

饲料中添加杜仲叶对断奶仔猪生长性能、抗氧化力和免疫功能的影响

彭密军^{1*}, 张命龙¹, 王志宏¹, 彭胜², 杨秋玲¹, 段叶辉³, 李凤娜^{3,4}

¹广东省测试分析研究所 广东省化学危害应急检测技术重点实验室, 广州 510070;

²吉首大学 林产化工工程湖南省重点实验室, 张家界 427000;

³中国科学院亚热带农业生态研究所, 畜禽养殖污染控制与资源化技术国家工程实验室, 中国科学院亚热带 农业生态过程重点实验室, 长沙 410125; ⁴湖南畜禽安全生产协同创新中心, 长沙 410128

摘要:在断奶仔猪饲料中添加不同形式的杜仲叶, 研究其对仔猪生长性能、腹泻率、抗氧化力及免疫功能的影响, 以评估它们在养殖初期替代抗生素的能力。将断奶仔猪(杜×长×大)随机分成对照组、抗生素组(75 mg/kg 金霉素)和三个杜仲叶组(杜仲叶提取物、发酵杜仲叶、杜仲叶干粉), 每组 10 头, 进行 28 天养殖试验。结果表明: 与对照相比, 杜仲叶提取物组仔猪平均日增重(ADG)显著提高并降低料重比(F/G)($P < 0.05$); 与抗生素组相比, 杜仲叶提取物组和杜仲叶发酵组 ADG 和 F/G 均无显著差异($P > 0.05$); 各组之间平均日采食量(ADFI)差异不显著($P > 0.05$)。与对照组相比, 抗生素组和杜仲叶提取物组仔猪腹泻率显著降低($P < 0.05$)。与对照组相比, 抗生素组和三种杜仲叶组均降低仔猪血液丙二醛含量和提高总抗氧化力($P < 0.01$), 而抗生素组、杜仲叶提取物组和杜仲叶发酵组还显著提高血液免疫球蛋白 IgM 含量($P < 0.01$), 且表现出提高血液 IgG 含量的趋势($P = 0.06$)。与其他各组相比, 杜仲叶提取物组可显著提高肝脏指数($P < 0.05$); 肝脏重量、脾脏重量和脾脏指数在各组之间无显著差异($P > 0.05$)。饲料中添加杜仲叶提取物可改善断奶仔猪的生长性能, 降低腹泻率, 提高仔猪抗氧化力和免疫功能, 其效果优于发酵杜仲叶和杜仲叶干粉, 并具备一定的抗生素替代潜力。

关键词:杜仲叶提取物; 断奶仔猪; 抗生素; 生长性能; 腹泻率; 抗氧化力; 免疫功能

中图分类号: R961

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019)4-0675-07

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.4.019

Effects of dietary addition of *Eucommia* leaves for antibiotic on growth performance, blood biochemical parameters and immune organs of weaning piglets

PENG Mi-jun^{1*}, ZHANG Ming-long¹, WANG Zhi-hong¹, PENG Sheng²,
YANG Qiu-ling¹, DUAN Ye-hui³, LI Feng-na^{3,4}

¹Guangdong Provincial Public Laboratory of Analysis and Testing Technology,
Guangdong Institute of Analysis Guangzhou 510070, China;

²Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China;

³Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, National Engineering Laboratory for Pollution Control and Waste Utilization in Livestock and Poultry Production, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; ⁴Hunan Collaborative Innovation Center for Products Safety of Livestock and Poultry, CICAPS, Changsha 410128, China

Abstract: In order to assess their ability to replace antibiotics in the early stages of culture, this experiment was conducted to investigate the effects of dietary addition of different *Eucommia* leaves on growth performance, diarrhea rate, blood biochemical

收稿日期: 2018-09-30 接受日期: 2019-03-16

基金项目: 广东省科学院发展专项(2019GDASYL-0502003); 国家自然科学基金(31660181); 湖南省教育厅重点项目(16A175)

