

发酵中药渣对断奶仔猪生长性能和肠黏膜形态结构的影响

苏家宜^{1,2}, 李华伟¹, 黎智华¹, 印遇龙¹, 王占彬², 孔祥峰^{1*}

¹中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室 湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心 农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站 湖南畜禽安全生产协同创新中心,长沙 410125;²河南科技大学 动物科技学院,洛阳 471003

摘要:为了探讨发酵中药渣作为饲料添加剂替代饲用抗生素的可行性,选用21日龄断奶仔猪120头,随机分为对照组、中药渣组、发酵中药渣组和抗生素组,比较研究发酵前和发酵后中药渣对其生长性能、腹泻率、消化率和肠黏膜形态结构的影响。结果表明:发酵中药渣组仔猪各阶段的料重比均低于对照组和中药渣组。试验1~7 d,8~28 d和1~28 d,发酵中药渣组仔猪腹泻率与对照组和中药渣组无显著差异;发酵中药渣组各养分消化率均高于其他各组;发酵中药渣组空肠绒毛长度/隐窝深度最小,绒毛宽度最大。上述结果提示,饲料中添加发酵中药渣可在一定程度上提高断奶仔猪的生长性能和养分消化率,但对仔猪腹泻率和肠道形态结构无显著影响。

关键词:中药渣;发酵;断奶仔猪;生长性能;肠道

中图分类号:S853.74

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.9.020

Effects of Fermented Chinese Herb Residues on Growth Performance and Intestinal Mucosal Morphology of Weaned Piglets

SU Jia-yi^{1,2}, LI Hua-wei¹, LI Zhi-hua¹, YIN Yu-long¹, WANG Zhan-bin², KONG Xiang-feng^{1*}

¹Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock, Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture, Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; ²Henan University of Science and Technology, College of Animal Science and Technology, Luoyang 471003, China

Abstract: To evaluate the possibility of substituting in-feed antibiotics with fermented Chinese herb residues (CHR) as feed additive, 120 piglets weaned at 21 days of age were randomly assigned into 4 treatment groups, representing control group, CHR group, fermented CHR group and antibiotic group. The effects of CHR and fermented CHR on growth performance, diarrhea rate, digestibility and intestinal mucosal morphology were determined. The results showed that the F/G in fermented CHR group was lower compared with the control and CHR groups in each experimental stage; diarrhea rate in fermented CHR group was not different compared with the control and CHR groups; the digestibility in fermented CHR group was higher than other three groups; the jejunum V/C in fermented CHR group was minimum, and villi width was maximum. These findings suggested that the fermented CHR can improve the growth performance and nutrient digestibility of weaned piglets in a certain extent, but there were no significant effects on diarrhea rate and intestinal morphology.

Key words: Chinese herb residues; fermentation; weaned piglets; growth performance; intestine

早期断奶应激引起的仔猪腹泻可造成仔猪的生长阻滞甚至死亡,给规模化养猪业带来了很大的经

济损失^[1]。目前,养猪场常在仔猪饲料中添加多种抗生素和高剂量氧化锌等饲料添加剂来防腹泻、促生长^[2]。但是,抗生素等饲料添加剂的长期高剂量使用,带来了耐药菌产生、药物残留等问题,不仅严重污染养殖环境,还对人类健康造成很大威胁。所以,研发绿色、高效的饲用抗生素替代品已刻不容缓。我国中药资源丰富,其中除了含有大量的药物

收稿日期:2016-03-15 接受日期:2016-07-15

基金项目:湖南省战略性新兴产业科技攻关项目(2014GK1007);
中央驻湘科研机构技术创新发展专项(2013TF3006);
中国工程院咨询研究项目(2015-XY-41)

* 通讯作者 E-mail:nnkxf@isa.ac.cn

成分和生物活性物质^[3],还含有蛋白质、多糖、脂类、维生素和微量元素等营养成分,可以促进动物生长发育、增强机体免疫力和抗氧化功能、改善肠道微生态等^[4]。随着中药产业化的推进,生产中成药和中药提取物过程中产生了大量的中药渣。受加工目的、提取方法和工艺条件等因素的影响,对中药成分的提取不够完全或彻底,造成中药渣中残留多种活性成分和营养物质,其功效与原料中药类似。如果对其进行加工后再利用,不仅可以提高中药的综合利用率、节约中药资源,还能减少中药渣对环境的污染。本试验测定了发酵中药渣制剂对断奶仔猪生长性能、腹泻率、消化率和肠黏膜形态结构的影响,旨在研发绿色饲料添加剂用于断奶仔猪饲料,减少或

