

不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪生长性能、养分表观消化率、盲肠微生物区系及腹泻率的影响

沈水宝¹ 韦 区¹ 伍校军¹ 农斯伟¹ 蓝林诚¹ 李修宇¹ 于继英^{2,3} 蔡辉益^{3,4}

(1.广西大学动物科学技术学院,南宁 530004;2.博益德(北京)生物科技有限公司,北京 100081;

3.生物饲料开发国家工程研究中心,北京 100081;4.中国农业科学院饲料研究所,北京 100081)

摘要: 本试验旨在研究不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪生长性能、养分表观消化率、盲肠微生物区系及腹泻率的影响。试验选取 195 头平均体重为(9.97±0.04) kg 的“杜×长×大”仔猪,随机分为 5 个组,每组 3 个重复,每个重复 13 头仔猪,公、母仔猪均匀分配到各个重复中。5 个组分别为对照组(基础饲料+2 092 mg/kg 氧化锌,锌添加量为 1 600 mg/kg)、五倍子粉(GP)组(基础饲料+852 mg/kg GP)、五倍子粉水解单宁酸提取物(HGT)组(基础饲料+649 mg/kg HGT)、包被五倍子粉(C-GP)组(基础饲料+1 970 mg/kg C-GP)、包被五倍子粉水解单宁酸提取物(C-HGT)组(基础饲料+1 974 mg/kg C-HGT),4 个试验组五倍子水解单宁酸添加量均为 600 mg/kg。预试期 7 d,正试期 25 d。结果显示:1)各组间末均重、平均日采食量、平均日增重、料重比均无显著差异($P>0.05$)。2)与对照组相比,4 个试验组腹泻率有升高的趋势($P=0.076$)。3)HGT 组与 C-HGT 组的粗蛋白质表观消化率极显著高于对照组、GP 组和 C-GP 组($P<0.01$);HGT 组和 C-HGT 组的粗脂肪表观消化率与对照组差异不显著($P>0.05$),而 GP 组和 C-GP 组的粗脂肪表观消化率则显著低于对照组以及 HGT 组和 C-HGT 组($P<0.05$)。4)与对照组相比,4 个试验组盲肠中粪杆菌属的丰度均有所提高。综上,以不同工艺处理的五倍子替代饲料中的氧化锌后仔猪的生长性能未产生显著变化,但腹泻率有所升高;经提取工艺处理的五倍子(HGT、C-HGT)替代饲料中的氧化锌可显著提高仔猪饲料的粗蛋白质表观消化率,而未经提取工艺处理的五倍子(GP、C-GP)则会显著降低仔猪饲料的粗脂肪表观消化率;不同工艺处理的五倍子替代饲料中的氧化锌后仔猪盲肠中粪杆菌属丰度有所升高。

关键词: 五倍子;五倍子水解单宁酸;提取;包被;仔猪生长性能;养分表观消化率;腹泻率;盲肠微生物区系

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)07-3080-09

饲料中添加高剂量氧化锌是降低断奶仔猪腹泻率的一种常用方法^[1]。彭鹏等^[2]研究显示,在饲料中添加多孔氧化锌的试验组仔猪盲肠内容物中厚壁菌门(Firmicutes)丰度增加,变形菌门(Pro-

teobacteria)、放线菌门(Actinobacteria)丰度降低;从属水平分布看,链球菌属(*Streptococcus*)丰度增加,乳杆菌属(*Lactobacillus*)丰度降低,多孔氧化锌提高了仔猪肠道菌群多样性。但使用高剂量的

收稿日期:2019-12-30

基金项目:“畜禽重大疫病防控与高效安全养殖综合技术研发”重点专项——畜禽肠道健康调控的生物饲料生产与饲喂技术研究(2018YFD0500603)

作者简介:沈水宝(1967—),男,江西高安人,高级工程师,博士,研究方向为生物发酵饲料与现代生态养殖。E-mail: 603938652@qq.com

氧化锌会造成环境污染,氧化锌受限应用已成为畜牧业的一大趋势^[3]。为降低氧化锌用量,不同工艺处理的氧化锌产品^[1,3]、复合有机酸^[4]和水解单宁酸^[5]成为仔猪饲料中氧化锌替代物研究的热点。五倍子是我国特有的农产品,其主要有效成分有五倍子单宁酸、没食子酸和五倍子油等,其中的单宁酸主要为水解型,含量约为70%,具有明显的抑菌杀菌、抗病毒和抗氧化等生物活性^[5-6],这使得五倍子水解单宁酸成为降低饲料氧化锌使用量研究的热点之一。孙展英等^[7]研究报告,仔猪饲料中添加适量单宁酸替代部分氧化锌对仔猪生长性能、营养物质利用率、腹泻率等指标产生了较好的影响。代珍青等^[8]研究显示,断奶仔猪饲料中添加适量的五倍子水解单宁酸,不仅可降低氧化锌的使用量,还可提高日增重,降低料重比和腹泻率。超微粉碎、活性成分提取和包被是常见的中草药剂制备技术,超微粉碎操作简单,提取可去除杂质获得高浓度的活性成分,包被可保护活性

