

果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡肠道菌群数量、发酵粪中氨气和硫化氢散发量及营养素利用率的影响

王晓霞¹, 易中华^{2,3}, 计成^{2*}, 马秋刚², 陈旭东²

(1. 北京农学院动物科学系, 北京 102206; 2. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100094;

3. 江西农业大学动物科技学院, 南昌 330045)

摘要: 选用 360 只 1 日龄 AA 肉公鸡, 随机分成 5 个处理组, 每个处理设 6 个重复, 每个重复 12 只鸡。试验饲料分别为: 基础饲料(对照组), 基础饲料+0.3% 果寡糖, 基础饲料+0.1% 枯草芽孢杆菌, 基础饲料+0.3% 果寡糖+0.1% 枯草芽孢杆菌, 基础饲料+150 mg/kg 金霉素(有效成分为 15%)。结果表明: 果寡糖和枯草芽孢杆菌具有选择性地增加肉鸡盲肠中的乳酸杆菌等有益菌群的数量, 减少大肠杆菌和沙门氏菌等有害菌的数量, 二者的复合添加可以更好地调节肉鸡肠道微生态环境; 与对照组相比, 肉鸡饲料中果寡糖的添加使发酵粪中 NH₃ 和 H₂S 的散发量分别降低 38.38% ($P < 0.05$) 和 24.35% ($P < 0.05$), 果寡糖+枯草芽孢杆菌的添加使发酵粪中 NH₃ 和 H₂S 的散发量分别降低 62.14% ($P < 0.05$) 和 28.49% ($P < 0.05$), 枯草芽孢杆菌或金霉素的添加对发酵粪中 NH₃ 和 H₂S 的散发量均无显著影响 ($P > 0.05$); 果寡糖、枯草芽孢杆菌和果寡糖+枯草芽孢杆菌的添加, 使肉鸡对粗灰分的利用率分别提高了 18.94% ($P < 0.05$)、17.36% ($P < 0.05$) 和 23.66% ($P < 0.05$), 钙的利用率分别提高了 20.78% ($P < 0.05$)、14.63% ($P < 0.05$) 和 21.31% ($P < 0.05$), 磷的利用率分别提高了 6.60% ($P > 0.05$)、12.32% ($P < 0.05$) 和 14.67% ($P < 0.05$), 但不影响粗蛋白利用率 ($P > 0.05$)。

关键词: 果寡糖; 枯草芽孢杆菌; 肠道菌群数量; 利用率; 氨气; 硫化氢

中图分类号: S828.2

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2006)04-0337-05

Effects of Fructo-oligosaccharide and *Bacillus subtilis* on Intestinal Microflora, Fecal Emission of Ammonia and Sulfureted Hydrogen and Nutrient Availability in Broilers

WANG Xiao-xia¹, YI Zhong-hua^{2,3}, JI Cheng^{2*}, MA Qiu-gang², CHEN Xu-dong²

(1. Department of Animal Science, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China;

2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University,

Beijing 100094, China; 3. College of Animal Science and Technology, Jiangxi

Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: A total of 360 newly-hatched AA broilers were randomly allotted into five dietary treatments with 6 replications of 12 broilers. The five experimental diets were consisted of corn-soybean meal basal diet without antibiotics as control treatment and the other four ones which supplemented the basal diet with 0.3% FOS, 0.1% *Bacillus subtilis*, 0.3% FOS + 0.1% *Bacillus subtilis*, and 22.5 mg/kg Aureomycin, respectively. The result indicated that dietary supplementation with FOS or *Bacillus* alone had selective effects on increasing caecal population of *Lactobacillus* and decreasing population of *E. Coli* and *Salmonella*. However, supplemental Aureomycin had non-selective effects on caecal microflora which inhibited all bacteria. Moreover, the combi-

收稿日期: 2005-04-21

基金项目: 北京市农委资助项目(20020220)

