

Z-27 菌剂替代抗生素对断奶仔猪肠道消化酶、营养成分及其生长性能的影响

霍姝伊¹, 邓祖丽颖², 姜军坡¹, 王世英^{1*}, 张文龙³, 王 迈³, 杜国霞³

(1. 河北农业大学 生命科学学院,河北 保定 071001; 2. 郑州幼儿师范高等专科学校,河南 郑州 450000;
3. 石家庄市动物卫生监督所,河北 石家庄 050000)

摘要:为了评价枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)Z-27菌剂替代抗生素添加剂的饲喂效果,选用96头杜洛克长白杂交断奶仔猪,随机平均分为I组(基础日粮)、II组(基础日粮中添加0.02%的硫酸黏杆菌素和0.05%的硫酸庆大霉素)、III组(基础日粮中添加0.02%的硫酸黏杆菌素、0.05%的硫酸庆大霉素和0.10%的Z-27菌剂)和IV组(基础日粮中添加0.10%的Z-27菌剂),饲喂期间,每天定时观察仔猪粪便情况,计算腹泻指数。分别于正式期开始和结束时对仔猪空腹12 h称体质量,并结算剩余料,计算平均日增质量和料重比。饲喂30 d后屠宰,测定十二指肠、空肠和回肠内容物中的酸性蛋白酶、α-淀粉酶、脂肪酶及纤维素酶等消化酶活性,检测回肠、盲肠的内容物和粪便中的粗蛋白、淀粉、粗脂肪及粗纤维的含量。结果表明,与II组相比,IV组十二指肠、空肠、回肠的酸性蛋白酶活性分别提高了74.55% ($P < 0.05$)、133.40% ($P < 0.01$)、177.61% ($P < 0.01$),α-淀粉酶活性分别提高了36.82% ($P < 0.05$)、69.72% ($P < 0.05$)、117.73% ($P < 0.05$),脂肪酶活性分别提高了30.71% ($P < 0.05$)、71.03% ($P < 0.05$)、120.38% ($P < 0.05$),纤维素酶活性分别提高了225.07% ($P < 0.01$)、244.77% ($P < 0.01$)、248.50% ($P < 0.01$);IV组仔猪粪便中的粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维含量分别降低了29.49% ($P < 0.05$)、53.41% ($P < 0.05$)、22.71% ($P < 0.05$)和31.60% ($P < 0.05$);IV组平均日增质量提高5.35% ($P > 0.05$),料重比降低3.95% ($P > 0.05$),腹泻指数降低22.41% ($P > 0.05$)。综上,Z-27菌剂能提高仔猪肠道消化酶活性,降低仔猪肠道内容物及粪便中粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维含量,提高饲料利用率,提高生长性能,降低仔猪腹泻指数,其效果优于抗生素添加剂。

关键词:枯草芽孢杆菌;抗生素;断奶仔猪;消化酶;生长性能;腹泻指数

中图分类号:S816.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2017)06-0125-05

Effects of Antibiotics Substitution Agent Z-27 on Intestinal Digestive Enzymes, Nutrients and Growth Performance of Weaned Piglet

HOU Shuyi¹, DENGZU Liying², JIANG Junpo¹, WANG Shiying^{1*}, ZHANG Wenlong³, WANG Mai³, DU Guoxia³

(1. College of Life Science, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Zhengzhou Infant Normal School, Zhengzhou 450000, China; 3. Shijiazhuang Animal Health Supervision Institute, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: In order to evaluate the feeding effect of agent Z-27 which was a substitution of antibiotics on weaned piglets, 96 weaned piglets (Doric × Landrace) were randomly and averagely divided into 4 groups. Basal diet was fed to weaned piglets in the group I. Basal diet with additions of 0.02% colistin sulfate and 0.05% gentamicin sulfate was fed to weaned piglets in the group II. Basal diet with additions of 0.02% colistin sulfate, 0.05% gentamicin sulfate and 0.10% agent Z-27 was fed to weaned piglets in