* 通信作者 Tel: 86-760-89969692; E-mail: pengmj163@163.com

parameters and immune organs of weaning piglets. Fifty crossbred piglets (Duroc × Landrace × Large white) were randomly allocated to five groups (10 replicates per group): control group, antibiotic group (75 mg/kg chlortetracycline) and the three *Eucommia* leaves groups (*Eucommia* leaves extract, fermented *Eucommia* leaves, or *Eucommia* leaves powder, respectively). The trial lasted for 28 days. The results showed as follows: Compared with the control group, the *Eucommia* leaves extract group increased ADG and decreased F/G of the weaning piglets ($P < 0.05$); compared with the antibiotic group, no significant difference was observed of the ADG and F/G in the *Eucommia* leaves extract group and the fermented *Eucommia* leaves group ($P < 0.05$). Compared to the control, the antibiotic group and the *Eucommia* leaves extract group significantly reduced the diarrhea rate ($P < 0.05$). Compared to the control, all the treatment groups significantly decreased the blood malonaldehyde levels and increased the total antioxidant capacity ($P < 0.01$). The antibiotic group, the *Eucommia* leaves extract group and the fermented *Eucommia* leaves group significantly increased the blood immunoglobulin IgM level ($P < 0.01$) and tended to increase IgG level ($P = 0.06$), and no difference was observed among the three groups. The fermented *Eucommia* leaves group significantly increased the liver index ($P < 0.01$), and the liver weight, spleen weight, and spleen index were not different among all groups ($P > 0.05$). It was concluded that dietary addition of *Eucommia* leaves extract could improve growth performance, decreased diarrhea rate, increased immunity and promoted antioxidant capacity of the weaning piglets, and its effects were better than fermented *Eucommia* leaves and *Eucommia* leaves powder.

Key words: *Eucommia* leaves; weaning piglets; antibiotic; growth performance; diarrhea rate; blood biochemical parameters; immune organs

断奶可造成仔猪心理、饲料、环境等应激,极易引起断奶应激综合征,导致仔猪肠道菌群失调、采食量下降、生长缓慢、腹泻甚至死亡,经济损失因而较大。因此,确保仔猪顺利断奶对提高养殖效益具有重要的意义。抗生素具有显著的抗病、抗应激和促生长效果,在断奶仔猪以及生长肥育猪饲养过程中被广泛应用^[1]。但是,抗生素残留、细菌耐药性增加、长期使用导致畜禽免疫力降低以及引起畜禽二次感染等问题,也引起了人们极大的关注^[2]。因此,寻找抗生素替代品便成为现代养猪生产的一个研究热点。杜仲 (*Eucommia ulmoides*) 是传统中药材,其皮、叶、果、枝条等部位均含有丰富的天然活性物质,是一种多功能的植物^[3]。但中医仅以杜仲树皮入药,据中医药典记载,杜仲树皮具有补肝肾、强筋骨、安胎的功效;并能抗高血压,具有调脂与保护心血管的功能^[4]。现已发现杜仲叶含有与杜仲皮相似的医药活性成分与营养物质,主要包括绿原酸、黄酮类、鞣质、多糖、氨基酸等。其中,杜仲叶中绿原酸的含量丰富,具有较强的抑菌和抗氧化活性^[5]。目前,杜仲除了在医学上得到广泛应用外,近年来在动物养殖业中的研究和应用也呈增加趋势,有关报道已见于猪^[6]、鸡^[7]、鼠^[8]、草鱼^[9]、青鱼^[10]等动物,这些研究表明了杜仲具有提高动物生长性能、改善机体免疫的功能。近年来,用杜仲叶做饲料添加剂,其主要利用形式为杜仲叶干粉或杜仲叶提取物,而发酵杜仲叶的应用鲜见报道,另杜仲叶以何种形式利用效果为最佳尚不清楚,且其能否替代抗生素

应用于断奶仔猪饲料的研究也未见报道。因此,本试验通过在断奶仔猪饲料中添加不同形式的杜仲叶(即杜仲叶提取物、发酵杜仲叶、杜仲叶干粉),研究其替代抗生素对断奶仔猪生长性能、腹泻率、抗氧化力及免疫功能的影响,为杜仲叶在断奶仔猪生产中的科学应用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

