中国畜牧兽医 2020,47(12):3909-3916
China Animal Husbandry & Veterinary Medicine

植物乳杆菌和枯草芽孢杆菌混菌发酵饲料对肉鸡生长性能、屠宰性能和肠道结构的影响

陈志敏,郑爱娟,常文环,蔡辉益,刘国华*
(中国农业科学院饲料研究所,农业农村部饲料生物技术重点实验室,北京 100081)

摘 要:本试验旨在研究发酵饲料在肉鸡饲料中的使用方法和添加比例。在肉鸡饲料中添加0、10%、20%发酵全价饲料,正常制粒,研究其对肉鸡生长性能、屠宰性能及肠道等相关指标的影响,为发酵饲料在肉鸡饲料中的应用提供参考。选择1日龄爱拔益加(AA)健康肉仔公鸡180只,随机分为3个处理,每个处理6个重复,每个重复10只鸡。3个处理组分别饲喂含发酵全价饲料0(F0组)、10%(F10组)、20%的日粮(F20组),饲养时间42 d。结果表明,从全期来看(1~42日龄),10%发酵饲料替代组显著降低了料重比($P<0.05$),平均日增重有增加的趋势($P=0.05$)。42日龄时,发酵饲料对屠宰性能无显著影响($P>0.05$);20%发酵饲料替代组肉鸡的回肠隐窝深度显著高于对照组和10%替代组($P<0.05$);20%和10%发酵饲料替代组肉鸡十二指肠绒毛长度、十二指肠和空肠的绒毛长度/隐窝深度(V/C)显著高于对照组($P<0.05$)。以上结果提示,肉鸡饲料中以10%的发酵全价饲料替代可以降低料重比,提高平均日增重,并对肠道发育有一定的影响。

关键词:发酵饲料;肉鸡;生长性能;屠宰性能;肠道结构
中图分类号:S816.6 **文献标识码**:A
Doi:10.16431/j.cnki.1671-7236.2020.12.013 **开放科学(资源服务)标识码(OSID)**:

Effects of *Lactobacillus* and *Bacillus subtilis* Mixed Fermentation Feed on Growth Performance, Slaughter Performance and Intestinal Morphology of Broilers

CHEN Zhimin, ZHENG Aijuan, CHANG Wenhuan, CAI Huiyi, LIU Guohua*
(*Key Laboratory of Feed Biotechnology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Feed Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the usage and proportion of fermented feed in broiler feed. By adding 0, 10% and 20% fermented complete formula feed to the broiler feed, and granulating normally, the influence of the usage mode of the fermented feed on the production performance, slaughter performance, intestinal tract and other related indexes of the broiler feed were studied, so as to provide reference for the application of the fermented feed in the broiler feed. 180 1-day-old healthy AA male broilers were randomly divided into 3 groups with 6 replicates in each group and 10 chickens in each replicate. The three treatment groups were fed with 0, 10% and 20% of the total fermented feed for 42 days. The results showed that: From the

收稿日期:2020-06-28
基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0501401)
作者简介:陈志敏(1976-),女,内蒙古通辽人,博士,副研究员,研究方向:鸡营养与饲料科学,E-mail:chenzhimin@caas.cn
*通信作者:刘国华,研究员,博士生导师,E-mail:liuguohua@caas.cn

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

whole period (1-42 days old), the 10% fermentation feed substitution group significantly reduced the feed consumption and weight gain ratio ($P<0.05$), and the average daily weight gain increased ($P=0.05$). At 42 days old, there was no significant effect of fermented feed on slaughter performance ($P>0.05$). The ileal crypt depth of broilers in the 20% fermentation feed replacement group was significantly higher than that in the control group and the 10% replacement group ($P<0.05$). The length of duodenal villi and V/C in 20% and 10% fermentative feed substitution group was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). The results showed that the replacement of 10% fermented feed in broiler feed could reduce the ratio of feed to weight gain, increase the average daily gain, and have a certain impact on intestinal development.

