KIM S Y, KIM E A, et al. Antioxidant activity of polysaccharide purified from *Acanthopanax koreanum* Nakai stems *in vitro* and *in vivo* zebrafish model [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 127:38-46.
- [29] PARK M J, BAE Y S. Fermented *acanthopanax koreanum* root extract reduces UVB- and H₂O₂-induced senescence in human skin fibroblast cells [J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2016, 26(7):1224-1233.
- [30] KIM Y H, CHO M L, KIM D B, et al. The antioxidant activity and their major antioxidant compounds from *Acanthopanax senticosus* and *A. koreanum* [J]. *Molecules*, 2015, 20(7):13281-13295.
- [31] 李云雷, 薛夫光, 徐松山, 等. 产蛋后期母鸡脂肪沉积量与繁殖性能相关性研究 [J]. *畜牧兽医学报*, 2018, 49(6):1163-1168.
- [32] HAN Y H, LI Z, UM J Y, et al. Anti-adipogenic effect of glycoside St-E2 and glycoside St-C1 isolated from the leaves of *Acanthopanax henryi* (Oliv.) Harms in 3T3-L1 cells [J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2016, 80(12):2391-2400.
- [33] AHN J, UM M Y, LEE H, et al. Eleutheroside E, an active component of *Eleutherococcus senticosus*, ameliorates insulin resistance in type 2 diabetic *db/db* mice [J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 2013:934183.
- [34] SAITO T, NISHIDA M, SAITO M, et al. The fruit of *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim) Harms improves insulin resistance and hepatic lipid accumulation by modulation of liver adenosine monophosphate-activated protein kinase activity and lipogenic gene expression in high-fat diet-fed obese mice [J]. *Nutrition Research*, 2016, 30(10):1090-1097.
- [35] LI J L, LI N, XING S S, et al. New neo-lignan from *Acanthopanax senticosus* with protein tyrosine phosphatase 1B inhibitory activity [J]. *Archives of Pharmacological Research*, 2015, 40(11):1265-1270.
- [36] LI J L, LI N, LEE H S, et al. Four new sesqui-lignans isolated from *Acanthopanax senticosus* and their diacylglycerol acyltransferase (DGAT) inhibitory activity [J]. *Fitoterapia*, 2016, 109:185-189.
- [37] LI Q Q, CHEN Z T, XU Z L, et al. Binding of the polysaccharide from *Acanthopanax giraldii* Harms to Toll-like receptor 4 activates macrophages [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2019, 241:112011.
- [38] 潘景芝, 金莎, 刘雅婧, 等. 刺五加多糖镇痛抗炎作用及其免疫调节机制的研究 [J]. *上海中医药杂志*, 2019, 53(10):74-82.
- [39] 孙守坤, 宋涛, 卢义. 刺五加酸性多糖对免疫低下小鼠的免疫调节作用 [J]. *免疫学杂志*, 2018, 34(10):863-868.
- [40] 杨海峰, 何宏勇, 陈海峰, 等. 刺五加提取物对断奶仔猪生长性能、免疫功能和肠道菌群的影响 [J]. *中国*

