

吴晓凤,齐祥明. 鱼内脏源酶改性豆粕的理化性质及其对大鼠生长性能的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):153-156.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.041

鱼内脏源酶改性豆粕的理化性质 及其对大鼠生长性能的影响

吴晓凤,齐祥明

(中国海洋大学食品科学与工程学院,山东青岛 266003)

摘要:为深入研究鱼内脏源酶对豆粕改性的效果,在对改性豆粕产品进行了理化性质分析以后,研究了该产品对大鼠的生长性能、蛋白消化能力和血液生化指标的影响。将72只Vista大鼠,雌雄各半,随机分为6组,每组12只(雌雄各半)。分别饲喂不同处理的饲料28d,每日确定每组大鼠体质量和采食量。每组分别进代谢笼7d,收集每只粪便和尿液进行分析。结果表明:豆粕中寡糖和抗原蛋白均明显降低。用鱼内脏源酶改性豆粕替代日粮中的豆粕,可以极显著提高大鼠日均增质量和采食量($P < 0.01$),虽然料肉比差异不显著,但是有所降低;可以极显著提高饲料蛋白的真消化率 TPD 和净利用率($P < 0.01$),显著提高蛋白生物价 BV($P < 0.05$);显著降低谷丙转氨酶 ALT($P < 0.05$),提高超氧化物歧化酶活性。上述结果表明,本试验所得鱼内脏源酶改性豆粕在各项生长指标上均优于天然豆粕,甚至鱼粉,同时还具有一定的抗氧化活性。

关键词:鱼内脏源酶改性豆粕;Vista 大鼠;生长性能;蛋白消化能力;血液生化指标;饲料利用

中图分类号:S816.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)07-0153-03

豆粕是饲料中主要的植物蛋白质原料,产量丰富、价格低廉。然而其中含有多重抗营养因子,对动物体内某些消化酶起抑制作用,或与营养物质络合成不易消化的成分,使得豆粕的消化率和动物的吸收率下降,从而影响动物的生理、生长、健康^[1]。

目前降解豆粕中抗营养因子的方法主要有物理、化学、生物3种类型。经过物理和化学方法处理后,豆粕中所含的抗营养因子都有不同程度的降低或是减少,但是这些处理方法都存在一些不足,无法对普通豆粕中的抗营养因子进行最大程度的消除且存在有害残留^[2]。目前生物方法是研究较多的方法。生物方法是利用微生物和酶来降解抗营养因子。发酵酶解法能在一定程度上去除豆粕中的有害物质或抗营养因子,提高其营养价值^[3-4]。然而该法始终存在成本相对较高的缺点。

本试验充分利用鱼内脏中的消化酶类,尝试对豆粕中营养因子进行降解从而达到改性目的,一方面利用了鱼内脏中存在的天然复合酶系实现豆粕改性,另一方面实现了饲料蛋白中动物蛋白的添加。本研究主要从理化指标和小鼠喂养试验2个方面考察这一改性技术的有效性,为本技术制成的改性豆粕在哺乳动物配合饲料中的应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计与饲养管理

试验选取72只Vista大鼠,随机分为6组,每组各12只

收稿日期:2016-01-31

基金项目:山东省重点研发项目(编号:2015GSF115005);青岛市民生科技计划项目惠民专项(编号:15-9-2-120-NSH)。

作者简介:吴晓凤(1989—),女,山东烟台人,硕士研究生,主要从事饲料豆粕高值化利用研究。E-mail:547422336@qq.com。

通信作者:齐祥明,副教授,博士,主要从事食品资源再利用技术与开发。Tel:(0532)82031360;E-mail:qixm@ouc.edu.cn。

(雌雄各半)。适应期为3d,从适应期开始根据分组饲喂相应日粮,自由采食和饮水,采用自然光照。试验期为28d,每2d称体质量,每天称取一定量的日粮,早上饲喂,次日早上收集剩余料,记录日耗料量。

1.2 试验日粮组成

对照组以豆粕为氮源,试验组I、II、III组分别饲喂以豆粕和鱼内脏源酶改性豆粕各50%,鱼内脏源酶改性豆粕、鱼粉无氮组则不添加任何氮源。配方及营养成分见表1。

鱼内脏源酶改性豆粕:将豆粕按1:1加蒸馏水在100℃下蒸煮30min,按100%的比例加入狭鳕鱼内脏,调节含水量为60%,50℃密闭培养48h,然后在45℃的温度下进行干燥处理。

