

李悦,陈亚楠,涂枫,等. 日粮添加不同水平虎杖苷对断奶仔猪生长性能、腹泻率与血液指标的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(3):167-171.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.03.027

日粮添加不同水平虎杖苷对断奶仔猪生长性能、腹泻率与血液指标的影响

李悦^{1,2}, 陈亚楠¹, 涂枫², 宦海琳², 闫俊书², 付南南³, 张昊¹, 王恬¹

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院畜牧研究所/农业农村部种养殖结合重点实验室, 江苏南京 210014;

3. 沛县鸿达畜禽养殖有限公司, 江苏徐州 221616)

摘要:为研究日粮添加不同水平虎杖苷对断奶仔猪生长性能、腹泻率与血液指标的影响,选取 300 头 21 日龄断奶的健康仔猪,随机分配至 5 个处理组,每组 10 头仔猪,6 个重复。对照组饲喂基础日粮,试验组 I ~ IV 分别饲喂含有 50、100、250、500 mg/kg 虎杖苷的试验日粮。试验期共 14 d,结束时采集血液样本,用于生化指标的测定。结果表明:(1)与对照组相比,各试验组 21 ~ 35 日龄平均日增质量、平均日采食量或料质量比均无显著差异($P > 0.05$),但试验组 III、试验组 IV 断奶后 2 周内的腹泻率显著低于对照组($P < 0.05$)。(2)与对照组比较,试验组 III 血浆 D-木糖含量显著升高($P < 0.05$)。(3)试验组 III 血液白细胞数量显著低于对照组($P < 0.05$);且试验组 III、试验组 IV 血浆白细胞介素-1 β 含量较对照组显著降低($P < 0.05$)。研究结果表明,日粮添加虎杖苷可有效降低断奶仔猪腹泻率,改善肠道吸收能力,缓解机体炎症反应,且日粮添加量为 250 mg/kg 时效果最佳。

关键词:断奶仔猪;虎杖苷;生长性能;腹泻率;血液指标

中图分类号:S828.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)03-0167-05

随着集约化生产和产业化经营的不断发展,早期断奶技术已广泛应用于生猪养殖。早期断奶是提高养殖生产效率的有效方式,既有助于提高母猪的繁殖效率、增加产仔数,也有利于控制疾病、提高经济效益^[1]。然而,早期断奶会导致仔猪心理、环境及营养等多种应激,引起采食量减少、肠道屏障功能受损、消化吸收能力降低,造成生长性能下降、抗病能力减弱等一系列负面问题^[2-4]。因而,在饲料中添加具有改善肠道功能的生物活性物质是调节断奶仔猪生长性能与机体健康的一种可行方式。

虎杖苷又称白藜芦醇苷,化学名为 3,4',5-三羟基芪-3- β -单-D-葡萄糖苷,是从中药虎杖的干燥根茎中提取的第 4 种单体,也是白藜芦醇的葡萄糖苷化类似物。虎杖苷与白藜芦醇均属于虎

杖成分中的芪类化合物,其生物学作用相似,具有抗炎、抗氧化以及抗应激等多种功效^[5-7]。然而,白藜芦醇水溶性较差、稳定性不佳、不易通过口服吸收,故其在动物体内的利用效率偏低^[8]。与白藜芦醇相比,结构的改变不仅提高了虎杖苷的水溶性与稳定性,也使其能够借助葡萄糖转运体进入肠上皮细胞,有效克服了白藜芦醇口服吸收率低与生物利用度差的弊端^[8-9]。另外,虎杖苷在植物中分布广、产量高,在实际应用中更具推广价值^[10-12]。因此,本试验以断奶仔猪为研究对象,分析日粮中添加不同水平虎杖苷对仔猪生长性能、腹泻率、血常规指标以及肠道屏障功能与吸收能力相关血液指标的影响。本研究结果有助于明确虎杖苷在断奶仔猪生产中的适宜剂量与应用效果,为进一步完善仔猪高效健康养殖提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

本试验于 2019 年 4 月在江苏和佑瑞安农业发展有限公司太仓养殖场进行。选择体质量相近的 21 日龄杜×长×大三元杂交断奶仔猪 300 头,按公母各半方式分为 5 个处理组,每组 10 头仔猪,6 个

收稿日期:2021-08-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31902197、31802094);江苏省自然科学基金(编号:BK20180531);江苏省苏北科技专项(编号:XZ-SZ202010)。