Key words: fermented feed; broiler; growth performance; slaughter performance; intestinal morphology

应用发酵饲料是减抗替抗的一种有效方法，已经得到了大家的共识。发酵饲料原料，甚至是全价饲料发酵的研究与应用已成为行业发展的大趋势[1-2]。发酵饲料是以微生物、复合酶为发酵剂，将饲料原料转化为微生物菌体蛋白、生物活性小肽类氨基酸、活性益生菌、复合酶制剂为一体的生物饲料[2]。近年来，大量的研究表明发酵饲料可以改善动物生产性能、提高动物机体免疫力、改善肠道微生态平衡[3-13]。用来生产发酵饲料的常用微生物主要有乳酸菌、芽孢杆菌、酵母菌、霉菌（黑曲霉和米曲霉）、粪链球菌等。乳酸菌是应用最早、最广泛的菌种，兼性需氧或严格厌氧条件下生长，能利用碳水化合物进行发酵，主要产生乳酸。应用乳酸菌发酵饲料过程中会产生大量乳酸，可改善饲料的适口性，降低 pH，抑制肠道有害菌的生长，从而减少贮藏过程中干物质和营养物质的损失[14-16]。芽孢杆菌是一种好氧菌，可以将蛋白质降解为小肽，将多糖降解为易吸收的低分子糖，从而提高动物的生长速度和饲料利用率。在长期的实践中，人们发现发酵过程中有很多重要的生化反应过程仅依靠单一的菌株是不能完成的，必须利用两种或多种微生物共同作用完成，因此混合菌种发酵逐渐发展起来[17]。近年来，利用混合菌种进行发酵的研究越来越多，并取得了很好的效果。但是由于肉鸡肠道相对短，如何在肉鸡饲料中科学有效地应用仍需要大量的试验进行验证和研究。本试验选用植物乳杆菌和枯草芽孢杆菌对肉鸡全价饲料进行混菌发酵，并按一定比例添加在肉鸡全价饲料中，研究其对肉鸡生长性能、免疫功能和肠道发育的影响，为微生物发酵饲料在肉鸡饲料中的推广和应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 发酵饲料制备

在配制好的基础日粮中添加由农业农村部饲料生物技术重点实验室筛选并保藏的植物乳杆菌（活菌数 1.0×10^9 CFU/g）和枯草芽孢杆菌（活菌数 1.0×10^9 CFU/g），加入 30%蒸馏水混合均匀，装入呼吸袋（PA/PE 七层共挤膜，50 cm×80 cm，温州创佳包装材料有限公司）常温（25～35 ℃）厌氧发酵 5 d。每个呼吸袋装入发酵底物 15 kg。

1.2 试验设计

试验在中国农业科学院饲料研究所南口试验基地进行。选择 1 日龄健康爱拔益加（AA）雄性肉仔鸡 180 只，随机分为 3 组，每组 6 个重复，每个重复 10 只鸡。3 组肉鸡分别饲喂基础日粮（F0，不发酵）、10%发酵饲料（F10，发酵饲料以 10%的比例替代全价饲料）、20%发酵饲料（F20，发酵饲料以 20%的比例替代全价饲料）。

基础日粮采用玉米-豆粕-杂粕型日粮，其组成及营养水平见表 1；3 组试验日粮常规养分含量（实测值）见表 2，各组日粮均制成颗粒。

1.3 饲养管理

试验分 2 个阶段进行，1～21 日龄为试验前期，22～42 日龄为试验后期。采用笼养，1～3 日龄光照时间为 24 h/d，4～7 日龄为 23 h/d，之后为 16 h/d。乳头式饮水器供水，自由采食，常规免疫。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　基础日粮组成及营养成分(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　%

项目 Items	1～21 日龄 1 to 21 days of age	22～42 日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59.27	63.32
大豆粕 Soybean meal	29.01	22.22
棉籽粕 Cottonseed meal	2.00	3.00
菜籽粕 Rapeseed meal	2.00	3.00
植物油 Vegetable oil	2.61	3.78
食盐 NaCl	0.35	0.35
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.94	1.76
石粉 Limestone	1.12	1.00
***L*-赖氨酸** *L*-Lys	0.44	0.35
***DL*-蛋氨酸** *DL*-Met	0.23	0.20
***L*-苏氨酸** *L*-Thr	0.13	0.16
***L*-色氨酸** *L*-Trp	—	0.01
甜菜碱 Betaine	0.20	0.20
氯化胆碱 Choline chloride	0.20	0.15
预混料 Premix①	0.13	0.13
沸石粉 Zeolite powder	0.37	0.37
合计 Total	100.00	100.00
营养成分 Nutrient components②		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.29	12.71
粗蛋白质 CP	20.00	18.00
赖氨酸 Lys	1.25	1.05
蛋氨酸 Met	0.50	0.45
蛋氨酸＋半胱氨酸 Met＋Cys	0.92	0.84
苏氨酸 Thr	0.76	0.72
色氨酸 Trp	0.20	0.18
钙 Ca	1.00	0.90
有效磷 AP	0.45	0.42