1.3 样品采集

28d试验期结束后,将所有大鼠麻醉,动脉取血,并用3000r/min的转速离心10min,取上层的血浆,吸入1mL EP管中,并保存在-80℃下。将取好的完整的肝脏放入生理盐水中,清洗后,用吸水纸吸干生理盐水,称质量。取约0.5g肝尖,放入10mL的EP管中,加入适量生理盐水,用匀浆机匀浆,并保存在-80℃下。整个过程中未放入-80℃的EP管全部放在冰中保存。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能 每2d记录大鼠的体质量,从试验开始上午08:00称质量并记录,同时记录采食量,计算全期平均日采食量(average daily feed intake, ADF)、平均日增质量(average daily gain)和料肉比(feed/gain, F/G)。

1.4.2 蛋白消化能力指标 所有组进代谢笼7d。在试验组进代谢笼期间,每只小鼠单独喂食饲料,记录采食量,并计算其中的摄入氮I(intake nitrogen)。收集粪便和尿液,将7d收集的粪便和尿液混合均匀,并测其粪含氮量F(fecal

表1 各组饲料膳食组成(每100g饲料中)

处理	样品量(g)	油含量(g)	纤维素含量(g)	维生素 ^a 含量(g)	混合盐 ^b 含量(g)	水分(g)	淀粉含量
无氮组	0	8	1	1	5	5	加至100g
对照组	20	8	1	1	5	5	加至100g
试验组 I	9.75 + 9.75	8	1	1	5	5	加至100g
试验组 II	19	8	1	1	5	5	加至100g
试验组 III	15	8	1	1	5	5	加至100g

注:a—混合维生素1g成分为维生素A 2 000 IU,维生素D 200 IU,维生素E 1IU;维生素K、维生素B₁、维生素B₂、维生素B₆、维生素B₁₂分别为0.5、0.5、0.8、0.5、0.5、0.003 mg;泛酸钙、生物素、叶酸分别为4.0、0.04、0.2 mg;胆碱、对氨基苯甲酸、肌醇、盐酸分别为200、10、10、4 mg。
b—混合盐1kg成分为NaCl 139.3 g、KI 0.79 g、KH₂PO₄ 389.0 g、CaCO₃ 381.4 g、MgSO₄(无水)57.3 g、FeSO₄·7H₂O 27.0 g、MnSO₄·H₂O 4.01 g、CuSO₄·5H₂O 0.447 g、ZnSO₄·7H₂O 0.54 g、CoCl₂·6H₂O 0.023 g。

nitrogen)。其中无氮组的粪含氮量代表粪代谢氮 F_M(metabolic fecal nitrogen)。采用凯氏定氮法^[5]测定含氮量,并计算蛋白质的真消化率(true protein digestibility, TPD)、生物价(biological valence, BV)、净利用率(net protein utilization, NPU)^[6]。

1.4.3 血液生化指标 检测血清超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量。SOD活性检测采用黄嘌呤氧化酶法(羟胺法),MDA含量检测采用硫代巴比妥酸法(TBA)。使用血液生化自动分析仪,按试剂盒提供的方法,检测谷丙转氨酶(ALT)和尿素氮(UREA)含量。所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所,具体方法参见试剂盒说明书。

1.5 统计分析

试验使用 Excel 和 SPSS 对所有数据进行统计分析,结果均以均值 ± 标准误差($\bar{x} \pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 鱼内源酶改性豆粕中抗营养因子降解状况

图1所示为鱼内源酶改性豆粕和豆粕的抗原蛋白和寡糖含量的定性比较。图1左部分表示抗原蛋白的电泳图,右部分表示寡糖的硅胶G板染色后结果,1表示豆粕,2表示鱼内源酶改性豆粕。从图1可以看出,鱼内源酶改性豆粕的抗原蛋白和寡糖含量都有明显的降低,说明该方法可以很好地降解豆粕中热稳定性的抗原蛋白和寡糖抗营养因子。