杜仲叶提取物和杜仲叶干粉由张家界恒兴生物科技有限公司提供,发酵杜仲由湖南粒丰生物科技有限公司提供。其主要生物活性成分为总黄酮和绿原酸,实测值含量如下:杜仲提取物(总黄酮 14.40%、绿原酸 6.55%),发酵杜仲叶(总黄酮 6.52%、绿原酸 3.01%),杜仲叶干粉(总黄酮 5.67%、绿原酸 2.67%)。

1.2 试验设计及饲料

选用 28 ± 2 日龄,平均体重为 7.22 ± 0.34 kg 的“杜×长×大”断奶仔猪 50 头,随机分为 5 个组,每组 10 个重复,每个重复 1 头猪,单栏饲养。对照组饲喂基础饲料,抗生素组在基础饲料中添加 75 mg/kg 金霉素,杜仲叶组分别在基础饲料中添加 0.5% 杜仲叶提取物、6% 发酵杜仲叶、6% 杜仲叶干粉。基础饲料参照 NRC(2012) 标准配制,其组成及营养水平见表 1。

1.3 饲养管理

本试验在中国科学院亚热带农业生态研究所永安试验基地开展,饲养管理严格按照商业养殖场规

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

原粒 Ingredients	配比 Proportion(%)
玉米 Corn	63.70
豆粕 Soybean meal	19.80
乳清粉 Dried whey	4.30
鱼粉 Fish meal	9.00
大豆油 Soybean oil	0.80
赖氨酸 Lys	0.38
蛋氨酸 Met	0.10
苏氨酸 Thr	0.09
色氨酸 Trp	0.01
CaHPO ₄	0.00
石粉 Limestone	0.52
食盐 Salt	0.30
预混料 Premix ¹	1.00
合计 Total	100.00
营养成分 Nutrient content (%)	
消化能 DE (MJ/kg) ²	14.60
粗蛋白 CP	20.27
赖氨酸 Lys	1.26
(蛋+胱)氨酸 Met + Cys	0.62
苏氨酸 Thr	0.76
色氨酸 Trp	0.20
总钙 Total Ca	0.69
总磷 Total P	0.57

注: ¹) 预混料为每千克饲料提供: 维生素 A, 10800 IU; 维生素 D₃, 4000 IU; 维生素 E, 40 IU; 维生素 K₃, 4 mg; 维生素 B₁, 6 mg; 维生素 B₂, 12 mg; 维生素 B₆, 6 mg; 维生素 B₁₂, 0.05 mg; 生物素, 0.2 mg; 叶酸, 2 mg; 烟酸, 50 mg; D-泛酸, 25 mg; 铜, 150 mg; 铁, 100 mg; 锰, 40 mg; 锌, 100 mg; 碘, 0.5 mg; 硒, 0.3 mg。 ²) 消化能为计算值, 其他营养成分为实测值。

Note: ¹) The premix provided the following per kg of diets: vitamin A, 10800 IU; vitamin D₃, 4000 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K₃, 4 mg; vitamin B₁, 6 mg; vitamin B₂, 12 mg; vitamin B₆, 6 mg; vitamin B₁₂, 0.05 mg; biotin, 0.2 mg; folic acid, 2 mg; niacin, 50 mg; D-calcium pantothenate, 25 mg; Cu (as copper sulfate), 150 mg; Fe (as ferrous sulfate), 100 mg; Mn (as manganese oxide), 40 mg; Zn (as zinc oxide), 100 mg; I (as potassium iodide), 0.5 mg; and Se (as sodium selenite), 0.3 mg. ²) Calculated value for DE, and analyzed values for other nutrients.

范操作, 试验期为 28 天。具体操作如下: 试验前对猪舍进行消毒, 安排专人负责饲养, 自然通风, 预试期 5 天。仔猪自由采食, 每天 8:00 和 16:00 各喂 1 次, 自由饮水。试验期间每日记录耗料量, 认真观察并记录猪只健康状况和外观变化。试验结束时, 猪只禁食(自由饮水)12 h, 称体重并记录。

1.4 测定指标

1.4.1 生长性能的测定

试验全程每天记录每栏仔猪的采食量, 第 1、15、28 天 08:00 对每头仔猪空腹称重, 计算 1~14 天、15~28 天及 1~28 天的平均日采食量(average daily feed intake, ADFI)、平均日增重(average daily gain, ADG)以及料重比(feed / gain, F / G)。

