

网络出版时间:2013-10-22 20:19

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131022.2019.029.html>

# 菊粉对肉仔鸡生长性能、免疫器官指数及抗氧化指标的影响

魏轶男, 黄倩倩, 吕亚军, 呼天明

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

**【摘要】** 【目的】研究菊粉对 1~42 日龄肉仔鸡生长性能、免疫器官发育及抗氧化能力的影响。【方法】选用 1 日龄健康科宝肉鸡 280 只, 随机分为 4 组, 每组 7 个重复, 每个重复 10 只鸡, 分别饲喂含质量分数 0(对照), 0.5%, 1.0% 和 1.5% 菊粉的饲料, 饲养期为 42 d, 试验期间记录每天的采食量, 分别于试验开始的 1, 7, 14, 21, 28, 35 和 42 d 早晨以重复为单位空腹称体质量, 计算平均日采食量、平均日增质量和料体质量比; 分别于 21 和 42 d 取样测定肉仔鸡免疫器官指数及肝脏和血清中的抗氧化指标。【结果】与对照组相比, 日粮中添加菊粉对 1~42 日龄肉仔鸡的生长性能无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但有提高平均日增质量、平均日采食量和降低料体质量比的趋势; 添加菊粉可显著提高 1~42 日龄肉仔鸡的脾脏、胸腺和法氏囊指数 ( $P < 0.05$ ), 其中以添加质量分数为 1.0% 和 1.5% 时效果较好; 添加菊粉可显著降低 1~42 日龄肉仔鸡肝脏和血清的 MDA 含量, 并可显著提高 T-SOD、GSH-Px 含量 ( $P < 0.05$ ), 其中以添加菊粉的质量分数为 1.0% 时效果较好。【结论】菊粉有促进肉仔鸡生长、提高肉仔鸡免疫器官指数和抗氧化能力的作用, 其中以质量分数为 1.0% 的添加量效果较好。

**【关键词】** 菊粉; 肉仔鸡; 生长性能; 免疫器官; 抗氧化

**【中图分类号】** S816.7; S831.5

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2013)11-0013-06

## Effects of inulin on growth performance, immune organs indexes and antioxidant of broilers

WEI Yi-nan, HUANG Qian-qian, LÜ Ya-jun, HU Tian-ming

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** 【Objective】The experiment was conducted to study effects of inulin on the growth performance, development of immune organs, and antioxidant capacity of broilers with age of 1–42 days. 【Method】280 one-day-old Cobb 500 broilers were randomly divided into 4 groups with 7 replicates per group and 10 broilers per replicate, fed on diets with 0, 0.5%, 1.0% and 1.5% inulin respectively. The experiment lasted for 42 days and daily feed intake for all groups was recorded every day. Broilers were weighed weekly to determine the feed intake, growth rate and feed conversion ratio (FCR). On day 21 and day 42, samples were collected for further assessment. Immune organ indexes and antioxidant indexes were determined. 【Result】Compared to the control group, adding inulin to the diet improved average daily gain, daily feed intake and lower feed/gain, and had significant effect on growth performance of broilers with age of 1 to 42 days ( $P > 0.05$ ). Adding inulin in the diet showed significant effect on spleen, thymus and bursa indexes ( $P < 0.05$ ), in which 1.0% and 1.5% inulin showed the best effect. Adding inulin significantly reduced MDA and in-

**【收稿日期】** 2012-12-14

**【基金项目】** 国家科技支撑计划项目(2011BAD17B05); 农业部公益性行业专项(200903060)

**【作者简介】** 魏轶男(1988—), 女, 辽宁沈阳人, 在读硕士, 主要从事饲料资源开发与利用研究。E-mail: weiyinan8855@163.com

**【通信作者】** 呼天明(1958—), 男, 内蒙古伊金霍洛旗人, 教授, 博士生导师, 主要从事牧草繁育栽培、种质资源评定及草畜一体化研究。E-mail: hutianming@126.com

creased T-SOD, GSH-Px of liver and serum of broilers with age of 1 to 42 days ( $P < 0.05$ ), in which 1.0% inulin showed the best effect. 【Conclusion】 Adding inulin to diet improved growth performance, increased immune organs indexes and antioxidant capacity of broilers. 1.0% inulin showed the best effect.

