

八角和杜仲叶提取物对杜×长×大和本土里岔黑断奶仔猪免疫功能和抗氧化能力的影响

王鑫 陈鹏 杨立杰 杨在宾 杨维仁 刘法孝 姜淑贞*

(山东农业大学动物科技学院,山东省动物生物工程与疾病防治重点实验室,泰安 271018)

摘要: 本试验旨在研究八角提取物(IVE)和杜仲叶提取物(ELE)对杜×长×大(DLY)和本土里岔黑(LCB)断奶仔猪免疫功能和抗氧化能力的影响。选择体重 $[11.22\pm 0.32]$ kg相近的健康DLY和LCB断奶仔猪各48头,随机分为4组,每组3个重复,每个重复8头猪(DLY和LCB各4头)。对照组饲喂基础饲料,试验组分别饲喂在基础饲料的基础上添加500 mg/kg IVE、250 mg/kg ELE和50 mg/kg 金霉素(CHL)的试验饲料。预试期7 d,正试期42 d。结果表明:1)与对照组相比,IVE和ELE组DLY和LCB断奶仔猪的平均日增重(ADG)、背最长肌中超氧化物歧化酶(SOD)活性(24和48 h)、十二指肠谷胱甘肽过氧化物酶4(GPx4)的mRNA相对表达量显著增加($P<0.05$),而血清尿素氮含量显著降低($P<0.05$)。2)与对照组相比,IVE组DLY和LCB断奶仔猪的血清总蛋白含量显著增加($P<0.05$);ELE组DLY和LCB断奶仔猪的外周血淋巴细胞增殖率和血清免疫球蛋白A(IgA)含量显著增加($P<0.05$)。3)LCB断奶仔猪的平均日采食量(ADFI)、料重比(F/G)、脾脏指数及血清尿素氮、低密度脂蛋白(LDL)、免疫球蛋白M(IgM)、免疫球蛋白G(IgG)、丙二醛(MDA)(48 h)含量显著高于DLY断奶仔猪($P<0.05$),而ADG、血清高密度脂蛋白(HDL)含量、背最长肌中谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性(24 h)、十二指肠和空肠中GPx4的mRNA相对表达量显著低于DLY断奶仔猪($P<0.05$)。4)仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪的ADG、ADFI、F/G和血清IgM含量有显著影响($P<0.05$)。综上所述,饲料中添加IVE和ELE可提高断奶仔猪的抗氧化能力,提高机体免疫功能,DLY和LCB断奶仔猪对IVE和ELE的抗氧化和免疫效应不同,LCB断奶仔猪的自身免疫优于DLY断奶仔猪,而生长性能、背最长肌、十二指肠和空肠的抗氧化能力不如DLY断奶仔猪。

关键词: 八角提取物;杜仲叶提取物;断奶仔猪;免疫功能;抗氧化能力

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)10-4717-12

断奶应激、免疫力低下及腹泻严重威胁着仔猪的生长发育^[1],寻找绿色、安全的饲料添加剂来缓解这一问题已成为当前畜牧工作者研究的重中之重。八角提取物(*Illicium verum* extracts, IVE)和杜仲叶提取物(*Eucommia ulmoides* leaves extracts, ELE)作为新型绿色饲料添加剂,具有安全

和不易产生耐药性等优点,同时具有抑菌、抗氧化及提高免疫力等多种作用^[2-4]。然而,IVE和ELE对不同品种断奶仔猪免疫功能和抗氧化能力的影响却鲜有报道。因此,本试验旨在研究IVE和ELE对断奶仔猪免疫功能和抗氧化能力的影响,同时比较杜×长×大(Duroc×Landrace×Yorkshire,

收稿日期:2019-04-08

基金项目:山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队建设项目(SDAIT-08-04);山东省“双一流”奖补资金项目

作者简介:王鑫(1995—),男,河南邓州人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: 744700483@qq.com

*通信作者:姜淑贞,副教授,硕士生导师,E-mail: shuzhen305@163.com

DLY) 和本土里岔黑 (Chinese native *Licha*-black, LCB) 断奶仔猪的差异, 为 IVE 和 ELE 在不同品种猪上的应用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

IVE: 山东农业大学动物营养研究实验室提取, 提取方法为乙醇提取法。主要成分: 反式茴香脑 $\geq 55.50\%$, 草稿脑 $\geq 6.17\%$, 茴香醛 $\geq 4.56\%$ 。

ELE: 山东龙昌动物保健品有限公司提供。主要成分: 杜仲多糖 $\geq 20.00\%$, 黄酮 $\geq 8.00\%$, 绿原酸 $\geq 5.00\%$ 。

金霉素 (chlortetracycline, CHL): 山东雨泽银丰动物药业有限公司提供。

1.2 试验设计

选择体重 [(11.22 ± 0.32) kg] 相近的健康 DLY 和 LCB 断奶仔猪各 48 头, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 8 头猪 (DLY 和 LCB 各 4 头), 各组间体重差异不显著 ($P > 0.05$)。对照组饲喂基础饲料, 试验组分别饲喂在基础饲料的基础上添加 500 mg/kg IVE、250 mg/kg ELE 和 50 mg/kg CHL 的试验饲料。基础饲料组成及营养水平见表 1。预试期 7 d, 正试期 42 d。

1.3 检测指标

1.3.1 生长性能

每天记录各组断奶仔猪的采食量和剩料量, 试验前、试验末和每周称量各组断奶仔猪的体重, 计算其平均日采食量 (ADFI)、平均日增重 (ADG) 和料重比 (F/G)。

1.3.2 血清生化指标

试验结束后, 每个重复随机选择 1 头 DLY 和 1 头 LCB 断奶仔猪, 空腹前腔静脉采血 10 mL 放置于真空抗凝管, 用于外周血淋巴细胞增殖率的测定; 另采血 10 mL 于温水浴静置 10 min, 然后 2 000 r/min 离心 10 min, 分离血清并分装编号, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存待测。采用全自动生化分析仪 (COBUS MIRA Plus, 瑞士罗士公司) 测定血清总蛋白、胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白 (HDL)、低密度脂蛋白 (LDL) 和尿素氮含量。