1.4.2 腹泻率

试验期内每天 09:00 和 17:00 分别观察仔猪粪便, 按照 Marquardt 等^[11]的方法对粪便进行评分。0 分: 粪便条形或粒状; 1 分: 软粪、能成形; 2 分: 稠状、不成形、粪水未分离; 3 分: 液状、不成形、粪水分离。当粪便评分为 2 或以上时认为仔猪发生腹泻。根据以下公式计算仔猪的腹泻率:

$$\text{腹泻率} = \frac{\text{试验期内每组仔猪腹泻头数}}{(\text{每组试验猪头数} \times \text{试验天数})} \times 100\%$$

1.4.3 血液生化指标

在试验第 28 天 08:00 开始, 每头仔猪空腹前腔静脉采血 5 mL 于抗凝管中, 采用 CX4 Pro 全自动生化分析仪(Beckman Coulter 公司, 美国)测定血液中总蛋白(TP, 货号: 03183734190)、白蛋白(ALB, 货号: 03183688122)、尿素氮(BUN, 货号: 04460715190)和葡萄糖(GLU, 货号: 04404483190)含量, 所有试剂盒均由德国诊断有限公司生产。

1.4.4 血液抗氧化指标

采用南京建成生物工程研究所有限公司试剂盒测定血液中丙二醛(MDA, 货号: A003-1)、超氧化物歧化酶(SOD, 货号: A001-1-1)、总抗氧化力(T-AOC, 货号: A015-1)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX, 货号: A005)含量。

1.4.5 血液免疫指标

采用武汉华美生物工程有限公司试剂盒测定血液中的免疫球蛋白 A(IgA, 货号: CSB-E13234p)、免疫球蛋白 M(IgM, 货号: CSB-E06805p)和免疫球蛋白 G(IgG, 货号: CSB-E06804p)的含量。

1.4.6 免疫器官的测定

试验结束时, 将所有仔猪电击(250 V, 0.5 A, 5-6 s)后屠宰, 切开腹腔取肝脏和脾脏, 去除结缔组织称取湿重, 并计算其器官指数。

$$\text{器官指数}(\text{g} / \text{kg}) = \frac{\text{器官湿重}}{\text{活体重}}$$

1.5 统计分析

试验数据用 Excel 2013 进行初步处理, 用统计分析软件 SPSS 19.0 对数据进行协方差分析, 以 *P*

<0.05 作为差异显著性判断标准,以 $P < 0.01$ 作为差异极显著性判断标准,试验数据以平均数 \pm 标准误差表示。

2 结果与分析

2.1 饲料中添加不同形式的杜仲叶对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

由表 2 可知,在 1~14 天,饲料中添加抗生素和不同形式的杜仲叶对断奶仔猪的 ADFI、ADG 和 F/G 均无显著影响($P > 0.05$)。在 15~28 天和 1~28

天,与对照组相比,杜仲叶提取物组显著增加 ADG 并降低 F/G($P < 0.05$),且杜仲叶提取物组和杜仲叶发酵组 ADG 和 F/G 与抗生素组相比无显著差异。在 1~28 天,ADFI 未受饲料处理的影响($P > 0.05$)。

与对照组相比,抗生素组显著降低断奶仔猪腹泻率,降低了 45.55%,杜仲叶提取物组也显著降低了仔猪腹泻率,分别降低了 41.88% ($P < 0.05$),杜仲叶发酵组和杜仲叶干粉组与对照组无显著差异。

表 1 杜仲叶对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

Table 2 Effects of *Eucommia* leaves on growth performance and diarrhea rate of weanling piglets