成分并提升使用效果^[9]。当前对不同工艺处理的五倍子对仔猪生长性能、养分表观消化率以及消化道微生物生态状况影响的应用研究尚不多见。因此,本试验利用不同工艺处理的五倍子替代断奶仔猪饲料中的高剂量氧化锌,研究其对仔猪生长性能、养分表观消化率、盲肠微生物区系及腹泻率的影响,以期为进一步研究提供无氧化锌仔猪饲料的研究提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

饲料级氧化锌,纯度76.5%;供试五倍子粉(GP)、五倍子粉水解单宁酸提取物(HGT)、包被五倍子粉(C-GP)、包被五倍子粉水解单宁酸提取物(C-HGT)的有效活性成分为五倍子水解单宁酸,各五倍子供试产品中五倍子水解单宁酸含量见表1。

表1 五倍子供试产品中五倍子水解单宁酸含量

Table 1 Hydrolyzed gallotannin content in selected Chinese gall products

%

项目 Item	五倍子粉 GP	五倍子粉水解 单宁酸提取物 HGT	包被五倍子粉 C-GP	包被五倍子粉水解 单宁酸提取物 C-HGT
五倍子水解单宁酸 Hydrolyzed gallotannin	70.38	92.43	30.46	30.40

1.2 基础饲料

试验用基础饲料参照NRC(2012) 10~20 kg体重仔猪营养需要配制,其组成及营养水平见表2。

1.3 试验动物与amp;试验设计

试验选取195头平均体重为(9.97±0.04) kg的“杜×长×大”三元杂交仔猪,随机分为5个组,每组3个重复,每个重复13头仔猪,公、母仔猪均匀分配到各组的各个重复中。对照组在基础饲料中添加1 600 mg/kg 锌(实际添加物为氧化锌),4个试验组在基础饲料中均添加600 mg/kg 五倍子水解单宁酸(实际添加物为不同工艺处理的五倍子),具体试验设计见表3。

1.4 饲养管理

试验于2018年10月下旬至2019年1月上旬在南宁市新世丰农业科技有限责任公司猪场进行。仔猪饲养在同一栋保育猪舍内,每个重复的13头仔猪饲喂在同一栏中。试验期间饲养管理按

该猪场的日常工作管理程序进行,按时喂料,自由饮水。试验期间每天记录栏舍温度、湿度、猪只采食量、腹泻头数和粪便质量。试验中若出现仔猪死亡,则及时记录该仔猪体重,并对该栏舍其他仔猪重量进行估测,对阶段耗料进行统计。预试期7 d,正试期25 d。

1.5 指标测定与amp;方法

1.5.1 饲料营养指标测定

饲料中粗蛋白质含量参照GB/T 6432—2018中方法测定,粗脂肪含量参照GB/T 6433—2006中方法测定,粗纤维含量参照GB/T 6434—2006中方法测定,粗灰分含量参照GB/T 6438—2007中方法测定,赖氨酸含量参照GB/T 18246—2000中方法测定,食盐含量参照GB/T 6439—2007中方法测定,钙含量参照GB/T 6436—2018中方法测定,磷含量参照GB/T 6437—2018中方法测定,锌含量参照GB/T 13885—2017中方法测定。

表2 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content
玉米 Corn	56.5	粗蛋白质 Crude protein	18.21
豆粕 Soybean meal	10.0	粗脂肪 Ether extract	6.18
膨化大豆 Extruded soybean	8.0	粗纤维 Crude fiber	2.53
发酵豆粕 Fermented soybean meal	5.0	粗灰分 Ash	4.97
面粉 Wheat flour	5.0	赖氨酸 Lysine	1.35
秘鲁鱼粉 Peru fish meal	4.0	氯化钠 NaCl	0.58
大豆油 Soybean oil	3.5	磷 Phosphorus	0.55
葡萄糖 Glucose	2.5	钙 Calcium	0.83
乳清粉 Whey powder	2.5	锌 Zinc/(mg/kg)	27.94
预混料 Premix ¹⁾	3.0		
合计 Total	100.0		