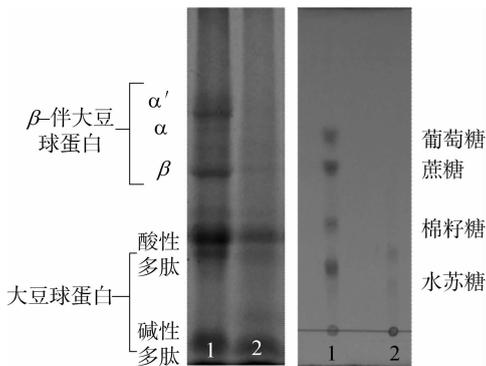


图1 鱼内源酶改性豆粕与豆粕的定性比较

2.2 改性豆粕对大鼠生长性能的影响

由表2结果可知,与对照组相比,试验I、II、III组大鼠的平均日增质量、平均日采食量均差异极显著($P < 0.01$)。与对照组相比,试验组I、II、III大鼠平均日增质量分别升高了

95.62% ($P < 0.01$)、100% ($P < 0.01$)和80.36% ($P < 0.01$);料肉比4组差异不显著,但是单从数值上来看,试验组I、II、III的值都要低于对照组,分别低9.5%、11.47%、5.41%,而且试验组II要比试验组III更低。综合大鼠的日增质量、平均日采食量及料肉比结果,以鱼内源酶改性豆粕代替100%豆粕的试验II组效果最好。

表2 改性豆粕对大鼠生产性能的影响

处理	每组平均日增质量(g)	每组平均日采食量(g)	料肉比(F/G)
对照组	15.53 ± 1.78Aa	71.76 ± 2.10Aa	4.62 ± 0.21
试验组 I	30.38 ± 2.29Bb	127.02 ± 3.46Bb	4.18 ± 0.27
试验组 II	31.07 ± 2.48Bb	127.20 ± 2.45Bb	4.09 ± 0.18
试验组 III	28.01 ± 3.02Bc	122.43 ± 2.96Bc	4.37 ± 0.22

注:同列数据后不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.3 改性豆粕对大鼠蛋白消化能力的影响

表3所示为大鼠消化能力试验结果。试验I、II、III组大鼠的真消化率和净利用率均与对照组差异极显著($P < 0.01$),真消化率分别提高了15.36%、10.05%、15.20%,净利用率分别提高了19.64%、20.12%、16.76%。在净利用率中,试验I、II组都要高于试验III组($P < 0.05$),即鱼粉组。与对照组比较,试验I、III组大鼠生物价差异不显著,分别升高了3.71% ($P > 0.05$)、1.36% ($P > 0.05$),试验II组大鼠生物价差异显著,升高了9.16% ($P < 0.05$),且数值最高。综合考虑大鼠的各项蛋白消化能力指标,试验I、II、III组有所提高,以试验II组效果最佳。说明鱼内源酶改性豆粕作为饲料蛋白添加剂具有明显优于豆粕的应用性能。

表3 改性豆粕对大鼠蛋白消化能力指标

处理	真消化率 TPD (%)	生物价 BV (%)	净利用率 NPU (%)
对照组	74.40 ± 1.56A	75.13 ± 2.75a	55.90 ± 1.98A
试验组 I	85.83 ± 2.23B	77.92 ± 2.45a	66.88 ± 2.56Ba
试验组 II	81.88 ± 1.92B	82.01 ± 3.05b	67.15 ± 2.12Ba
试验组 III	85.71 ± 1.76B	76.15 ± 1.97a	65.27 ± 1.48Bb

2.4 改性豆粕对大鼠血液生化指标的影响

从表4可以看出,与对照组相比,试验I、III组谷丙转氨酶ALT分别低32.28% ($P < 0.05$)、22.04% ($P < 0.05$),试验II组低41.11% ($P < 0.01$)。尿素氮UREA指标之间差异性显著($P < 0.05$),但是检测值都处于正常水平。试验I、II组