1.3.3 血常规参数

采用 KX-21 型血细胞分析仪 (SYSMEX 东亚有限公司, 日本) 测定全血白细胞计数、红细胞计数、血小板计数、淋巴细胞百分率和血红蛋白

浓度。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	58.20
次粉 Wheat middling	10.00
豆粕 Soybean meal	17.50
干酒糟及其可溶物 DDGS	8.00
豆油 Soybean oil	1.30
预混料 Premix ¹⁾	5.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
消化能 DE/(MJ/kg)	13.65
粗蛋白质 CP	15.91
钙 Ca	0.77
有效磷 AP	0.54
赖氨酸 Lys	1.01
蛋氨酸 Met	0.29
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.61
苏氨酸 Thr	0.65
色氨酸 Try	0.18

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 3 300 IU, VD₃ 300 IU, VE 11 IU, VK 0.5 mg, VB₁ 1.00 mg, VB₂ 3.00 mg, VB₆ 1.5 mg, VB₁₂ 0.015 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 9.00 mg, 生物素 biotin 0.05 mg, 叶酸 folic acid 0.3 mg, 尼克酸 niacin 12.5 mg, Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 5.00 mg, Zn (ZnSO₄ · H₂O) 80 mg, Se (Na₂SeO₃) 0.25 mg, I (KI) 0.14 mg, Mn (MnSO₄ · H₂O) 3.00 mg, Fe (FeSO₄ · H₂O) 80 mg。

²⁾ 粗蛋白质为实测值, 其他营养水平为计算值。CP was a measured value, while the other nutrient levels were calculated values.

1.3.4 外周血淋巴细胞增殖率

取放置于真空抗凝管中的全血 10 mL 与 10 mL 磷酸盐缓冲液 (PBS) 混匀, 加入到 20 mL 猪淋巴细胞分离液 (Percoll 细胞分层液) 中, 于 1 800 r/min 离心 20 min; 用移液枪收集红细胞和血浆之间的外周血淋巴细胞, 并加入到 PBS 中进行洗涤, 1 000 r/min 离心 10 min, 重复洗涤 1 次; 加入红细胞裂解液去除红细胞, 重复 1 次; 将淋巴细胞悬浮于 RPMI-1640 完全培养液并调整细胞浓度到 3×10^6 个/mL。将上述提纯的细胞, 计数后加入到 96 孔细胞板中, 每孔加入 100 μL ; 将细胞

板置于 37 ℃ 细胞培养箱中培养,24 h 后每孔加入 10 μL 5 mg/mL 3-(4,5-二甲基噻唑-2)-2,5-二苯基四氮唑溴盐(MTT)(滤网除菌)溶液,继续培养 4 h 后,每孔加入 90 μL 50% 二甲基亚砷(DMSO)-10% 十二烷基硫酸钠(SDS)溶液,使用酶标仪在 570 nm 波长下检测吸光度(OD)值。

$$\text{增殖率}(\%) = (\text{OD}_{\text{试验组}} - \text{OD}_{\text{空白组}}) / \text{OD}_{\text{试验组}}$$

1.3.5 血清免疫球蛋白含量

取待测血清,按照试剂盒说明测定血清免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 M(IgM)和免疫球蛋白 G(IgG)含量。IgA(E027)、IgM(E025)和 IgG(E026)试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.3.6 屠宰试验与样品采集

采血结束后,屠宰断奶仔猪,放血后打开胸腔和腹腔,准确称取脾脏重量,计算脾脏指数;然后在空肠和十二指肠中部各取 1 份 5 g 左右的样品,生理盐水冲洗内容物后,置于冻存管中-80 ℃ 液氮保存。

1.3.7 肌肉抗氧化酶活性和丙二醛含量

剖开背部将背最长肌表面清除干净,取 10 g 左右置于 10 mL 离心管中,-20 ℃ 保存。于 4 ℃ 分别放置 24 和 48 h 后,37 ℃ 水浴解冻,取适量在冰浴条件下用组织匀浆机将其制成 10% 的匀浆,4 000 r/min 离心后,取上清待测。采用黄嘌呤氧化酶法(羟胺法)测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,采用化学比色法测定谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性和丙二醛(MDA)含量。SOD(A001)、GSH-Px(A005)和 MDA(A003)试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.3.8 组织 RNA 提取及抗氧化相关基因的 mRNA 相对表达量

根据 GenBank 已报道的猪的甘油醛-3-磷酸脱氢酶(GAPDH)、谷胱甘肽过氧化物酶 4(GPx4)和 p38 丝裂原激活蛋白激酶(p38MAPK)基因序列,用 Primer 6.0 软件进行引物设计,由华大基因合成,引物序列见表 2。

表 2 引物序列

Table 2 Primer sequences

基因 Genes	登录号 Accession No.	引物序列 Primer sequences (5'-3')	产物长度 Production length/bp
甘油醛-3-磷酸脱氢酶 <i>GAPDH</i>	NM_001206359.1	F: TTCCTGGGTATGGAATCCTG R: CACCTTCACCGTTCCAGTTT	149
谷胱甘肽过氧化物酶 4 <i>GPx4</i>	NC_010444.3	F: AGCCCAACTTCATGCTCTTC R: CATTGCGACACACTGGAGAC	159
p38 丝裂原激活蛋白激酶 <i>p38MAPK</i>	XM_001929490.1	F: CTTACGGATGACCCACGTTTCAGT R: GCTCACAGTCTTCATTCACAGC	127

取出-80 ℃ 保存的空肠和十二指肠样品 50~100 mg,按照 Trizol 试剂盒说明书(Invitrogen 公司,美国)提取总 RNA,利用紫外分光光度计检测 RNA 的质量和浓度,结果显示 OD 值均在 1.8~2.0。检测后的总 RNA 立即进行反转录。反转录按照 PrimeScript® RT Master Mix Perfect Real Time 试剂盒说明书进行操作。荧光定量 PCR 的反应体系为 20 μL,其扩增条件均为 95 ℃ 预变性 30 s,95 ℃ 变性 5 s,60 ℃ 退火延伸 34 s,95 ℃ 15 s,60 ℃ 60 s,40 个循环,60 ℃ 检测荧光信号。每个样品做 3 个重复。荧光定量 PCR 检测结果用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法进行数据处理,分析空肠和十二指肠 *GPx4* 和 *p38MAPK* 的 mRNA 相对表达量。