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 3 000 IU, VD₃ 600 IU, VE 75 mg, VB₁ 0.60 mg, VB₂ 0.60 mg, VB₆ 0.75 mg, VB₁₂ 7.50 μg, 叶酸 folic acid 0.45 mg, 烟酸 nicotinic acid 15.00 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 7.50 mg, 胆碱 choline 450 mg, Cu 2.25 mg, Mn 22.50 mg, I 0.15 mg, Se 0.38 mg, Ca 7.79 g, P 0.31 g, NaCl 3.45 g, 赖氨酸 lysine 0.90 g。

2) 营养水平为实测值 Nutrient levels were measured values。

表3 试验设计

Table 3 Experimental design

项目 Item	对照组 Control group	提取 Extraction		包被 Coating	
		GP 组 GP group	HGT 组 HGT group	C-GP 组 C-GP group	C-HGT 组 C-HGT group
饲粮 Diet	基础饲粮+ 2 092 mg/kg 氧化锌	基础饲粮+ 852 mg/kg GP	基础饲粮+ 649 mg/kg HGT	基础饲粮+ 1 970 mg/kg C-GP	基础饲粮+ 1 974 mg/kg C-HGT

1.5.2 生长性能测定

试验正式开始第1天和最后1天清晨对每栏舍仔猪空腹称重,记录为初体重、末体重,统计各组仔猪耗料量。参照陈雅湘等^[1]的报道,按以下公式计算平均日增重、平均日采食量、料重比。

平均日增重=(末体重-初体重)/试验天数;

平均日采食量=(投料量-剩料量)/
(试验天数×仔猪头数);

料重比=试验期内总采食量/试验期内总增重。

1.5.3 腹泻率测定

每天清晨观察每头仔猪的粪便情况,参照陈雅湘等^[1]的报道计算腹泻率,计算公式如下:

腹泻率(%)=[试验期内每组腹泻仔猪头数/
(试验天数×每组试验头数)]×100。

1.5.4 养分表观消化率测定

参照王钰明等^[10]的报道,每组选取生长较好、体况相近的公仔猪各4头,于试验第10~13天连

续4d每日07:00—08:30收集无尿液和其他杂质污染的新鲜粪样,每头公仔猪采集粪样2份,每份100~200g,加入10%稀硫酸固氮并且充分搅拌,-20℃冰箱保存。测定之前,将每头公仔猪4d所采粪样混合均匀后取样。采用盐酸不溶灰分(acid insoluble ash, AIA)法,即内源指示剂法,测定试验猪只的饲粮养分表观消化率。饲粮和粪中AIA含量参照GB/T 23743—2009中灼烧处理法进行测定,其中的盐酸浓度替换为4 mol/L;饲粮和粪中粗蛋白质和粗脂肪含量分别参照GB/T 6432—2018和GB/T 6433—2006中方法测定。

饲粮某养分表观消化率(%)=100-{[饲粮中AIA含量(%) / 粪中AIA含量(%)] × [粪中该养分含量(%) / 饲粮中该养分含量(%)] } × 100。

1.5.5 盲肠食糜16S rRNA测序

试验结束时,每组随机挑选2只仔猪,收集盲肠食糜,放入无菌的2 mL离心管中,液氮速冻,送

样至生工生物工程(上海)股份有限公司委托测序,获得有效数据(因寄送样品漏检,GP组只有1个样本的数据),并对数据进行分析。

1.6 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2017 进行初步处理后,采用 SPSS 20.0 统计软件的一般线性模型(GLM)对 GP、HGT、C-GP、C-HGT 进行提取×包被双因素方差分析,模型主效应包括提取与否和包被与否。同时,运用 SPSS 20.0 统计软件的单因素方差分析(one-way ANOVA)程序对5个组进行单因素方差分析,若差异显著,则采用 Duncan 氏法进行多重比较。试验结果以平均值和均值标准误(SEM)表示。分析结果以 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, $0.05 < P < 0.10$ 为有差异趋势, $P > 0.05$

为差异不显著。

2 结果

2.1 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪生长性能与腹泻率的影响

由表4可知,各试验组的初均重、末均重、平均日采食量、平均日增重、料重比与对照组均无显著差异($P > 0.05$),但腹泻率有低于对照组的趋势($P = 0.076$)。GP组及C-GP组仔猪腹泻率有高于HGT组和C-HGT组的趋势($P = 0.108$),但提取和包被以及二者的交互作用对平均日采食量、平均日增重、料重比和腹泻率均未产生显著影响($P > 0.05$)。