①**维生素和微量元素预混料为每千克日粮提供**:1～21 **日龄**,VA 8 000 IU;VD_3 1 000 IU;VE 20 mg;VK_3 0.5 mg;VB_1 2.0 mg;VB_2 8 mg;VB_6 3.5 mg;VB_{12} 0.01 mg;**泛酸** 10 mg;**烟酸** 35 mg;**叶酸** 0.55 mg;**生物素** 0.18 mg;Cu 8 mg;Fe 80 mg;Zn 80 mg;Mn 80mg;I 0.7mg;Se 0.3mg。22～42 **日龄**,VA 6 000 IU;VD_3 750 IU;VE 10 mg;VK_3 0.5 mg;VB_1 2.0 mg;VB_2 5 mg;VB_6 3.0 mg;VB_{12} 0.01 mg;**泛酸** 10 mg;**烟酸** 30 mg;**叶酸** 0.55 mg;**生物素** 0.15 mg;Cu 6.4 mg;Fe 64 mg;Zn 64 mg;Mn 64 mg;I 0.56 mg;Se 0.3 mg。②**营养水平为计算值**

①The premix provided the following per kg of diets:1 to 21 days of age,VA 8 000 IU;VD_3 1 000 IU;VE 20 mg;VK_3 0.5 mg;VB_1 2.0 mg;VB_2 8 mg;VB_6 3.5 mg;VB_{12} 0.01 mg;Pantothenic acid 10 mg;Nicotinic acid 35 mg;Folic acid 0.55 mg;Biotin 0.18 mg;Cu 8 mg;Fe 80 mg;Zn 80 mg;Mn 80 mg;I 0.7 mg;Se 0.3 mg. 22 to 42 days of age,VA 6 000 IU;VD_3 750 IU;VE 10 mg;VK_3 0.5 mg;VB_1 2.0 mg;VB_2 5 mg;VB_6 3.0 mg;VB_{12} 0.01 mg;Pantothenic acid 10 mg;Nicotinic acid 30 mg;Folic acid 0.55 mg;Biotin 0.15 mg;Cu 6.4 mg;Fe 64 mg;Zn 64 mg;Mn 64 mg;I 0.56 mg;Se 0.3 mg. ②Nutrient levels were calculated values

表 2　3 种试验日粮常规成分的实测值

Table 2　Measured values of conventional nutrients of three experimental diets　%

项目 Items	1～21 日龄 1 to 21 days of age			22～42 日龄 22 to 42 days of age		
	F0	F10	F20	F0	F10	F20
粗蛋白质 CP	19.76	20.20	20.54	18.30	18.56	18.61
粗脂肪 EE	5.80	6.07	6.11	8.01	8.13	8.17
粗纤维 CF	2.90	2.75	2.54	2.83	2.77	2.53
粗灰分 CA	4.72	4.88	4.82	4.03	4.11	4.18

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.4 检测指标与方法

1.4.1 生长性能 于 21 和 42 日龄时，鸡空腹 12 h 后，以重复为单位进行称重，记录采食量，计算 1～21、22～42 和 1～42 日龄的平均体重（ABW）、平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）。

1.4.2 屠宰性能 于 42 日龄时，每重复随机选取 1 只鸡，按《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》（NY/T823—2004）测定屠宰率、全净膛率、半净膛率、腿肌率、胸肌率和腹脂率。计算公式为：

屠宰率（%）=（屠体重/宰前体重）×100%；

全净膛率（%）=（全净膛重/宰前体重）×100%；

半净膛率（%）=（半净膛重/宰前体重）×100%；

腹脂率（%）=（腹脂重/（全净膛重+腹脂重））×100%；

腿肌率（%）=（腿肌重/全净膛重）×100%；

胸肌率（%）=（胸肌重/全净膛重）×100%。

1.4.3 肠道绒毛长度和隐窝深度 42 日龄时，每个重复选取体重接近平均体重的 1 只鸡，取回肠、十二指肠和空肠，中段处剪下约 1 cm 的肠段，用生理盐水洗净后放入 4%甲醛固定液中固定。将固定好的样品按病理检验标准操作程序进行。脱水、修剪、包埋、切片、染色、封片，采用 BA200 Digital 数码三目摄像显微摄像系统对切片进行图像采集，采集 40 倍图片测定绒毛长度和隐窝深度，并计算绒毛长度/隐窝深度（V/C）。