**Key words:** inulin; broilers; growth performance; immune organs indices; antioxidation

近几年, 抗生素及其他药物等作为饲料添加剂引起的环保和食品安全问题, 受到了人们的高度重视。因此, 寻找无污染、无公害、有益安全的饲料添加剂成为最近几年的研究热点。菊粉(Inulin)是由大于 60 个果糖单位、以  $\beta$ -1,2 糖苷链连接的果糖复合物, 几乎所有的植物中都可以发现菊粉。研究发现, 菊粉具有维持人体血脂平衡、降血糖血脂、促进矿物质吸收、调节肠道平衡、预防肥胖等诸多保健功能<sup>[1-4]</sup>; 而在动物试验中, 菊粉也表现出调节肠道平衡、改善动物脂肪代谢、促进钙吸收、促进动物生长、提高免疫、提高饲料利用率等功能<sup>[5-8]</sup>, 且在动物体内无残留, 不产生抗药性。然而到目前为止, 我国对菊粉作为添加剂在家禽饲料中的应用仍处于初级研究阶段, 尤其是菊粉抗氧化性的应用效果还鲜有报

道。本试验通过在肉仔鸡基础日粮中添加不同质量浓度菊粉, 研究其对肉仔鸡生产性能、免疫器官指数、抗氧化等指标的影响, 以期对肉仔鸡日粮中菊粉用量的确定提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验动物选用 1 日龄科宝肉仔鸡, 共 280 只。菊粉为比利时 ORAFIT 公司生产, 纯度为 92%, 其余成分为葡聚糖、蔗糖和果糖, 平均聚合度  $\geq 10$ 。

### 1.2 基础日粮

基础日粮为玉米-豆粕型, 参照《家禽营养需要》(NRC, 1994 年) 中肉鸡的营养标准配制, 其日粮组成和营养水平见表 1。

表 1 试验基础日粮的组成和营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet

成分 Composition	1~21 d	22~42 d	营养水平 Nutrient levels	1~21 d	22~42 d
玉米/(g · kg <sup>-1</sup> ) Corn	568.30	621.00	代谢能/(MJ · kg <sup>-1</sup> ) ME	12.70	12.99
豆粕/(g · kg <sup>-1</sup> ) Soybean meal	365.70	318.00	粗蛋白质/(g · kg <sup>-1</sup> ) CP	212.90	195.90
大豆油/(g · kg <sup>-1</sup> ) Soybean oil	30.00	30.00	钙/(g · kg <sup>-1</sup> ) Ca	9.60	8.90
石粉/(g · kg <sup>-1</sup> ) Limestone	10.00	10.00	有效磷/(g · kg <sup>-1</sup> ) AP	4.30	3.90
磷酸氢钙/(g · kg <sup>-1</sup> ) CaHPO <sub>4</sub>	17.00	15.00	赖氨酸/(g · kg <sup>-1</sup> ) Lys	12.20	10.50
食盐/(g · kg <sup>-1</sup> ) NaCl	3.00	3.00	蛋氨酸/(g · kg <sup>-1</sup> ) Met	5.20	4.10
L-赖氨酸盐酸/(g · kg <sup>-1</sup> ) L-LysoHCl	1.00	0.50			
DL-蛋氨酸/(g · kg <sup>-1</sup> ) DL-Met	1.50	0.50			
维生素预混料/(g · kg <sup>-1</sup> ) Vitamin premix 1	1.00	0.50			
氯化胆碱/(g · kg <sup>-1</sup> ) Choline chloride	1.50	0.50			
矿物质预混料/(g · kg <sup>-1</sup> ) Mineral premix 2	1.00	1.00			

注: 矿物质预混料向每 kg 基础日粮提供 Fe 80 mg、Zn 80 mg、Mn 20 mg、Cu 8 mg、I 0.35 mg 和 Se 0.15 mg; 维生素预混料向每 kg 基础日粮提供维生素 A 10 000 mg、维生素 D 1 500 mg、维生素 K 2.0 mg、维生素 B<sub>1</sub> 2.0 mg、维生素 B<sub>2</sub> 2.07 mg、维生素 B<sub>6</sub> 2.5 mg、维生素 B<sub>12</sub> 0.015 mg、烟酸 45 mg、泛酸(维生素 B<sub>3</sub>) 12 mg、叶酸 0.1 mg、生物素 0.11 mg 和胆碱 550 mg。日粮营养水平为计算值。