作者简介: 王晓霞(1961-), 女, 北京人, 硕士, 教授, 主要从事家禽营养研究。E-mail: yizhcau@163.com

* 通讯作者: 计成, Tel: 010-62732774; E-mail: jicheng@cau.edu.cn

nation of FOS and *Bacillus* had much better improvement on caecal micro-ecosystem for broiler cockerels. Fecal emission of ammonia and sulfureted hydrogen decreased by 38.38% ($P < 0.05$) and 24.35% ($P < 0.05$) resulted from addition of FOS and by 62.14% ($P < 0.05$) and 28.49% ($P < 0.05$) for combination of supplemental FOS and *Bacillus*, whereas no effect was significant ($P > 0.05$) due to dietary supplementation with *Bacillus* or Aureomycin. Availability of crude ash increased by 18.94% ($P < 0.05$), 17.36% ($P < 0.05$) and 23.66% ($P < 0.05$), calcium by 20.78% ($P < 0.05$), 14.63% ($P < 0.05$) and 21.31% ($P < 0.05$), and Phosphorus by 6.60% ($P > 0.05$), 12.32% ($P < 0.05$) and 14.67% ($P < 0.05$), respectively, resulted from dietary supplementation with FOS, *Bacillus* and combination of FOS and *Bacillus*.

Key words: Fructo-oligosaccharide; *Bacillus subtilis*; intestinal microflora; nutrient availability; ammonia; sulfureted hydrogen

国内外研究发现,寡糖、益生菌及其合生元等微生态制剂能够调控畜禽消化道微生态环境,影响氮、硫、钙、磷等的消化吸收及其后肠的发酵,进而提高其生产性能和改善机体健康状况^[1~6]。近年来,寡糖、益生菌的研究主要集中在对肠道菌群数量及免疫功能的影响上,从环保角度研究的报道较少。本试验目的是研究饲料中添加果寡糖、枯草芽孢杆菌及其二者的合剂对肉鸡肠道菌群数量、粪中氨气和硫化氢散发量及营养素利用率的影响。

1 材料与方法

1.1 果寡糖和枯草芽孢杆菌

1.1.1 果寡糖 由江南大学食品学院提供,肉鸡饲料推荐添加剂量为0.3%。按HPLC法测定^[7],含量为:单糖1.83%,蔗糖1.13%,蔗果三糖39.81%,蔗果四糖49.78%,蔗果五糖7.06%。

1.1.2 枯草芽孢杆菌 中国农业大学跨越计划项目“安全畜牧微生物饲料生产与使用技术(中试)”(22001跨-16)科研成果,枯草芽孢杆菌总含量(60±5)亿/g,肉鸡饲料推荐添加剂量为0.1%。

1.2 试验动物与试验饲料

选用360只1日龄AA肉公鸡,随机分成5个处理组,每个处理设6个重复,每个重复12只鸡。试验饲料分别为:1)基础饲料(对照组);2)基础饲料+0.3%果寡糖;3)基础饲料+0.1%枯草芽孢杆菌;4)基础饲料+0.3%果寡糖+0.1%枯草芽孢杆菌;5)基础饲料+150 mg/kg金霉素(有效成分为15%);5种饲料中都均匀混入1%硅藻土,作为酸不溶灰分^[8]。基础饲料参照NRC(1994)家禽营养需要量标准,见表1。试验鸡自由采食和饮水,饲养管理和免疫程序参照AA肉鸡饲养管理手册。

表1 不同生长阶段肉鸡基础饲料组成和营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets for broilers

原料 Ingredients	0-3 week	3-6 week
玉米 Corn	51.90	58.06
豆粕 Soybean meal	39.00	33.23
植物油 Plant oil	3.67	3.82
石粉 Limestone	0.96	1.04
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.78	1.28
食盐 Salt	0.30	0.30
赖氨酸盐酸盐 Lys-HCl	0.02	0.06
蛋氨酸 Met	0.17	0.06
胆碱 Chloride choline	0.20	0.15
硅藻土 Celite	1.00	1.00
预混料 Premix	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.55	13.15
粗蛋白 CP	21.50	19.20
钙 Ca	1.00	0.90
总磷 Total P	0.75	0.62
赖氨酸 Lys	1.10	1.00
蛋氨酸 Met	0.50	0.38

1)粗蛋白、钙、总磷为实测值,其他指标为根据《中国饲料数据库—中国饲料成分及营养价值》(2000年修订版)的计算值

2)预混料可为每kg全价料提供:维生素A 5500 IU;维生素D₃ 650 IU;维生素E 35 mg;维生素K₃ 2.5 mg;核黄素 7.5 mg;泛酸 18.6 mg;尼克酸 45.0 mg;生物素 0.25 mg;维生素B₁₂ 100 μg;锰 180 mg;铁 240 mg;锌 120 mg;铜 25 mg;碘 0.3 mg;硒 0.5 mg

