

谢 鹏,付胜勇,常玲玲,等. 枯草芽孢杆菌对乳鸽生长性能、小肠形态和结直肠菌群的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):190-193.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.062

枯草芽孢杆菌对乳鸽生长性能、小肠形态和结直肠菌群的影响

谢 鹏¹,付胜勇¹,常玲玲¹,戴 鑫¹,卜 柱¹,童海兵¹,李卫芬²

(1. 中国农业科学院家禽研究所,江苏扬州 225125; 2. 浙江大学饲料科学研究所/动物分子营养学教育部重点实验室,浙江杭州 310058)

摘要:为了研究亲鸽饲料中添加不同水平枯草芽孢杆菌对乳鸽生长性能、小肠形态及结直肠菌群的影响,选取 1 080 羽 60 周龄的成年美国白羽王鸽(雌雄各半,共 540 对),随机分成 4 组:对照组、试验 1 组(T_1)、试验 2 组(T_2)、试验 3 组(T_3)。分别饲喂含 0、200、400、600 mg/kg 枯草芽孢杆菌的基础饲粮,试验期为 28 d。结果表明: T_2 和 T_3 处理组有提高乳鸽体重的趋势,但与对照组相比差异不显著($P>0.05$)。与对照组相比, T_2 组乳鸽十二指肠、空肠和回肠绒毛高度分别提高 32.81%、26.08% 和 28.63% ($P<0.05$),绒毛表面积分别提高 38.69%、84.59% 和 36.6% ($P<0.05$),空肠隐窝深度则降低 20.46% ($P<0.05$); T_3 组十二指肠和回肠绒毛高度分别提高 24.33% 和 16.72% ($P<0.05$),空肠和回肠隐窝深度则分别降低 21.82% 和 11.94% ($P<0.05$)。 T_3 组能显著降低结直肠内容物中大肠杆菌数量,并提高乳酸杆菌数量($P<0.05$)。综上所述,饲料中添加枯草芽孢杆菌能有效促进小肠绒毛发育,提高营养物质消化吸收的能力,并显著降低结直肠内容物中大肠杆菌数量和提高乳酸杆菌的数量,因而能够有效维持乳鸽的肠道健康。

关键词:枯草芽孢杆菌;乳鸽;小肠;菌群

中图分类号: S836.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)06-0190-04

畜禽生产过程中使用的抗生素对人体和生态环境造成的危害已引起人们的日益重视^[1-2]。欧盟自 2006 年起就已全面禁止食品动物生产过程中使用抗生素类添加剂,而抗生素在我国农业生产中也逐步限制使用,因此寻找合适的抗生素替代品成为维持畜禽健康生产的重要途径。益生枯草芽孢杆菌制剂是微生态制剂的重要组成部分。有研究表明,枯草芽孢杆菌能提高饲料消化率^[3-4],抑制宿主肠道病原菌增殖并提高有益菌数量^[5-6],增强机体抗病能力^[7],从而达到促进动物生长的效果,因而被认为是一种理想安全的抗生素替代品,目前在畜禽生产中已得到推广应用。

鸽子被认为是一种高瘦肉率、低脂肪的优良禽类,非常适合需要控制脂肪摄入量的人群食用,尤其在注重健康饮食理念的当下,鸽子更是被认为是一种保健与治疗食品。近年来,我国鸽养殖发展迅速,受益于鸽行业生产技术的提高以及需求的不断扩大,鸽养殖在国内外都具有十分良好的发展前景。然而,一直以来人们对鸽的消化生理特性和营养物质代谢研究甚少,NRC 至今也未提供鸽子的营养需求标准,对于适用于肉鸽生产的添加剂研究几乎未见报道。本研究首次将枯草芽孢杆菌制剂添加于亲鸽饲粮中,研究其对乳鸽生长性能、小肠形态学以及结直肠菌群的影响,初步探讨枯草芽孢杆菌在肉鸽生产中的应用效果和作用机理,为肉鸽的健康养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

枯草芽孢杆菌菌粉(活菌总含量为 4 亿 CFU/g)由浙江大学动物科学学院饲料研究所提供。

收稿日期:2014-07-03

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)3073];江苏省扬州市农业科技攻关(编号:yz2011050);。

作者简介:谢 鹏(1986—),男,安徽黄山人,博士,从事畜禽营养研究。E-mail:pengxiejqs@126.com。

通信作者:卜 柱,副研究员,硕士生导师。E-mail:jsbuzhu@163.com。

[12] 李万军. 牛磺酸对肉鸡饲养分利用率、免疫器官发育及屠宰性能的影响研究[J]. 中国农学通报,2012,28(23):6-10.