Note: 1 kg diet contains: Fe 80 mg, Zn 80 mg, Mn 20 mg, Cu 8 mg, I 0.35 mg, Se 0.15 mg, Vitamin A 10 000 mg, Vitamin D 1 500 mg, Vitamin K 2.0 mg, Vitamin B<sub>1</sub> 2.0 mg, Vitamin B<sub>2</sub> 2.07 mg, Vitamin B<sub>6</sub> 2.5 mg, Vitamin B<sub>12</sub> 0.015 mg, Nicotinic acid 45 mg, Pantothenate (Vitamin B<sub>3</sub>) 12 mg, Folic acid 0.1 mg, Biotin 0.11 mg, Choline 550 mg. Nutrient levels of diets were calculated.

### 1.3 试验设计

将 280 只 1 日龄科宝肉仔鸡随机分成 4 组, 每组 7 个重复, 每个重复 10 只肉仔鸡。I 组为对照组, 饲喂基础日粮; II、III、IV 组为试验组, 分别饲喂在基础日粮中添加质量分数 0.5%, 1.0% 和 1.5% 菊粉的试验日粮。

### 1.4 饲养管理

试验在西北农林科技大学畜牧站进行, 开放式育雏舍, 2 层笼养, 自由采食、饮水。试验期为 42 d。

试验期间自由饮水, 人工饲喂, 每天 08:00 和 20:00 各饲喂 1 次。严格控制鸡舍内的温湿度, 常规方法进行饲养管理及消毒、防疫工作。

### 1.5 主要测定指标和测定方法

1.5.1 生长性能 试验期间记录每天的采食量, 分别于试验开始的 1, 7, 14, 21, 28, 35 和 42 d 早晨, 以重复为单位空腹称体质量。然后计算平均日采食量、日增质量和料体质量比。

1.5.2 免疫器官指数 分别在试验的 21 和 42 d,

从每个重复中随机抽取发育正常的 2 只雏鸡,空腹称体质量,按照常规方法进行屠宰,分离胸腺、法氏囊和脾脏等免疫器官并称其质量,计算器官指数:器官指数=器官质量(mg)/活体质量(g)。

1.5.3 抗氧化指标 在试验的 21 和 42 d,从每个重复中随机抽取发育正常的 2 只接近各自平均体质量的雏鸡个体,颈部采血 10 mL/只,3 500 r/min 离心 10 min,制备血清,于-20 ℃保存。屠宰并摘取肝脏 0.5 g,加 9 倍冰生理盐水,剪碎研磨,制成质量分数 10% 的组织匀浆液,2 000 r/min 离心 15 min,取上清液于-20 ℃保存,备测抗氧化指标。血清和肝脏总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性、丙二醛(MDA)浓度均按照试剂盒说明书方法操作,由紫外可见分光光度计测定,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

## 1.6 数据处理

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析,并进行多重比较,数据以“平均值±标准误”表示。

表 2 菊粉对肉仔鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of inulin on growth performance of broilers

组别 Group	1~21 日龄 1-21 day age			22~42 日龄 22-42 day age		
	平均日增 质量/g Daily gain	平均日采食量/g Daily feed intake	料体质量比 $m(\text{Feed}) : m(\text{Gain})$	平均日增 质量/g Daily gain	平均日采食量/g Daily feed intake	料体质量比 $m(\text{Feed}) : m(\text{Gain})$
I (CK)	49.36±2.57 a	40.81±8.36 a	0.88±0.12 a	73.48±2.74 a	115.74±8.23 b	1.57±0.10 a
II	51.47±4.16 a	40.11±8.13 a	0.86±0.14 a	75.39±4.01 a	119.96±8.86 ab	1.54±0.09 a
III	53.24±3.55 a	43.36±9.01 a	0.79±0.09 a	77.50±3.84 a	125.69±6.74 a	1.43±0.07 a
IV	53.33±4.55 a	43.70±4.69 a	0.79±0.09 a	76.73±3.58 a	123.59±10.07 ab	1.46±0.07 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),标相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

Note: In the same column, values with different lowercase letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ), with same lowercase letters mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same below.