1) The values of crude protein, calcium and total phosphorus were analyzed and other else were calculated according to China Feed Database (Revised edition, 2000)

2) Supplied the following per kilogram of diet: VA 5500 IU; VD₃ 650 IU; VE 35 mg; VK₃ 2.5 mg; riboflavin 7.5 mg; D-pantothenic acid 18.6 mg; niacin 44.0 mg; biotin 0.25 mg; VB₁₂ 100 μg; Mn (as manganous sulfate) 180 mg; Fe (as ferrous sulfate) 240 mg; Zn (as zinc oxide) 120 mg; Cu (as copper sulfate) 25 mg; I (as calcium iodate) 0.3 mg and Se (as sodium selenite) 0.5 mg

1.3 测试指标及方法

1.3.1 肠道菌群数量 分别于21日龄、42日龄从各处理组中随机选取6只试鸡,肌肉注射戊巴比妥酸钠麻醉后,迅速解剖,截取盲肠末端2 cm肠段,液氮保存至试验分析。

将样品从液氮中取出,挤出盲肠食糜于灭菌培养皿中,混匀,称取1 g 放于盛有99 mL 灭菌生理盐水的带有玻璃珠的灭菌三角瓶中,振荡10 min,逐级进行 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} 、 10^{-8} 、 10^{-9} 的倍比稀释,各稀释度分设3个重复,吸取0.1 mL 接种于选择性培养基平皿上。大肠杆菌、沙门氏菌、总需氧菌分别接种于伊红美兰琼脂、SS琼脂、营养琼脂培养基平皿上,在37℃生化培养箱中有氧培养24 h后菌落计数;乳酸杆菌接种于乳酸杆菌选择性培养(LBS)平皿上,在37℃生化培养箱中厌氧培养48 h后进行菌落计数^[9]。菌群数量以每克肠道内容物所含的细菌数(lgCFU/g)表示。

1.3.2 发酵粪中氨气和硫化氢散发量 饲养试验结束前1 d,按每个重复收集新鲜粪样,剔除毛屑杂物,充分混匀。准确称取50 g 新鲜鸡粪,装入500 mL 磨口玻璃瓶中,用胶塞密封,室温下放置3 d,任其发酵。用100 mL 注射器抽取100 mL 气体,经大气采样器,以小于0.1 L/min 的速度,NH₃ 和 H₂S 分别用0.005 mol/L 硫酸溶液和0.01 mol/L 碘溶液吸收。NH₃ 用纳氏试剂比色法,H₂S 用滴定法进行分析测定^[10]。

1.3.3 营养素利用率 饲养试验结束前3 d,每个重复连续3 d 收集新鲜粪样,剔除毛屑杂物,按100 g 鲜粪入10% H₂SO₄ 10 mL,充分混匀,于65~70℃烘干至恒重,回潮,粉碎后制成风干样。粗蛋白的含量用凯氏定氮法测定,粗灰分的含量用灼烧法测定,钙的含量用EDTA 滴定法测定,磷的含量用分光光度法测定^[11]。用酸不溶灰分标记法计算各处理组肉鸡粗蛋白和钙、磷的利用率。

营养素利用率(%)=

$$100 \times \frac{\text{粪中营养素含量} \times \text{饲粮酸不溶灰分含量}}{\text{饲粮营养素含量} \times \text{粪中酸不溶灰分含量}} \times 100$$

1.4 数据处理

采用SPSS 11.5 软件,对所有试验数据进行单因素方差分析,差异显著者再作Duncan 氏多重比较。试验结果用平均数±标准差($\bar{x} \pm S$)表示, $P < 0.05$ 为显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡肠道菌群数量的影响

各处理组肉鸡肠道菌群数量见表2。可见,果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡盲肠微生物的影响较为相似,与金霉素有较大的不同;这两种添加剂都减少肉鸡盲肠中的总需氧菌、大肠杆菌和沙门氏菌的数量,增加乳酸杆菌的数量;随着肉鸡的生长,这种作用更加明显。