1.5 统计分析

数据采用 SPSS 16.0 软件的单因素方差分析（One-Way ANOVA）对发酵饲料的替代水平进行显著性检验，对差异显著者采用 LSD 多重比较，显著水平设为 0.05。

2 结 果

2.1 生长性能

由表 3 可知，在生长前期，F10 组肉鸡平均日采食量和料重比最低，显著低于 F20 组（$P<0.05$），对照组和 F10 组间差异不显著（$P>0.05$）。生长后期，F10 组平均日增重最高，料重比与对照组差异不显著（$P>0.05$）；F20 组料重比显著高于其他两组（$P<0.05$）。从全期来看，与对照组相比，F10 组肉鸡平均日增重有增加的趋势（$P=0.05$），料重比显著低于对照组和 F20 组（$P<0.05$）。

表 3 各组肉鸡生长性能

Table 3 The growth performance of broilers in different groups

日龄 Days/d	组别 Groups	平均日增重 ADG/(g/d)	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料重比 F/G
1～21	F0	43.27	54.33^{ab}	1.31^{b}
	F10	43.22	52.05^{b}	1.26^{b}
	F20	42.63	56.97^{a}	1.41^{a}
	SEM	0.42	0.74	0.18
	P 值 *P*-value	0.80	0.013	0.003
22～42	F0	75.35	135.60	1.80^{b}
	F10	78.03	139.90	1.79^{b}
	F20	74.86	143.17	1.91^{a}
	SEM	1.12	1.73	0.02
	P 值 *P*-value	0.49	0.21	0.002
1～42	F0	58.37	92.82	1.59^{a}
	F10	59.61	91.39	1.54^{b}
	F20	57.80	93.24	1.61^{a}
	SEM	0.62	0.89	0.01
	P 值 *P*-value	0.05	0.70	0.001

同一生长阶段，同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）；肩标相同字母或无字母标注表示差异不显著（$P>0.05$）。下同

At the same period, in the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$); While with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　屠宰性能

由表 4 可知,添加发酵饲料对肉鸡的屠宰性能没有显著影响($P>0.05$)。

2.3　小肠绒毛长度和隐窝深度

由表 5 可知,F20 组 42 日龄肉鸡的回肠隐窝深度显著高于对照组和 F10 组($P<0.05$);由表 6 可知,F10 和 F20 组 42 日龄肉鸡十二指肠绒毛长度显著高于对照组($P<0.05$);由表 7 可知,F10 和 F20 组 42 日龄肉鸡十二指肠和空肠绒毛长度/隐窝深度显著高于对照组($P<0.05$)。

表 4　各组肉鸡屠宰性能

Table 4　Slaughter performance of broilers in different groups　%

组别 Groups	屠宰率 Dressing percentage	半净膛率 Half net carcass rate	全净膛率 Whole net carcass rate	胸肌率 Percentage of breast muscle	腿肌率 Percentage of thigh muscle	腹脂率 Percentage of abdominal fat
F0	91.62	84.71	73.73	29.18	23.06	2.26
F10	92.08	85.35	74.72	29.05	22.08	2.02
F20	92.66	84.64	73.94	26.98	23.53	2.48
SEM	0.39	0.41	0.49	0.82	0.43	0.12
P 值 *P*-value	0.58	0.76	0.72	0.50	0.40	0.33

表 5　各组肉鸡回肠绒毛长度和隐窝深度

Table 5　The length of ileal villi and the depth of crypt in broilers in different groups

组别 Groups	绒毛长度 Villus length/μm	隐窝深度 Crypt depth/μm	绒毛长度/隐窝深度 V/C
F0	1 224.5	202.43^{b}	6.05
F10	1 268.4	212.86^{b}	5.96
F20	1 442.0	266.11^{a}	5.42
SEM	59.64	11.29	0.15
P 值 *P*-value	0.39	0.03	0.22

表 6　各组肉鸡十二指肠绒毛长度和隐窝深度

Table 6　The length of duodenal villus and the depth of crypt in broilers in different groups