替代饲用抗生素等饲料添加剂的使用。

1 材料与方法

1.1 发酵中药渣制备

中药渣由湖南圣雅凯生物科技有限公司提供。取经水提后的中药渣,以干品计,按熟地4、山楂2、陈皮2、麦芽1、甘草1配比,药渣总含水量控制在40%~60%。按常规接菌0.4%复合菌种(含枯草芽孢杆菌、酵母菌、乳酸菌、丁酸梭菌等菌,复合菌种活菌量 $\geq 2 \times 10^{10}$ cfu/g),置25℃以上发酵。每天翻动1~2次,发酵1周后,减压真空干燥,粉碎,包装。测定中药渣和发酵中药渣的营养成分(见表1)。

表1 中药渣和发酵中药渣的营养成分含量(%)

Table 1 Nutrient contents of Chinese herb residues (CHR) and Fermented CHR (%)

营养成分 Nutrient	中药渣 CHR	发酵中药渣 Fermented CHR
总能 Gross energy (MJ/kg)	13.15	16.11
干物质 Dry material	93.40	95.49
粗蛋白 Crude protein	7.75	11.51
粗纤维 Crude fiber	2.64	2.22
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	49.51	26.64
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	40.50	33.11
粗脂肪 Ether extract	6.39	4.93
粗灰分 Crude ash	25.66	10.97

注:营养成分含量均以干物质为基础(除干物质外)。

Note: Nutrient contents were based on dry matter (except dry matter).

1.2 试验动物、分组与饲养管理

试验选用21日龄断奶的杜×长×大杂交仔猪120头,平均体重6kg左右,公、母各半。根据窝来源和体重随机分为4组,即对照组(不添加抗生素和氧化锌)、中药渣组(添加4kg/t中药渣)、发酵中药渣组(添加4kg/t发酵中药渣)和抗生素组(添加0.04kg/t速大肥+0.2kg/t抗敌素+3000ppm氧化锌)。每组5个重复,每个重复6头仔猪。中药渣和发酵中药渣的添加剂量根据预试验结果确定;速大肥、抗敌素和氧化锌的添加剂量根据商业化饲料生产要求确定。试验期为28d。基础饲料参照NRC(2012)营养需要配制成粉料,饲料组成及营养水平见表2。在各组饲料中添加0.1%的氧化钛作为外源指示剂,用于消化率测定。

动物试验在中国科学院亚热带农业生态研究所新五丰永安实验基地进行,时间为2015年7月16日至8月14日。试验猪饲养在高床保育栏内,每天

饲喂四次,自由采食、饮水。饲养管理和免疫程序按商业化养猪场规范进行操作。

1.3 生长性能与腹泻率测定

分别于试验第1、7和28d称取每头仔猪的空腹体重,每天记录每栏仔猪的采食量,计算每组仔猪的平均日采食量、平均日增重和料重比。

分别于每天9:00和16:00,观察仔猪肛门处粪便污染情况和栏上残留粪便的形态,确定腹泻仔猪头数,统计每组仔猪的腹泻率。

1.4 样品采集与分析

在试验第1和21d,采集每组饲料置于-20℃保存;在试验第7和28d清晨,采集每栏仔猪的新鲜粪便装入自封袋置于-20℃保存,用于粗脂肪、粗蛋白、干物质和总能的消化率测定。

在试验第28d,称取所有仔猪的体重,每栏取1头中等大小的仔猪进行屠宰。取前段空肠和后段回肠组织,生理盐水冲洗,10%中性福尔马林溶液固

表 2 基础饲料组成及营养成分(饲喂基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of basic diet (fed-basis)

原料 Ingredients	比例 Ratio (%)	营养成分 Nutrient component **	含量 Content (%)
玉米 Corn	22.0	消化能 DE (MJ/kg)	14.23
碎米 Broken rice	25.0	粗蛋白质 CP	18.02
小麦粉 Wheat flour	12.0	粗脂肪 EE	4.37
葡萄糖 Glucose	3.0	粗灰分 ASH	3.82
豆粕 Soybean meal (46% CP)	10.5	粗纤维 CF	2.31
膨化大豆 Puffed soybean	10.0	钙 Ca	0.80
发酵豆粕 Fermented soybean meal	2.5	总磷 TP	0.55
鱼粉 Fish meal	3.0	有效磷 AP	0.40
低蛋白乳清粉 Low-protein whey powder	5.0	赖氨酸 Lys	1.38
鸡蛋粉 Egg powder	0.5	蛋氨酸 Met	0.49
豆油 Soybean oil	1.0	苏氨酸 Thr	0.87
柠檬酸 Citric acid	1.5	色氨酸 Trp	0.24
预混料 Premix *	4.0		
合计 Total	100.0		