表2 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡盲肠菌群数量的影响

Table 2 Effects of FOS and *Bacillus* on cecal microflora counts for broilers

处理组 Treatment	对照组 Control	果寡糖组 FOS	芽孢杆菌组 <i>Bacillus</i>	果寡糖+芽孢杆菌组 FOS+ <i>Bacillus</i>	lgCFU/g 金霉素组 Aureomycin
3 周 龄 3 week					
总需氧菌 Total aerobe	8.91±0.27 ^a	8.79±0.38 ^{ab}	8.67±0.34 ^{ab}	8.49±0.21 ^b	7.95±0.18 ^c
大肠杆菌 <i>E. Coli</i>	8.64±0.39 ^a	8.53±0.17 ^a	8.16±0.36 ^b	8.21±0.27 ^b	7.52±0.26 ^c
沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	6.95±0.47 ^a	6.03±0.35 ^b	6.19±0.26 ^b	5.46±0.32 ^c	未检出
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	7.30±0.34 ^c	8.18±0.38 ^b	8.03±0.29 ^b	8.45±0.19 ^a	6.75±0.48 ^d
6 周 龄 6 week					
总需氧菌 Total aerobe	8.79±0.25 ^a	8.21±0.18 ^b	8.35±0.28 ^b	7.86±0.33 ^c	8.29±0.27 ^b
大肠杆菌 <i>E. Coli</i>	8.43±0.28 ^a	7.65±0.19 ^b	7.78±0.35 ^b	7.59±0.37 ^b	7.62±0.31 ^b
沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	6.89±0.31 ^a	5.92±0.23 ^b	6.14±0.27 ^b	5.58±0.19 ^c	5.87±0.21 ^b
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	8.12±0.28 ^c	8.89±0.25 ^b	8.76±0.33 ^b	9.37±0.26 ^a	7.93±0.38 ^c

同行数据肩注字母不同者表示差异显著($P < 0.05$),未标注或字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同
Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). The same as below

本研究果寡糖对肉鸡盲肠大肠杆菌和总需氧菌的抑制作用在3周龄以前并不明显,而在肉鸡生长

后期才表现出来,可能是由于果寡糖对宿主消化道菌群数量的调控需要一定的时间,这与Houdijk

等^[13]报道类似。Stricking 等^[12]报道,芽孢杆菌可使胃肠道内有益菌如乳酸杆菌和链球菌的数量增多,这些细菌会产生大量的有机酸使肠道内 pH 下降,从而抑制胃肠道内病原菌的繁殖;而且有报道已从芽孢杆菌中分离出杆菌肽,这也可抑制病原菌的繁殖。

本研究还发现,寡糖和枯草芽孢杆菌表现出一定的协同作用,二者的复合添加对肉鸡盲肠菌群的作用效果好于抗生素,与 Swanson 的报道一致。这是由于枯草芽孢杆菌与肠道固有菌产生竞争性的酵解作用,使枯草芽孢杆菌在通过肠道上段时存活率

得到改善,后肠微生物的定植率提高,从而增强了寡糖对内源和外源菌生长及活性的刺激作用。

2.2 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡发酵粪中氨气和硫化氢散发量的影响

由表 3 可知,肉鸡饲料中果寡糖的添加,使发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量分别降低 38.38% ($P < 0.05$) 和 24.35% ($P < 0.05$),与 Canh 等^[14]报道的基本一致,这可能是由于果寡糖可使胃肠道内有益菌如乳酸杆菌和链球菌的数量增多,这些细菌会产生大量的有机酸使肠道内 pH 下降;而且粪尿中未消化果寡糖可降低其 pH 值。

表 3 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡粪中氨气和硫化氢散发量的影响

Table 3 Effects of FOS and *Bacillus* on fecal emission of ammonia and sulfureted hydrogen in broilers mg/L

处理组 Treatment	对照组 Control	果寡糖组 FOS	芽孢杆菌组 <i>Bacillus</i>	果寡糖+芽孢杆菌组 FOS+ <i>Bacillus</i>	金霉素组 Aureomycin
NH_3	57.26±5.34 ^c	35.28±6.79 ^b	55.67±14.93 ^c	21.68±7.66 ^a	51.82±21.97 ^c
H_2S	34.75±3.98 ^b	26.69±2.73 ^a	34.21±12.64 ^b	24.85±6.56 ^a	32.87±8.83 ^b