作者简介:李悦(1990—),女,四川西昌人,博士,助理研究员,主要从事动物生长的营养调控研究。E-mail:liyue9032@163.com。

通信作者:张昊,博士,副研究员,主要从事动物生长的营养调控研究。E-mail:zhanghao89135@163.com。

重复。对照组饲喂基础日粮, 试验组 I ~ IV 分别饲喂含有 50、100、250、500 mg/kg 虎杖苷的试验日粮。基础日粮以玉米 - 豆粕为主, 按照 NRC (2012) 推荐营养水平配制, 日粮组成及营养成分见表 1。试验仔猪在相同环境下饲养, 自由饮水和采食, 每天饲喂 5 次 (05:00、07:00、11:00、14:00、17:00), 自然光照和通风, 执行常规免疫程序。饲养期共计 14 d。

表 1 基础日粮组成及营养水平 (风干基础)

日粮组成	含量 (%)	营养水平	含量
玉米	62.80	消化能 (MJ/kg)	14.53
豆粕	15.00	粗蛋白质 (%)	20.41
发酵豆粕	7.00	赖氨酸 (%)	1.52
膨化大豆	7.00	蛋氨酸 (%)	0.44
大豆分离蛋白	1.30	蛋氨酸 + 胱氨酸 (%)	0.82
大豆油	2.00	苏氨酸 (%)	0.96
磷酸氢钙	1.80	组氨酸 (%)	0.75
石粉	0.80	异亮氨酸 (%)	0.80
食盐	0.35	缬氨酸 (%)	1.17
L-赖氨酸	0.52	钙 (%)	0.82
L-蛋氨酸	0.13	总磷 (%)	0.67
L-苏氨酸	0.15		
L-异亮氨酸	0.10		
丙酸钙	0.05		
预混料	1.00		
合计	100.00		

注: (1) 预混料为 1 kg 全价料提供: 维生素 A 8 000 IU、维生素 D₃ 3 000 IU、维生素 E 20 IU、维生素 K₃ 3 mg、维生素 B₁ 2 mg、维生素 B₂ 5 mg、维生素 B₆ 7 mg、维生素 B₁₂ 0.02 mg、烟酸 30 mg、泛酸 15 mg、叶酸 0.3 mg、生物素 0.08 mg、氯化胆碱 500 mg、铁 110 mg、铜 7 mg、锌 110 mg、锰 5 mg、碘 0.3 mg、硒 0.3 mg。(2) 消化能根据原料组成计算所得, 其余为实测值。

1.2 样品采集

试验期间记录仔猪腹泻情况。试验结束时, 每重复随机选择 1 头雄性仔猪, 按 1 mL/kg 体质量的剂量给仔猪灌服 10% D - 木糖溶液, 1 h 后于前腔静脉处采集 10 mL 血液, 置于肝素钠抗凝管, 离心后收集血浆, 用于肠道吸收能力和损伤敏感指标的检测。另采集 2 mL 血液置于 EDTA 抗凝管, 用于血常规检测。

1.3 生长性能

试验开始与结束时, 以重复为单位记录仔猪空腹称质量, 统计试验期间每重复耗料量, 以计算仔猪在试验期间的平均日增质量、平均日采食量和料质量比。

1.4 腹泻率

试验期间由专人按重复统计仔猪腹泻率。腹泻率 = 腹泻头次数 / (仔猪头数 × 试验天数) × 100%。

1.5 血细胞计数

采用全血自动分析仪测定 EDTA 抗凝血样中红细胞、白细胞、淋巴细胞数目, 并计算淋巴细胞百分率。

1.6 分析与测定

1.6.1 二胺氧化酶活性 二胺氧化酶活性采用分光光度法测定, 参考 Hosoda 等的方法^[12]并略作修改。反应体系包含 3 mL PBS (0.2 mol/L, pH 值 7.2)、0.1 mL 辣根过氧化物酶溶液 (0.04 g/L)、0.1 mL 邻联茴香胺 - 甲醇溶液 (5 g/L)、0.5 mL 血浆样本及 0.1 mL 1,5 - 戊二胺盐酸盐溶液 (1.75 g/L)。该体系于 37 ℃ 条件下水浴反应 30 min, 结束后使用分光光度计于 436 nm 波长处测定反应液吸光度, 以计算血浆二胺氧化酶活性。

