网络首发时间：2024-08-31 16:38:55
网络首发地址：https://link.cnki.net/urlid/11.2114.S.20240830.1418.006

金针菇菌糠对三黄鸡生长性能、血清生化指标、免疫器官指数及回肠形态的影响

李元晓[1,2] 刘 丹[1] 张 才[1,2] 马彦博[1,2]*

（1.河南科技大学动物科技学院，河南 洛阳 471000；
2.河南省动物福利与健康养殖国际联合实验室，河南 洛阳 471000）

摘 要：试验旨在研究金针菇菌糠对三黄鸡生长性能、血清生化指标、免疫器官指数和回肠形态的影响。试验选取1日龄体重相近健康的三黄鸡192只（公、母各半），随机分为4组，每组6个重复，每个重复8只鸡。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加2%、5%和7%金针菇菌糠。试验期48 d。结果显示，金针菇菌糠对三黄鸡生长性能、脾脏指数和回肠形态无显著影响（$P>0.05$）。与对照组相比，7%金针菇菌糠能够提高法氏囊指数（$P<0.05$），增加血清中白蛋白和高密度脂蛋白胆固醇水平（$P<0.05$），降低低密度脂蛋白胆固醇、尿素氮、胆固醇和甘油三酯水平（$P<0.05$）。研究表明，饲喂金针菇菌糠对三黄鸡生长性能和回肠形态无影响，添加7%金针菇菌糠可以改善免疫器官指数、血清脂质代谢和蛋白质代谢。

关键词：金针菇菌糠；三黄鸡；生长性能；血清生化指标；免疫器官指数；回肠形态
中图分类号：S831.5 **文献标识码**：A **文章编号**：1002-2813（2024）16-0053-05
Doi：10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2024.16.010

Effects of *Flammulina velutipes* bran on growth performance, serum biochemical indices, immune organ index, and ileum morphology of Sanhuang chickens

LI Yuan-xiao LIU Dan ZHANG Cai MA Yan-bo

Abstract: The aim of this experiment was to study the effects of *Flammulina velutipes* bran supplementation on the growth performance, serum biochemical indices, immune organ index, and ileum morphology of Sanhuang chickens. A total of 192 one-day-old healthy Sanhuang chickens (half male and half female) with similar body weight were randomly divided into four groups with six replicates per group and eight chickens per replicate. Chickens in the control group were fed a basal diet, and chickens in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 2%, 5%, and 7% *Flammulina velutipes* bran, respectively. The experiment lasted for 48 days. The results showed that the *Flammulina velutipes* bran had no significant effects on growth performance, spleen index, and ileum morphology of Sanhuang chickens ($P>0.05$). Compared with the control group, 7% of the *Flammulina velutipes* bran could increase bursa index of Fabricius ($P<0.05$), increase the levels of albumin and high density lipoprotein cholesterol in serum ($P<0.05$), and decrease the levels of low density lipoprotein cholesterol, urea nitrogen, cholesterol and triglyceride ($P<0.05$). The results show that feeding *Flammulina velutipes* bran has no effect on growth performance and ileal morphology of Sanhuang chickens, adding 7% *Flammulina velutipes* bran can improve immune organ index, serum lipid metabolism and protein metabolism.

Key words: *Flammulina velutipes* bran; Sanhuang chickens; growth performance; serum biochemical indices; immune organ index; ileum morphology

三黄鸡为我国地方优良品种，具有肉质鲜美、耐粗饲的特点，养殖数量逐年增加。畜禽饲料以玉米、豆粕等为主要原料。据统计，全球约三分之一的粮食资源用于动物饲养，并呈现增长趋势[1]，因此开发非常规饲料资源尤为重要。菌糠为食用菌采收后残留的栽培料，因其产量丰富、营养价值高[2]，成为开发非常规饲料的重要资源。其中，金针菇菌糠不仅含有大量营养成分和特殊的香味[3]，还含有丰富的纤维素分解酶等活性物质[4]，能够有效防治病毒的侵染[5]和改善糖尿病肾病小鼠的健康等[6]。研究表明，用金针菇菌糠等量替换基础日粮玉米和豆粕，可改善三黄鸡的肉品质[7]。新鲜的金针菇菌糠含水量高，易变质，不易保存[8]，通常采用发酵的处理方法来