## 2.2 菊粉对肉仔鸡免疫器官指数的影响

由表 3 可以看出,随着菊粉添加量的增加,肉仔鸡各免疫器官指数均呈增大趋势。21 日龄时,在胸腺指数上各试验组差异不显著( $P > 0.05$ ),但 II、III、IV 菊粉添加组分别较对照组提高了 1.35%、7.01% 和 4.52%;在脾脏指数上,III、IV 组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ),其他各组差异不显著( $P > 0.05$ );在法氏囊指数上,III 组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ),其他各组差异不显著( $P > 0.05$ )。42 日龄时,在胸腺指数和脾脏指数上,III、IV 组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ),其他各组差异不显著( $P > 0.05$ );在法氏囊指数上,各试验组差异均不显著( $P > 0.05$ ),但 II、III、IV 菊粉添加组的法氏囊指数分别较对照组提高了 2.29%、5.14% 和 4.57%。由上述结果可知,添加菊粉提高了肉仔鸡的免疫器官

## 2 结果与分析

### 2.1 菊粉对肉仔鸡生长性能的影响

由表 2 可以看出,整个饲养期间,除 22~42 日龄肉仔鸡平均日采食量在 III 组与对照组之间差异显著外( $P < 0.05$ ),其他各组之间差异均不显著( $P > 0.05$ );但菊粉添加组与对照组相比有增加平均日增质量、平均日采食量和降低料体质量比的趋势。随着菊粉添加量的增多,肉仔鸡平均日增质量和平均日采食量明显增加,料体质量比明显降低,尤其是 III、IV 组,且饲养期越长,变化幅度越大;在 22~42 日龄,II、III、IV 组平均日增质量分别较对照组提高了 2.60%、5.47% 和 4.42% ( $P > 0.05$ ),而料体质量比分别较对照组降低了 1.91%、8.92% 和 7.0% ( $P > 0.05$ )。由以上结果可知,添加菊粉有增加肉仔鸡平均日增质量、平均日采食量和降低料体质量比的效果,其中以添加菊粉的质量分数为 1.0% 时效果较好。

指数,且随着菊粉添加量的增加,免疫器官指数的增幅加大,其中以添加菊粉的质量分数为 1.0% 和 1.5% 时效果较好。

### 2.3 菊粉对肉仔鸡肝脏抗氧化指标的影响

由表 4 可以看出,21 日龄时,III、IV 组肉仔鸡肝脏 MDA 浓度和 GSH-Px 活性与对照组和 II 组有显著差异( $P < 0.05$ ),其他各组间差异均不显著( $P > 0.05$ );在 T-SOD 活性上,II、III、IV 组显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),且 IV 组显著高于 II 和 III 组 ( $P < 0.05$ )。42 日龄时,III、IV 组肉仔鸡肝脏 MDA 浓度显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ),且 III 组浓度最低;II、III、IV 组 T-SOD 活性显著高于对照组 ( $P < 0.05$ );III、IV 组 GSH-Px 活性显著高于对照组和 II 组 ( $P < 0.05$ )。

表 3 菊粉对肉仔鸡免疫器官指数的影响

Table 3 Effects of inulin on immune organs indexes of broilers

g/kg

组别 Group	21 日龄 21 day age			42 日龄 42 day age		
	胸腺 Thymus index	脾脏 Spleen index	法氏囊 Bursa Findex	胸腺 Thymus index	脾脏 Spleen index	法氏囊 Bursa Findex
I (CK)	4.42±0.16 a	0.78±0.03 b	1.93±0.14 b	3.39±0.22 b	1.09±0.09 b	1.75±0.10 a
II	4.48±0.19 a	0.85±0.07 ab	2.17±0.16 ab	4.09±0.20 ab	1.23±0.07 ab	1.79±0.14 a
III	4.73±0.23 a	0.93±0.05 a	2.29±0.13 a	4.50±0.40 a	1.50±0.04 a	1.84±0.12 a
IV	4.62±0.22 a	0.90±0.09 a	2.12±0.11 ab	4.30±0.14 a	1.27±0.05 a	1.83±0.16 a