表4 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪生长性能与腹泻率的影响
Table 4 Effects of different processing Chinese gall instead of zinc oxide on growth performance and diarrhea ratio of piglets

项目 Items	对照组 Control group	提取 Extraction		包被 Coating		SEM	P 值 P-value			
		GP 组 GP group	HGT 组 HGT group	C-GP 组 C-GP group	C-HGT 组 C-HGT group		组别 Group	提取 Extraction	包被 Coating	提取×包被 Extraction× coating
初均重 IBW/kg	10.11	9.85	10.04	9.88	9.99	0.037	0.103	0.109	0.959	0.583
末均重 FBW/kg	20.70	20.27	20.76	20.08	20.52	0.202	0.876	0.315	0.635	0.956
平均日增重 ADG/kg	0.424	0.417	0.429	0.408	0.421	0.008	0.961	0.477	0.637	0.985
平均日采食量 ADFI/kg	0.853	0.761	0.748	0.736	0.748	0.007	0.349	0.960	0.472	0.472
料重比 F/G	2.047	1.825	1.745	1.807	1.792	0.028	0.646	0.469	0.839	0.641
腹泻率 Diarrhea ratio/%	1.644	2.627	4.013	3.073	3.688	0.262	0.076	0.108	0.914	0.506

同行数据肩标无字母或相同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($P < 0.01$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same 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 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪养分表观消化率的影响

由表5可知,GP组和C-HGT组饲料的粗蛋白质表观消化率极显著高于对照组和其他试验组($P < 0.01$)。对照组、HGT组和C-HGT组饲料的

粗脂肪表观消化率显著高于GP组和C-GP组($P < 0.05$)。提取对粗蛋白质表观消化率有极显著影响($P < 0.01$),对粗脂肪表观消化率有提高的趋势($P = 0.081$),提取后粗蛋白质表观消化率极显著升高($P < 0.01$),粗脂肪表观消化率显著升高($P <$

0.05),但包被以及提取与包被的交互作用对粗蛋 (P>0.05)。白质和粗脂肪表观消化率均没有产生显著影响

表 5 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪养分表观消化率的影响

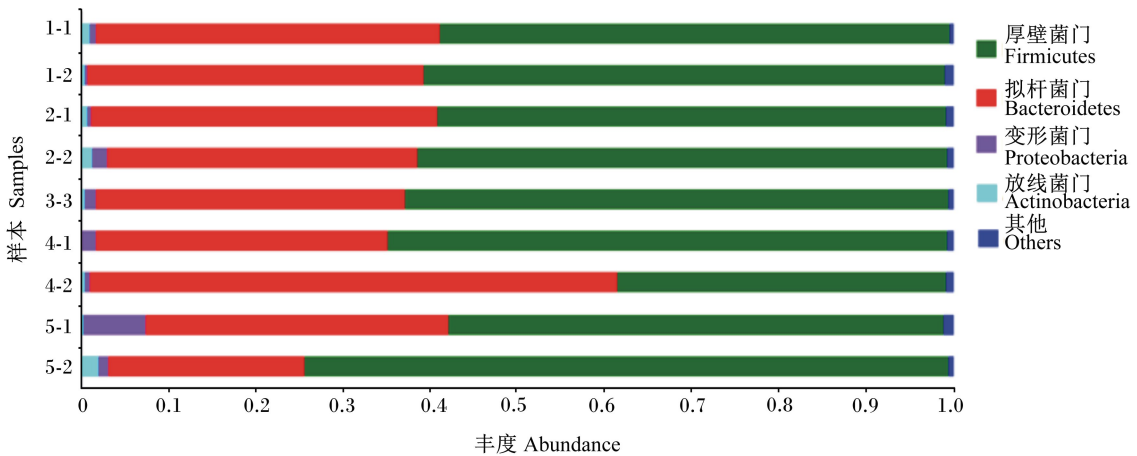
Table 5 Effects of different processing Chinese gall instead of zinc oxide on nutrient apparent digestibility of piglets %

项目 Items	对照组 Control group	提取 Extraction		包被 Coating		SEM	P 值 P-value			
		GP 组 GP group	HGT 组 HGT group	C-GP 组 C-GP group	C-HGT 组 C-HGT group		组别 Group	提取 Extraction	包被 Coating	提取×包被 Extraction× coating
粗蛋白质 CP	84.17 ^{Bb}	83.91 ^{Bb}	88.05 ^{Aa}	82.49 ^{Bb}	89.96 ^{Aa}	0.010	0.002	<0.001	0.655	0.105
粗脂肪 EE	69.96 ^a	66.26 ^b	72.20 ^a	65.07 ^b	69.89 ^a	0.011	0.033	0.081	0.147	0.773