第一作者：李元晓，博士，副教授，研究生导师，研究方向为动物营养与饲料。
通信作者：马彦博，博士，教授，博士研究生导师。
基金项目：河南省国际科技合作项目（项目编号：232102521012）；河南省高等学校重点科研基金（项目编号：22A230001）
收稿日期：2024-03-16

保存和提高金针菇菌糠营养价值。但发酵后的品质取决于发酵菌种和发酵工艺，较差的发酵菌种或发酵工艺会造成杂菌生长、霉菌毒素超标等问题[9]。因此，本试验中采用相对简单易行的低温烘干工艺处理金针菇菌糠，直接添加到基础饲粮中，研究其对三黄鸡生长性能、血清生化指标、免疫器官指数和回肠形态的影响，为三黄鸡饲料资源开发及健康养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验使用的金针菇菌糠是经过子实体采割后剩余的新鲜栽培料，经80 ℃低温烘干，粉碎，用作试验材料。金针菇菌糠营养成分委托河南全印检测技术有限公司测定，干物质含量90.40%，粗蛋白含量9.63%，粗脂肪含量0.20%，粗纤维含量7.20%，粗灰分含量43.50%，钙含量3.20%，磷含量0.38%，总氨基酸含量6.3%。

1.2 试验设计及饲养管理

选取1日龄健康、体重相近的三黄鸡192只（公、母各半），随机分为4组，每组6个重复，每个重复8只鸡。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加2%、5%和7%金针菇菌糠。基础饲粮组成及营养水平见表1。

试验采用二层笼养的方式，试验期48 d。试验期间安排专人负责饲养，鸡自由采食和饮水，鸡舍自然通风。养殖管理规定按照《中国农业科学院实验动物护理与使用指南》进行，并经中国农业科学院上海兽医研究所实验动物福利与伦理审查（SV-20230526-Y01）批准。

表1 基础饲粮组成及营养水平

原料组成	含量/%	营养水平	
玉米	53.05	代谢能/(MJ/kg)	12.20
豆粕	32.87	干物质/%	87.02
鱼粉	2.07	粗蛋白/%	20.61
麦麸	8.56	粗脂肪/%	2.68
磷酸氢钙	1.25	粗纤维/%	3.30
石粉	0.95	粗灰分/%	5.95
食盐	0.34	钙/%	0.84
微量元素预混料	0.50	磷/%	0.45
维生素预混料	0.01		
植物油	0.40		
合计	100.00		

注：1.微量元素预混料为每千克饲粮提供：Cu 8 mg、Fe 90 mg、Zn 100 mg、Mn 120 mg、I 0.7 mg、Se 0.15 mg。
2.维生素预混料为每千克饲粮提供：VA 10 000 IU、VD_3 2 400 IU、VE 10 IU、VK 1.6 mg、VB_1 1 mg、VB_2 6.8 mg、VB_6 1 mg、VB_{12} 0.01 mg、生物素0.08 mg、叶酸10.2 mg、烟酸28.0 mg、氯化胆碱1 000 mg。
3.营养水平中代谢能为计算值，其余均为实测值。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长性能

在试验期记录加料量和剩料量，计算采食量；在鸡1日龄称重，记为初重，在试验结束时早晨空腹称重，记为末重；计算试验期内肉鸡的平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。

平均日增重=(末重-初重)/试验天数 (1)

平均日采食量=总耗料量/(试验天数×试验鸡数量)(2)

料重比=平均日采食量/平均日增重 (3)

1.3.2 血清生化指标

试验第48 d，每个重复随机选取1只鸡，颈静脉采血2 mL于肝素钠采血管中，4 ℃静置过夜，在4 ℃条件下3 000 r/min离心15 min，吸取上层血清保存于-80 ℃。根据试剂盒说明书（南京博研生物科技有限公司），用生化分析仪（广州东唐电子科技有限公司）测定总蛋白、白蛋白、尿素氮、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的含量。