指标 Index	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	杜仲叶提取物组 <i>Eucommia</i> leaves extract group	杜仲叶发酵组 <i>Eucommia</i> leaves fermentation group	杜仲叶干粉组 <i>Eucommia</i> leaves dry powder group	SEM	P 值 P-value
始重 Initial weight/kg	7.23	7.19	7.25	7.19	7.23	0.34	1.00
末重 Terminal weight/kg	15.11 ^b	16.49 ^a	16.37 ^a	15.86 ^{ab}	15.14 ^b	0.35	0.03
日增重 Average daily gain/g							
1-14	196.09	206.25	200.00	192.50	187.25	39.39	0.37
d 15-28	360.42 ^b	418.19 ^a	409.17 ^a	391.67 ^{ab}	382.78 ^b	16.38	0.04
d 1-28	281.53 ^b	333.17 ^a	324.75 ^a	303.83 ^{ab}	282.02 ^b	8.26	0.03
日采食量 Average daily feed/g intake							
d 1-14	434.01	402.98	428.21	409.99	394.18	46.37	0.33
d 15-28	880.10	834.01	820.95	816.04	808.74	80.07	0.80
d 1-28	657.58	652.77	671.78	661.09	604.44	50.01	0.24
料重比 Feed / gain							
d 1-14	2.23	2.08	2.10	2.16	2.17	0.31	0.54
d 15-28	2.43 ^a	1.98 ^b	1.99 ^b	2.14 ^{ab}	2.16 ^{ab}	0.24	0.04
d 1-28	2.34 ^a	2.03 ^b	2.05 ^b	2.15 ^{ab}	2.16 ^{ab}	0.23	0.047
腹泻率 Diarrhea rate/%	5.73 ^a	3.12 ^b	3.33 ^b	4.56 ^{ab}	4.91 ^{ab}	0.55	0.03

注:同行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($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P > 0.01$);下同。

Note: In the same row, values with no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P > 0.01$). The same as below.

2.2 饲料中添加不同形式的杜仲叶对断奶仔猪血液生化指标的影响

由表 3 可知,饲料中添加抗生素和不同形式的杜仲叶对血液 TP、ALB、BUN 和 GLU 含量影响均不显著($P > 0.05$)。

2.3 饲料中添加不同形式的杜仲叶对断奶仔猪血液生化指标的影响

由表 4 可知,与对照组相比,抗生素组、杜仲叶

提取物组、杜仲叶发酵组和杜仲叶干粉组血液中 MDA 含量均极显著降低($P < 0.01$),其中抗生素组和杜仲叶提取物组中 MDA 含量最低,且血液 T-AOC 含量极显著升高($P < 0.01$),其中抗生素组 T-AOC 含量最高。与对照组相比,饲料中添加抗生素、杜仲叶提取物或杜仲叶发酵物极显著升高血液中 GSH-PX 含量($P < 0.01$),且这三组之间差异不显著。饲料中添加抗生素和不同形式的杜仲叶对血

液 SOD 含量无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 3 杜仲叶对断奶仔猪血液生化指标的影响

Table 3 Effects of *Eucommia* leaves on blood biochemical parameters of weaning piglets

指标 Index	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	杜仲叶提取物组 <i>Eucommia</i> leaves extract group	杜仲叶发酵组 <i>Eucommia</i> leaves fermentation group	杜仲叶干粉组 <i>Eucommia</i> leaves dry powder group	SEM	P 值 P-value
总蛋白 TP(g/L)	55.23	51.35	54.30	51.87	54.42	0.61	0.18
白蛋白 ALB(g/L)	29.74	31.70	33.42	33.53	33.40	0.59	0.22
尿素氮 BUN(mmol/L)	3.14	3.22	3.34	3.24	3.15	0.28	0.66
葡萄糖 GLU(mmol/L)	4.63	4.88	5.30	5.10	4.20	0.33	0.33

表 4 杜仲叶对断奶仔猪血液抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of *Eucommia* leaves on blood antioxidant indices of weaning piglets

指标 Index	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	杜仲叶提取物组 <i>Eucommia</i> leaves extract group	杜仲叶发酵组 <i>Eucommia</i> leaves fermentation group	杜仲叶干粉组 <i>Eucommia</i> leaves dry powder group	SEM	P 值 P-value
丙二醛 MDA (nmol/mL)	3.29 ^a	1.26 ^c	1.45 ^c	2.40 ^b	2.78 ^b	0.28	<0.01
超氧化物歧化酶 SOD(U/mL)	39.01	43.43	40.98	39.57	35.01	0.93	0.31
总抗氧化力 T-AOC(U/mL)	0.59 ^d	5.22 ^a	3.22 ^b	2.51 ^{bc}	2.16 ^c	0.31	<0.01
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-PX(mg/L)	550.42 ^b	643.23 ^a	646.51 ^a	631.48 ^a	582.33 ^{ab}	2.63	<0.01