收稿日期:2017-01-10

基金项目:石家庄市科学技术研究与发展计划项目(151500062A);河北农业大学生命科学学院大学生科技创新项目

作者简介:霍姝伊(1995-),女,河北廊坊人,在读本科生,研究方向:饲用益生菌及其应用。E-mail:1270655211@qq.com

*通讯作者:王世英(1963-),男,河北安平人,教授,主要从事农牧微生物研究。E-mail:wsy99999@126.com

the group III. Basal diet with additions of 0.10% agent Z-27 was fed to weaned piglets in the group IV. Regular observation of weaned piglet feces was recorded every day during the feeding period and diarrhea index was calculated. Weights of weaned piglets and the surplus deed were obtained by fasting for 12 hours at both the beginning and the end of experimental stage and average daily gains and feed-weight ratios were calculated. After 30 days, slaughter of weaned piglets was executed. And digestive enzymes, such as acid protease, alpha-amylase, lipase and cellulose, in contents of duodenum, jejunum and ileum were determined. Then contents of nutrients, such as crude protein, starch, crude fat and crude fiber, in contents of ileum and cecum and in feces were determined. Compared with the group II, activities of acid protease in contents of duodenum, jejunum and ileum in the group IV were increased by 74.55% ($P < 0.05$), 133.40% ($P < 0.01$), 177.61% ($P < 0.01$), respectively. And activities of alpha-amylase in contents of duodenum, jejunum and ileum in the group IV were increased by 36.82% ($P < 0.05$), 69.72% ($P < 0.05$), 117.73% ($P < 0.05$), respectively. Activities of lipase in contents of duodenum, jejunum and ileum in the group IV were increased by 30.71% ($P < 0.05$), 71.03% ($P < 0.05$), 120.38% ($P < 0.05$), respectively. Activities of cellulose in contents of duodenum, jejunum and ileum in the group IV were increased by 225.07% ($P < 0.01$), 244.77% ($P < 0.01$), 248.50% ($P < 0.01$), respectively. Contents of nutrients, such as crude protein, starch, crude fat and crude fiber in feces in the group IV were decreased by 29.49% ($P < 0.05$), 53.41% ($P < 0.05$), 22.71% ($P < 0.05$) and 31.60% ($P < 0.05$), respectively. The average daily gain in the group IV was increased by 5.35% ($P > 0.05$). The feed-weight ratio and diarrhea index in the group IV were decreased by 3.95% ($P > 0.05$) and 22.41% ($P > 0.05$), respectively. The results showed that agent Z-27 had multifunction of improving intestinal digestive enzymes and growth performance of weaned piglets and feed utilization ratio, decreasing contents of nutrients, such as crude protein, starch, crude fat and crude fiber in intestinal tract and in feces of piglets and decreasing weaned piglet diarrhea. The effect of agent Z-27 was superior to antibiotics addition agent.

Key words: *Bacillus subtilis*; antibiotics; weaned piglet; digestive enzymes; growth performance; diarrhea index

抗生素在饲料中长期、大量使用,会引起耐药菌株产生、动物免疫机能下降、二重感染、畜禽产品及环境中药物残留等,许多国家和地区已禁止或限制抗生素在饲料中的添加^[1]。微生态制剂是一类安全、无毒、无污染、无残留的生物类饲料添加剂,能提高仔猪肠道中的蛋白酶、淀粉酶等消化酶活性^[2],提高仔猪生长性能,增强免疫力^[3-4],并能调节肠道菌群,使仔猪肠道有益菌数量大幅提高^[5],有效抑制致病原菌的生长,维持肠道微生态平衡^[6],从而防治仔猪腹泻^[7-8]。目前,微生态制剂已经成为替代饲用抗生素研究的热点^[9-11]。枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)Z-27 菌剂是笔者所在课题组从健康仔猪肠道分离获得的菌株经深层发酵制备而得,具有抗仔猪细菌性腹泻的功能。本研究在断奶仔猪基础日粮中添加 0.10% 的 Z-27 益生菌剂,研究其对仔猪肠道内容物消化酶活性、肠道内容物和粪便主要有机营养成分、仔猪平均日增质量、料重比及腹泻指数等指标的影响,以探讨 Z-27 益生菌剂提高仔猪生长性能的作用机制,旨在为其在仔猪生产中替代抗生素添加剂应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 菌剂