组别 Groups	绒毛长度 Villus length/μm	隐窝深度 Crypt depth/μm	绒毛长度/隐窝深度 V/C
F0	1 655.7^{b}	308.52	5.37^{b}
F10	1 987.8^{a}	305.77	6.50^{a}
F20	1 961.7^{a}	281.26	6.97^{a}
SEM	63.71	14.20	0.11
P 值 *P*-value	0.03	0.71	0.04

表 7　各组肉鸡空肠绒毛长度和隐窝深度

Table 7　The length of jejunal villi and the depth of crypt in broilers in different groups

组别 Groups	绒毛长度 Villus length/μm	隐窝深度 Crypt depth/μm	绒毛长度/隐窝深度 V/C
F0	1 661.6	312.45	5.32^{b}
F10	1 850.6	295.42	6.26^{a}
F20	1 721.7	285.93	6.02^{a}
SEM	72.62	12.92	0.13
P 值 *P*-value	0.55	0.72	0.03

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 讨 论

生长性能是衡量发酵饲料是否有效的最重要的指标。大部分研究结果表明发酵饲料对肉鸡生长性能的影响是有正向作用的。舒刚等[18]以枯草芽孢杆菌和保加利亚乳杆菌作为发酵菌种，日粮不制粒，粉料饲喂，添加不同比例的发酵饲料发现，试验组和药物组相比，日增重较高，料重比降低。倪玉娇等[19]将芽孢杆菌、酵母菌、乳酸菌作为发酵菌种，以棉籽粕、芝麻饼、DDGS为底物，常温20 ℃发酵96 h制得发酵饲料，当发酵饲料用量为15%时，对肉仔鸡平均日增重有显著影响，用量为10%时，节省的饲料成本最多。张伟伟等[20]采用白地霉、热带假丝红酵母和啤酒酵母混菌发酵马铃薯渣，马铃薯渣发酵饲料能降低肉鸡的料重比，提高饲料中蛋白质的利用率。林丽花等[21]指出，在1～4周龄黄羽肉鸡日粮中用9%发酵豆粕替代普通豆粕，可提高肉鸡平均日增重、降低料重比和死淘率。本试验添加发酵饲料后制粒，F10组全期的肉鸡平均日增重与其他两组相比有增加的趋势，料重比显著下降。原因可能是发酵过程使饲料中复杂的大分子物质如淀粉、纤维素、蛋白质等降解为动物易消化吸收的小分子物质单糖、双糖、低聚糖和氨基酸，产生微生物菌体蛋白以及微生物代谢产物。20%比例替代组料重比显著高于10%比例替代组，可能是因为微生物生长会消耗营养物质，添加比例过大会降低饲料的营养浓度，反而使肉鸡生长性能下降。

屠宰性能是衡量肉鸡肉用性能的主要指标。祁瑞雪[22]使用发酵豆粕替代普通豆粕（发酵豆粕含有地衣芽孢杆菌 1.2×10^7 CFU/g，高活性酵母菌 1.0×10^7 CFU/g），6%的发酵豆粕替代豆粕可显著提高肉鸡屠宰率、全净膛率和腿肌率。本试验各处理组的屠宰性能没有显著差异。不同试验中发酵饲料应用效果的结果不一致可能与发酵菌种、生产工艺、活菌数量及替代剂量、饲料是否灭菌或制粒等有关系。

小肠是肉鸡对营养物质进行消化和吸收的主要场所，小肠绒毛发育的情况及其对养分的利用直接影响着机体的生长发育情况。肠道绒毛的长度与绒毛上的细胞数量呈显著正相关，只有成熟的细胞才具备吸收养分的功能。因此，肠道绒毛长说明成熟细胞多，机体对养分的吸收利用能力则强。隐窝深度反映了隐窝细胞的增殖率和成熟度。绒毛长度/隐窝深度可反映小肠的功能状况，其值下降表明消化吸收功能下降[23-25]。Missotten等[24]使用植物乳杆菌发酵饲料饲喂肉鸡，发酵饲料组空肠和回肠中段的绒毛长度较对照组分别提高了22.6%和16.0%。Sun等[25-26]研究指出，发酵过程产生的小肽能够改善断奶仔猪肠道黏膜结构，增加营养物质的吸收利用效率。而未经发酵的普通豆粕含较多的大豆蛋白和植物凝集素等抗原物质，这些抗原物质会给肉鸡肠道造成损伤，使得肠绒毛上皮细胞的成熟数量减少、成熟速度缓慢，造成动物消化吸收能力减弱，饲料未及时被消化而堆积在肠道内引起内容物发酵、有害菌大量繁殖，有害菌分泌的肠毒素反过来损伤肠道绒毛结构，如此反复循环，阻碍肉鸡的生长发育。本试验中，F20组42日龄肉鸡的回肠隐窝深度显著高于对照组和F10组。F10和F20组42日龄肉鸡十二指肠绒毛长度、十二指肠和空肠的绒毛长度/隐窝深度均显著高于对照组。由此可以推断发酵饲料有利于绒毛上细胞的生长和成熟，从而使得养分吸收的面积变大，提高营养成分的吸收效率，这与发酵组具有较好的生长性能相对应。