2.4 饲料中添加不同形式的杜仲叶对断奶仔猪血液抗氧化指标的影响

由表 5 可知,与对照组相比,抗生素组、杜仲叶提取物组和发酵杜仲叶组极显著提高血液 IgM 含量 ($P < 0.01$),且这三组之间无显著差异。与对照组

相比,饲料中添加抗生素对断奶仔猪血液中 IgG 含量无显著影响,而杜仲叶提取物组、发酵杜仲叶组和杜仲叶干粉组有提高 IgG 含量的趋势 ($P = 0.06$)。饲料中添加抗生素和不同形式的杜仲叶对血液 IgA 含量影响不显著 ($P > 0.05$)。

表 5 杜仲叶对断奶仔猪血液免疫球蛋白含量的影响

Table 5 Effects of *Eucommia* leaves on blood immune globulin content of weaning piglets

指标 Index	对照组 Control group	抗生素 Antibiotic group	杜仲叶提取物组 <i>Eucommia</i> leaves extract group	杜仲叶发酵组 <i>Eucommia</i> leaves fermentation group	杜仲叶干粉组 <i>Eucommia</i> leaves dry powder group	SEM	P 值 P-value
免疫球蛋白 A IgA(mg/mL)	0.26	0.21	0.23	0.22	0.29	0.04	0.39
免疫球蛋白 M IgM(mg/mL)	0.01 ^b	0.02 ^a	0.03 ^a	0.03 ^a	0.01 ^b	0.004	<0.01
免疫球蛋白 G IgG(mg/mL)	1.39 ^b	1.88 ^{ab}	1.93 ^a	2.21 ^a	1.77 ^{ab}	0.17	0.06

2.5 饲料中添加不同形式的杜仲叶对断奶仔猪免疫器官的影响

由表 6 可知,饲料中添加抗生素对肝脏重量、脾脏重量和脾脏指数无显著影响 ($P > 0.05$)。与对照组和抗生素组相比,杜仲叶提取物组可显著提高脾脏指数 ($P < 0.05$)。

3 结论

近年来,关于杜仲促进养殖动物生长的报道在鱼类^[10]和禽类^[12]方面较多,而在猪上的报道较少。有研究表明,饲料中添加不同水平的杜仲叶提取物对猪(9.96 ~ 20 kg 阶段)的生长性能无显著影响^[6]。与前人研究不尽相同,本试验添加 0.5% 杜

表 6 杜仲叶对断奶仔猪免疫器官的影响

Table 6 Effects of *Eucommia* leaves on immune organs of weaning piglets

指标 Index	对照组 Control group	抗生素组 Antibiotic group	杜仲叶提取物组 <i>Eucommia</i> leaves extract group	杜仲叶发酵组 <i>Eucommia</i> leaves fermentation group	杜仲叶干粉组 <i>Eucommia</i> leaves dry powder group	SEM	P 值 P-value
肝脏重量 Liver weight (g)	504.94	493.13	509.79	477.03	575.41	3.28	0.35
脾脏重量 Spleen weight (g)	40.46	37.84	39.29	37.21	31.03	1.13	0.56
肝脏指数 Liver index (g/kg)	3.02 ^b	3.19 ^b	3.81 ^a	3.00 ^b	3.08 ^b	0.06	<0.05
脾脏指数 Spleenindex (g/kg)	0.24	0.25	0.24	0.24	0.22	0.01	0.68

仲叶提取物后提高了仔猪断奶后第 15~28 天的日增重,使料重比水平降低至抗生素组水平,从而改善仔猪生长性能。另外,李婉涛等^[13]报道,杜仲和桑叶提取物可以提高育肥猪的平均日增重,增加饲料报酬,提高生长性能。这些研究结果提示杜仲叶在断奶仔猪上的利用以其提取物形式利用效果最佳,但杜仲叶提取物作用效果与使用阶段和使用方式有关。Estienne 等^[14]指出,断奶后 2 周是仔猪适应断奶的关键时期。与本试验结果一致,说明杜仲叶提取物在断奶后第 2 周使用效果最佳。