注: * 预混料组成符合 NRC(2012)推荐的保育猪营养需要量; ** 营养成分含量均为计算值。

Note: * The composition of premix meets the nutritional needs that NRC (2012) recommended for nursery piglets; ** Nutrient contents are calculated values.

定,制作石蜡切片, H. E. 染色,显微镜下观察、拍照,测量绒毛长度(V)、绒毛宽度和隐窝深度(C),并计算 V/C 值。

1.5 数据统计与分析

通过 Excel 整理数据后,采用 SPSS17.0 软件进行单因素方差分析,并采用 Duncan 氏法对各组平均值进行多重比较。数据以“平均值 ± 标准误”表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 中药渣对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

由表 3 可知,试验 1~7 d、8~28 d 和 1~28 d, 各组仔猪的平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著差异 ($P > 0.05$),但发酵中药渣组与对照组、中药渣组比较,仔猪的料重比最低。

表 3 中药渣对断奶仔猪生长性能的影响

Table 3 Effects of Chinese herb residues (CHR) on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	中药渣组 CHR group	发酵中药渣组 Fermented CHR group	抗生素组 Antibiotic group
始重 Initial BW (kg)	6.07 ± 0.04	6.12 ± 0.05	6.11 ± 0.03	6.12 ± 0.04
1~7 d				
平均日采食量 ADFI (g/d)	0.17 ± 0.00	0.17 ± 0.00	0.17 ± 0.00	0.17 ± 0.00
平均日增重 ADG (kg/d)	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.10 ± 0.00
料重比 F/G	2.16 ± 0.19	2.33 ± 0.37	2.00 ± 0.15	1.67 ± 0.06
8~28 d				
平均日采食量 ADFI (g/d)	0.52 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.02	0.51 ± 0.00
平均日增重 ADG (kg/d)	0.31 ± 0.02	0.30 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.29 ± 0.01
料重比 F/G	1.77 ± 0.07	1.73 ± 0.05	1.70 ± 0.05	1.77 ± 0.02
1~28 d				

项目 Items	对照组 Control group	中药渣组 CHR group	发酵中药渣组 Fermented CHR group	抗生素组 Antibiotic group
平均日采食量 ADFI (g/d)	0.43 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.42 ± 0.00
平均日增重 ADG (kg/d)	0.25 ± 0.02	0.24 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.24 ± 0.00
料重比 F/G	1.81 ± 0.05	1.81 ± 0.07	1.78 ± 0.08	1.76 ± 0.03
末重 Final BW (kg)	12.86 ± 0.43	12.52 ± 0.29	12.86 ± 0.37	12.64 ± 0.12

由表4可知,试验1~7 d、8~28 d和1~28 d, 抗生素组仔猪的腹泻率均显著低于其他三组($P < 0.05$)。1~7 d和1~28 d中药渣组仔猪的腹泻率

稍低于对照组,8~28 d稍高于对照组。试验1~7 d、8~28 d和1~28 d发酵中药渣组仔猪的腹泻率稍高于中药渣组。

表4 中药渣对断奶仔猪腹泻率的影响(%)

Table 4 Effects of Chinese herb residues (CHR) on diarrhea rate of weaned piglets (%)

项目 Items	对照组 Control group	中药渣组 CHR group	发酵中药渣组 Fermented CHR group	抗生素组 Antibiotic group
1~7 d	32.72 ± 5.52 ^a	28.42 ± 4.58 ^a	28.76 ± 5.01 ^a	5.24 ± 4.08 ^b
8~28 d	15.06 ± 1.99 ^a	16.62 ± 2.24 ^a	20.16 ± 4.49 ^a	0.00 ± 0.00 ^b
1~28 d	19.94 ± 0.99 ^a	19.75 ± 2.32 ^a	22.46 ± 4.59 ^a	1.36 ± 1.06 ^b

注:同行数据肩标不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

Note: Data in the same row with different superscripts indicated significant difference ($P < 0.05$). Same as below.