1.4 数据统计

试验数据使用 SAS 9.3 软件进行统计。仔猪品种和饲料添加剂间差异采用双因素方差分析进行统计分析,各平均值之间用 Duncan 氏法进行多重比较。试验数据用平均值和 SEM 表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪生长性能的影响

由表 3 可知,与对照组相比,IVE、ELE 和 CHL 组 DLY 和 LCB 断奶仔猪的 ADG 均显著增加($P < 0.05$),IVE、ELE 和 CHL 组 LCB 断奶仔猪的 F/G 显著降低($P < 0.05$)。DLY 断奶仔猪的 ADG 显著

高于 LCB 断奶仔猪 ($P<0.05$), 而 ADFI 和 F/G 显著低于 LCB 断奶仔猪 ($P<0.05$)。仔猪品种与饲

料添加剂的交互作用对断奶仔猪的 ADG、ADFI 和 F/G 均有显著影响 ($P<0.05$)。

表 3 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪生长性能的影响

Table 3 Effects of IVE and ELE on growth performance of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	平均日增重 ADG/(kg/d)	平均日采食量 ADFI/(kg/d)	料重比 F/G
杜×长×大 DLY			
对照 Control	0.52 ^b	1.11	2.13
八角提取物 IVE	0.59 ^a	1.17	1.98
杜仲叶提取物 ELE	0.58 ^a	1.23	2.12
金霉素 CHL	0.58 ^a	1.15	1.98
本土里岔黑 LCB			
对照 Control	0.46 ^b	1.32	2.87 ^a
八角提取物 IVE	0.50 ^a	1.31	2.62 ^b
杜仲叶提取物 ELE	0.52 ^a	1.32	2.54 ^b
金霉素 CHL	0.52 ^a	1.30	2.50 ^b
SEM	0.012	0.011	0.022
主效应 Main effects			
杜×长×大 DLY	0.57 ^a	1.17 ^b	2.05 ^b
本土里岔黑 LCB	0.50 ^b	1.31 ^a	2.63 ^a
P 值 P-value			
杜×长×大 DLY	0.041	0.101	0.087
本土里岔黑 LCB	0.033	0.087	0.007
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	<0.001	<0.001	<0.001
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds×dietary additive	0.016	0.038	<0.001

同列数据肩标相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下表同。

In the same column, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 4 可知, 与对照组相比, IVE 组 DLY 和 LCB 断奶仔猪的血清总蛋白含量显著增加 ($P<0.05$), IVE 和 ELE 组 DLY 和 LCB 断奶仔猪的血清尿素氮含量显著降低 ($P<0.05$), ELE 组 LCB 断奶仔猪的血清 HDL 含量显著增加 ($P<0.05$), 血清 LDL 含量则显著降低 ($P<0.05$)。LCB 断奶仔猪的血清尿素氮和 LDL 含量显著高于 DLY 断奶仔猪 ($P<0.05$), 而血清 HDL 含量显著低于 DLY 断奶仔猪 ($P<0.05$)。仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪的血清生化指标均无显著影响 ($P>0.05$)。

2.3 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪血常规参数的影响

由表 5 可知, 饲料中添加 IVE 和 ELE 对 DLY

和 LCB 断奶仔猪的红细胞计数、白细胞计数、血小板计数、血红蛋白浓度和淋巴细胞百分率均无显著影响 ($P>0.05$)。仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪的血常规参数无显著影响 ($P>0.05$)。

2.4 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪脾脏指数、外周血淋巴细胞增殖率和血清免疫球蛋白含量的影响

由表 6 可知, 与对照组相比, ELE 组 DLY 断奶仔猪的外周血淋巴细胞增殖率、血清 IgA 和 IgG 含量显著增加 ($P<0.05$), LCB 断奶仔猪的外周淋巴细胞增殖率和血清 IgA 含量显著增加 ($P<0.05$); CHL 组 LCB 断奶仔猪的血清 IgM 含量显著降低 ($P<0.05$)。DLY 断奶仔猪的脾脏指数、血清 IgM 和 IgG 含量均显著低于 LCB 断奶仔猪 ($P<0.05$)。仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪的血清 IgM 含量有显著影响 ($P<0.05$)。

表 4 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 4 Effects of IVE and ELE on serum biochemical indexes of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	总蛋白 Total protein/ (g/L)	尿素氮 Urea nitrogen/ (mmol/L)	甘油三酯 Triglyceride/ (mmol/L)	胆固醇 Cholesterol/ (mmol/L)	高密度脂蛋白 HDL/ (mmol/L)	低密度脂蛋白 LDL/ (mmol/L)
杜×长×大 DLY						
对照 Control	37.41 ^b	3.45 ^a	0.03	1.12	0.44	0.65
八角提取物 IVE	42.03 ^a	2.74 ^b	0.04	1.27	0.48	0.67
杜仲叶提取物 ELE	41.30 ^{ab}	2.88 ^b	0.04	1.30	0.45	0.65
金霉素 CHL	38.83 ^b	2.97 ^b	0.04	1.24	0.49	0.64
本土里岔黑 LCB						
对照 Control	34.11 ^b	3.83 ^a	0.03	1.21	0.20 ^b	0.80 ^a
八角提取物 IVE	44.53 ^a	3.12 ^b	0.04	1.24	0.36 ^{ab}	0.73 ^{ab}
杜仲叶提取物 ELE	41.98 ^{ab}	3.33 ^b	0.04	1.23	0.43 ^a	0.51 ^b
金霉素 CHL	39.94 ^{ab}	3.50 ^{ab}	0.03	1.22	0.28 ^b	0.73 ^{ab}
SEM	1.200	0.559	0.005	0.085	0.018	0.040
主效应 Main effects						
杜×长×大 DLY	39.89	3.01 ^b	0.04	1.23	0.47 ^a	0.65 ^b
本土里岔黑 LCB	40.14	3.45 ^a	0.04	1.23	0.32 ^b	0.70 ^a
P 值 P-value						
杜×长×大 DLY	0.038	0.027	0.170	0.322	0.221	0.127
本土里岔黑 LCB	0.021	0.045	0.144	0.659	0.039	0.033
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	0.103	0.020	0.101	0.984	0.028	0.049
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds× dietary additive	0.771	0.149	0.559	0.735	0.443	0.256