1.6.2 D - 乳酸含量 D - 乳酸采用商业试剂盒测定, 所用试剂盒购自 AAT Bioquest (美国)。所有步骤均严格参照试剂盒说明书进行操作。

1.6.3 D - 木糖含量 血液中 D - 木糖通过比色法进行检测, 使用南京建成生物工程研究所的 D - 木糖检测试剂盒。

1.6.4 细胞因子含量 采用酶联免疫吸附剂测定 (ELISA) 方法检测血浆中肿瘤坏死因子 - α 和白细胞介素 - 1β 含量, ELISA 试剂盒购自武汉华美生物工程有限公司, 操作步骤严格按照试剂盒说明书进行。使用酶标仪测定标准品与待测样本反应后在 450 nm 波长处的吸光度, 根据所得结果绘制标准曲线, 用于计算样本中细胞因子含量

1.7 数据分析

试验数据差异显著性使用 SPSS 22.0 软件中单因素方差分析进行统计, 采用 Tukey's 法进行两两比较。当 P 值小于 0.05 时为差异显著。统计结果以“平均值 ± 标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 添加不同水平虎杖苷对 21 ~ 35 日龄断奶仔猪生长性能的影响

从表 2 可以看出, 与对照组比较, 各试验组 21 ~ 35 日龄平均日增质量、平均日采食量或料质量比均无明显差异 (P > 0.05)。

表 2 不同水平虎杖苷对 21~35 日龄断奶仔猪生长性能的影响

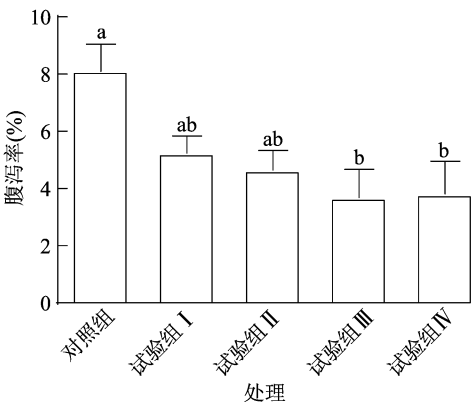
处理	日增质量 (g/d)	日采食量 (g/d)	料质量比 (g/g)
对照组	207.98 ± 24.43a	293.93 ± 33.38a	1.42 ± 0.03a
试验组 I	225.00 ± 18.58a	308.10 ± 27.51a	1.37 ± 0.03a
试验组 II	203.81 ± 19.26a	293.81 ± 25.52a	1.45 ± 0.03a
试验组 III	218.69 ± 14.17a	297.98 ± 20.66a	1.37 ± 0.05a
试验组 IV	214.29 ± 19.96a	294.76 ± 26.72a	1.38 ± 0.04a

2.2 添加不同水平虎杖苷对 21~35 日龄断奶仔猪腹泻率的影响

由图 1 可见,与对照组比较,试验组 III、试验组 IV 断奶后 2 周内的腹泻率均显著降低 ($P < 0.05$),而试验组 I、试验组 II 无显著改善 ($P > 0.05$)。

2.3 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪血浆二胺氧化酶活性及 D-乳酸和 D-木糖含量的影响

由表 3 可知,试验组 III 血浆 D-木糖含量较对照组显著提高 ($P < 0.05$),但各组间血浆二胺氧化酶活性、D-乳酸含量处理间无显著差异 ($P > 0.05$)。



图中不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

图1 添加不同水平虎杖苷对 21~35 日龄断奶仔猪腹泻率的影响

表 3 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪血浆二胺氧化酶活性及 D-乳酸和 D-木糖含量的影响

处理	二胺氧化酶 (U/mL)	D-乳酸 (nmol/mL)	D-木糖 ($\mu\text{mol/mL}$)
对照组	35.04 ± 6.19a	506.00 ± 32.59a	0.30 ± 0.04b
试验组 I	31.95 ± 5.38a	481.08 ± 26.07a	0.38 ± 0.09ab
试验组 II	35.10 ± 5.12a	519.46 ± 45.19a	0.36 ± 0.06ab
试验组 III	25.84 ± 3.62a	377.97 ± 28.16a	0.61 ± 0.07a
试验组 IV	31.25 ± 3.22a	448.69 ± 45.46a	0.54 ± 0.09ab