4 结 论

本试验条件下，发酵饲料以10%的比例替代全价饲料，肉鸡全期的平均日增重有增加的趋势，料重比显著下降；以20%的比例替代全价饲料，肉鸡的回肠隐窝深度显著增加。发酵饲料以10%和20%的比例替代全价饲料，肉鸡的十二指肠绒毛长度、十二指肠和空肠的绒毛长度/隐窝深度显著高于对照组。

参考文献(References)：

[1] 陈来华. 中国生物饲料前景广阔[J]. 中国动物保健，2015，3：11-12.
CHEN L H. The prospect of biological feed in China is broad[J]. *China Animal Health*，2015，3：11-12. (in Chinese)

[2] 蔡辉益. 中国生物发酵饲料研究与应用技术发展趋势[J]. 中国畜牧业，2019，16：81-83.
CAI H Y. Development trend of research and application technology of fermented feed in China[J]. *China Animal Industry*，2019，16：81-83. (in Chinese)

[3] SUGIHARTO S，SAMIR R. Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance，gastrointestinal tract microecology and immuneresponses：A review[J]. *Animal Nutrition*，2019，5：1-10.

[4] CANIBE N，JENSEN B B. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs：Effect on

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

aspects of gastrointestinal ecology and growth performance[J]. *Journal of Animal Science* 2003, 81:2019-2031.

[5] SHARMA N, RANJITKAR S, SHARMAN K, et al. Influence of feeding crimped kernel maize silage on the course of subclinical necrotic enteritis in a broiler disease model[J]. *Animal Nutrition*, 2017, 3:392-398.

[6] ZHANG X, ZHAO L, CAO F, et al. Effects of feeding fermented *Ginkgo biloba* leaves on small intestinal morphology, absorption, and immunomodulation of early lipopolysaccharide-challenged chicks[J]. *Poultry Science*, 2013, 92:119-130.

[7] **李慧芬,曾亚均. 乳酸菌在固态发酵饲料中的应用[J]. 中国饲料**, 2018, 17:86-89.
LI H F, ZENG Y J. Application of lactic acid bacteria in solid fermentation feed[J]. *China Feed*, 2018, 17: 86-89. (in Chinese)

[8] SUPRIYATI H T, SUSANTI T, SUSANA I W R. Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2015, 28:231-238.

[9] WANG T Y, WU Y H, JIANG C Y, et al. Solid state fermented potato pulp can be used as poultry feed[J]. *British Poultry Science*, 2010, 51:229-234.

[10] UCHEWA E N, ONU P N. The effect of feed wetting and fermentation on the performance of broiler chick[J]. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 2012, 28:433-439.

[11] TANG J W, SUN H, YAO X H, et al. Effects of replacement of soybean meal by fermented cottonseed meal on growth performance, serum biochemical parameters and immune function of Yellow-feathered broilers[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2012, 25:393-400.

[12] AO X, ZHOU T X, KIM H J, et al. Influence of fermented red ginseng extracton broilers and laying hens[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2011, 24:993-1000.

[13] CHUNG T H, CHOI I H. Growth performance and fatty acid profiles of broilers given diets supplemented with fermented red ginseng marc powder combined with red koji[J]. *Brazil Poultry Science*, 2016, 18: 733-738.