在断奶过程中,仔猪受到心理、饲料以及环境等应激时极易引起微生态区系紊乱,导致有害菌大量繁殖,从而引起腹泻的发生。本试验结果显示,杜仲叶提取物显著降低断奶仔猪腹泻率,并达到了与抗生素组相同的水平。杜仲叶提取物降低仔猪腹泻率的作用可能与提取物中多酚特别是丁香苷有关,据研究显示,丁香苷能抑制 α -麦芽糖酶的活性,抑制病原表面多聚糖蛋白的形成,从而控制腹泻^[6]。因此,杜仲叶提取物有替代抗生素用来预防仔猪腹泻的潜力,并改善断奶仔猪的生产性能。

血液是动物机体内环境重要的组成部分,血液中生化指标的改变可反映动物机体或器官的代谢和健康状况。血液中总蛋白含量可反映机体蛋白质代谢状况,白蛋白由肝脏合成,是机体蛋白质的主要来源之一。血液中 BUN 含量可反映机体氨基酸平衡状况^[15]。本试验中,饲料中添加抗生素和不同形式的杜仲叶对总蛋白、白蛋白和 BUN 影响均不显著。因此,我们推测不同形式的杜仲叶对机体蛋白质代谢和氨基酸平衡均无负面影响,此推测需进一步试验进行验证。

氧自由基能够通过生物膜中不饱和脂肪酸的过氧化损伤细胞,引起脂质过氧化反应产生脂质过氧

化物如 MDA、羟基等,破坏细胞膜蛋白质构象,损伤膜蛋白功能。SOD、T-AOC 和 GSH-PX 作为抗氧化防御系统的重要组成部分,机体主要依靠 GSH-PX 和 SOD 等清除这些自由基或脂质过氧化物^[16]。本试验结果与孙玉丽等^[17]研究结果一致,都显示杜仲叶提取物提高了 GSH-PX 含量,降低了 MDA 含量。另外,与杜仲叶提取物类似,杜仲叶发酵也能改善仔猪抗氧化能力,可能是由杜仲叶提取物和发酵杜仲叶所含的生物活性物质如黄酮类化合物^[18]和绿原酸^[19]发挥抗氧化活性。

血清免疫球蛋白含量的高低是反映机体免疫系统状态的重要指标。IgG 是哺乳动物血清中含量最高的免疫球蛋白,约占总量的 80%,是介导体液免疫的主要抗体,该抗体能够抵抗外来抗原,有效地保护机体不受感染。IgM 是机体初次接触抗原物质时最早出现的免疫球蛋白,在抗感染中起着关键作用。在机体受到病原菌和病毒感染时,IgM 能与体内补体结合,清除病原体^[20]。本试验结果表明,饲料中添加杜仲叶提取物可显著提高血液中 IgG 和 IgM 的含量,使其达到抗生素组水平,这说明在饲料中添加一定水平的杜仲叶提取物可改善断奶仔猪的体液免疫。本研究结果与前人研究结果一致^[6,14]。

前期报道显示,杜仲能促进免疫器官的发育,增强机体的免疫应答能力,从而提高机体的抵抗力^[21]。本研究中,添加杜仲叶提取物可显著提高仔猪肝脏指数,而肝脏和脾脏重量以及肝脏和脾脏指数在抗生素组、杜仲叶发酵组和杜仲叶干粉组中无显著差异,这表明杜仲叶提取物可显著促进仔猪肝脏的发育,改善其免疫功能。关于杜仲叶提取物促进仔猪肝脏发育的机制,有待进一步深入探究。