表 5 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪血常规参数的影响

Table 5 Effects of IVE and ELE on blood routine parameters of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	红细胞计数 RBC/ ($\times 10^{12}$ 个/L)	白细胞计数 WBC/ ($\times 10^9$ 个/L)	血小板计数 PLT/ ($\times 10^9$ 个/L)	淋巴细胞百分数 LYM percentage/%	血红蛋白浓度 HGB/ (g/L)
杜×长×大 DLY					
对照 Control	8.52	14.75	292.50	35.85	142.00
八角提取物 IVE	8.82	13.65	298.50	32.95	148.50
杜仲叶提取物 ELE	8.55	15.75	302.50	36.20	140.00
金霉素 CHL	8.73	13.50	310.00	33.85	145.50
本土里岔黑 LCB					
对照 Control	7.15	14.29	317.00	33.40	127.00
八角提取物 IVE	7.93	15.45	319.00	29.55	123.00
杜仲叶提取物 ELE	7.89	16.81	313.50	31.60	132.00
金霉素 CHL	7.50	15.90	303.50	27.45	124.50
SEM	0.368	0.434	14.61	1.104	1.036
主效应 Main effects					
杜×长×大 DLY	8.66	14.41	300.88	34.71	144.00
本土里岔黑 LCB	7.62	15.61	313.25	30.50	126.63

续表 5

项目 Items	红细胞计数 RBC/ ($\times 10^{12}$ 个/L)	白细胞计数 WBC/ ($\times 10^9$ 个/L)	血小板计数 PLT/ ($\times 10^9$ 个/L)	淋巴细胞百分数 LYM percentage/%	血红蛋白浓度 HGB/ (g/L)
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value					
杜×长×大 DLY	0.200	0.144	0.205	0.155	0.206
本土里岔黑 LCB	0.171	0.212	0.159	0.172	0.135
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	0.201	0.206	0.145	0.433	0.073
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds×dietary additive	0.322	0.278	0.188	0.569	0.210

表 6 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪脾脏指数、外周血淋巴细胞增殖率和血清免疫球蛋白含量的影响

Table 6 Effects of IVE and ELE on spleen index, peripheral blood lymphocyte proliferation rate and serum immunoglobulin contents of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	脾脏指数 Spleen index/ (g/kg)	淋巴细胞增殖率 Lymphocyte proliferation rate/%	免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	免疫球蛋白 G IgG/(g/L)
杜×长×大 DLY					
对照 Control	1.38	38.11 ^b	0.08 ^b	0.76 ^{ab}	4.48 ^b
八角提取物 IVE	1.46	39.62 ^b	0.09 ^{ab}	0.79 ^{ab}	4.74 ^{ab}
杜仲叶提取物 ELE	1.41	42.07 ^a	0.10 ^a	1.06 ^a	5.58 ^a
金霉素 CHL	1.44	40.89 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.66 ^b	4.04 ^b
本土里岔黑 LCB					
对照 Control	1.70	35.79 ^b	0.08 ^b	0.98 ^a	5.28
八角提取物 IVE	1.75	37.04 ^b	0.09 ^{ab}	1.13 ^a	5.43
杜仲叶提取物 ELE	1.82	45.18 ^a	0.11 ^a	1.02 ^a	5.91
金霉素 CHL	1.80	39.28 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.68 ^b	5.16
SEM	0.063	1.174	0.005	0.035	0.046
主效应 Main effects					
杜×长×大 DLY	1.42 ^b	40.17	0.09	0.82 ^b	4.71 ^b
本土里岔黑 LCB	1.77 ^a	39.32	0.09	0.95 ^a	5.45 ^a
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value					
杜×长×大 DLY	0.112	0.031	0.025	0.040	0.015
本土里岔黑 LCB	0.221	0.005	0.021	0.013	0.262
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	0.031	0.279	0.171	0.048	0.006
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds×dietary additive	0.098	0.167	0.260	0.035	0.945

2.5 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪背最长肌抗氧化酶活性和丙二醛含量的影响

由表 7 可知,与对照组相比,IVE 和 ELE 组 DLY 和 LCB 断奶仔猪背最长肌中的 SOD 活性(24 和 48 h)和 LCB 断奶仔猪背最长肌中的 GSH-

Px 活性(24 h)显著增加($P < 0.05$),DLY 断奶仔猪背最长肌中的 MDA 含量(24 和 48 h)显著降低($P < 0.05$);IVE 组 LCB 断奶仔猪背最长肌中的 MDA 含量(24 和 48 h)显著降低($P < 0.05$)。与 IVE 组相比,CHL 组 DLY 和 LCB 断奶仔猪背长

肌中的 GSH-Px 活性(24 和 48 h)显著降低($P < 0.05$)。DLY 断奶仔猪背最长肌中的 GSH-Px 活性(24 h)显著高于 LCB 断奶仔猪($P < 0.05$),而 MDA 含量(48 h)显著低于 LCB 断奶仔猪($P <$

0.05)。仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪背最长肌中的 SOD 和 GSH-Px 活性及 MDA 含量无显著影响($P > 0.05$)。