- 饲料,2019(2):45-48.
- [41] 梁信宇,杨晋青.黄芪和刺五加两种中草药对断奶仔猪生长性能的影响[J].中国畜牧兽医文摘,2017,33(3):221-222.
- [42] BEKENEV V, GARCIA A, HASNULIN V. Adaptation of piglets using different methods of stress prevention[J].Animals,2015,5(2):349-360.
- [43] HAN J, BIAN L Q, LIU X J, et al. Effects of *Acanthopanax senticosus* polysaccharide supplementation on growth performance, immunity, blood parameters and expression of pro-inflammatory cytokines genes in challenged weaned piglets [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2014, 27(7): 1035-1043.
- [44] FAN C Y, HAN J, LIU X J, et al. Modulation of hypoxia-inducible factor-1 α /cyclo-oxygenase-2 pathway associated with attenuation of intestinal mucosa inflammatory damage by *Acanthopanax senticosus* polysaccharides in lipopolysaccharide-challenged piglets [J]. British Journal of Nutrition, 2019, 122(6): 666-675.
- [45] 杨侃侃,边连全,刘显军,等.刺五加多糖对断奶仔猪生长性能、部分血液生化指标及抗氧化能力的影响[J].饲料研究,2013,(3):14-17.
- [46] 李爱菊.刺五加多糖对断奶仔猪生长性能的影响[J].中兽医学杂志,2019,(6):21-22.
- [47] 韩杰,张一然,张飞,等.刺五加多糖对免疫应激断奶仔猪血浆D-乳酸水平和腹泻状况的影响[J].现代畜牧兽医,2016(1):18-22.
- [48] 梁兴龙,杨晋青,庞盛林,等.刺五加多糖对断奶仔猪生长性能和腹泻状况的影响[J].山西农业科学,2014,42(7):735-738.
- [49] 范越鑫,赵宝,车东升.刺五加苷E对仔猪小肠上皮细胞屏障功能基因表达的影响[J].吉林农业大学学报,2019,41(4):471-476.
- [50] 才絮,王春清,王洪贺.刺五加对贵妃鸡生长性能的影响[J].中国饲料,2018(17):37-39.
- [51] 杜杰,范秋实,魏永为,等.刺五加添加剂对乌鸡屠宰性能及免疫器官指数的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2014(17):171-172.
- [52] 马月军.刺五加多糖对蛋雏鸡生长性能的影响[J].现代农村科技,2019(9):67-68.
- [53] 赵国先,邵丽玮,冯志华,等.刺五加多糖对蛋雏鸡生长性能及血清免疫指标的影响[J].饲料研究,2016(17):15-19.
- [54] 王长文,王淑杰,杨文艳,等.不同刺五加产品对哺乳犍牛消化道器官及肠道发育的影响[J].中国兽医杂志,2014,50(4):48-50.
- [55] KONG Z W, JIE H D, ZHOU C S, et al. Effects of dietary supplementation of *Acanthopanax senticosus* on gastrointestinal tract development in calves [J]. Animal Science Journal, 2017, 88(9): 1321-1326.
- [56] 李俊萍,郭盛磊,王谦博,等.不同产地刺五加中多糖含量测定、聚类分析及其超声提取工艺优化[J].中国药房,2019,30(18):2541-2545.
- [57] 叶恒,孙帅婷,葛会奇,等.刺五加中总皂苷和总黄酮的提取工艺优化[J].辽宁科技学院学报,2018,20(5):23-25.
- [58] 姚梦杰,吕金朋,张乔,等.人参化学成分及药理作用研究[J].吉林中医药,2017,37(12):1261-1263.
- [59] BI S, CHI X, ZHANG Y, et al. Ginsenoside Rg1 enhanced immune responses to infectious bursal disease vaccine in chickens with oxidative stress induced by cyclophosphamide [J]. Poultry Science, 2018, 97(8): 2698-2707.
- [60] SUN J J, XIONG J L, YAO L Y, et al. The effect of dietary *Ginseng* polysaccharide supplementation on porcine milk-derived eRNAs involved in the host immune responses [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2019, 103(1): 276-282.
- [61] 邵杰敏,连玉菲,阎乐浩,等.不同产地黄芪中的黄芪总皂苷含量对比分析[J].陕西中医,2018,39(2):268-270.
- [62] 唐文文,李国琴,晋小军.黄芪不同采收期有效成分含量比较[J].北方园艺,2015(7):138-141.
- [63] TAN L B, WEI T, YUAN A W, et al. Dietary supplementation of astragalus polysaccharides enhanced immune components and growth factors EGF and IGF-1 in sow colostrum [J]. Journal of Immunology Research, 2017, 2017: 9253208.
- [64] SHAN C L, SUN B D, DALLOUL R A, et al. Effect of the oral administration of astragalus polysaccharides on jejunum mucosal immunity in chickens vaccinated against Newcastle disease [J]. Microbial Pathogenesis, 2019, 135: 103621.
- [65] ABDALLAH A, ZHANG P, ABUBAKARI A H, et al. Reclamation of astragalus by-product through dietary inclusion in ruminant diets: effects on growth performance, nutrient digestibility, rumen fermentation, blood biochemical parameters, and humoral immune response in sheep [J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2019, 2019: 8530961.

Biological Functions of *Acanthopanax senticosus* Extract and Its Application in Livestock and Poultry Production

ZHANG Yunlu^{1,2,3} XIE Kaihuan^{2,3} HE Xi^{2,3} LIU Zikui^{1,4*}

(1. College of Veterinary Medicine, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Hunan Poultry Safety Production Engineering Technology Research Center, Changsha 410128, China; 4. Hunan Canong Zhenghe Biotechnology Co., Ltd., Changsha 410128, China)

Abstract: *Acanthopanax senticosus* is a commonly used Chinese herbal medicine in China. It has a variety of biological functions such as anti-inflammatory, antioxidation and regulation of lipid metabolism. In recent years, it has been found that adding *Acanthopanax senticosus* extract to diets can improve the growth performance of livestock and poultry and promote gastrointestinal development. This article reviews the absorption and metabolism, biological functions of *Acanthopanax senticosus* extract *in vivo* and its application in livestock and poultry production, in order to provide references for the research and application of *Acanthopanax senticosus* extract in livestock and poultry. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(7):3049-3056]

Key words: *Acanthopanax senticosus*; biological function; anti-inflammatory; livestock and poultry production