表 4 菊粉对肉仔鸡肝脏抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of inulin on liver antioxidant indexes of broilers

组别 Group	21 日龄 21 day age			42 日龄 42 day age		
	MDA/ (nmol·mL <sup>-1</sup> )	T-SOD/ (U·mL <sup>-1</sup> )	GSH-Px/ (U·mL <sup>-1</sup> )	MDA/ (nmol·mL <sup>-1</sup> )	T-SOD/ (U·mL <sup>-1</sup> )	GSH-Px/ (U·mL <sup>-1</sup> )
I (CK)	2.63±0.14 a	396.85±5.23 c	20.19±2.64 b	2.85±0.24 a	270.77±5.05 b	30.34±3.41 b
II	2.56±0.15 a	418.45±3.33 b	21.14±2.88 b	2.63±0.36 ab	357.61±5.92 a	32.57±2.61 b
III	2.11±0.16 b	439.18±3.58 b	22.85±2.40 a	1.64±0.24 c	379.09±4.50 a	35.14±2.61 a
IV	2.35±0.15 b	447.08±7.94 a	23.79±3.52 a	1.99±0.17 bc	360.18±2.53 a	36.38±2.73 a

#### 2.4 菊粉对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

由表 5 可以看出,21 日龄时,Ⅲ组肉仔鸡血清 MDA 浓度显著低于对照组 ( $P<0.05$ ),降低了 10.80%;Ⅲ、Ⅳ组 T-SOD 活性显著高于对照组和Ⅱ组 ( $P<0.05$ );Ⅲ、Ⅳ组 GSH-Px 活性显著高于对照组 ( $P<0.05$ )。42 日龄时,Ⅲ、Ⅳ组肉仔鸡血清 MDA 浓度显著低于对照组 ( $P<0.05$ ),且以Ⅲ组最

低,显著低于对照组和Ⅱ组 ( $P<0.05$ );Ⅲ组 T-SOD 活性显著高于对照组 ( $P<0.05$ ),提高了 15.20%;Ⅲ、Ⅳ组 GSH-Px 活性显著高于对照组和Ⅱ组 ( $P<0.05$ ),其他各组间差异不显著 ( $P>0.05$ )。分析以上结果可知,菊粉的添加提高了肉仔鸡血清的抗氧化功能,其中以添加菊粉的质量分数为 1.0% 时效果较好。

表 5 菊粉对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of inulin on serum antioxidant indexes of broilers

组别 Group	21 日龄 21 day age			42 日龄 42 day age		
	MDA/ (nmol·mL <sup>-1</sup> )	T-SOD/ (U·mL <sup>-1</sup> )	GSH-Px/ (U·mL <sup>-1</sup> )	MDA/ (nmol·mL <sup>-1</sup> )	T-SOD/ (U·mL <sup>-1</sup> )	GSH-Px/ (U·mL <sup>-1</sup> )
I (CK)	6.02±0.30 a	201.66±4.13 b	2 307.54±125.89 b	4.36±0.26 a	225.80±7.57 bc	2 533.97±120.82 b
II	5.87±0.24 ab	215.00±7.99 b	2 549.07±137.94 ab	3.97±0.33 ab	248.04±5.37 ab	2 628.86±54.99 b
III	5.37±0.26 b	250.90±3.25 a	2 698.13±151.14 a	3.30±0.19 c	260.12±8.05 a	3 196.62±150.74 a
IV	5.55±0.29 ab	249.05±8.45 a	2 765.45±62.57 a	3.89±0.25 bc	247.91±3.01 ab	3 115.18±79.70 a