1.3.3 免疫器官指数及回肠形态

试验第48 d，三黄鸡采血后，摘取脾脏和法氏囊称重，并计算免疫器官指数。

免疫器官指数=器官重量(g)/鸡体重(kg) (4)

剪取回肠1~2 cm，置于4% 多聚甲醛溶液固定，固定至少24 h后，经脱水、透化、包埋和制成5 um切片后，用苏木精-伊红（HE）染色（上海碧云天HE染色试剂盒）。使用光学显微镜观察拍照，结合Case Viewer 2.4扫描浏览软件选取小肠组织的目的区域进行100倍成像，成像完成，使用Image-Pro Plus 6.0分析软件以毫米为标准单位，分别测量每张切片中5根完整绒毛高度和隐窝深度，并计算出平均值和两者比值。

1.4 数据统计与分析

试验数据采用Excel 2020进行初步的整理和计算，SPSS 26.0软件进行单因素方差分析，Duncan's法进行多重比较，结果以“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 金针菇菌糠对三黄鸡生长性能的影响（见表2）

由表2可知，与对照组相比，各试验组三黄鸡末重、平均日增重、平均日采食量和料重比无显著变化（$P>0.05$）。

2.2 金针菇菌糠对三黄鸡血清生化指标的影响

2.2.1 金针菇菌糠对三黄鸡血清脂质代谢的影响（见表3）

由表3可知，与对照组相比，5%金针菇菌糠组甘油三酯含量显著降低（$P<0.05$），高密度脂蛋白胆固醇含量显著升高（$P<0.05$）；7%金针菇菌糠组总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇含量显著降低（$P<0.05$），高密度脂蛋白胆固醇含量显著升高（$P<0.05$）。

表2 金针菇菌糠对三黄鸡生长性能的影响

组别	初重/(g/只)	末重/(g/只)	平均日增重/[g/(只·d)]	平均日采食量/[g/(只·d)]	料重比
对照组	28.57±2.13	655.54±25.13	13.06±1.12	28.48±3.34	2.18±0.13
2%金针菇菌糠组	27.87±2.45	645.03±30.24	12.86±1.97	27.42±4.10	2.13±0.21
5%金针菇菌糠组	28.61±1.93	672.52±29.87	13.41±1.65	28.26±3.28	2.11±0.16
7%金针菇菌糠组	28.58±2.01	687.43±22.30	13.73±1.14	28.66±3.24	2.09±0.24

表3 金针菇菌糠对三黄鸡血清脂质代谢的影响 单位：mmol/L

组别	总胆固醇	甘油三酯	高密度脂蛋白胆固醇	低密度脂蛋白胆固醇
对照组	7.36±0.09[ab]	1.75±0.22[a]	1.11±0.18[b]	2.74±0.82[a]
2%金针菇菌糠组	7.54±0.58[a]	1.89±0.18[a]	1.04±0.29[b]	2.69±0.32[a]
5%金针菇菌糠组	6.48±0.18[bc]	1.50±0.15[b]	1.66±0.26[a]	2.55±0.26[a]
7%金针菇菌糠组	6.09±1.25[c]	1.43±0.18[b]	1.69±0.13[a]	1.92±0.38[b]

注：同列数据无肩标或相同字母表示差异不显著（$P>0.05$），不同字母表示差异显著（$P<0.05$）；下表同。

2.2.2 金针菇菌糠对三黄鸡血清蛋白质代谢的影响（见表4）

由表4可知，与对照组相比，7%金针菇菌糠组白蛋白含量显著增加（$P<0.05$），尿素氮含量显著降低（$P<0.05$）。

表4 金针菇菌糠对三黄鸡血清蛋白质代谢的影响

组别	总蛋白/(g/L)	白蛋白/(g/L)	尿素氮/(mmol/L)
对照组	22.12±1.28	9.61±0.85[b]	4.79±0.51[a]
2%金针菇菌糠组	23.10±2.21	9.75±0.22[b]	4.99±0.36[a]
5%金针菇菌糠组	20.20±1.34	10.80±0.69[ab]	4.48±0.51[a]
7%金针菇菌糠组	23.71±2.36	11.80±0.65[a]	3.94±0.61[b]