2.2 中药渣对断奶仔猪养分消化率的影响

分消化率均无显著差异($P > 0.05$),但发酵中药渣

由表5可知,试验第7和28 d,各组仔猪的各养

组各养分消化率均有升高趋势。

表5 中药渣对断奶仔猪消化率的影响(%)

Table 5 Effects of Chinese herb residues (CHR) on nutrient digestibility of weaned piglets (%)

项目 Items	对照组 Control group	中药渣组 CHR group	发酵中药渣组 Fermented CHR group	抗生素组 Antibiotic group
7 d				
干物质 DM	52.85 ± 4.77	53.19 ± 6.37	59.49 ± 7.49	37.4 ± 10.16
总能 GE	59.81 ± 4.52	58.88 ± 5.31	65.35 ± 7.63	49.47 ± 8.25
粗脂肪 EE	57.71 ± 9.42	66.63 ± 4.00	69.16 ± 12.17	53.51 ± 4.76
粗蛋白 CP	37.10 ± 5.76	34.05 ± 7.68	39.52 ± 7.71	34.05 ± 7.18
28 d				
干物质 DM	84.37 ± 4.00	76.27 ± 8.62	87.86 ± 7.78	77.04 ± 8.83
总能 GE	84.37 ± 3.88	78.86 ± 7.36	85.30 ± 6.94	80.71 ± 7.62
粗脂肪 EE	59.46 ± 3.89 ^b	58.85 ± 10.40 ^{ab}	63.65 ± 5.38 ^a	59.19 ± 4.58 ^{ab}
粗蛋白 CP	73.23 ± 6.53	71.44 ± 14.41	75.09 ± 11.95	70.61 ± 11.02

2.3 中药渣对断奶仔猪肠黏膜形态结构的影响

由表6和图1、2可知,中药渣组仔猪的空肠绒毛宽度显著高于、回肠绒毛宽度显著低于对照组($P < 0.05$)。抗生素组仔猪的回肠绒毛宽度、隐窝深度显著低于对照组($P < 0.05$),与中药渣组、发酵中药渣组无显著差异($P > 0.05$)。抗生素组仔猪回肠的绒毛高度/隐窝深度显著高于对照组和中药渣组(P

< 0.05),与发酵中药渣组无显著差异($P > 0.05$)。

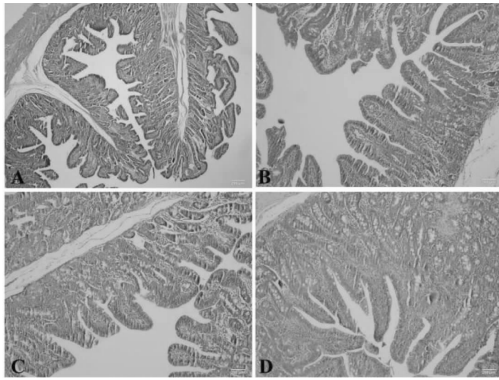
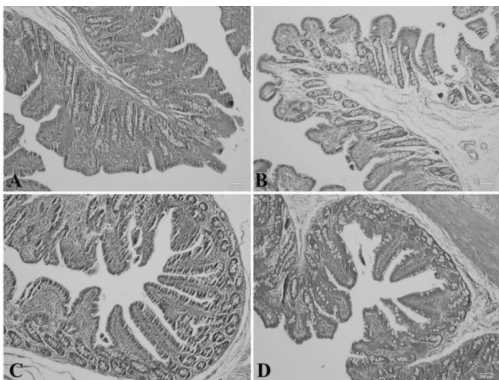
3 讨论与结论

中药中含有多种生物活性物质,在饲料中添加可以减缓断奶应激,促进仔猪生长,防治腹泻^[5,6]。中药渣中仍含有黄酮、多糖等多种生物活性物质,黄酮类物质具有抑菌杀菌、增强免疫和抗病毒等作用;