2.3 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪盲肠食糜中微生物区系的影响

对仔猪盲肠微生物区系在门水平上的分布(图 1)进行分析发现,在门水平上,所有样本中的优势菌门均为厚壁菌门、拟杆菌门(Bacteroidetes)、变形菌门和放线菌门。厚壁菌门的丰度除对照组样本 4-2 低至 33.32%、C-HGT 组样本 5-2 高达 73.89% 外,其他组样本均在 57.73% ~

65.57%;拟杆菌门的丰度除对照组样本 4-2 高达 61.12%、C-HGT 组样本 5-2 低至 22.78% 外,其他组样本均在 33.32% ~ 40.00%;变形菌门的丰度除 C-HGT 组样本 5-1 高达 6.65% 外,其他组样本均低于 1.68%;所有样本放线菌门的丰度均低于 1.65%。从图 1 中可看出,除对照组样本 4-2、C-HGT 组样本 5-1 和 5-2 外,其他样本微生物区系相似度较高。



1-1 和 1-2 为 C-GP 组样本,2-1,2-2 为 HGT 组样本,3-3 为 GP 组样本,4-1,4-2 为对照组样本,5-1,5-2 为 C-HGT 组样本。下图同。

Samples 1-1 and 1-2 belonged to C-GP group, samples 2-1 and 2-2 belonged to HGT group, sample 3-3 belonged to GP group, samples 4-1 and 4-2 belonged to control group, and samples 5-1 and 5-2 belonged to C-HGT group. The same as below.

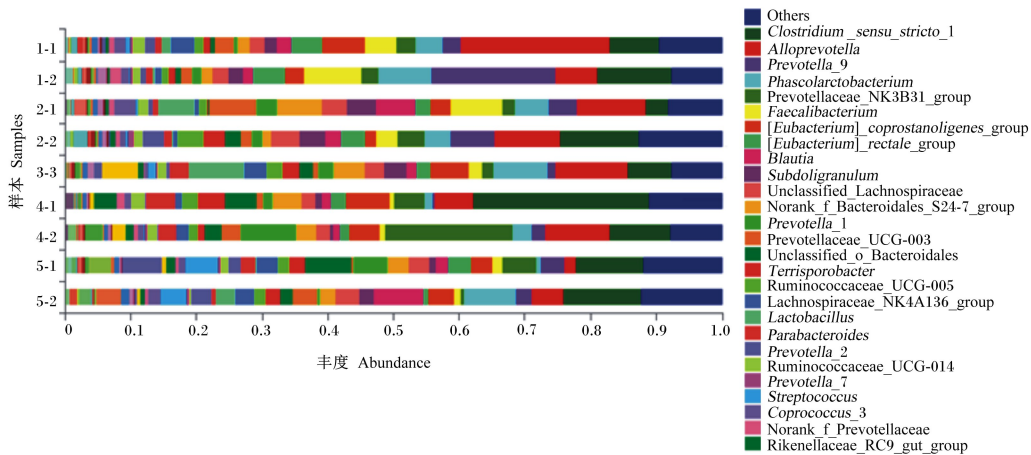
图 1 各组仔猪盲肠微生物区系在门水平上的分布

Fig.1 Microbial flora distribution of caecum for piglets at phylum level in each group

对仔猪盲肠微生物区系在属水平上的分布(图 2)进行分析发现,狭义梭菌属 1 (*Clostridium_sensu_stricto_1*)、拟普雷沃氏菌属 (*Alloprevotella*)、普雷沃氏菌属 9 (*Prevotella_9*)、考拉杆菌属 (*Phascolarctobacterium*)、普雷沃氏菌科 NK3B31

群 (*Prevotellaceae* NK3B31_group)、粪杆菌属 (*Faecalibacterium*)、布劳特氏菌属 (*Blautia*) 等为优势菌属,丰度较高。各组间盲肠微生物区系在属水平上组成复杂和多样,对照组样本 4-1 的狭义梭菌属和样本 4-2 的普雷沃氏菌科 NK3B31 群以