2.3 金针菇菌糠对三黄鸡免疫器官指数的影响（见表5）

由表5可知，与对照组相比，7%金针菇菌糠组法氏囊指数显著增加（$P<0.05$）。

表5 金针菇菌糠对三黄鸡免疫器官指数的影响

组别	脾脏重/g	脾脏指数/(g/kg)	法氏囊重/g	法氏囊指数/(g/kg)
对照组	1.29±0.29	1.94±0.20	1.31±0.25[ab]	2.00±0.20[b]
2%金针菇菌糠组	1.25±0.27	1.95±0.13	1.27±0.30[b]	1.95±0.16[b]
5%金针菇菌糠组	1.31±0.36	1.94±0.17	1.49±0.22[ab]	2.14±0.09[ab]
7%金针菇菌糠组	1.36±0.30	1.96±0.61	1.50±0.22[a]	2.22±0.14[a]

2.4 金针菇菌糠对三黄鸡回肠形态的影响（见图1、图2、表6）

由图1可知，对照组和试验组的肠组织肠绒毛数量丰富，形状规则，可见肠绒毛上皮细胞脱落（黑色箭头），固有层裸露；固有层腺体排列不规则，固有层的结缔组织内可见大量的淋巴细胞及浆细胞，淋巴细胞灶性聚集（棕色箭头）；黏膜下层为疏松结缔组织，肌层结构清晰，肌纤维染色均匀，无明显异常。

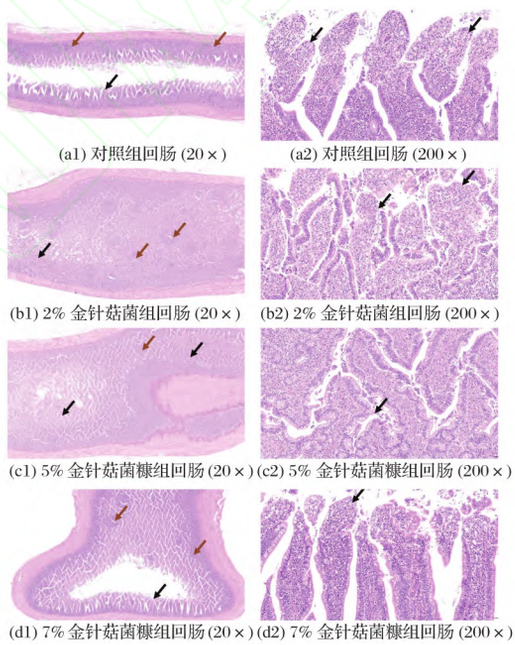

图1 回肠形态结构

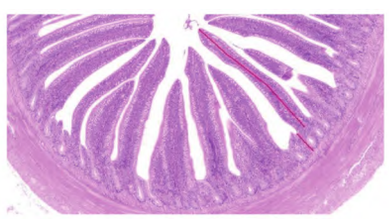

图2 肠道切片成像分析示例

表6 金针菇菌糠对回肠形态的影响

组别	绒毛高度/mm	隐窝深度/mm	绒毛高度/隐窝深度
对照组	0.67±0.03[b]	0.13±0.02	5.15±0.23
2%金针菇菌糠组	0.88±0.09[a]	0.15±0.01	5.86±0.61
5%金针菇菌糠组	0.64±0.05[b]	0.14±0.01	4.57±0.36
7%金针菇菌糠组	0.71±0.01[b]	0.14±0.02	5.07±0.57