表6 中药渣对断奶仔猪肠黏膜形态结构的影响

Table 6 Effects of Chinese herb residues (CHR) on intestinal mucosal morphology of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	中药渣组 CHR group	发酵中药渣组 Fermented CHR group	抗生素组 Antibiotic group
空肠 Jejunum				
绒毛高度 Villus height (μm)	334.40 \pm 21.90	361.76 \pm 10.25	354.67 \pm 12.47	365.20 \pm 18.12
绒毛宽度 Villus width (μm)	146.64 \pm 9.57 ^b	202.04 \pm 30.75 ^a	211.34 \pm 17.07 ^a	207.76 \pm 10.25 ^a
隐窝深度 Crypt depth (μm)	334.55 \pm 15.49	338.71 \pm 12.51	338.88 \pm 20.61	299.12 \pm 15.94
绒毛高度/隐窝深度 V/C	1.26 \pm 0.11	1.23 \pm 0.07	1.23 \pm 0.05	1.33 \pm 0.12
回肠 Ileum				
绒毛高度 Villus height (μm)	259.98 \pm 4.71	258.91 \pm 15.58	273.00 \pm 10.18	289.53 \pm 22.38
绒毛宽度 Villus width (μm)	177.38 \pm 16.92 ^a	131.39 \pm 9.48 ^c	135.94 \pm 7.85 ^c	139.18 \pm 5.67 ^{bc}
隐窝深度 Crypt depth (μm)	278.41 \pm 19.62 ^a	250.72 \pm 22.35 ^{ab}	236.35 \pm 11.64 ^{ab}	217.10 \pm 5.80 ^b
绒毛高度/隐窝深度 V/C	1.05 \pm 0.05 ^c	1.42 \pm 0.24 ^{bc}	1.56 \pm 0.18 ^{ab}	1.90 \pm 0.15 ^a

图1 对照组(A)、中药渣组(B)、发酵中药渣组(C)及抗生素组(D)断奶仔猪空肠形态结构(H. E., 100 \times)Fig. 1 The jejunum morphology of weaned piglets from control group (A), CHR group (B), fermented CHR group (C) and antibiotic group (D) (H. E., 100 \times)图2 对照组(A)、中药渣组(B)、发酵中药渣组(C)及抗生素组(D)断奶仔猪回肠形态结构(H. E., 100 \times)Fig. 2 The ileum morphology of weaned piglets from control group (A), CHR group (B), fermented CHR group (C) and antibiotic group (D) (H. E., 100 \times)

多糖类物质作为免疫调节剂可以激活免疫细胞、增强机体免疫功能^[7,8]。本试验所用的中药渣组方依据中兽医理论辨证论治的原则制定^[9]。其中太子参补益脾肺、益气生津,陈皮和麦芽健脾行气,山楂开胃,水苏糖调节肠道pH、杀灭致病菌并产生大量生物活性物质。另外,中药渣经过微生物发酵,还含有菌体及其代谢产物等。因此,该药方发酵前后均可提高机体免疫力,改善肠道健康,减少多种疾病的发生。

中草药饲料添加剂可以提高日粮中粗蛋白、粗脂肪、钙和磷等营养物质的表观消化率,从而促进仔猪的生长发育^[6]。本试验在饲料中添加发酵中药渣,可在一定程度上降低料重比,效果与抗生素相当,这与Jeong等^[10]、韩宇等^[11]的结论一致。这可能是由于发酵中药渣中含有大量的有益菌及其代谢酶,进入肠道后有利于饲料中营养物质的消化与吸收,从而提高其生长性能。这也通过养分消化率得到了验证,因为发酵中药渣组各养分消化率均高于其他各组。另外,中药渣经过发酵后,总能、粗蛋白和干物质含量均明显提高,粗纤维、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维含量均降低。这与叶丙奎^[12]通过混合菌固态发酵饲料改变其营养价值结论一致。本试验中平均日采食量、日增重和料重比没有显著差异,这可能与饲喂时间较短、发酵中药渣添加剂量等因素有关。

肠绒毛高度越大,小肠吸收面积就越大;肠绒毛宽度越大、隐窝越深,消化吸收能力就越差;绒毛高度/隐窝深度比值越小,消化吸收功能就越低^[13,14]。在本试验中,抗生素组和发酵中药渣组、中药渣组空

肠和回肠绒毛长度、绒毛宽度、隐窝深度以及绒毛长度/隐窝深度均无显著差异,表明抗生素、中药渣和发酵中药渣对小肠的吸收面积均无显著影响。这与贺晓玉等^[15]用蛹虫草菌发酵五味子药渣的结果不一致,可能与发酵中药渣的种类和选用的发酵菌种不同有关。另外,发酵中药渣组空肠 V/C 最小,绒毛宽度最大,因而仔猪肠道吸收面积减少,大量未完全消化的物质在肠道后段异常发酵^[16],造成腹泻,影响仔猪的健康生长。这也可能是饲喂发酵中药渣后仔猪腹泻率升高的原因。