的MDA值分别高于对照组30.55% ($P < 0.05$)、39.26% ($P < 0.05$), 试验Ⅲ组低3.38%, 差异性不显著。同时各处理

SOD的活性差异不显著, 但是试验组都呈升高趋势, 说明鱼内源酶改性豆粕提高了大鼠的抗氧化能力。

表4 大鼠血液生化指标

处理	谷丙转氨酶 ALT 活性 (U/L)	尿素氮 UREA 含量 (mmol/L)	丙二醛 MDA 含量 (nmol/mg)	超氧化物歧化酶 SOD 活性 (U/mg)
对照组	54.00 ± 17.30a	3.62 ± 1.10a	2.542 ± 1.803a	166.24 ± 55.22
试验组 I	36.57 ± 9.60b	5.06 ± 0.76b	3.316 ± 1.452b	171.07 ± 68.27
试验组 II	31.80 ± 7.31c	5.21 ± 0.80b	3.540 ± 2.087b	168.78 ± 40.71
试验组 III	42.10 ± 13.40b	4.31 ± 1.27bc	2.456 ± 2.300a	179.09 ± 62.01

3 讨论与结论

3.1 改性豆粕对大鼠生长性能的影响

目前关于发酵酶解法降解豆粕抗营养因子的研究很多^[7-10]。采用这种产品进行饲喂实验, 动物模型多为大鼠^[7], 生产性动物主要为断奶仔猪^[8,10]、肉鸡^[9]等。上述研究结果显示, 天然豆粕影响了不同动物的生长性能, 而通过发酵酶改性的豆粕则比天然豆粕性能要好。然而上述研究涉及到的发酵豆粕产品生产环节往往成本偏高。本研究抛开发酵环节, 利用狭鳕内脏源天然复合酶系, 对豆粕实施改性。这在充分利用了原本为废物的鱼下脚料的同时, 也证明鱼内源酶改性豆粕有较天然豆粕更优越的性能。

本试验结果表明, 使用鱼内源酶改性豆粕替代饲料中的豆粕, 具有显著的增质量效果以及降低料肉比的作用。与以往研究的不同在于, 本研究采用通常被认为是优质蛋白的鱼粉样本作为试验Ⅲ组, 令人满意的是, 该新型饲料蛋白饲喂下的大鼠生长性能要优于鱼粉组。

3.2 改性豆粕对大鼠蛋白消化的影响

蛋白消化率是对饲料蛋白质品质的重要评价指标。其中蛋白质消化率反映食物蛋白质在消化道内被分解和吸收的程度; 生物价指每100g食物来源蛋白质转化成人体蛋白质的质量, 由必需氨基酸的绝对质量、必需氨基酸所占比重、必需氨基酸与非必需氨基酸的比例、蛋白质的消化率和可利用率共同决定; 蛋白质净利用率是机体的氮储留量与氮摄入量之比, 表示蛋白质实际被利用的程度。顾春梅等报道抗营养因子含量对大鼠养分消化率、氮平衡、氮滞留产生显著影响^[7]; 刘宁等发现鱼内源酶改性豆粕对干物质、粗蛋白质、能量、钙和磷的消化率具有显著提高作用^[9]; 付晓等研究在日粮中添加物酶解和发酵豆粕对断奶仔猪的养分消化率有所提高^[10]。在本研究中, 相对于对照组, 3个试验组指标都有提高, 其中尤以纯改性豆粕组提高的效果显著, 再次说明本研究所得的鱼内源酶改性豆粕中蛋白质品质比天然豆粕, 甚至鱼粉都高。

3.3 改性豆粕对大鼠血液生化指标的影响

谷丙转氨酶主要存在于肝细胞浆内, 该指标是肝脏功能是否出问题的一个重要指标。尿素氮是人体蛋白质代谢的主要终末产物, 应处于正产区间。本研究结果显示试验 I、II 组谷丙转氨酶水平较低, 说明鱼内源酶改性豆粕没有明显生物毒性。对照组尿素氮水平豆粕明显偏低, 说明该豆粕组蛋白摄入水平较低, 这与试验中改组小鼠厌食的行为表现也是相吻合的, 而试验 I、II 组处于正常区间中部, 说明该组小鼠蛋白摄入良好。冯杰等报道发现发酵豆粕替代普通豆粕, 断奶仔猪的血清尿素氮反而有所降低^[11], 这说明已有研究涉及的