由表6可知，与对照组相比，2%金针菇菌糠绒毛高度显著增长（$P<0.05$），其余各组绒毛高度、隐窝深度和绒毛高度/隐窝深度均差异不显著（$P>0.05$）。

3 讨论

3.1 金针菇菌糠对三黄鸡生长性能的影响

金针菇子菌丝体在生长过程中，会产生纤维素分解酶破坏纤维类结构，从而释放营养成分，有利于动物对营养成分的消化吸收[10]。菌丝体在生长的过程中能够把一部分非蛋白氮转化为菌体蛋白，从而提高菌糠的蛋白质含量，其含有特殊的芳香气味，可增强动物的食欲。用菌糠饲喂肉鸡和蛋鸡，能够增加肉鸡增重和蛋鸡产蛋数量[8]。但本试验金针菇菌糠对三黄鸡的生长性能无显著影响，这和闫昭明等[7]用金针菇菌糠饲喂黄羽肉鸡研究结果一致。本研究所用金针菇菌糠的蛋白质含量远低于基础饲粮，难以消化的纤维类物质含量远高于基础饲粮，粗灰分含量也比较高，这些因素均会降低活性物质等带来的正面效果，而不利于动物生长性能。本研究中基础饲粮用了鱼粉等优质原料，且基础饲粮营养水平较高，如粗蛋白含量达到20.61%，可能对照组肉鸡的生长性能会更好。

3.2 金针菇菌糠对三黄鸡血清生化指标的影响

血清中脂类合成和分解代谢可由总胆固醇和甘油三酯水平体现，其水平越低表明机体对脂肪的利用率越高，较高水平的甘油三酯是高脂血症的重要标志[11]。本试验中，7%金针菇菌糠组甘油三酯、总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平显著降低，高密度脂蛋白胆固醇水平显著升高。研究表明，金针菇中的多糖和多酚可以促进胆固醇代谢途径中胆汁酸的合成和排泄，进而增加胆固醇的排泄量[12]；也可通过激活肝内胆固醇酯化酶和胆固醇7α-羟化酶的活性，促进胆固醇的代谢和转运[13]。食用菌中的三萜类化合物在降低胆固醇方面也能发挥作用[14]。添加菌糠可降低鸡蛋中的胆固醇含量[15]或血清甘油三酯水平[16]。总蛋白和白蛋白含量上升说明机体蛋白质代谢旺盛、营养状况良好，提升蛋白质在体内的沉积率[17]。尿素氮含量越低说明氮的利用率越高[18]。在本试验结果中，血清白蛋白含量提高，尿素氮含量下降，这和前人的研究结果一致[19-22]。

3.3 金针菇菌糠对三黄鸡免疫器官指数和回肠形态的影响

免疫器官指数可以间接反映机体的免疫反应水平[23]，测定免疫器官的绝对重量和相对重量能够了解机体细胞免疫和体液免疫功能[17]。脾脏和法氏囊是禽类关键的免疫器官。脾脏作为机体最大的外周免疫器官，是免疫细胞定居和免疫应答的场所，负责血细胞的产生，而法氏囊负责B淋巴细胞的发育和成熟[24]，两者对机体免疫调控有着重要作用[25-26]。研究表明，食用菌中含有如多糖、多酚、萜类、甾醇类、核苷类等活性物质[27]，它们协助免疫功能的发挥[28-29]。纪丽莎等[30]在肉仔鸡日粮中添加香菇下脚料，发现1.0%和1.5%香菇下脚料可使仔鸡法氏囊指数显著提高20%左右。汪雯翰等[31]研究金针菇子实体多糖对白羽肉鸡器官指数的影响，饲喂30 d后，发现0.01%试验组鸡的脾脏和法氏囊指数分别增加了30.6%和15.0%，有效增强了白羽肉鸡的免疫力。在本试验中，饲喂金针菇菌糠对三黄鸡法氏囊指数有影响。