[13] 宁康健,吕锦芳,金光明,等. 复方杜仲对肉鸡免疫器官发育及 ND-HI 效价的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(12):37-40.

[14] Rivas A L, Fabricant J. Indications of immunodepression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus[J]. Avian Diseases, 1988, 32(1):1-8.

[15] 吴纪经,高仕英,吴英华,等. 酵母多糖对鸡新城疫 HI 抗体水平和 T 细胞增殖的影响[J]. 中国兽医杂志,1998,24(2):15-16.

[16] Drits S S, Shi J, Kielian T L, et al. Influence of dietary beta-glucan on growth performance, nonspecific immunity, and resistance to *Streptococcus suis* infection in weanling pigs[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(11):3341-3350.

[17] 王秋梅. 牛至油对肉仔鸡生长性能和细胞免疫功能的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2008(3):13-16.

1.2 试验设计及饲料组成

试验选取 1 080 羽 60 周龄的成年美国白羽王鸽(雌雄各半,共 540 对亲鸽),随机分成 4 组,即对照组、试验 1 组(T₁)、试验 2 组(T₂)和试验 3 组(T₃),每个处理组 3 个重复,每个重复 45 对亲鸽。亲鸽所产受精蛋采用电孵化箱进行人工孵化,1 日龄乳鸽出壳当天即放回亲鸽笼中,每对亲鸽哺育 2 只乳鸽。基础饲料参照 Xie 等报道的亲鸽日粮^[8]进行配制,其组成及营养水平见表 1。对照组饲喂基础饲料,试验组 T₁、T₂、T₃ 分别饲喂基础饲料添加 200、400、600 mg/kg 枯草芽孢杆菌菌粉的饲料,预饲期 7 d,正式试验期 28 d。

表 1 试验日粮组成及主要营养成分(风干基础)

项目	成分	含量
原料组成	玉米(%)	43.50
	豌豆(%)	26.50
	豆粕(%)	11.00
	小麦(%)	8.60
	鱼粉(%)	1.50
	豆油(%)	3.00
	磷酸二氢钙(%)	0.80
	贝壳粉(%)	2.00
	食盐(%)	0.25
	预混料 ⁽¹⁾ (%)	0.50
	蛋氨酸(%)	0.10
	沸石粉(%)	2.25
营养水平测定值 ⁽²⁾	干物质(%)	86.15
	粗蛋白质(%)	16.43
	粗脂肪(%)	5.71
	粗灰分(%)	5.93
	粗纤维(%)	3.39
	总能(MJ/kg)	16.94
营养水平计算值 ⁽³⁾	赖氨酸(%)	0.89
	蛋氨酸(%)	0.31
	钙(%)	1.10
	有效磷(%)	0.34

注:(1)1 kg 预混饲料提供维生素 A 4 000 IU、维生素 D₃ 1 725 IU、维生素 E 24 mg、维生素 K₃ 1 mg、维生素 B₁ 3 mg、维生素 B₂ 13 mg、维生素 B₆ 2 mg、维生素 B₁₂ 25 μg、烟酸 15 mg、叶酸 0.55 mg、泛酸 7.5 mg、生物素 0.12 mg、氯化胆碱 200 mg、铜 10 mg、铁 35 mg、锰 55 mg、锌 35 mg、碘 0.2 mg、硒 0.25 mg。(2)测定 3 个重复取平均值。(3)参照中国饲料成分及营养价值表(2010)。