枯草芽孢杆菌 Z-27 益生菌剂由河北农业大学制药工程系实验室研制,以枯草芽孢杆菌 Z-27 菌株发酵制备,活菌(芽孢)含量 1.0×10^{10} cfu/g,以下简称 Z-27 菌剂。

1.2 试验设计及饲养管理

选用 96 头健康、体质量及日龄相近的杜洛克长白杂交断奶仔猪,公母各半,随机分为 4 组,每组 3 个重复,每个重复 8 头。I 组为对照组,饲喂基础日粮;II 组为抗生素组,基础日粮中添加 0.02‰ 硫酸黏杆菌素和 0.05‰ 硫酸庆大霉素;III 组为抗生素 + 益生菌组,基础日粮中添加 0.02‰ 硫酸黏杆菌素、0.05‰ 硫酸庆大霉素和 0.10% 的 Z-27 菌剂;IV 组为益生菌组,基础日粮中添加 0.10% 的 Z-27 菌剂。预试期 5 d,进行预防接种、驱虫。进入正试期后,各组分别饲喂相应的日粮。正试期 30 d。

试验在河北清苑大庄养殖场进行。供试仔猪在保育舍饲养,漏粪地板式圈舍,自由采食和饮水。其他按猪场常规管理方法进行。分别于正试期开始和

结束时对仔猪空腹12 h称体质量并称量剩余料,计算平均日增质量和料重比。每天定时观察仔猪粪便情况,按照申俊华等^[12]和Castillo等^[13]的方法计算腹泻指数。

1.3 样品采集与预处理

试验结束时的当天早上8点前屠宰仔猪。分别从各试验组中采集新鲜粪便。每组随机抽取5头供试仔猪,屠宰后取其盲肠、十二指肠、空肠和回肠的肠道内容物,-20℃密封冷冻保存待用。其中,十二指肠、空肠和回肠的肠道内容物用于测定肠道酶活性;回肠、盲肠的内容物和粪便用于测定营养成分含量。

1.4 酶活性测定

分别称取-20℃保存的十二指肠、空肠和回肠的内容物样品,每个样品10.0 g,剪碎后加40.0 mL生理盐水,用玻璃棒搅拌,浸提约40 min。5 000 r/min离心10 min,上清液即为5倍稀释的待测酶液。参照李梓慕等^[14]的方法分别测定以上待测酶液或其稀释液中的酸性蛋白酶、α-淀粉酶、脂肪酶及纤维素酶等消化酶活性。其中,脂肪酶活性单位以脂肪酶水解液酸价表示。

1.5 仔猪肠道内容物及粪便中营养成分检测

参照李梓慕等^[14]的方法分别测定回肠、盲肠的内容物和粪便中粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维的含量(均以干物质计)。

1.6 数据处理

试验数据以平均值±标准差的形式表示。采用

SPSS 18.0软件One-way ANOVA中的瓦尔-邓肯法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 Z-27菌剂对断奶仔猪肠道酶活性的影响

由表1可知,与抗生素组(Ⅱ组)相比,益生菌组(Ⅳ组)十二指肠、空肠、回肠的酸性蛋白酶活性分别提高了74.55%($P < 0.05$)、133.40%($P < 0.01$)、177.61%($P < 0.01$),α-淀粉酶活性分别提高了36.82%($P < 0.05$)、69.72%($P < 0.05$)、117.73%($P < 0.05$),脂肪酶活性分别提高了30.71%($P < 0.05$)、71.03%($P < 0.05$)、120.38%($P < 0.05$),纤维素酶活性分别提高了225.07%($P < 0.01$)、244.77%($P < 0.01$)、248.50%($P < 0.01$)。以上结果说明,Z-27菌剂在仔猪肠道中能产生相应的酸性蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶和纤维素酶,在提高仔猪肠道消化酶活性、促进营养成分消化方面效果优于抗生素。