一些发酵豆粕产品尽管理化性质可能较高, 但在适口性等方面仍存在差距。

MDA 和 SOD 都是机体的抗氧化性的指标。MDA 是生物膜发生脂质过氧化的重要产物之一, 其含量可间接反映出细胞受损的程度。SOD 是超氧阴离子自由基的天然清除剂, 对维持细胞膜结构的完整性起着重要作用。在正常情况下, MDA 含量越少越好, SOD 则含量越多越好。在本试验中, 鱼内源酶改性豆粕具有提高小鼠血液中 SOD 含量, 显著降低 MDA 的含量的趋势, 说明鱼内源酶改性豆粕减弱了动物脂质过氧化程度, 提高了抗氧化能力。已有的发酵豆粕产品饲喂试验也报道过类似的结论^[12-13]。这可能是因为豆粕经发酵或本研究的鱼内源酶降解后, 产品中生成了一些具有抗氧化活性的小肽, 从而提高了机体的抗氧化能力。值得一提的是, 作为对照的鱼粉组则完全没有改变 MDA 和 SOD 指标的表现。

综合以上结果与讨论内容可以发现, 本研究所试制的鱼内源酶改性豆粕在大鼠饲喂中的各项指标不仅全面优于天然豆粕, 同时还超越了通常被认为是优质蛋白的鱼粉, 其未来的工业化潜力值得期待。

参考文献:

- [1] 李建. 发酵豆粕研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2009(6): 31-35.
- [2] Bajpai S, Sharma A, Nath G M. Removal and recovery of antinutritional factors from soybean flour[J]. Food Chemistry, 2005, 89(4): 497-501.
- [3] 熊智辉, 过玉英, 陈丽玲, 等. 微生物发酵处理对豆粕抗营养因子的影响[J]. 饲料与畜牧, 2007, 26(7): 29-31.
- [4] Hong K J, Lee C H, Kim S W. Aspergillus oryzae GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals[J]. Journal of Medicinal Food, 2004, 7(4): 430-435.
- [5] 中华人民共和国国家技术监督局. 饲料中粗蛋白测定方法: GB/T 6432—1994[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994-07-18.
- [6] Refstie S, Sahlstrom S, Brathen E, et al. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2005, 246(1/2/3/4): 331-345.
- [7] Gu C, Pan H, Sun Z, et al. Effect of soybean variety on anti-nutritional factors content, and growth performance and nutrients metabolism in rat[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2010, 11(3): 1048-1056.
- [8] 吕刚, 张克英. 发酵酶解豆粕替代普通豆粕对28日龄断奶仔猪生产性能、腹泻指数影响研究[J]. 饲料广角, 2007(18): 38-41.

李基棕,李文良,毛立,等. 1株绵羊溶血性曼氏杆菌的分离鉴定及致病性研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):156-158.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.042

1株绵羊溶血性曼氏杆菌的分离鉴定及致病性研究

李基棕,李文良,毛立,郝飞,杨蕾蕾,张纹纹,江杰元

(江苏省农业科学院兽医研究所/农业部兽用生物制品工程技术重点实验室/国家兽用生物制品工程技术研究中心,江苏南京210014)

摘要:为确定导致绵羊细菌性感染死亡的病原,从送检病死绵羊肺脏中分离纯化出1株细菌,并对其进行培养特性观察、生化反应、PCR鉴定、药敏试验和动物致病性试验。结果显示,分离纯化的细菌为革兰氏阴性短杆菌,经生化反应和PCR鉴定为溶血性曼氏杆菌;该细菌对庆大霉素、头孢噻肟高度敏感;对青霉素、四环素、红霉素、利福平、卡那霉素、恩诺沙星和大观霉素耐药;将 1×10^9 CFU/mL菌液10倍系列稀释后感染6~8周龄小白鼠,该细菌对小白鼠的半数致死量为 $1 \times 10^{6.2}$ CFU/mL;死亡动物的剖检病变与发病绵羊类似,并从病变器官内分离到细菌。本研究为进一步探讨溶血性曼氏杆菌的致病机理奠定了基础。