果寡糖+枯草芽孢杆菌的添加,使发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量分别降低 62.14% ($P < 0.05$) 和 28.49% ($P < 0.05$),而且果寡糖+枯草芽孢杆菌添加组粪中 NH_3 散发量显著低于 ($P < 0.05$) 果寡糖添加组,但二组之间 H_2S 的散发量差异不显著 ($P > 0.05$)。虽然本试验枯草芽孢杆菌的添加可选择性地增加肉鸡盲肠中的乳酸杆菌等有益菌群的数量,但不能有效降低发酵鸡粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量,这可能是体内外环境差异较大所致。

有试验表明,乳酸杆菌和双歧杆菌并不分解含氮化合物,产生的乳酸和挥发性脂肪酸可降低肠道和粪尿 pH,从而减少肠道和粪尿中 NH_3 、 H_2S 、吲哚和胺类等恶臭气体的产量。安永义等^[10]报道,乳酸杆菌的添加可降低发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量。因此,在枯草芽孢杆菌中复合添加乳酸杆菌和双歧杆菌,对改善动物微生态环境和降低粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量很有必要。另外,本研究还发现,

果寡糖和枯草芽孢杆菌的复合添加,使发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量进一步降低,这也预示着果寡糖和益生菌组成的合生元对降低鸡舍中有害气体含量可能起着更重要的作用。

2.3 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡营养素利用率的影响

各处理组肉鸡粗蛋白、粗灰分、钙、磷利用率见表 4。肉鸡饲料中添加果寡糖、枯草芽孢杆菌、果寡糖+枯草芽孢杆菌、金霉素有提高粗蛋白利用率的趋势,但各处理组之间差异均不显著 ($P > 0.05$),与国内外许多报道^[15~17]一致。这是由于枯草芽孢杆菌可分泌蛋白酶,果寡糖可增加食糜中蛋白酶的活性,金霉素可使消化道肠壁变薄且微生物消耗减少,使蛋白质消化吸收有增加的趋势。同时,果寡糖发酵需要合成更多的微生物蛋白,枯草芽孢杆菌的活动也需要不断合成和分解微生物蛋白,使粪氮的排泄有增加的可能。但这些因素的综合不足以影响粗蛋白利用率。

表 4 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡粗蛋白、粗灰分、钙、磷利用率的影响

Table 4 Effects of FOS and *Bacillus* on availability of crude protein, crude ash, calcium and phosphorus for broilers %

处理组 Treatment	对照组 Control	果寡糖组 FOS	芽孢杆菌组 <i>Bacillus</i>	果寡糖+芽孢杆菌组 FOS+ <i>Bacillus</i>	金霉素组 Aureomycin
粗蛋白 CP	61.95±6.17	63.86±5.14	62.98±5.76	64.73±3.87	64.19±4.36
粗灰分 ASH	34.79±3.48 ^a	41.38±3.76 ^b	40.83±2.62 ^b	43.02±2.47 ^b	42.18±3.49 ^b
钙 Ca	38.06±2.83 ^a	45.97±3.18 ^b	43.63±2.91 ^b	46.17±3.16 ^b	46.23±2.77 ^b
磷 P	33.18±2.71 ^a	35.37±2.98 ^{ab}	37.27±3.16 ^b	38.03±2.93 ^b	36.58±2.68 ^b

果寡糖、枯草芽孢杆菌、果寡糖+芽孢杆菌或金霉素的添加,使肉鸡饲料中粗灰分的利用率分别提高了 18.94% ($P < 0.05$)、17.36% ($P < 0.05$)、23.66% ($P < 0.05$)、21.24% ($P < 0.05$),但各添加组之间差异不显著 ($P > 0.05$);使钙的利用率分别提高了 20.78% ($P < 0.05$)、14.63% ($P < 0.05$)、21.31% ($P < 0.05$)、21.47% ($P < 0.05$),但各添加组之间差异不显著 ($P > 0.05$);使磷的利用率分别提高了 6.60% ($P > 0.05$)、12.32% ($P < 0.05$)、14.67% ($P < 0.05$)、10.25% ($P < 0.05$),但各添加组之间差异不显著 ($P > 0.05$),这与 Ohta 等^[15]、胡彩虹等^[16]、武英等^[17]的报道基本一致。本试验证实,果寡糖、枯草芽孢杆菌及二者的复合具有选择性地增加肉鸡盲肠中的乳酸杆菌等有益菌群的数量。这些细菌产生了大量的乳酸和挥发性脂肪酸,使肠道内 pH 下降,增加了矿物质的溶解度,促进矿物质的吸收。在本研究中,果寡糖的添加可显著提高钙的利用率,但对磷利用率的改善不显著,这可能是由于本研究中果寡糖 0.3% 的添加对植酸磷的作用不明显所致。果寡糖的添加可增加大肠中但减少小肠中钙结合蛋白水平,而大肠中钙结合蛋白含量与钙的吸收率呈正相关,小肠中钙结合蛋白含量则与钙的吸收率呈负相关^[15]。