此外,与对照组(Ⅰ组)、抗生素组(Ⅱ组)及抗生素+益生菌组(Ⅲ组)相比,益生菌组(Ⅳ组)十二指肠、空肠、回肠的酸性蛋白酶活性、α-淀粉酶及脂肪酶活性及纤维素酶活性均显著提高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),而对照组(Ⅰ组)、抗生素组(Ⅱ组)及抗生素+益生菌组(Ⅲ组)3组间相同肠段的酸性蛋白酶、α-淀粉酶及脂肪酶活性差异均不显著($P > 0.05$)。说明抗生素不能提高肠道消化酶活性,并且对Z-27菌剂的作用存在拮抗现象。

表1 Z-27菌剂对断奶仔猪肠道4种消化酶活性的影响

组别	酸性蛋白酶活性/(U/g)			α-淀粉酶活性/(U/g)			脂肪酶活性/(mg/g)			纤维素酶活性/(U/g)		
	十二指肠	空肠	回肠	十二指肠	空肠	回肠	十二指肠	空肠	回肠	十二指肠	空肠	回肠
Ⅰ组	25.72 ± 1.81 ^{Aa}	20.68 ± 1.64 ^{Aa}	17.55 ± 1.96 ^{Aa}	16.74 ± 0.95 ^{Aa}	14.19 ± 1.15 ^{Aa}	12.88 ± 1.05 ^{Aa}	8.65 ± 0.73 ^{Aa}	7.97 ± 0.69 ^{Aa}	5.35 ± 1.14 ^{Aa}	70.49 ± 4.22 ^{Aa}	73.83 ± 4.19 ^{Aa}	75.88 ± 3.96 ^{Aa}
	23.85 ± 1.44 ^{AA}	19.79 ± 1.72 ^{AA}	17.46 ± 1.64 ^{AA}	17.98 ± 1.04 ^{AA}	15.06 ± 1.50 ^{AA}	12.35 ± 1.38 ^{AA}	9.02 ± 0.90 ^{AA}	7.11 ± 0.65 ^{AA}	5.79 ± 0.84 ^{AA}	49.62 ± 3.14 ^{AB}	50.32 ± 2.93 ^{AB}	53.77 ± 3.41 ^{AB}
Ⅲ组	24.65 ± 1.23 ^{AA}	20.46 ± 1.43 ^{AA}	16.17 ± 1.67 ^{AA}	17.18 ± 1.11 ^{AA}	14.35 ± 1.26 ^{AA}	11.95 ± 1.34 ^{AA}	8.94 ± 0.85 ^{AA}	6.67 ± 0.72 ^{AA}	5.52 ± 0.58 ^{AA}	51.41 ± 3.60 ^{AB}	54.64 ± 3.09 ^{AB}	53.67 ± 3.80 ^{AB}
	41.63 ± 2.48 ^{Ab}	46.19 ± 2.73 ^{Bb}	48.47 ± 2.92 ^{Bb}	24.60 ± 1.28 ^{Ab}	25.56 ± 1.65 ^{Ab}	26.89 ± 1.55 ^{Ab}	11.79 ± 1.01 ^{Ab}	12.16 ± 0.96 ^{Ab}	12.76 ± 1.05 ^{Ab}	161.30 ± 9.43 ^{BC}	173.49 ± 9.91 ^{BC}	187.39 ± 9.15 ^{BC}

注:同列肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$),下同。

2.2 Z-27菌剂对断奶仔猪肠道内容物和粪便营养成分含量的影响

Z-27菌剂对仔猪回肠、盲肠内容物和粪便中粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维等营养成分含量的影响见表2。结果表明,除益生菌组(Ⅳ组)粗纤维含量之外,同一组中,粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维等物质在仔猪回肠、盲肠内容物和粪便中的含量基本

一致,故粪便中各物质含量可用于分析各组间的差异。

益生菌组(Ⅳ组)仔猪粪便中的粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维等营养成分含量与抗生素组(Ⅱ组)相比,分别降低29.49%、53.41%、22.71%和31.60%,差异均达到显著水平($P < 0.05$)。对照组(Ⅰ组)、抗生素组(Ⅱ组)和抗生素+益生菌组(Ⅲ

组)仔猪粪便中的各种营养成分含量基本一致。说明 Z - 27 菌剂能够显著降低仔猪粪便中粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维等营养成分含量,在提高饲料利用率方面优于抗生素添加剂。但饲料中同时添加抗