表 7 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪背最长肌抗氧化酶活性和丙二醛含量的影响

Table 7 Effects of IVE and ELE on antioxidant enzymes activities and MDA content of *longissimus dorsi* muscle of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)		谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)		丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
杜×长×大 DLY						
对照 Control	332.40 ^b	274.77 ^b	270.87	167.18 ^{ab}	16.42 ^a	27.98 ^a
八角提取物 IVE	397.64 ^a	293.34 ^a	280.01	186.41 ^a	11.09 ^b	19.36 ^b
杜仲叶提取物 ELE	388.77 ^a	284.94 ^a	295.66	175.94 ^{ab}	13.63 ^b	17.19 ^b
金霉素 CHL	355.19 ^b	274.77 ^b	283.92	157.88 ^b	19.01 ^a	29.99 ^a
本土里岔黑 LCB						
对照 Control	310.64 ^b	266.67 ^b	255.04 ^b	170.53 ^{ab}	18.93 ^a	28.99 ^a
八角提取物 IVE	405.41 ^a	305.94 ^a	291.63 ^a	188.23 ^a	14.45 ^b	22.39 ^b
杜仲叶提取物 ELE	393.96 ^a	295.88 ^a	281.42 ^a	183.91 ^a	16.08 ^a	25.09 ^a
金霉素 CHL	344.61 ^b	278.70 ^b	255.25 ^b	165.78 ^b	17.62 ^a	27.07 ^a
SEM	1.651	1.356	2.132	1.188	0.163	0.100
主效应 Main effects						
杜×长×大 DLY	368.50	281.96	282.62 ^a	171.85	15.04	23.63 ^b
本土里岔黑 LCB	363.66	286.80	270.84 ^b	177.11	16.77	25.89 ^a
P 值 P-value						
杜×长×大 DLY	0.035	0.048	0.122	0.032	0.037	0.014
本土里岔黑 LCB	0.038	0.019	0.046	0.042	0.021	0.027
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	0.218	0.073	0.009	0.335	0.260	0.012
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds×dietary additive	0.422	0.251	0.102	0.095	0.702	0.279

2.6 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪十二指肠和空肠抗氧化相关基因 mRNA 相对表达量的影响

由表 8 可知,与对照组相比,IVE 和 ELE 组 DLY 断奶仔猪十二指肠和空肠中 *GPx4* 和 *p38MAPK* 的 mRNA 相对表达量和 LCB 十二指肠中 *GPx4* 的 mRNA 相对表达量显著增加($P < 0.05$)。DLY 断奶仔猪十二指肠和空肠中 *GPx4* 的 mRNA 相对表达量显著高于 LCB 断奶仔猪($P < 0.05$)。仔猪品种与饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪十二指肠和空肠 *GPx4* 和 *p38MAPK* 的 mRNA 相对表达量无显著影响($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪生长性能的影响

近年来,植物提取物作为生长促进剂引起学者的关注,但其对动物生长性能的影响存在争议。本课题组前期研究证实八角粉对仔猪^[5]、八角粉和八角油对肉鸡^[6]和产蛋鸡^[7]的有利作用;但研究认为杜仲叶粉降低生长和肥育猪的 ADG 和 ADFI^[8],21 日龄敌草快诱导仔猪饲料中添加 100 mg/kg 杜仲黄酮对 ADG 无显著影响,ADFI 有升高趋势^[9]。以上结果表明,植物提取物对动物

生长性能的影响与植物种类、加工方法、活性成分纯度和添加剂量有关。本研究表明 IVE 和 ELE 能

够促进 DLY 和 LCB 断奶仔猪的生长性能,但其机制需要进一步验证。

表 8 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪十二指肠和空肠抗氧化相关基因 mRNA 相对表达量的影响

Table 8 Effects of IVE and ELE on mRNA relative expression levels of antioxidant-related genes of duodenum and jejunum of DLY and LCB weaned piglets

项目 Items	十二指肠 Duodenum		空肠 Jejunum	
	谷胱甘肽 过氧化物酶 4 <i>GPx4</i>	p38 丝裂原激活 蛋白激酶 <i>p38MAPK</i>	谷胱甘肽 过氧化物酶 4 <i>GPx4</i>	p38 丝裂原激活 蛋白激酶 <i>p38MAPK</i>
	杜×长×大 DLY			
对照 Control	1.00 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b
八角提取物 IVE	2.35 ^a	1.29 ^a	1.95 ^a	1.39 ^a
杜仲叶提取物 ELE	2.39 ^a	1.36 ^a	2.33 ^a	1.30 ^a
金霉素 CHL	1.52 ^b	0.93 ^b	1.02 ^b	1.03 ^b
本土里岔黑 LCB				
对照 Control	1.00 ^c	1.00	1.00	1.00
八角提取物 IVE	2.15 ^a	1.07	1.15	1.09
杜仲叶提取物 ELE	1.63 ^b	1.15	1.23	1.11
金霉素 CHL	1.44 ^b	0.88	1.22	0.99
SEM	0.137	0.125	0.156	0.094
主效应 Main effects				
杜×长×大 DLY	1.82 ^a	1.15	1.58 ^a	1.18
本土里岔黑 LCB	1.56 ^b	1.03	1.15 ^b	1.05
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value				
杜×长×大 DLY	0.011	0.039	0.023	0.044
本土里岔黑 LCB	0.008	0.201	0.309	0.277
杜×长×大×本土里岔黑 DLY×LCB	0.036	0.132	0.032	0.103
仔猪品种×饲料添加剂 Piglets breeds× dietary additive	0.107	0.103	0.123	0.102

3.2 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪血清生化指标的影响

血清总蛋白是血清中含量最多的成分,其含量的高低与动物机体蛋白质代谢密切相关^[10],饲料蛋白质消化吸收良好血清总蛋白含量升高。尿素氮是蛋白质分解代谢的产物,其含量的高低反映了饲料蛋白质利用率的高低,饲料蛋白质利用率越高,体内氨基酸利用率越高,血清尿素氮含量越低^[11]。研究表明,肉鸡饲料中添加百里香和八角茴香精油可显著提高饲料利用率^[12-13]。丁晓等^[14]研究表明,饲料中添加 IVE 精油可显著提高肉鸡对部分氨基酸的利用率。王建辉等^[15]研究表明,饲料中添加 ELE 能显著降低生长育肥猪的血