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。表 4、表 5 同。

2.4 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪血细胞计数的影响

从表 4 可以看出,对照组血液白细胞数量超过检测仪器对猪全血白细胞数量标注的正常范围 (10.20~30.00,单位: $\times 10^9$ 个/L),提示此时仔猪机体可能存在炎症;试验组 III 血液白细胞数量显著降低 ($P < 0.05$)。另外,虎杖苷对断奶仔猪血液红细胞数量、淋巴细胞百分率无显著改变 ($P > 0.05$)。

2.5 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪血浆细胞因子含量的影响

从表 5 可以看出,与对照组比较,试验组 III、试验组 IV 血浆白细胞介素-1 β 含量显著降低 ($P <$

表 4 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪血细胞计数的影响

处理	红细胞数量 ($\times 10^{12}$ 个/L)	白细胞数量 ($\times 10^9$ 个/L)	淋巴细胞百分率 (%)
对照组	8.21 ± 1.16a	38.18 ± 3.39a	39.73 ± 6.89a
试验组 I	7.66 ± 0.89a	29.72 ± 4.87ab	44.52 ± 11.33a
试验组 II	8.33 ± 0.71a	37.97 ± 5.49a	42.32 ± 7.91a
试验组 III	7.16 ± 0.87a	21.23 ± 2.17b	54.84 ± 12.77a
试验组 IV	7.87 ± 1.10a	23.47 ± 2.25ab	50.52 ± 11.19a

0.05);而试验组 I、试验组 II 血浆白细胞介素-1 β 含量较对照组无显著改变 ($P > 0.05$)。另外,添加虎杖苷对断奶仔猪血浆肿瘤坏死因子- α 含量无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 5 添加不同水平虎杖苷对 35 日龄断奶仔猪
血浆细胞因子含量的影响

处理	肿瘤坏死因子-α (pg/mL)	白细胞介素-1β (pg/mL)
对照组	307.57 ± 38.40a	275.84 ± 26.59a
试验组 I	248.78 ± 37.43a	192.08 ± 15.16ab
试验组 II	271.21 ± 24.89a	211.39 ± 29.30ab
试验组 III	203.51 ± 32.46a	165.05 ± 22.12b
试验组 IV	198.82 ± 29.57a	157.35 ± 19.99b

3 讨论与结论

3.1 虎杖苷对仔猪断奶后早期阶段生长性能的影响

断奶过渡期是仔猪肠道功能从损伤到重建并最终发育成熟的重要生理过程。本试验中,添加不同剂量虎杖苷对仔猪断奶后 2 周内生长性能均无明显影响。尽管当前尚无关于虎杖苷在断奶仔猪上的应用报道,但已有学者对其母体化合物白藜芦醇开展了类似研究。Cao 等连续 2 周向 35 日龄断奶仔猪饲喂含有 100 mg/kg 白藜芦醇的试验日粮,其结果显示,白藜芦醇对其平均日增质量和料质量比均无显著改变^[13]。Zeng 等观察了白藜芦醇对 28 日龄断奶仔猪生长性能的影响,结果表明,日粮添加 150、300 mg/kg 水平的白藜芦醇对仔猪断奶后 6 周内生长性能亦无显著影响^[14]。因此,日粮添加虎杖苷或其母体化合物不会明显改变仔猪在断奶过渡期的生长性能。

值得注意的是,在敌草快攻毒断奶仔猪上的研究发现,饲喂含有白藜芦醇的试验日粮可有效缓解断奶仔猪急性氧化应激,并提高了其 35~49 日龄阶段的平均日增质量^[13]。Meng 等研究发现,向妊娠母猪饲喂含有 300 mg/kg 白藜芦醇的试验日粮可显著提高仔猪初生质量和断奶质量^[15]。上述结果表明,白藜芦醇类化合物调节哺乳或断奶仔猪生长性能的效果与受试动物的生理状态、生长阶段或饲喂方式有关。

3.2 虎杖苷对断奶仔猪腹泻率及肠道功能相关血液指标的影响

小肠是养分消化吸收的重要场所。猪的肠道仅占机体质量的 3%~6%,其能量消耗量却占机体总消耗量的约 25%^[16]。在断奶后早期阶段,仔猪易受各类应激因素影响而导致腹泻。因此,及时修复仔猪肠道功能是提高其在断奶后早期阶段的生