及 C-GP 组样本 1-1 的拟普雷沃氏菌属和样本 1-2 的普雷沃氏菌属-9 的丰度尤其高于其他组。



Others: 其他; *Clostridium_sensu_stricto_1*: 狭义梭菌属 1; *Alloprevotella*: 拟普雷沃氏菌属; *Prevotella_9*: 普雷沃氏菌属 9; *Phascolarctobacterium*: 考拉杆菌属; *Prevotellaceae_NK3B31_group*: 普雷沃氏菌科 NK3B31 群; *Faecalibacterium*: 粪杆菌属; *[Eubacterium]_coprostanoligenes_group*: 真杆菌属 *coprostanoligenes* 群; *[Eubacterium]_rectale_group*: 真杆菌属 *rectale* 群; *Blautia*: 布劳特氏菌属; *Subdoligranulum*: 罕见小球菌属; *Unclassified_Lachnospiraceae*: 未分类毛螺菌科; *Norank_f_Bacteroidales_S24-7_group*: *Norank_f* 拟杆菌目 S24-7 群; *Prevotella_1*: 普雷沃氏菌属 1; *Prevotellaceae_UCG-003*: 普雷沃氏菌科 UCG-003; *Unclassified_o_Bacteroidales*: 未分类 *o* 拟杆菌目; *Terrisporobacter*: 土孢杆菌属; *Ruminococcaceae_UCG-005*: 瘤胃菌科 UCG-005; *Lachnospiraceae_NK4A136_group*: 毛螺菌科 NK4A136 群; *Lactobacillus*: 乳杆菌属; *Parabacteroides*: 副杆菌属; *Prevotella_2*: 普雷沃氏菌属 2; *Ruminococcaceae_UCG-004*: 瘤胃菌科 UCG-004; *Prevotella_7*: 普雷沃氏菌属 7; *Streptococcus*: 链球菌属; *Coprococcus_3*: 粪球菌属 3; *Norank_f_Prevotellaceae*: *norank_f* 普雷沃氏菌科; *Rikenellaceae_RC9_gut_group*: 理研菌科 RC9 肠菌群。

图 2 各组仔猪盲肠微生物区系在属水平上的分布

Fig.2 Microbial flora distribution of caecum for piglets at genera level in each group

3 讨论

3.1 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪生长性能与腹泻率的影响

有关使用单宁酸提高断奶仔猪生长性能、降低腹泻率的报道较多。胡昌江等^[11]认为五倍子生品中鞣质含量较高,其抗炎作用强于水解产物。孙展英等^[7]研究表明,饲料中添加 1 000 mg/kg 水解单宁酸可提高断奶仔猪的平均日增重和料重比。代珍青等^[8]在研究中发现,饲料中添加以水解单宁酸为主要成分的植物提取物,水解单宁酸添加量为 500 mg/kg、氧化锌添加量降至 750 mg/kg 时,仔猪平均日增重提高,料重比和腹泻率降低。刘汉锁等^[6]报道,随着水解单宁酸添加量的升高,水解单宁酸可能干扰参与简单分子吸收的转运机制,使断奶仔猪的料重比呈下降趋

势;同时,可能受水解单宁酸理化特性、加工工艺及产地来源等影响,水解单宁酸对畜禽的生长性能具有抑制作用。可见,水解单宁酸的用量、配伍、加工工艺可能导致产品应用效果有所不同。本研究中,提取和包被五倍子产品在饲料中以 600 mg/kg 水解单宁酸的量添加于饲料中替代氧化锌后,各试验组仔猪的末均重、平均日采食量、平均日增重、料重比与对照组相比均无显著变化,但腹泻率有低于对照组的趋势,说明不同处理工艺的五倍子替代氧化锌后不会影响仔猪的生长性能,但对仔猪腹泻的预防效果略低于氧化锌。提取和包被处理是否影响五倍子水解单宁酸的应用效果,还需要进一步研究。

3.2 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪养分表观消化率的影响

饲料中添加高锌和适量单宁酸均会影响仔猪

对饲料中养分的利用率。王敏奇等^[12]研究发现,在饲料中添加 3 000 mg/kg 氧化锌,饲料粗蛋白质和粗脂肪的表观消化率均得到提高。孙展英等^[7]研究发现,在乳仔猪饲料中添加 1 000 mg/kg 单宁酸,粗蛋白质和粗脂肪表观消化率均得到提高。Bee 等^[13]研究报道,用富含没食子酸的水解单宁饲喂猪,猪的唾液量显著减少,提示有可能降低了饲料中养分的消化率。本研究中,HGT 组和 C-HGT 组的饲料粗蛋白质表观消化率显著高于对照组、GP 组和 C-GP 组,且 HGT 组和 C-HGT 组的饲料粗脂肪表观消化率与对照组相近且显著高于 GP 组和 C-GP 组,这与孙展英等^[7]的研究一致,提示 HGT 及其包被产品具有提高饲料粗蛋白质和粗脂肪表观消化率的效果,这也与其平均日增重较高相呼应,未经提取的 GP 及其包被产品则反之,应用中需加以区别。