本研究证实了饲料中添加杜仲叶提取物可降低断奶仔猪腹泻率,提高日增重和改善其料重比,且部

分改善抗氧化能力和免疫功能,从而提高断奶仔猪的生长性能,其效果优于杜仲叶发酵或干粉,并具备一定的抗生素替代潜力。

参考文献

- Hofer U. Effects of in-feed antibiotics on pig microbiota[J]. Nat Rev Microbiol, 2014, 12:234.
- Barton MD. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health[J]. Nutr Res Rev, 2000, 13:279-299.
- Zhang JJ, Du HY, Li Q, et al. Study advancement about pharmacological and toxicological of *Eucommia ulmoides* oliv[J]. J Henan Univ: Med Sci Ed(河南大学学报:医学版), 2014, 33:217-222.
- Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of Chinese[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- Hu JW, Han XD, Fu JP, et al. Antimicrobial and antioxidant effects of 3 chlorogenic acid extracts[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2017, 29:1928-1933.
- Wang JH, He JH, Yi X, et al. Effects of *Eucommia ulmoides* extracts on growth performance and blood indexes of pigs[J]. Feed Res(饲料研究), 2007, 2:1-4.
- Lyu WX, He JH, Wang JH, et al. Studies on the application of *Eucommia ulmoides* extract in performance and carcass qualities of broilers[J]. J Hunan Agric Univ: Nat Sci Ed(湖南农业大学学报:自科版), 2005, 31:640-643.
- Qiu G, Bao X, Li Y, et al. Effects of *Eucommia ulmoides* extracts on immune function of mice[J]. Pharmacol Clin Chin Mater Med(中药药理与临床), 2008, 24(4):41-43.
- Meng XL, Leng XJ, Li XQ, et al. Effect of *Eucommia ulmoides* on growth and serum non-specific immune index of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fingerling[J]. J Shanghai Fish Univ(上海水产大学学报), 2007, 16:330-333.
- Xu YQ, Zhang QH, Li YH, et al. Effects of dietary *Eucommia ulmoides* oliver leaf powder on growth performance and immunity related gene expression level in *Mylopharyngodon piceus*[J]. Res Agric Mod(农业现代化研究), 2015, 36:1074-1079.
- Marquardt RR, Jin LZ, Kim JW, et al. Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 + infection in neonatal and early-weaned piglets[J]. FEMS Immunol Med Microbiol, 1999, 23:283-288.
- Chen YM, Huang T, Song XZ, et al. Effects of dietary *Eucommia* leaves extract on growth performance and immune function of broilers[J]. Chin J Anim Nutr(动物营养学报), 2015, 27:2224-2230.
- Li WT, Wang YC, Xu QL, et al. Effects of *Eucommia ulmoides* and mulberry leaves extracts on growth performance and pork quality in fattening pigs[J]. Heilongjiang Anim Husb Vet(黑龙江畜牧兽医), 2018, 10:157-160.
- Estienne MJ, Hartsock TG, Harper AF. Effects of antibiotics and probiotics on suckling pig and weaned pig performance[J]. Int J Appl Res Vet Med, 2005, 3:303-308.
- Shi ZT, Yao YC, Jiang S, et al. Effects of *Enterococcus faecalis* substitute for antibiotic on growth performance, diarrhoea, blood biochemical parameters and immune organs of weaner piglets[J]. Chin J Anim Nutr(动物营养学报), 2015, 27:1832-1840.
- Cuzzocrea S, Riley DP, Caputi AP, et al. Antioxidant therapy: a new pharmacological approach in shock, inflammation, and ischemia/reperfusion injury[J]. Pharmacol Rev, 2001, 53:135-159.
- Sun YL, Du Y, Huang WM, et al. Influence of Eucommin on production performance and immunity function in dairy cows[J]. China dairy cattle(中国奶牛), 2012, 9:13-16.
- Wang H. Progress in bioactivity of flavonoids[J]. Food and Drug(食品与药品), 2010, 12:347-350.
- Wang WL, Wen CY, Guo QP, et al. Biological properties of chlorogenic acid and its mechanism of action[J]. Chin J Anim Nutr(动物营养学报), 2017, 29:2220-2227.
- Wang FM. Effects of *Eucommia ulmoides* powder on the production performance and immune function of liangshan rock-hawk chicken[J]. Heilongjiang Anim Husb Vet(黑龙江畜牧兽医), 2013, 12:143-144.
- Wang ZC, Zhang ZH, Yin DZ, et al. Histological observation of extract development of immune organs in broilers influenced by *Eucommia ulmoides*[J]. Prog Vet Med, 2007, 28(12):36-38.