1.3 饲养管理

试验在江苏省扬州市公道鸽场进行。采用 3 层全阶梯笼养,每对亲鸽单笼饲养,每层阶梯笼共用 1 个料槽,饲养期间自由采食及饮水。饲料及饮水中均未采用任何药物添加剂进行疾病防治或促进生长。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 饲料分析 采用 5 分法取代表性饲料,将颗粒饲料研磨成粉状,使其可通过 1 mm 孔径筛网。干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维及粗灰分分别按照 AOAC(1990) 925.09、988.05、920.39、978.10、942.05 步骤测定^[9]。饲料能值采用 PARR 1281 自动氧弹仪(Parr 公司, Moline, Illinois, USA)测定。

1.4.2 生长性能 试验过程中每日记录各日龄乳鸽(试验

期)内出生乳鸽)死亡情况。试验结束后,每个重复随机选取 2 羽 28 日龄乳鸽,每个处理组 6 羽,禁食 24 h 后称质量并屠宰,将肝脏、肾脏、心脏、脾脏、肌胃和腺胃取出分别称质量,并计算其相对质量。

1.4.3 小肠形态学 乳鸽十二指肠、空肠和回肠各部分均采用石蜡切片法观察其形态结构,按照甲醛固定、冲洗、脱水、透明、浸蜡、包埋、切片等常规步骤进行,采用苏木素-伊红染色法染色。用相差显微镜(Nikon,日本)拍照并观察,各肠段绒毛高度、隐窝深度和绒毛宽度以 Image J 1.46 软件(NIH,美国)进行测定分析。绒毛表面积用以下公式计算:绒毛表面积=2π×(绒毛顶端宽度)×(绒毛高度)^[10]。

1.4.4 结直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的培养与计数 采用菌落培养计数法测定鸽结直肠中大肠杆菌和乳酸杆菌的数量。在无菌操作台上取鸽结直肠内容物,按照 1 g:9 mL 的比例用 0.01 mol/L PBS 缓冲液温和振荡重悬,置于灭菌试管内,依次将悬液稀释至原液的 10⁻³、10⁻⁴、10⁻⁵。准确吸取 100 μL 稀释液滴入培养基,每个梯度 3 个重复。鉴定大肠杆菌和乳酸杆菌的选择性培养基分别为麦康凯琼脂和 LBS 琼脂培养基,大肠杆菌 37 ℃ 培养 24 h,乳酸杆菌 37 ℃ 培养 36 h。培养完毕后,选择菌落数为 30~300 的平板进行统计分析。结果按照 1 g 肠道内容物所含的细菌数,以对数值[lg(CFU/g)]表示。计算公式为:1 g 肠内容物含菌数(CFU/g)=菌落数×稀释度×滴种取样量/肠道内容物取样量。

1.5 数据处理

由于肠道形态学指标数据量较大,因而首先进行数据正态性分布和方差齐性检验,分别采用 Shapiro-Wilk 和 Levene 检验。对于符合正态分布的数据,采用 SPSS 17.0 软件的 One-Way ANOVA 进行统计分析;对于非正态分布的数据,采用 SAS 9.13 软件进行 Kruskal-Wallis 和 Nemenyi 检验。其他指标数据直接进行 One-Way ANOVA 检验。计算结果以“平均值±标准误差”表示。

2 结果与分析

2.1 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽体质量和各组织器官相对质量的影响

由表 2 可见,处理组亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌有提高 28 日龄乳鸽体质量的趋势,但差异不显著(P>0.05)。各处理组乳鸽死亡率和肝脏、肾脏、心脏、脾脏、肌胃和腺胃的相对质量变化也不显著(P>0.05)。

2.2 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽小肠形态结构的影响

由表 3 可见,亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽小肠各段绒毛高度、隐窝深度和绒毛表面积影响均显著(P<0.05)。与对照组相比,T₂ 组乳鸽十二指肠、空肠和回肠绒毛高度分别提高 31.82%、26.08% 和 28.63%(P<0.05),而各肠段绒毛表面积分别提高 38.69%、84.59% 和 36.60%(P<0.05),空肠隐窝深度则降低 20.46%(P<0.05);与对照组相比,T₃ 组十二指肠和回肠绒毛高度分别提高 24.33% 和 16.72%(P<0.05),空肠和回肠隐窝深度则分别降低 21.82% 和 11.94%(P<0.05)。