3 结 论

果寡糖和枯草芽孢杆菌具有选择性地增加肉鸡盲肠中的乳酸杆菌等有益菌群的数量,减少大肠杆菌和沙门氏菌等有害菌的数量,二者的复合使用可以更好地调节肉鸡肠道微生态环境;果寡糖的添加可降低发酵鸡粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量,果寡糖和枯草芽孢杆菌的复合添加使发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量进一步降低;果寡糖和枯草芽孢杆菌可显著提高钙、磷和粗灰分的利用率,但不影响粗蛋白利用率。

参考文献:

[1] Gati L. Effect of *Lacto sacc* added to sow or piglet diets[A]. Proceedings of Alltech's 8th Annual Symposium[C]. Nicholasville, Kentucky, USA. 1992.

[2] McGinnis K. *Lacto sacc* versus *Bacitracin* in broiler starter diets [A]. Proceedings of Alltech's 8th Annual Symposium[C]. Kentucky: Alltech Technical Publications. 1992.

[3] Scheuermann S E. Effect of probiotics on energy and

protein metabolism growing pigs [J]. Anim Feed Sci Technol, 1993, 41:181~189.

[4] Swanson K S. Prebiotics and probiotics: impact on gut microbial populations, nutrient digestibility, fecalprotein catabolite concentration, and immune function of human and dogs [D]. University of Illinois, 1997.

[5] 陈旭东,马秋刚,计成,等.芽孢杆菌的果寡糖制剂对断奶仔猪肠道菌群的影响 [J]. 中国饲料,2003,18:11~13.

[6] 易中华,胥传来,马秋刚,等.果寡糖和益生菌对肉鸡生产性能和腹泻的影响[J]. 饲料工业,2004,5:49~51.

[7] 甘宾宾.高效液相色谱法测定低聚果糖的组分[J]. 色谱,1999,17(1):87~89.

[8] Scott T A, Hall J W. Using acid insoluble ash marker ratios to predict digestibility of wheat and barley metabolizable energy and nitrogen retention in broiler chicks [J]. Poult Sci, 1998, 77:674~679.

[9] 洪涛.生物医学超微结构与电子显微镜技术[M]. 科学出版社,1984.

[10] 安永义,王新谋,刘春燕,等.活菌直接混入鸡粪对鸡粪中氨和硫化氢产生的影响[J]. 当代畜牧,1996,3:12~13.

[11] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京农业大学出版社,1993.

[12] Stricking J A, Harmon D L, Dawson K A, et al. Evaluation of oligosaccharide addition to dog diets: influences on nutrient digestion and microbial populations [J]. Anim Feed Sci Technol, 2000, 86:205~219.

[13] Houdijk G M, Bosch M W, Verstegen H J. Effects of dietary oligosaccharides on the growth performance and faecal characteristic of young growing pigs[J]. Anim Feed Sci Technol, 1998,71: 35~48.

[14] Canh T T, Sutton A L, Aarnink A J A, et al. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pig [J]. Anim Sci, 1998, 76: 1 887~1 895.

[15] Ohta A M, Ohtsuki S, Baba S, et al. Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides[J]. J Nutr, 1995, 125: 2 417~2 425.

[16] 胡彩虹,占秀安.果寡糖对肉鸡消化机能的影响[J]. 中国粮油学报,2003,1:49~54.

[17] 武英,郭建凤,张印,等.活菌制剂与抗生素对仔猪饲料消化率和肠道微生物数量的影响[J]. 中国畜牧杂志,2004,7:20~21.