生素添加剂的情况下,Z - 27 菌剂的作用不明显。另外,益生菌组(IV 组)的粗纤维含量数据表明,Z - 27 菌剂可使仔猪粪便粗纤维含量回肠的粗纤维含量降低 17.74%。

表 2 Z - 27 菌剂对断奶仔猪肠道内容物及粪便中 4 种营养成分含量的影响

组别	粗蛋白			淀粉			粗脂肪			粗纤维			%
	回肠	盲肠	粪便	回肠	盲肠	粪便	回肠	盲肠	粪便	回肠	盲肠	粪便	
I 组	11.70 ± 1.13 ^a	11.62 ± 0.43 ^a	11.51 ± 0.78 ^a	0.91 ± 0.09 ^a	0.89 ± 0.10 ^a	0.87 ± 0.14 ^a	17.29 ± 0.81 ^a	17.45 ± 0.79 ^a	17.34 ± 0.83 ^a	14.72 ± 0.76 ^a	14.86 ± 0.81 ^a	14.26 ± 0.73 ^a	
II 组	11.74 ± 0.96 ^a	11.34 ± 0.87 ^a	11.53 ± 0.75 ^a	0.81 ± 0.12 ^a	0.87 ± 0.11 ^a	0.88 ± 0.15 ^a	17.28 ± 1.27 ^a	17.41 ± 0.86 ^a	17.13 ± 0.78 ^a	14.59 ± 0.93 ^a	14.89 ± 0.78 ^a	14.24 ± 0.98 ^a	
III 组	11.78 ± 0.69 ^a	11.42 ± 0.98 ^a	11.47 ± 0.73 ^a	0.88 ± 0.13 ^a	0.81 ± 0.08 ^a	0.85 ± 0.12 ^a	17.21 ± 0.86 ^a	17.34 ± 1.57 ^a	17.12 ± 0.98 ^a	14.87 ± 0.82 ^a	14.77 ± 0.82 ^a	14.27 ± 0.79 ^a	
IV 组	8.34 ± 0.74 ^b	8.15 ± 0.85 ^b	8.13 ± 0.69 ^b	0.49 ± 0.11 ^b	0.48 ± 0.13 ^b	0.41 ± 0.15 ^b	13.67 ± 1.25 ^b	13.79 ± 1.01 ^b	13.24 ± 0.76 ^b	11.84 ± 0.69 ^b	10.71 ± 0.65 ^b	9.74 ± 0.72 ^b	

2.3 Z - 27 菌剂对断奶仔猪生长性能及腹泻指数的影响

由表 3 可知,与抗生素组(II 组)相比,益生菌组(IV 组)平均日增质量提高 5.35% ($P > 0.05$),料重比降低 3.95% ($P > 0.05$),腹泻指数降低 22.41% ($P > 0.05$)。说明 Z - 27 菌剂在提高仔猪生长性能、减少仔猪腹泻方面效果优于抗生素添加剂。

与对照组(I 组)相比,益生菌组(IV 组)在末质

量、平均日增质量、总增质量及料重比方面均高于对照组,其中日增质量提高 12.24% ($P < 0.05$),料重比降低 8.11% ($P < 0.05$),腹泻指数降低 39.19% ($P < 0.05$)。抗生素组(II 组)和抗生素 + 益生菌组(III 组)在末质量、平均日增质量、总增质量及料重比方面也优于对照组(I 组),但差异均不显著,在腹泻指数方面差异显著。