长性能与健康状况关键。本试验结果表明,添加 250、500 mg/kg 虎杖苷均可有效降低断奶仔猪 21~35 日龄阶段腹泻率,表明虎杖苷具有改善断奶仔猪机体健康与肠道功能的潜力。

二胺氧化酶是一种主要分布于肠道黏膜上层绒毛的细胞内酶,其活性与黏膜细胞的核酸和蛋白合成效率有直接关联。当肠道黏膜受损时,其通透性随之升高,导致绒毛细胞内的二胺氧化酶透过肠道黏膜进入血液中,继而引发血液循环中二胺氧化酶活性骤然升高,因此,血液二胺氧化酶活性可间接反映肠道机械屏障的完整性和受损程度。研究表明,仔猪血液二胺氧化酶活性与其腹泻严重程度之间也有密切关联^[17-18]。本试验条件下,尽管日粮添加虎杖苷显著降低了断奶仔猪腹泻率,但对其血浆二胺氧化酶活性无明显改变。

D-乳酸是动物肠道内固有细菌发酵产生的代谢产物,而哺乳动物体内不含代谢 D-乳酸的酶系统。当肠道发生损伤时,黏膜绒毛顶端上皮脱落,紧密连接乃至黏膜机械屏障受损,导致黏膜通透性升高。此时,肠道细菌产生的大量 D-乳酸可通过黏膜受损处进入血液,故血液中 D-乳酸含量可反映肠道黏膜损伤程度与通透性变化。本试验中,添加虎杖苷未显著改变断奶仔猪血浆 D-乳酸含量,表明虎杖苷对断奶仔猪肠道通透性无明显影响。

吸收功能是小肠最重要的功能之一。机体所需营养物质几乎全部由小肠摄取。由于哺乳动物体内不含能够代谢 D-木糖的相关酶类,因而 D-木糖吸收试验常被用作评定肠道吸收功能。通过检测小肠对 D-木糖的吸收程度,可反映肠道吸收能力,即血液中 D-木糖浓度越高,表明小肠消化吸收功能越好。本试验通过对仔猪灌服标准剂量的 D-木糖溶液,结果表明饲喂含有虎杖苷的试验日粮可提高仔猪断奶后 2 周时肠道的吸收能力,当虎杖苷的添加水平为 250 mg/kg 时,其改善断奶仔猪肠道吸收能力的效果达到了统计学显著水平。

3.3 虎杖苷对断奶仔猪炎症反应相关血液指标的影响

血液对保证机体正常的功能调节、新陈代谢及体内外环境平衡起重要作用。血常规检测是血液学检测的基本内容,主要对血液中有形成分,如红细胞、白细胞、血小板等指标进行计量。其中,白细胞与淋巴细胞的变化可用于辅助监测动物健康水平,对了解各种早期病变、疾病性质及其发生、发展

和治疗具有一定指导意义。本试验结果表明,经过为期 2 周的虎杖苷干预,断奶仔猪血液白细胞数量恢复至正常范围(10.20 ~ 30.00,单位: $\times 10^9$ 个/L);其中,添加 250 mg/kg 水平的虎杖苷能够显著降低断奶仔猪血液白细胞数量。研究表明,血液白细胞数量增多常见于细菌性炎症反应、腹泻及各种不良刺激造成的组织脱水等^[19]。在断奶后早期阶段,受各种应激因素影响,仔猪非常容易发生细菌性感染,引发肠道局部炎症乃至整个机体的系统性炎症反应,继而造成炎症性腹泻的发生。肿瘤坏死因子- α 和白细胞介素-1 β 是介导炎症的促炎性细胞因子,其表达与分泌对于机体抵抗感染与维持组织稳态具有关键意义。然而,当促炎性细胞因子分泌过多、促炎性与抗炎性细胞因子之间的平衡被打破时,会引发局部甚至系统性炎症,并伴随组织损伤的发生^[20]。本试验中,添加 250、500 mg/kg 虎杖苷均可显著降低断奶仔猪血浆白细胞介素-1 β 含量,进一步证实断奶后前 2 周饲喂适宜剂量的虎杖苷具有良好的抗炎作用,有助于缓解断奶仔猪细菌性腹泻、肠道炎症等不良现象。

本试验结果表明,虎杖苷对断奶仔猪生长性能无显著影响,但适当添加可有效降低腹泻率,改善断奶仔猪肠道吸收能力,降低血液白细胞数量与促炎性细胞因子含量。当添加量为 250 mg/kg 时,虎杖苷改善断奶仔猪肠道功能与机体炎症反应的效果最优。