清尿素氮含量。本试验中,与对照组相比,IVE 组断奶仔猪的血清总蛋白含量显著增加,IVE 和 ELE 组的血清尿素氮含量显著降低,说明饲料中添加 IVE 和 ELE 可提高断奶仔猪血清总蛋白含量,降低血清尿素氮含量,原因可能是 IVE 茴香精油和 ELE 京尼平可以刺激肝脏分泌胆汁,促进消化酶活性和胃液分泌,刺激胃肠蠕动^[5,16-17],加强对饲料蛋白质的消化,氨基酸利用率提高,机体蛋白质合成代谢旺盛,进而引起总蛋白含量升高和尿素氮含量降低。此外,LCB 断奶仔猪的血清尿素氮含量显著高于 DLY 断奶仔猪,说明 DLY 断奶仔猪的蛋白质代谢能力比 LCB 断奶仔猪要强,原因之一可能是 LCB 断奶仔猪的粗蛋白质表观消

化率低于 DLY 断奶仔猪^[18]。

3.3 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪脾脏指数、外周血淋巴细胞增殖率和血清免疫球蛋白含量的影响

外周血淋巴细胞增殖率是反映机体细胞免疫功能的重要手段之一^[19]。研究表明,饲料中添加 1 500 mg/kg 的杜仲素可显著提高贵妃鸡的外周血淋巴细胞转化率,增强淋巴细胞的免疫应答^[20]。本试验中,与对照组相比,ELE 组断奶仔猪的外周血淋巴细胞增殖率显著增加,与 CHL 组相比也有增加趋势。

免疫球蛋白是机体对抗原物质产生免疫应答的重要产物,具有各种免疫功能^[21]。研究表明,ELE 绿原酸能增加小鼠体内 IgG 含量,并促进肠系膜淋巴结产生白细胞介素-4(IL-4)^[22],饲料中添加 200 mg/kg ELE 可显著提高肉兔的血清 IgA 含量^[23]。Lin 等^[24]研究也表明,ELE 绿原酸能显著提高小鼠血清 IgG 含量,增加 IgG 抗体形成细胞数量。本试验中,饲料中添加 ELE 显著提高断奶仔猪的血清 IgA 和 IgM 含量,且 LCB 断奶仔猪的血清 IgM 和 IgG 含量显著高于 DLY 断奶仔猪,说明 LCB 断奶仔猪的体液免疫水平高于 DLY 断奶仔猪,提示 LCB 断奶仔猪具有更强的免疫力和抗病力。仔猪品种和饲料添加剂的交互作用对断奶仔猪的血清 IgM 含量有显著影响,说明饲料中添加 ELE 可提高断奶仔猪的机体免疫力,原因可能是 ELE 绿原酸可以促进 IL-4 的合成,有利于淋巴细胞的增殖分化^[22];地黄普内酯有促进 T 淋巴细胞增殖分化的功能,可以增强细胞免疫^[25];且杜仲叶也可促进免疫器官的发育,提高机体的免疫应答,促进免疫球蛋白的合成和分泌,增强机体免疫力。

研究表明,饲料中添加八角和百里香混合精油对肉鸡的脾脏指数无显著影响^[12];丁晓等^[26]研究发现,饲料中添加八角油对肉鸡的脾脏指数有显著影响。本试验中,饲料中添加 IVE 和 ELE 对断奶仔猪的脾脏指数无显著影响,但 DLY 断奶仔猪的脾脏指数显著低于 LCB 断奶仔猪,这可能是猪的品种对脾脏指数有一定程度的影响,其相关作用机理仍需进一步研究。

3.4 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪背最长肌抗氧化酶活性和丙二醛含量的影响

研究表明,饲料中添加杜仲素可提高断奶仔

猪的血清 GSH-Px 活性,降低血清 MDA 含量,提高机体的抗氧化能力^[27]。饲料中添加 3%或 4%杜仲叶粉代替部分次粉可提高育肥猪肝脏中的 GSH-Px 活性,降低肝脏 MDA 含量^[28]。泌乳期和妊娠后期母猪饲料中添加八角可不同程度提高血清和乳的 SOD 和 GSH-Px 活性,降低 MDA 含量,提高母猪的抗氧化能力^[29]。本试验中,IVE 和 ELE 可提高断奶仔猪背长肌中的 SOD 和 GSH-Px 活性,降低 MDA 含量,且其对 DLY 断奶仔猪的作用效果优于 LCB 断奶仔猪,说明断奶仔猪饲料中添加 IVE 和 ELE 可提高抗氧化酶活性,提高机体的抗氧化能力,并且对 DLY 断奶仔猪有更好的促进作用。推测可能是由于八角茴香精油中的主要成分酚类和黄酮类化合物以及 ELE 中的绿原酸和黄酮类等多种化学成分具有抗氧化作用,能提供氢离子与体内的过氧化产物发生反应,分解和清除机体自由基,提高抗氧化酶活性,保护机体的正常代谢功能^[30-32]。

3.5 IVE 和 ELE 对 DLY 和 LCB 断奶仔猪十二指肠和空肠抗氧化相关基因 mRNA 相对表达量的影响

GPx4 由 Ursini 等在 1982 年首次从猪肝脏中分离纯化得到^[33],具有清除体内过氧化物、保护生物膜及抗氧化作用^[34]。Gatellier 等^[35]研究表明,GPx4 既可以分解过氧化氢,也可以分解过氧化脂质。陈伟^[36]研究表明,猪 GPx4 的 mRNA 表达量越高,GPx4 酶活性就越高。本试验中,IVE 和 ELE 组断奶仔猪十二指肠和空肠中 GPx4 的 mRNA 相对表达量高于对照组和 CHL 组,说明 IVE 和 ELE 对 GPx4 酶活性有促进作用。与 IVE 和 ELE 可提高机体抗氧化酶活性,从而提高机体抗氧化能力的研究结果相一致。

p38MAPK 于 1993 年由 Brewster 等^[37]首次发现,于 1994 年由 Han 等^[38]用高渗环境和内毒素刺激小鼠肝脏分离纯化得到。p38MAPK 传导通路参与细胞生长、分化、凋亡、应激反应等多种细胞过程的调节^[39]。研究发现,氧化应激与 p38MAPK 信号通路激活密切相关^[40]。本试验中,IVE 和 ELE 组断奶仔猪十二指肠和空肠中 p38MAPK 的 mRNA 相对表达量高于 CHL 组和对照组,说明饲料中添加 IVE 和 ELE 可提高机体的抗氧化能力。且 DLY 断奶仔猪十二指肠和空肠中 GPx4 和 p38MAPK 的 mRNA 相对表达量高于 LCB 断奶仔