关键词:绵羊;溶血性曼氏杆菌;分离鉴定;致病性

中图分类号: S855.1⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)07-0156-03

溶血性曼氏杆菌(*Mannheimia haemolytica*, Mh)别称溶血性巴氏杆菌,该菌属于机会致病菌,可长期寄生于牛、绵羊、山羊等反刍动物及其他动物上呼吸道^[1-2]。当受到外界环境骤变、长途运输等刺激出现应激反应,动物机体抵抗力下降,病菌可趁机侵入从而致病,病毒和支原体感染如绵羊肺炎支原体、多杀性巴氏杆菌、副流感病毒等,可使得机体对溶血性曼氏杆菌更易感^[3-4]。它能够引起牛、羊肺炎,新生羔羊的急性败血症,给养牛业和养羊业带来较大的经济损失^[5]。

2015年底,安徽宣城某养羊场发生疫情,死亡率达10%以上,发病羊主要表现为咳嗽、喘气、流鼻涕等呼吸道症状,剖检病变主要为肺脏出血、充血、水肿、实变。从发病羊肺脏中分离出1株菌株,通过生化鉴定和PCR鉴定,确定该分离株为溶血性曼氏杆菌。

1 材料与与方法

1.1 主要试剂

绵羊鲜血琼脂培养基、微量生化反应管、抗菌药物药敏纸片均购自浙江杭州微生物试剂公司;Taq DNA聚合酶、dNTP、

DNA Marker等均购自北京全氏金生物技术有限公司。其他试剂均为国产分析纯。

1.2 试验动物

6~8周龄BALB/c小鼠,购自扬州大学比较医学中心。

1.3 病原的分离

无菌采集绵羊肺脏组织块接种于鲜血琼脂平板上,培养24 h后,挑取单个菌落进行纯化。挑取纯化的菌落涂片进行革兰氏染色镜检。

1.4 生化试验

将纯化的菌落按照常规方法接种于葡萄糖、麦芽糖、甘露醇等生化鉴定管中,置于37℃恒温培养箱中培养,观察其生化特性。

1.5 PCR鉴定

参照Alexander等基于*lkt*基因设计的溶血性曼氏杆菌特异性引物(LktF:5'-GCAGGAGGTGATTATTAAGTGG-3'; LktR:CAGCAGTTATTGTCATACCTGAAC)^[4]进行PCR扩增,预期扩增片段大小为206 bp。

以纯培养细菌的染色体DNA为模板,PCR反应体系为25 μL;Taq DNA聚合酶0.5 μL,DNA模板2 μL,引物P1、P2各1 μL,10×PCR buffer 2.5 μL,dNTPs 1 μL,无菌水18 μL。反应程序:94℃ 5 min;94℃ 30 s,60℃ 30 s,72℃ 30 s,35个循环;72℃ 10 min。反应结束后取PCR产物于1.2%的琼脂糖凝胶中电泳检测。将目的片段切胶回收,并与pMD19-T载体连接,转化DH5α感受态细胞,经鉴定正确后送南京金斯瑞生物技术有限公司测序。

收稿日期:2016-02-19

基金资助:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1007]。

作者简介:李基棕(1986—),男,湖南怀化人,博士,助理研究员,主要从事动物传染病防治和诊断技术研究。Tel:(025)84391152; E-mail:lijizong22@sina.com。

通信作者:江杰元,博士,研究员,主要从事动物疫病诊断技术研究。Tel:(025)84391135; E-mail:1776556843@qq.com。

[9]刘宁,张权益,徐廷生,等. 发酵酶解豆粕对肉鸡生产性能和养分消化率的影响[J]. 中国畜牧兽医,2009,36(11):9-11.

[10]付晓,马力周,于俊瑶,等. 不同微生物酶解和发酵豆粕对断奶仔猪生产性能和养分消化率的影响[J]. 中国饲料,2009(14):24-26.

[11]冯杰,刘欣,卢亚萍,等. 微生物发酵豆粕对断奶仔猪生长、血清指标及肠道形态的影响[J]. 动物营养学报,2007,19(1):40-43.

[12]Feng J,Liu X,Xu Z R,et al. Effects of aspergillus oryzae 3.042 fermented soybean meal on growth performance and plasma biochemical parameters in broilers[J]. Animal Feed Science and Technology, 2007,134(3/4):235-242.

[13]刘海燕,闫晓刚,邱玉朗,等. 发酵酶解豆粕对小鼠血液抗氧化指标和胃肠道消化酶活性及肠道菌群的影响[J]. 中国畜牧杂志,2011,47(21):41-44.