[14] **李　北,李永恒,黄允升,等. 乳酸菌对固态饲料发酵效果的影响[J]. 轻工科技**, 2020, 36(1):17-18.
LI B, LI Y H, HUANG Y S, et al. Effect of lactic acid bacteria on solid feed fermentation[J]. *Light Industry Science and Technology*, 2020, 36(1): 17-18. (in Chinese)

[15] **赵　臣. 嗜酸乳杆菌发酵饲料及其对母猪健康和繁殖性能的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学**, 2017.
ZHAO C. *Lactobacillus acidophilus* fermented feed and its effects on sow health and reproductive performance[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2017. (in Chinese)

[16] **李　锦,朱风华,陈　甫,等. 乳酸菌发酵饲料对** SPF **鸡免疫功能的影响[J]. 中国畜牧杂志**, 2019, 55(7): 101-105.
LI J, ZHU F H, CHEN F, et al. Effects of *Lactobacillus* fermented feed on immune function of SPF chickens[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2019, 55(7): 101-105. (in Chinese)

[17] **吝常华,王　冰,蔡辉益. 肉鸡发酵饲料生产技术的研究进展[J]. 中国畜牧杂志**, 2017, 53(5): 4-9.
LIN C H, WANG B, CAI H Y. Research progress of fermentation feed production technology for broiler[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2017, 53(5): 4-9. (in Chinese)

[18] **舒　刚,梁　娜,曾　敏,等. 发酵饲料对肉鸡生长性能和肠道菌群、**pH **值的影响[J]. 中国畜牧杂志**, 2013, 49(13): 51-54.
SHU G, LIANG N, ZENG M, et al. Effects of fermented feed on growth performance, intestinal microflora and pH value of broilers[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2013, 49 (13): 51-54. (in Chinese)

[19] **倪玉娇,梁　永,田冬冬,等. 发酵非常规蛋白饲料对肉仔鸡生长性能和养分消化率的影响[J]. 粮食与饲料工业**, 2012, 4: 56-59.
NI Y J, LIANG Y, TIAN D D, et al. Effects of fermented unconventional protein feed on growth performance and nutrient digestibility of broilers[J]. *Cereal and Feed Industry*, 2012, 4: 56-59. (in Chinese)

[20] **张伟伟,邵淑丽,徐兴军,等. 日粮中添加马铃薯渣发酵蛋白饲料对肉鸡生长性能和肉品质的影响[J]. 高师理科学刊**, 2011, 31(6): 65-68.
ZHANG W W, SHAO S L, XU X J, et al. Effects of potato residue fermented protein feed on growth performance and meat quality of broilers[J]. *Journal of Science of Teachers' College and University*, 2011, 31(6): 65-68. (in Chinese)

[21] **林丽花,谢丽曲,王长康,等. 发酵豆粕对** 1-4 **周龄黄羽肉鸡生长性能、消化酶活性、抗氧化能力和免疫器官指数的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版)**,

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2013,42(4):403-409.
LIN L H, XIE L Q, WANG C K, et al. Effects of fermented soybean meal on growth performance, digestive enzyme activity, antioxidant capacity and immune organ index of Yellow-feathered broilers aged 1-4 weeks[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2013,42(4):403-409. (in Chinese)

[22] **祁瑞雪. 发酵豆粕在肉鸡中的应用研究[D]. 福州:福建农林大学**,2012.
QI R X. Application of fermented soybean meal in broilers[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012. (in Chinese)

[23] **章世元,全丽萍,徐健超,等. 发酵豆粕对断奶仔猪生长性能、养分消化率和胃肠道发育的影响[J]. 中国饲料**,2008,16:8-11.
ZHANG S Y, QUAN L P, XU J C, et al. Effects of fermented soybean meal on growth performance, nutrient digestibility and gastrointestinal development of weaned piglets[J]. *China Feed*, 2008,16:8-11. (in Chinese)

[24] MISSOTTEN J A, MICHIELS J, DIERICK N, et al. Effect of fermented moist feed on performance, gut bacteria and gut histo-morphology in broilers[J]. *British Poultry Science*, 2013,54(5):627-634.

[25] SUN H, TANG J W, FANG C L, et al. Molecular analysis of intestinal bacterial microbiota of broiler chickens fed diets containing fermented cottonseed meal[J]. *Poultry Science*, 2013,92:392-401.

[26] SUN H, TANG J W, YAO X H, et al. Effects of dietary inclusion of fermented cottonseed meal on growth, cecalmicrobial population, small intestinal morphology, and digestive enzyme activity of broilers[J]. *Tropical Animal Health Production*, 2013,45:987-993.

(责任编辑 卢庆萍)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net