3.3 不同工艺处理的五倍子替代氧化锌对仔猪盲肠微生物区系的影响

饲料中的变形杆菌属于有害菌群,若其丰度较高,则会对机体产生损伤^[14],造成肠道菌群失调,主要表现为肠道菌群种类减少,侵袭性肠菌如变形杆菌、梭杆菌等的丰度升高^[15]。本研究中,各试验组仔猪腹泻率略高于对照组,进一步对其盲肠微生物区系进行分析发现,对照组样本中拟杆菌门的丰度较高,而 HGT 组样本拟杆菌门的丰度较低但变形菌门的丰度较高,与对照组腹泻率低而 HGT 组腹泻率高相呼应,这与宋玉财等^[14]和杨振誉等^[15]研究结果一致。有文献报道,高剂量氧化锌有降低盲肠乳酸杆菌数量的趋势^[2]。本文图 2 中,GP 组盲肠乳杆菌属的丰度较高,腹泻率也较低,而对照组、C-GP 组、C-HGT 组乳杆菌属的丰度均很低,但对照组腹泻率低,而 C-HGT 组腹泻率高,提示盲肠乳杆菌属丰度高低与腹泻率高低表现不一定一致。此外,普氏栖粪杆菌(*Faecalibacterium prausnitzii*)是健康人群肠道中最丰富的肠道微生物之一,在肠道疾病中起到了肠道黏膜屏障保护及炎症抑制等重要作用,被认为是人类肠道健康的生物指标,用粪杆菌属的丰度可作为区分肠道疾病的一种生物标志物^[16]。本研究中,仔猪盲肠中粪杆菌属的丰度由高到低依次为 C-GP 组、HGT 组、GP 组、C-HGT 组、对照组,提示不同

工艺处理的五倍子产品均有提高仔猪盲肠中粪杆菌属丰度的作用。

4 结 论

① 不同工艺处理的五倍子(GP、C-GP、HGT、C-HGT)替代饲料中的氧化锌后仔猪生长性能未发生显著变化,但腹泻率略有升高。

② 经提取工艺处理的五倍子(HGT、C-HGT)替代饲料中的氧化锌具有显著提高仔猪饲料粗蛋白质表观消化率的效果,而未经提取工艺处理的五倍子(GP、C-GP)则会显著降低仔猪饲料的粗脂肪表观消化率。

③ 不同工艺处理的五倍子(GP、C-GP、HGT、C-HGT)替代饲料中的氧化锌后仔猪盲肠中粪杆菌属丰度有所升高。

参考文献:

- [1] 陈雅湘,陈思佳,穆蕊,等.不同锌源和水平对断奶仔猪生长性能及血清、粪中锌含量的影响[J].动物营养学报,2019,31(10):4852-4858.
- [2] 彭鹏,陈思佳,蒋再慧,等.多孔氧化锌对断奶仔猪粪便中微量元素含量、盲肠内容物与粪便中短链脂肪酸含量及肠道菌群多样性的影响[J].动物营养学报,2018,30(12):5221-5229.
- [3] 李治学,占秀安,汪以真.饲用氧化锌替代思路研究进展[J].中国畜牧杂志,2015,51(20):76-80.
- [4] 周学光,沈建明,梁毅,等.无氧化锌日粮对断奶仔猪生长性能影响的试验[J].畜牧与饲料科学,2011,32(1):55-57.
- [5] 张雅丽,李建科,刘柳,等.五倍子单宁对常见食品腐败菌和致病菌抑制作用研究[J].食品工业科技,2013,34(18):141-143.
- [6] 刘汉锁,龙沈飞,尚庆辉,等.水解单宁酸的作用机制及其在畜禽生产中的应用进展[J].动物营养学报,2019,31(9):3991-3999.
- [7] 孙展英,李建涛,陈宝江.单宁酸对仔猪生长性能、营养物质利用率及相关消化酶活性的影响[J].饲料研究,2014(1):46-49.
- [8] 代珍青,温黎俊,孙丹丹,等.水解单宁酸替代部分氧化锌在断奶仔猪中预防腹泻的应用及对生长性能的影响[J].广东饲料,2019(4):23-25.
- [9] 冯怡.中药新药研发及评价关键技术——关于中药工艺研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2017,19(6):906-913.
- [10] 李琦华,高士争,葛长荣,田允波.中草药添加剂对生