猪,提示猪的品种对 *GPx4* 和 *p38MAPK* 的 mRNA 表达有一定影响,与陈伟^[36]的研究一致。

4 结 论

① IVE 和 ELE 提高 DLY 和 LCB 断奶仔猪的生长性能及背最长肌、十二指肠和空肠的抗氧化能力。

② ELE 提高 DLY 和 LCB 断奶仔猪的免疫功能,调节脂代谢。

③ LCB 断奶仔猪的自身免疫水平高于 DLY 断奶仔猪,而生产性能、背长肌、十二指肠和空肠的抗氧化性能以及蛋白质代谢能力不如 DLY 断奶仔猪。

参考文献:

[1] 张辉,杨治风.早期断奶仔猪腹泻发生原因及预防措施[J].中国畜禽种业,2018,14(12):95.

[2] 周璐丽,王定发,何德林,等.植物提取物在养殖业中的应用研究进展[J].热带农业科学,2018,38(2):102-106.

[3] XIE G P,JIANG N,WANG S N,et al.*Eucommia ulmoides Oliv.*bark aqueous extract inhibits osteoarthritis in a rat model of osteoarthritis[J].Journal of Ethnopharmacology,2015,162:148-154.

[4] ERTAS O N,GÜLER T,ÇİFTÇİ M,et al.The effect of an essential oil mix derived from oregano, clove and anise on broiler performance [J]. International Journal of Poultry Science,2005,4(11):879-884.

[5] WANG G Y,YANG C W,YANG Z B,et al.Effects of dietary star anise (*Illicium verum* Hook f) supplementation during gestation and lactation on the performance of lactating multiparous sows and nursing piglets [J]. Animal Science Journal, 2015, 86 (4) : 401-407.

[6] DING X,YANG C W,YANG Z B.Effects of star anise (*Illicium verum* Hook f.), essential oil, and leavings on growth performance, serum, and liver antioxidant status of broiler chickens [J]. The Journal of Applied Poultry Research,2017,26(4):459-466.

[7] YU C Y,WEI J D,YANG C W,et al.Effects of star anise (*Illicium verum* Hook f.) essential oil on laying performance and antioxidant status of laying hens [J]. Poultry Science,2018,97(11):3957-3966.

[8] LEE S D,KIM H Y,SONG Y M,et al.The effect of *Eucommia ulmoides* leaf supplementation on the growth performance, blood and meat quality parame-

ters in growing and finishing pigs [J]. Animal Science Journal,2008,80(1):41-45.

[9] YUAN D X,HUSSAIN T,TAN B,et al.The evaluation of antioxidant and anti-inflammatory effects of eucommia ulmoides flavones using diquat-challenged piglet models [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity,2017,2017:8140962.

[10] 倪良振,姜建阳,韩先杰,等.日粮氨基酸浓度对鲁农 2 号配套系断奶仔猪氮平衡和血液指标的影响 [J]. 饲料工业,2011,32(19):33-36.

[11] COMA J D,CARRION D,ZIMMERMAN D R.Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs [J]. Journal of Animal Science,1995,73(2):472-481.

[12] AMAD A A,MÄNNER K,WENDLER K R,et al.Effects of a phytogetic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens [J]. Poultry Science,2011,90(12):2811-2816.

[13] CHO J H,KIM H J,KIM I H.Effects of phytogetic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers [J]. Livestock Science,2014,160:82-88.

[14] 丁晓,任小杰,杨在宾,等.八角、精油及残渣对肉鸡氨基酸利用率的影响 [J]. 饲料工业,2018,39(21):48-51.

[15] 王建辉,贺建华,易宣,等.杜仲提取物对猪生长性能及血液指标的影响 [J]. 饲料研究,2007(2):1-4.

[16] 周雪梅,杨崇武,宋振帅,等.八角抑制霉菌作用和改善猪生产性能研究进展 [J]. 猪业科学,2017,34(3):92-93.

[17] 黄姝琴,李周权,徐峰,等.杜仲叶在动物营养中的应用 [J]. 四川畜牧兽医,2010,37(3):33-35.

[18] 陈鹏,杨在宾,张庆,等.里岔黑猪与“杜长大”三元猪生长性能和免疫性能的对比研究 [J]. 猪业科学,2017,34(1):131-133.

[19] 陈春.牛膝多糖体外对猪外周血淋巴细胞增殖的研究 [J]. 畜牧兽医科技信息,2016(1):12-14.

[20] 陈绍红,高志杰,刘艳芬,等.杜仲素对贵妃鸡生产性能和免疫功能的影响 [J]. 中国畜牧兽医,2009,36(4):25-27.

[21] 刘玮,韩海霞,曹顶国,等. α -多肽菌素对科宝 500 肉鸡生产性能、免疫指标、血清生化指标和抗氧化性能的影响 [J]. 中国家禽,2018,40(4):29-35.