参考文献:

- [1] 王 恬. 仔猪断奶应激及营养调控措施的应用[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(5): 1-4.
- [2] Pluske J R, Hampson D J, Williams I H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review[J]. Livestock Production Science, 1997, 51(1/2/3): 215-236.
- [3] Campbell J M, Crenshaw J D, Polo J. The biological stress of early weaned piglets[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2013, 4(1): 19.
- [4] Scholmen G T. Exploring inside the prestarter piglet[J]. Pig, 1996(2): 29-31.
- [5] Abd El-Hameed A M, Yousef A I, Abd El-Twab S M, et al. Hepatoprotective effects of polydatin-loaded chitosan nanoparticles in diabetic rats; modulation of glucose metabolism, oxidative stress, and inflammation biomarkers[J]. Biochemistry, 2021, 86(2): 179-189.
- [6] Fu Y R, Jin Y C, Shan A S, et al. Polydatin protects bovine mammary epithelial cells against Zearalenone-induced apoptosis by inhibiting oxidative responses and endoplasmic reticulum stress[J]. Toxins, 2021, 13(2): 121.
- [7] Zhan J H, Li X, Luo D, et al. Polydatin attenuates OGD/R-induced neuronal injury and spinal cord ischemia/reperfusion injury by protecting mitochondrial function via Nrf2/ARE signaling pathway[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2021(7): 1-19.
- [8] Guo Y, Zhang L, Li F, et al. Restoration of sirt1 function by pterostilbene attenuates hypoxia-reoxygenation injury in cardiomyocytes[J]. European Journal of Pharmacology, 2016, 776: 26-33.
- [9] Zhang Y S, Zhuang Z X, Meng Q H, et al. Polydatin inhibits growth of lung cancer cells by inducing apoptosis and causing cell cycle arrest[J]. Oncology Letters, 2014, 7(1): 295-301.
- [10] Wang H L, Gao J P, Han Y L, et al. Comparative studies of polydatin and resveratrol on mutual transformation and antioxidative effect *in vivo*[J]. Phytomedicine, 2015, 22(5): 553-559.
- [11] 杨亚婷. 虎杖苷通过激活 SIRT3 介导的线粒体保护减轻失血性休克小肠损伤[D]. 广州: 南方医科大学, 2016.
- [12] Hosoda N, Nishi M, Nakagawa M, et al. Structural and functional alterations in the gut of parenterally or enterally fed rats[J]. Journal of Surgical Research, 1989, 47(2): 129-133.
- [13] Cao S T, Shen Z J, Wang C C, et al. Resveratrol improves intestinal barrier function, alleviates mitochondrial dysfunction and induces mitophagy in diquat challenged piglets 1[J]. Food & Function, 2019, 10(1): 344-354.
- [14] Zeng Z Y, Chen X L, Huang Z Q, et al. Effects of dietary resveratrol supplementation on growth performance and muscle fiber type transformation in weaned piglets[J]. Animal Feed Science and Technology, 2020, 265: 114499.
- [15] Meng Q W, Guo T, Li G Q, et al. Dietary resveratrol improves antioxidant status of sows and piglets and regulates antioxidant gene expression in placenta by Keap1-Nrf2 pathway and Sirt1[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2018, 9: 34.
- [16] Hoerr R A, Matthews D E, Bier D M, et al. Leucine kinetics from [$^2\text{H}_3$]- and [^{13}C]leucine infused simultaneously by gut and vein[J]. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism, 1991, 260(1): 111-117.
- [17] 黎佳颖, 张 翥, 王明周, 等. 中药对灌服大肠杆菌的断奶仔猪血常规指标及血清二胺氧化酶的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(15): 75-78.
- [18] 卢亚飞, 吕慧源, 蒋显仁, 等. 天然植物提取物对断奶仔猪生长性能、腹泻率及血清抗氧化指标的影响[J]. 饲料研究, 2019, 42(7): 27-30.
- [19] 张 宇. 血常规检测的临床意义[J]. 中国医药指南, 2012, 10(17): 390-391.
- [20] 张林丽, 王 艳, 刘 莉. 细胞因子与炎症免疫疾病的研究进展[J]. 药学与临床研究, 2020, 28(3): 202-205.