- 长肥育猪饲料养分消化率的影响研究[J]. 云南农业大学学报, 2002, 17(1): 81-85.
- [11] 胡昌江, 瞿燕. 五倍子发酵工艺研究[C]//中华中医药学会中药炮制分会 2003 学术研讨会论文集. 北京: 中华中医药学会, 2003: 53-63.
- [12] 王敏奇, 许梓荣. 饲料中添加高剂量无机锌对断奶仔猪消化性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2003, 39(1): 15-16.
- [13] BEE G, SILACCI P, AMPUERO-KRAGTEN S, et al. Hydrolysable tannin-based diet rich in gallotannins has a minimal impact on pig performance but significantly reduces salivary and bulbourethral gland size[J]. *Animal*, 2017, 11(9): 1617-1625.
- [14] 宋玉财, 王彬, 王俊卿, 等. 健康仔猪与黄白痢仔猪肠道菌群结构分析[J]. 湖北畜牧兽医, 2013, 34(2): 21-22.
- [15] 杨振誉, 王晓艳, 田力, 等. 炎症性肠病与肠道菌群[J]. 临床内科杂志, 2019, 36(2): 73-75.
- [16] 王静静, 季国忠, 崔伯塔. 普拉梭菌在肠道疾病中的研究进展[J]. 医学研究生学报, 2019(6): 657-661.

Effects of Different Processing Chinese Gall Instead of Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibility, Cecal Microbial Flora and Diarrhea Rate of Piglets

SHEN Shuibao¹ WEI Qu¹ WU Jiaojun¹ NONG Siwei¹ LAN Lincheng¹ LI Xiuyu¹
YU Jiyong^{2,3} CAI Huiyi^{3,4}

(1. College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Boyide (Beijing) Biotechnology Co., Ltd., Beijing 100081, China; 3. National Engineering Research Center of Biological Feed, Beijing 100081, China; 4. Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of different processing Chinese gall instead of zinc oxide on growth performance, nutrient apparent digestibility, cecal microbial flora and diarrhea rate of piglets. A total of 195 “Duroc×Landrace×Yorkshire” piglets with an average body weight of (9.97±0.04) kg were selected and randomly divided into 5 groups. Each group contained 3 replicates and each replicate contained 13 piglets with male and female evenly distributed. The piglets in control group were fed a basal diet supplemented with 2 092 mg/kg zinc oxide (that was equivalent to 1 600 mg/kg zinc), the piglets in Chinese gall powder (GP) group were fed the basal diet supplemented with 852 mg/kg GP, the piglets in Chinese gall powder hydrolyzed gallotannin extract (HGT) group were fed the basal diet supplemented with 649 mg/kg HGT, the piglets in coated-GP (C-GP) group were fed the basal diet supplemented with 1 970 mg/kg C-GP, and the piglets in coated-HGT (C-HGT) group were fed the basal diet supplemented with 1 974 mg/kg C-HGT. The supplemental levels of hydrolyzed gallotannin in the 4 trial groups were 600 mg/kg, separately. The pre-test period was 7 days, and the formal test period was 25 days. The results showed as follows: 1) the final average body weight, average daily feed intake, average daily gain and feed/gain ratio had no significant difference among the 5 groups ($P>0.05$). 2) Compared with the control group, the diarrhea rate of the 4 trial groups had an upward trend ($P=0.076$). 3) The crude protein apparent digestibility of the HGT group and C-HGT group was significantly higher than that of the control group, GP group and C-GP group ($P<0.01$). The ether extract apparent digestibility of the HGT group and C-HGT group had no significant difference compared with the control group ($P>0.05$), but that of the GP group and C-GP group was significantly higher than that of the control group, HGT group and C-HGT group ($P<0.01$). 4) Compared with the control

group, the abundance of *Faecalibacterium* in cecum of 4 trial groups were all improved to some degree. The present study suggests that different processing Chinese gall instead of zinc oxide in the diet does not affect the growth performance of piglets, but the diarrhea rate is upward trend. Compared with the zinc oxide, the apparent digestibility of crude protein can be improved by Chinese gall treated by extraction process (HGT and C-HGT), while the apparent digestibility of ether extract can be reduced by Chinese gall untreated by extraction process (GP and C-GP). The abundance of *Faecalibacterium* in cecum of piglets is increased after dietary zinc oxide replaced by different processing Chinese gall. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32 (7):3080-3088]

Key words: Chinese gall; hydrolyzed gallotannin; extracted; coated; growth performance; nutrient apparent digestibility; cecal microbial flora; diarrhea rate