[22] GONG J,LIU F T,CHEN S S.Polyphenolic antioxi-

- dants enhance IgE production [J]. *Immunological Investigations*, 2004, 33(3): 295-307.
- [23] 李燕舞,姜八一,刘建胜,等.杜仲叶提取物对肉兔生长性能及血清生化、免疫与抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(2): 824-830.
- [24] LIN M H, GONG W, CHEN Q, et al. Evaluation of the potential sensitization of chlorogenic acid: a meta-analysis [J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 2013: 208467.
- [25] 赵帅,段明房,胡红伟,等.杜仲叶的功能及在养殖动物中的应用[J]. *饲料博览*, 2017(3): 27-30.
- [26] 丁晓,杨在宾,任小杰.饲用抗生素替代品对肉鸡生产性能、抗氧化性能、免疫性能和肠道菌群的影响[J]. *中国家禽*, 2018, 40(10): 21-26.
- [27] 陈敬佳.杜仲素对断奶仔猪生产性能、免疫功能和抗氧化功能的影响[D]. 硕士学位论文.福州:福建农林大学, 2017.
- [28] 石海仁,滚双宝,张生伟,等.杜仲叶对育肥猪生长性能、胴体性状、抗氧化能力及肠道菌群的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(1): 350-359.
- [29] 王功赢.八角对母猪及哺乳仔猪生产性能、抗氧化能力和血清生化指标的影响[D]. 硕士学位论文.泰安:山东农业大学, 2014.
- [30] LIU H W, LI K, ZHAO J S, et al. Effects of polyphenolic extract from *Eucommia ulmoides* Oliver leaf on growth performance, digestibility, rumen fermentation and antioxidant status of fattening lambs [J]. *Animal Science Journal*, 2018, 89(6): 888-894.
- [31] WANG G W, HU W T, HUANG B K, et al. *Illicium verum*: a review on its botany, traditional use, chemistry and pharmacology [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 136(1): 10-20.
- [32] GÜLÇİN İ, OKTAY M, KIREÇCI E, et al. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts [J]. *Food Chemistry*, 2003, 83(3): 371-382.
- [33] URSINI F, MAIORINO M, VALENTE M, et al. Purification from pig liver of a protein which protects liposomes and biomembranes from peroxidative degradation and exhibits glutathione peroxidase activity on phosphatidylcholine hydroperoxides [J]. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 1982, 710(2): 197-211.
- [34] 方允中,郑荣果,沈文梅.自由基生命科学进展[M].北京:原子能出版社, 1998: 71-119.
- [35] GATELLIER P, MERCIER Y, RENERRE M. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat [J]. *Meat Science*, 2004, 67(3): 385-394.
- [36] 陈伟.猪 *GPx4* 基因表达差异与骨骼肌抗氧化性能的研究[D]. 硕士学位论文.泰安:山东农业大学, 2011.
- [37] BREWSTER J, DE VALOIR T, DWYER N D, et al. An osmosensing signal transduction pathway in yeast [J]. *Science*, 1993, 259(5102): 1760-1763.
- [38] HAN J, LEE J D, BIBBS L, et al. A MAP kinase targeted by endotoxin and hyperosmolarity in mammalian cells [J]. *Science*, 1994, 265(5173): 808-811.
- [39] 张琳,姜勇.p38 丝裂原活化蛋白激酶在不同细胞内定位的研究[J]. *生物物理学报*, 2000, 16(3): 481-488.
- [40] 张昊,陈芳,申杰.p38MAPK 信号通路及其与动物氧化应激反应关系的研究进展[J]. *湖北畜牧兽医*, 2015, 36(7): 13, 15.

Effects of *Illicium verum* and *Eucommia ulmoides* Leaves Extracts on Immune Function and Antioxidant Capacity of Duroc×Landrace×Yorkshire and Chinese Native *Licha*-Black Weaned Piglets

WANG Xin CHEN Peng YANG Lijie YANG Zaibin YANG Weiren
LIU Faxiao JIANG Shuzhen*

(Shandong Provincial Key Laboratory of Animal Biotechnology and Disease Control and Prevention, College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of *Illicium verum* extracts (IVE) and *Eucommia ulmoides* leaves extracts (ELE) on immune function and antioxidant capacity of Duroc×Landrace×Yorkshire (DLY) and Chinese native *Licha*-black (LCB) weaned piglets. Forty-eight healthy DLY and 48 healthy LCB weaned piglets with similar body weight of (11.22±0.32) kg were randomly divided into 4 groups with 3 replicates per group and 8 piglets (4 DLY and 4 LCB piglets) per replicate. Piglets in control group were fed a basal diet, and the others in experimental groups were fed basal diets supplemented with 500 mg/kg IVE, 250 mg/kg ELE and 50 mg/kg chlortetracycline (CHL), respectively. The trial period lasted for 42 days after 7 days adaptation. The results showed as follows: 1) compared with control group, average daily gain (ADG), superoxide dismutase (SOD) activity (24 and 48 h) of *longissimus dorsi* muscle and mRNA relative expression level of glutathione peroxidase 4 (*GPx4*) of duodenum of DLY and LCB weaned piglets in IVE and ELE groups were significantly increased ($P<0.05$), but urea nitrogen content in serum in IVE and ELE groups was significantly decreased ($P<0.05$). 2) Compared with control group, total protein content in serum of DLY and LCB weaned piglets in IVE group was significantly increased ($P<0.05$), and peripheral blood lymphocyte proliferation rate and immunoglobulin A (IgA) content in serum of DLY and LCB weaned piglets in ELE group were significantly increased ($P<0.05$). 3) Average daily feed intake (ADFI), the ratio of feed to gain (F/G), spleen index, and serum urea nitrogen, low density lipoprotein (LDL), immunoglobulin M (IgM), immunoglobulin G (IgG) and malondialdehyde (MDA) (48 h) contents of LCB weaned piglets were significantly higher than those of DLY weaned piglet ($P<0.05$), while ADG, serum high density lipoprotein (HDL) content, glutathione peroxidase (GSH-Px) activity (24 h) of *longissimus dorsi* muscle and mRNA relative expression level of *GPx4* of duodenum and jejunum were significantly lower than those of DLY weaned piglet ($P<0.05$). 4) The interaction between piglets breeds and dietary additive had significant effects on ADG, ADFI, F/G and IgM contents in serum of weaned piglets ($P<0.05$). In conclusion, dietary IVE and ELE can increase antioxidant capacity and immune function of weaned piglets. The antioxidant and immune effects of IVE and ELE on DLY and LCB weaned piglets are different, self-immunity of LCB weaned piglets is better than that of DLY weaned piglets, while growth performance and antioxidant capacity of *longissimus dorsi* muscle, duodenum and jejunum are the opposite. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31 (10): 4717-4728]

Key words: *Illicium verum* extracts; *Eucommia ulmoides* leaves extracts; weaned piglets; immune function; antioxidant capacity