肠道不仅是动物机体消化、吸收营养物质的主要场所，也是机体发挥防御保护作用的重要组成部分[32]。肠绒毛高度、隐窝深度和绒隐比是衡量机体消化和吸收功能的重要指标，肠道形态学结构的改变可造成消化吸收功能和免疫功能的差异[33-34]。肠绒毛作为肠内壁环状皱襞上凸起，有增加肠道吸收营养面积的作用，较短的绒毛高度使吸收面积缩小，影响营养成分的吸收[35]。隐窝变深表明其分泌能力变弱，减少肠绒毛细胞的产生，进而减缓肠道对营养物质的吸收[36]。研究表明，饲喂菌糠能够显著提升草鱼肠绒毛高度和肌层厚度，增加肠道中杯状细胞的数量以及胰蛋白酶和脂肪酶活性[37-39]。另有研究表明，菌糠对肉鸭回肠形态有显著影响[40]。本试验结果表明，添加2%金针菇菌糠组与对照组相比，回肠绒毛高度显著增加。

4 结论

本研究表明，饲喂金针菇菌糠对三黄鸡生长性能和回肠形态无影响，饲喂7%金针菇菌糠可以改善法氏囊指数、血清血脂代谢和蛋白质代谢指标。

参考文献

[1] FRAITURE C D, WICHELNS D, ROCKSTROM J, et al. Water for food, water for life[C]//Scenarios of Alternative Investment Approaches. London, UK: Earthscan Ltd, 2007.

[2] 王贺祥,刘庆洪.食用菌栽培学[M].第2版.北京:中国农业大学出版社,2014.

[3] FAN L, ASHOK P, CARLOS S. Production of *Flammulina velutipes* on coffee husk and coffee spent-ground[J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2001, 44(2): 205-212.

[4] 周云昊,李小冬,宋莉,等.金针菇菌糠纤维素降解菌的分离、生物学特性及酶活性分析[J].畜牧与饲料科学,2023,44(6):31-40.

[5] 黄民凤.金针菇菌渣多糖的提取纯化及功能评价[D].长沙:湖南农业大学,2015.

[6] LIN L, CUI F Y, ZHANG J T, et al, Antioxidative and renoprotective effects of residue polysaccharides from *Flammulina velutipes*[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 146: 388-395.

[7] 闫昭明,马杰,段金良,等.饲粮中添加金针菇菌渣对黄羽肉鸡生长性能、肉品质及肌肉营养成分的影响[J].动物营养学报,2018,30(5):1958-1964.

[8] 董志国,胡建伟.棉籽壳菌糠的饲用价值及其利用[J].甘肃畜牧兽医,2001(1):11-12.

[9] 张春吉.不同发酵时间对全价饲料营养成分、霉菌毒素含量和能量体外消化率的影响[J].中国饲料,2023(2):33-36.