表 3 Z - 27 益生菌剂对断奶仔猪生长性能及腹泻指数的影响

组别	始质量/kg	末质量/kg	平均日增质量/g	总增质量/kg	总耗料/kg	料重比	腹泻指数
I 组	7.51 ± 0.35 ^a	21.74 ± 0.56 ^a	474 ± 11.7 ^a	341.4 ^a	630.8 ^a	1.85 ^a	0.74 ± 0.23 ^a
II 组	7.48 ± 0.41 ^a	22.63 ± 0.48 ^{ab}	505 ± 14.4 ^{ab}	363.6 ^{ab}	642.5 ^{ab}	1.77 ^{ab}	0.58 ± 0.18 ^{ab}
III 组	7.55 ± 0.38 ^a	22.79 ± 0.52 ^{ab}	508 ± 15.0 ^{ab}	365.7 ^{ab}	646.0 ^{ab}	1.77 ^{ab}	0.55 ± 0.16 ^{ab}
IV 组	7.53 ± 0.39 ^a	23.49 ± 0.58 ^b	532 ± 13.6 ^b	383.1 ^b	651.6 ^b	1.70 ^b	0.45 ± 0.12 ^b

3 结论与讨论

与抗生素添加剂相比,Z - 27 菌剂能提高十二指肠、空肠、回肠的酸性蛋白酶、 α -淀粉酶、脂肪酶和纤维素酶活性,从而降低回肠、盲肠内容物及粪便中粗蛋白、淀粉、粗脂肪及粗纤维的含量。该菌剂在提高仔猪生长性能、降低仔猪腹泻指数等方面效果优于抗生素添加剂。抗生素添加剂对 Z - 27 菌剂的作用存在拮抗现象。

消化酶对饲料成分的水解是养分消化的主要过程,仔猪肠道消化酶活性的高低直接影响饲料利用率和仔猪的生长性能。本试验结果表明,添加 0.10% 的 Z - 27 菌剂饲喂断奶仔猪 30 d 后,与抗生素组和对照组相比,仔猪十二指肠、空肠、回肠等各肠段的酸性蛋白酶、 α -淀粉酶、脂肪酶及纤维素酶等 4 种消化酶活性均显著提高,这与姜军坡等^[15]、孔少元等^[16]报道的该菌剂能提高育肥猪、仔猪粪便

消化酶活性的试验结果一致。这可能与 Z - 27 菌株能产生多种外源消化酶有关^[17]。

刘淮^[18]测定了长白猪(150 日龄)、杜长大三元杂交猪(150 日龄)、蓝塘猪(210 日龄)及大花白猪(216 日龄)等 4 个品种猪的胃、十二指肠、空肠和回肠内容物的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等主要消化酶活性,结果表明,随着肠段后移这 3 种酶的活性显著下降。陈彤等^[19]在 50 日龄的健康猪的消化系统酶活性测定中也有相似结果。本研究也得到了类似结果,对照组、抗生素组及抗生素 + 益生菌组从十二指肠、空肠到回肠,酸性蛋白酶、 α -淀粉酶和脂肪酶等 3 种酶活性均显著降低,但益生菌组随着肠段后移,包括纤维素酶在内的 4 种酶活性有所提高或持平,但差异不显著。这可能是由于 Z - 27 菌株能产生多种外源消化酶,随着肠段后移,Z - 27 菌株因生长繁殖而产生的外源消化酶较多,及肠道内源消化酶累积所致。

本试验结果表明,抗生素的加入对仔猪各肠段的酸性蛋白酶、 α -淀粉酶及脂肪酶活性基本没有影响,但显著降低纤维素酶活性。分析其原因,可能是酸性蛋白酶、 α -淀粉酶及脂肪酶主要是由仔猪消化腺细胞产生^[20],纤维素酶活性主要由肠道共生微生物产生,抗生素抑杀肠道微生物,而对消化腺细胞的分泌没有影响所致。

抗生素饲料添加剂具有提高动物生长性能和饲料利用率的作用^[21-22]。检测结果表明,对照组、抗生素组和抗生素+益生菌组仔猪粪便中的4种营养成分含量基本一致,说明抗生素的添加不会影响仔猪粪便中残留营养成分的排放量。其促生长效果可能是通过抑杀食糜中的微生物,同时抑杀病原微生物,预防不同程度的肠道炎症,从而提高仔猪健康水平实现的。益生菌组的数据表明,Z-27菌剂可使仔猪粪便中粗纤维含量较回肠内容物的粗纤维含量降低,其他3种物质在回肠内容物和粪便中含量基本一致。其原因可能是粗蛋白、淀粉和脂肪等物质的消化吸收在仔猪的十二指肠、空肠等部位基本完成,而纤维素较难分解,并且主要靠微生物产生的纤维素酶消化,Z-27菌剂能产生纤维素酶等外源消化酶^[14-15],在回肠、盲肠、直肠等部位继续产酶,纤维素继续被分解利用。