综上所述,饲料中添加发酵中药渣可在一定程度上提高断奶仔猪的生长性能,但对仔猪腹泻率、消化率和肠道形态结构均无显著影响。

参考文献

- 1 Kwon CH, Lee CY, Han SJ, *et al.* Effects of dietary supplementation of lipid-encapsulated zinc oxide on colibacillosis, growth and intestinal morphology in weaned piglets challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Anim Sci J*, 2014, 85:805-813.
- 2 Liu HJ (刘合军), Yin YL (印遇龙), Kong XF (孔祥峰), *et al.* Effects of Chinese herbal formula as a dietary additive on gut microflora in early-weaned piglet. *Jiangsu J Agric Sci* (江苏农业学报), 2008, 1:53-58.
- 3 Durmic Z, Blache D. Bioactive plants and plant products: Effects on animal function, health and welfare. *Anim Feed Sci Technol*, 2012, 176:150-162.
- 4 Tang WJ (汤文杰), Kong XF (孔祥峰), Yang F (杨峰), *et al.* Nutritional values in seventeen Chinese herbal medicines. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2010, 22:867-872.
- 5 Kong XF, Wu GY, Liao YP, *et al.* Effects of Chinese herbal ultra-fine powder as a dietary additive on growth performance, serum metabolites and intestinal health in early-weaned piglets. *Livest Sci*, 2007, 108:272-275.
- 6 Yan FY (燕富永), Yin YL (印遇龙), Kong XF (孔祥峰), *et al.* Effects of dietary supplementation of *Acanthopanax senticosus* extracts on weanling stress in piglets. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2010, 43:4490-4496
- 7 Xuan HZ (玄红专), Hu FL (胡福良). Antimicrobial activity and mechanism of flavonoids. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2010, 22:171-175.
- 8 Xiao LC (肖莉春), Kong XF (孔祥峰), Guo XQ (郭小权). Antibacterial ingredient of Chinese herb and its potential application in swine production. *Chin J Anim Nutr* (动物营养学报), 2012, 24:2311-2318.
- 9 An SY (安胜英), Ma XH (马学会), Liu GZ (刘观忠). Effects of fermented Chinese herbs on immunity and antioxidant ability of broilers. *Acta Veterin Zootech Sin* (畜牧兽医学报), 2015, 46:863-867.
- 10 Jeong JS, Kim IH. Effect of probiotic bacteria-fermented medicinal plants (*Gynura procumbens*, *Rehmannia glutinosa*, *Scutellaria baicalensis*) as performance enhancers in growing pigs. *Anim Sci J*, 2015, 86:603-609.
- 11 Han Y (韩宇), Diao XP (刁新平), Song MX (宋明鑫), *et al.* Effect of fermented *astragalus* on daily gain, diarrhea and immune function of weaned piglets. *J Northeast Agric Univ* (东北农业大学学报), 2012, 12:6-9.
- 12 Ye BK (叶丙奎). Effects of mixed culture solid-state fermentation on feed nutritive value and performance of growing-finishing pigs. Yangling: North West Agriculture and Forestry University (西北农林科技大学), MSc. 2009.
- 13 Huan HL (宦海琳), Bai JY (白建勇), Zhou WR (周维仁), *et al.* Effects of antimicrobial peptides on serum biochemical indices, intestinal mucosa morphology and relative expression level of tight junction protein gene of jejunum of piglets. *Chin J Anim Nutr* (动物营养学报), 2015, 27:3797-3804.
- 14 Deng J (邓军), Li YF (李云锋), Yang Q (杨倩). Effects of co-administration of *Bacillus subtilis* and porcine *Lactobacillus salivarius* on intestinal villus of piglets. *Acta Veterin Zootech Sin* (畜牧兽医学报), 2013, 44:295-301.
- 15 He XY (贺晓玉), Luo J (罗杰), Li YL (李英伦). Effects of fermented dregs of *Schisandra chinensis* on intestinal morphology and mucosal immunity of weaned piglets. *J Hunan Agric Univ* (湖南农业大学学报), 2014, 40:196-201.
- 16 Gu XH (顾宪红), Zhang HF (张宏福), She RP (余锐萍), *et al.* Effect of weaning age on small intestine morphology in piglets. *Acta Veterin Zootech Sin* (畜牧兽医学报), 2001, 32:306-313.