表 2 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽生长性能的影响

处理	体质量 (g)	死亡率 (%)	相对质量					
			肝脏	肾脏	心脏	脾脏	肌胃	腺胃
对照	429.36 ± 13.70a	8.75 ± 0.96a	2.65 ± 0.08a	0.84 ± 0.04a	1.15 ± 0.04a	0.11 ± 0.01a	1.44 ± 0.03a	0.36 ± 0.03a
T ₁	406.83 ± 16.49a	9.39 ± 1.04a	2.98 ± 0.24a	0.96 ± 0.02a	1.12 ± 0.05a	0.10 ± 0.02a	1.67 ± 0.09a	0.40 ± 0.01a
T ₂	465.25 ± 16.97a	7.93 ± 0.98a	2.78 ± 0.11a	0.93 ± 0.04a	1.69 ± 0.04a	0.08 ± 0.01a	1.76 ± 0.14a	0.30 ± 0.02a
T ₃	457.80 ± 12.87a	8.13 ± 1.26a	2.53 ± 0.19a	0.79 ± 0.07a	1.10 ± 0.03a	0.07 ± 0.01a	1.63 ± 0.08a	0.35 ± 0.02a

表 3 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽小肠形态结构的影响

处理	绒毛高度 (μm)			隐窝深度 (μm)		
	十二指肠	空肠	回肠	十二指肠	空肠	回肠
对照	2 284.36 ± 84.85a	1 925.93 ± 79.23a	794.57 ± 57.28a	192.82 ± 8.62a	162.59 ± 9.63b	110.51 ± 3.27b
T ₁	2 286.76 ± 54.52a	1 708.85 ± 86.60a	790.45 ± 21.03a	219.78 ± 10.83a	164.43 ± 7.83b	102.03 ± 3.80ab
T ₂	3 011.22 ± 50.16b	2 428.20 ± 56.69b	1 022.02 ± 30.39b	179.04 ± 6.19a	129.32 ± 6.94a	108.62 ± 3.72ab
T ₃	2 840.24 ± 272.56b	1 877.04 ± 70.50a	927.43 ± 26.41b	163.65 ± 11.41a	127.11 ± 4.94a	97.31 ± 2.71a

处理	绒毛表面积 (mm ²)		
	十二指肠	空肠	回肠
对照	4.73 ± 0.49a	3.05 ± 0.22a	1.53 ± 0.14a
T ₁	4.34 ± 0.29a	2.34 ± 0.18a	1.72 ± 0.08ab
T ₂	6.56 ± 0.23b	5.63 ± 0.71b	2.09 ± 0.11b
T ₃	5.10 ± 0.56ab	3.21 ± 0.28a	1.88 ± 0.09ab

2.3 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽结直肠菌群的影响

亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽结直肠内容物中的大肠杆菌和乳酸杆菌数量影响显著(表 4)。T₃ 组显著降低了大肠杆菌数量并提高了乳酸杆菌数量($P < 0.05$),而 T₁ 和 T₂ 处理组 2 种菌数量则与对照组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 4 亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌对乳鸽结直肠菌群的影响

处理	lg[结直肠菌群数量(CFU/g)]	
	大肠杆菌	乳酸杆菌
对照	5.38 ± 0.17b	6.98 ± 0.05a
T ₁	5.48 ± 0.21b	7.37 ± 0.07ab
T ₂	4.73 ± 0.17ab	7.51 ± 0.12ab
T ₃	4.09 ± 0.31a	7.97 ± 0.40b

3 讨论

3.1 枯草芽孢杆菌对乳鸽生长性能的影响

乳鸽主要是由亲鸽分泌的鸽乳饲喂至 28 日龄。早期鸽乳属于全浆分泌,具有高含量的脂肪(9% ~ 11%)和蛋白(9% ~ 13%),但极度缺乏碳水化合物^[11],而 10 日龄后鸽乳逐渐向饲料状态转化,到后期基本上是经过软化和初步消化的饲料^[12]。因此,本试验通过亲鸽反刍作用将枯草芽孢杆菌间接作用于乳鸽的方法是可行的。