参考文献:

- [1] 蒋宗勇,王丽,杨雪芬,等.北欧禁用抗生素的实践对我国养猪业的启示[J].养猪,2012(3):9-14.
- [2] 王华,张淑梅,钟颖婷,等.“乳菌宝”益生菌剂对断奶仔猪肠道生理生化指标的影响[J].东北农业大学学报,2013,44(12):27-31.
- [3] 刘虎传,张敏红,冯京海,等.益生菌制剂对早期断奶仔猪生长性能和免疫指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(6):1124-1131.
- [4] 杨旭辉,王开功,殷俊磊,等.复合益生菌对仔猪免疫功能的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(12):18-21.
- [5] 王娜,商志伟,赵敏.微生态制剂对仔猪生长性能及肠道菌群的影响[J].食品与生物技术学报,2014,33(3):255-260.
- [6] 侯磊,单安山.芽孢杆菌对仔猪肠道菌群的影响[J].饲料研究,2010(3):16-18.
- [7] 张丽芳,王占武.戊糖乳杆菌制剂防治仔猪腹泻效果初探[J].中国微生态学杂志,2008,20(6):568-570.
- [8] 石秋锋,辛小召,赵佳强,等.益生菌制剂对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响[J].养猪,2013(3):9-11.
- [9] 肖宏德,肖运才,何熙贞,等.用益生菌制剂代替断奶仔猪日粮中抗生素的研究[J].动物医学进展,2014,35(3):53-58.
- [10] 周芳,谈静惠,王美琴,等.枯草芽孢杆菌D-29菌株发酵条件的优化[J].山西农业科学,2013,41(12):1333-1335.
- [11] 刘涛,张冬冬,姜军坡,等.枯草芽孢杆菌J-4制剂对肉鸡肠道酶活力及消化性能的影响[J].河南农业科学,2013,42(10):133-136.
- [12] 申俊华,周安国,王之盛,等.包被氧化锌对断奶仔猪腹泻指数及肠道发育的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(6):894-900.
- [13] Castillo M, Martín-Orúe S M, Taylor-Pickard J A, et al. Use of mannanoligosaccharides and zinc chelate as growth promoters and diarrhea preventative in weaning pigs: Effects on microbiota and gut function[J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(1):94-101.
- [14] 李梓慕,姜军坡,周曙光,等.Bacillus subtilis Z-27制剂对仔猪肠道酶活力及消化性能的影响[J].饲料工业,2012,33(2):41-45.
- [15] 姜军坡,李毅,王世英,等.Z-27菌剂对育肥猪生长性能、肠道酶活力及消化性能的影响[J].河南农业科学,2015,44(6):131-136.
- [16] 孔少元,姜军坡,周曙光,等.Bacillus subtilis Z-27制剂饲喂断奶仔猪应用研究[J].湖北农业科学,2014,53(11):2598-2602.
- [17] Park Y S, Lee J Y, Kim D H, et al. Isolation and characterization of lactic acid bacteria from feces of newborn baby and from Dongchimi [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(9):2531-2536.
- [18] 刘准.不同品种猪主要消化酶活性及相关基因 mRNA 表达的比较研究[D].广州:华南农业大学,2010.
- [19] 陈彤,杨小燕,祁保民.猪增生性肠炎消化系统酶活性的变化[J].安徽农业大学学报,2011,38(2):267-270.
- [20] 蒋正宇,周岩民,王恬.单胃动物内源消化酶活性变化规律研究进展[J].家畜生态学报,2005,26(6):85-93.
- [21] 翟玉洁,邓祖丽颖,姜军坡,等.枯草芽孢杆菌J-4菌株产抑菌物质发酵条件优化[J].河南农业科学,2017,46(2):131-135.
- [22] 曹丽萍,李万坤,陈燕军,等.抗生素饲料添加剂在动物生产中的规范应用[J].家畜生态学报,2009,30(1):105-110.