[10] 黄璇,姚亚铃,李闯,等.饲粮灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能、蛋

品质和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2020,32(8):3654-3661.
[11] 陈志勇,廖秀冬,张丽阳,等.饲粮添加铜对1~21日龄肉仔鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2020,56(5):127-132.
[12] 张圣杰,王文亮,石贤权,等.金针菇多糖生物活性及功能性食品开发[J].中国食物与营养,2013,19(10):62-64.
[13] 冯月超,刘美玉,任发政,等.不同蛋黄组分对蛋黄风味的影响[J].食品科学,2006,27(12):58-62.
[14] MACLEOD A J, CAVE S J. Volatile flavour components of eggs[J]. Science of Food and Agriculture, 2010, 26(3): 351-360.
[15] 周家生.基于Meta分析的金针菇菇脚对蛋鸡全生长期生产性能和脂类代谢影响的研究[D].长春:吉林农业大学,2023.
[16] 王一平.菌渣发酵饲料对蛋鸡生产性能、蛋品质及血液生化指标的影响[J].浙江农业科学,2020,61(6):1200-1202,1207.
[17] LI X X, WU X H, MA W F, et al. Effects of dietary xylo oligosaccharides supplementation on the intestinal morphology, nitrogen metabolism, faecal ammonia release, antioxidant capacity, and immune organ indices of broilers[J]. Italian Journal of Animal Science, 2022, 21 (1): 1352-1361.
[18] 齐永玲,王力生,程建波,等.菌糠替代苜蓿干草对奶牛生产性能及血清生化指标的影响[J].中国饲料,2013(11):10-12.
[19] 康永刚,孙鹏,廖云琼,等.菌酶协同发酵金针菇菌糠对湖羊生长性能、营养物质的表观消化率及抗氧化能力的影响[J].饲料研究,2022,45 (21):24-28.
[20] 黄丽琴,闫景彩,袁振中,等.全株水稻与平菇菌糠共发酵料对浏阳黑山羊生长性能、养分表观消化率和血液指标的影响[[J].动物营养学报,2022,34(8):5156-5167.
[21] 况丹,周昊.日粮中添加食用菌渣对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J].饲料研究,2023,46(21):11-15.
[22] 刘冬,丁兆忠,吴忠良,等.日粮中添加菌糠对奶牛产奶量、乳品质、血液生化指标及抗氧化功能的影响[J].饲料研究,2021,44(4):7-10.
[23] HU Q B, YIN F G, YANG L, et al. Dietary tributyrin intervention improves the carcass traits, organ indices, and blood biomarker profiles in broilers under the isocaloric diets administration[J]. Poultry Science, 2022, 101(10): 102061.
[24] MUAMMER H K, NERMIN T, OMUR O O. Splenic abnormalities: An overview on sectional images[J]. Diagnostic and Interventional Radiology, 2005, 11(3): 152-158.
[25] PEARSE G. Normal structure, function and histology of the thymus[J]. Toxicologic Pathology, 2006, 34(5): 504-514.
[26] NANDOR N, IMRE O. Experimental evidence for the ectodermal origin of the epithelial anlage of the chicken bursa of Fabricius[J]. Development, 2010, 137(18): 3019-3023.
[27] ASSEMIE A, ABAYA G. The Effect of edible mushroom on health and their biochemistry[J]. International Journal of Microbiology, 2022, 2022: 8744788.
[28] ZHAO X Y, LI J Y, LIU Y Q, et al. Structural characterization and immunomodulatory activity of a water soluble polysaccharide isolated from *Botrychium ternatum*[J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 171: 136-142.
[29] 李丹,尚红,姜拥军,等.香菇多糖体外抗HIV的免疫调节作用的实验研究[J].中国免疫学杂志,2004(4):253-255.
[30] 纪丽莎,潘青,王飒爽,等.不同水平的微生物发酵香菇下脚料对肉仔鸡生产性能、免疫器官指数及血液生化指标的影响[J].中国饲料,2023(20):157-160.
[31] 汪雯翰,贾爱卿,张劲松,等.金针菇子实体多糖抗新城疫病毒活性及对鸡免疫器官的影响[J].食用菌学报,2017,24(4):78-84.
[32] 吴国豪.肠道屏障功能[J].肠外与肠内营养,2004,11(1):44-47.
[33] 魏小兵,张秀林,王秋霞,等.无抗发酵饲粮对猪小肠黏膜形态和杯状细胞的影响[J].动物营养学报,2019,31(4):1797-1805.
[34] 禹于明,刘丹,张炳坤.家禽肠道屏障功能及其营养调节[C]//第七届中国饲料营养学术研讨会论文集.郑州:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2014.
[35] 黄春慧,李宁,胥蕾,等.饲粮非植酸磷水平对14日龄仔鹅肠道组织形态、食糜酶活性及菌群结构的影响[J].动物营养学报,2024,36(3): 1674-1684.
[36] 袁汝喜.湿态饲喂发酵饲料对育雏期三黄鸡生长性能、肠道发育、盲肠菌群的影响[D].南宁:广西大学,2022.
[37] 喻林.添加金针菇菌渣的饲料对草鱼肠道功能的影响[J].江西水产科技,2022(4):26-28.
[38] 曾立东.日粮添加金针菇菌渣对草鱼肠道功能的影响[J].江西水产科技,2022(1):10-11.
[39] 朱波,赵青海,钟蕾,等.金针菇菌渣饲料中添加纤维素酶及甘露寡糖对草鱼生长、肠道结构及血清生理生化指标的影响[J].饲料工业,2021,42(4):41-47.
[40] 王松,殷中琼,游玲,等.鸡腿菇酒糟菌糠对天府肉鸭肠道形态及其中主要菌群的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2013,35(8):13-18.