目前大量研究报告显示,日粮中添加枯草芽孢杆菌能够改善禽类的生产性能。Abdelqader 等在对蛋鸡的研究中发现,枯草芽孢杆菌能够显著提高蛋鸡产蛋后期的产蛋率,并减少破蛋率的发生^[13]。程志斌等认为,枯草芽孢杆菌主要是通过提高饲料蛋白质的消化利用率从而达到改善肉仔鸡的生长性能,并认为其可有效替代饲用抗生素,适用于肉鸡地面平养或规模化笼养方式^[14]。但是对于枯草芽孢杆菌在动物生产上应用效果的报道并非完全一致。卞国顺等的试验结果表

明,枯草芽孢杆菌处理组肉仔鸡平均日采食量、日增质量和料重比与对照组相比均差异并不显著^[15-16]。本试验结果显示,亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌有提高 28 日龄乳鸽生长性能的趋势,但差异不显著。笔者认为,枯草芽杆菌在动物生产上的应用效果与其制作工艺、应用剂量以及动物种类有关,乳鸽成雏晚,其独特的采食特点可能也是影响微生态制剂应用的重要因素之一。

3.2 枯草芽孢杆菌对乳鸽小肠形态结构的影响

肠道绒毛高度和绒毛表面积是营养物质吸收效率的形态学指标,隐窝能够产生待分化的干细胞参与绒毛细胞的更新。在禽类中,较高的绒毛高度和较低的隐窝深度往往是一个分化较好的肠黏膜的标志^[17]。有研究表明,在产蛋后期应用枯草芽孢杆菌制剂对蛋鸡肠黏膜形态具有良好的维持作用^[13]。Samanya 等在肉仔鸡饲料中添加枯草芽孢杆菌制剂经 28 d 的饲喂,虽然枯草芽孢杆菌并未起到促进肉仔鸡生长的效果,但却能有效提高绒毛高度并增大绒毛表面积^[18]。有研究认为,肠黏膜吸收单元面积的提高主要是由于益生菌在肠道内的发酵作用直接促进肠道细胞的增殖,并由此引起营养物质吸收效率的提高^[19-20]。本试验结果表明,亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌能够有效提高乳鸽肠道绒毛高度、降低隐窝深度并增大绒毛表面积,这与前人的研究结果基本类似。说明枯草芽孢杆菌制剂能够促进乳鸽肠绒毛的发育水平,提高其吸收营养物质的效率。

3.3 枯草芽孢杆菌对乳鸽结直肠菌群的影响

益生菌通过在宿主肠道内定植,对致病菌产生竞争性排斥,并产生多种抑菌物质包括短链脂肪酸、细菌素、多肽类抗生素等,降低肠道 pH 值,起到抑制有害菌生长的作用^[21]。已有大量研究表明,在肉鸡饲料中添加枯草芽孢杆菌制剂不仅能够有效降低肠道内大肠杆菌、沙门氏菌和梭菌的数量,而且对乳酸杆菌和双歧杆菌具有促进增殖的作用^[6,13,22]。枯草芽

孢杆菌进入宿主体内,由于其在定植过程中消耗大量游离氧,降低了肠内氧气的浓度,从而有利于乳酸杆菌、双歧杆菌等厌氧或兼性厌氧菌的生长,同时抑制了大肠杆菌等需氧菌的生长,从而保持了肠道微生态的健康。笔者发现,亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌能显著降低大肠杆菌的数量并提高乳酸杆菌的数量,这与前人研究结果一致。由此可见,枯草芽孢杆菌可通过维持乳鸽肠道菌群平衡避免肠黏膜受到病原毒素的侵害,从而达到维持动物健康的效果。

4 结论

亲鸽饲料中添加枯草芽孢杆菌有提高 28 日龄乳鸽生长性能的趋势,同时该益生菌制剂能显著促进绒毛发育,提高营养物质消化吸收。与此同时,还能显著降低结直肠内容物中大肠杆菌数量并提高乳酸杆菌的数量,因而能够有效维持乳鸽的肠道健康。综合考虑,本试验建议在实际生产中亲鸽饲料枯草芽孢杆菌的添加量为 400 ~ 600 mg/kg。

参考文献:

- [1] 陈一资,胡滨. 动物性食品中兽药残留的危害及其原因分析[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(2):162-166.
- [2] 王冉,刘铁铮,王恬. 抗生素在环境中的转归及其生态毒性[J]. 生态学报,2006,26(1):265-270.
- [3] Li L L, Hou Z P, Li T J, et al. Effects of dietary probiotic supplementation on ileal digestibility of nutrients and growth performance in 1- to 42-day-old broilers[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(1):35-42.
- [4] Mountzouris K C, Tsitsikos P, Palamidi I, et al. Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition[J]. Poultry Science, 2010, 89(1):58-67.
- [5] Kornegay E T, Risley C R. Nutrient digestibilities of a corn-soybean meal diet as influenced by *Bacillus* products fed to finishing swine[J]. Journal of Animal Science, 1996, 74(4):799-805.
- [6] Sen S, Ingale S L, Kim Y W, et al. Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology[J]. Research in Veterinary Science, 2012, 93(1):264-268.
- [7] la Ragione R M, Casula G, Cutting S M, et al. *Bacillus subtilis* spores competitively exclude *Escherichia coli* O78:K80 in poultry[J]. Veterinary Microbiology, 2001, 79(2):133-142.
- [8] Xie P, Wang Y M, Wang C, et al. Effect of different fat sources in parental diets on growth performance, villus morphology, digestive enzymes and colorectal microbiota in pigeon squabs[J]. Archives of Animal Nutrition, 2013, 67(2):147-160.

- [9] Official methods of analysis [M]. 15th ed. Washington D C: AOAC, 1990.
- [10] Sakamoto K, Hirose H, Onizuka A, et al. Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats[J]. Journal of Surgical Research, 2000, 94(2):99-106.
- [11] Shetty S, Bharathi L, Shenoy K B, et al. Biochemical properties of pigeon milk and its effect on growth[J]. Journal of Comparative Physiology: B, 1992, 162(7):632-636.
- [12] Vandeputte - Poma J. Feeding growth and metabolism of the pigeon, *columba livia domestica*; duration and role of crop milk feeding[J]. Journal of Comparative Physiology: B, 1980, 135(2):97-99.
- [13] Abdelqader A, Al - Fatafah A R, Dağ G. Effects of dietary *Bacillus subtilis* and inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production[J]. Animal Feed Science and Technology, 2013, 179(1/2/3/4):103-111.
- [14] 程志斌, 吴淑云, 张红兵, 等. 枯草芽孢杆菌对地面平养和笼养肉仔鸡生产性能及血液指标的影响[J]. 饲料工业, 2012, 33(18):38-43.
- [15] 卞国顺, 崔志文, 姚 彪, 等. 枯草芽孢杆菌替代抗生素对肉鸡生产性能和肠道黏膜酶活的影响[J]. 饲料工业, 2012, 33(9):34-36.
- [16] 郝生宏. 益生菌制剂后活性及其对肉仔鸡生产性能, 血液生化指标和肠道微生物的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2012.
- [17] Jeurissen S M, Lewis F, van der Klis J D, et al. Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry asconstituted by immunity, integrity and functionality[J]. Current Issues in Intestinal Microbiology, 2002, 3(1):1-14.
- [18] Samanya M, Yamauchi K E. Histological alterations of intestinal villi in chickens fed dried *Bacillus subtilis* var. *natto*[J]. Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular & Integrative Physiology, 2002, 133(1):95-104.
- [19] Younes H, Coudray C, Bellanger J, et al. Effects of two fermentable carbohydrates (inulin and resistant starch) and their combination on calcium and magnesium balance in rats[J]. The British Journal of Nutrition, 2001, 86(4):479-485.
- [20] Scholz - Ahrens K E, Ade P, Marten B, et al. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure[J]. The Journal of Nutrition, 2007, 137(Suppl 2):S838-S846.
- [21] 林 勇, 赵 伟, 吴云良, 等. 益生菌防治畜禽肠道感染的作用机制研究进展[J]. 江苏农业科学, 2010(5):327-329.
- [22] Cummings J H, Macfarlane G T. Gastrointestinal effects of prebiotics[J]. The British Journal of Nutrition, 2002, 87(2):S145-S151.