## 3 讨论

### 3.1 菊粉对肉仔鸡生长性能的影响

菊粉作为饲料添加剂对动物生长性能的影响不尽相同。Ortiz 等<sup>[8]</sup>研究表明,与添加和不添加抗菌素的对照组相比,不同水平的菊粉对肉鸡生长性能无明显影响;张艳<sup>[9]</sup>用添加质量分数 1.0%,0.5%,0.3% 和 0.1% 菊粉的日粮饲喂肉仔鸡,结果表明,饲料中添加 0.5% 菊粉组在整个试验期内能增加肉仔鸡日增质量,提高饲料转化率。本试验结果表明,菊粉的添加未显著影响肉仔鸡的平均日增质量和平均日采食量,但对上述指标有一定的提高作用,而且还可降低料体质量比,其中菊粉的添加量以 1.0% 为宜。本试验中添加 1.5% 菊粉与添加 1.0% 菊粉处理相比,肉仔鸡平均日采食量和平均日增质量略

有下降,这说明添加过多的菊粉会影响生产效果,这与 Vanhoof 等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。顾宪红等<sup>[11]</sup>的研究也表明,1.0% 的菊粉添加量比 1.5% 能更显著地提高仔猪的平均日采食量、平均日增质量和饲料报酬。因此,本试验表明,适量的菊粉可以提高肉鸡的生长性能,并以 1.0% 的添加量为宜。但关于菊粉影响肉鸡生长性能的具体作用机理,还有待进一步研究。

### 3.2 菊粉对肉仔鸡免疫器官的影响

已有研究发现,菊粉有提高免疫功能的作用,Roberfrois<sup>[12]</sup>研究表明,菊粉可促进大肠中有益菌的生长,增殖的有益菌附殖在肠黏膜上构成一道免疫屏障;另外,有益菌代谢产物的增多及有害物质的减少,有利于增强机体的体液免疫和细胞免疫。Cooper 等<sup>[13]</sup>研究发现, $\gamma$ -菊粉较灭活的金色葡萄球

菌和酵母聚糖有更强的免疫佐剂活性。花城等<sup>[14]</sup>的研究也表明,菊粉能提高动物体内光谱增强因子 IL-2 的含量,从而增强免疫细胞的活性,诱导 T 细胞产生干扰素,活化 Th 细胞以扩大免疫应答,促使 B 细胞发生增殖反应而成为抗体分泌细胞。免疫器官是衡量动物免疫机能的主要考虑因素,胸腺、脾脏、法氏囊是禽类的主要免疫器官,参与机体的体液免疫和细胞免疫。其中胸腺和法氏囊属于中枢免疫器官,对家禽的免疫能力起着决定性作用;脾脏属于外周免疫器官,可以产生大量的 B 淋巴细胞和特殊性抗体。王中华等<sup>[15]</sup>在仔猪饲料中添加菊粉的研究结果表明,菊粉添加组仔猪的脾脏和胸腺指数显著提高。本试验中,菊粉的添加显著提高了肉仔鸡的免疫器官指数,这与上官明军等<sup>[16]</sup>的研究结果基本一致。

### 3.3 菊粉对肉仔鸡抗氧化功能的影响

T-SOD、GSH-Px 是体内抗氧化系统中的重要酶系,其活性在清除自由基、抗氧化损伤和维持细胞结构方面起着重要作用。花城等<sup>[14]</sup>在断奶仔猪日粮中添加菊粉,结果显示 SOD 含量有升高的趋势,但差异不显著。尚红梅<sup>[17]</sup>研究显示,菊粉可显著提高血清中的 SOD 水平而降低血清的 MDA 水平;对超氧阴离子自由基( $O_2^-$ )、羟自由基( $\cdot OH$ )及二苯代苦味酰基自由基(DPPH $\cdot$ )也有不同程度的清除作用。本试验中,与对照组相比,菊粉添加组显著提高了血清和肝脏中的 T-SOD 和 GSH-Px 活性,从而提高了抗氧化功能。MDA 是细胞膜脂质过氧化的产物,其含量可间接反映细胞的受损伤程度。王密等<sup>[18]</sup>用菊糖饲喂糖尿病大鼠,结果表明,菊糖的添加可显著降低血清的 MDA 含量。本试验表明,菊粉添加组显著降低了肉鸡血清和肝脏的 MDA 浓度,间接地反映出菊粉的抗氧化性能,这与尚红梅<sup>[17]</sup>的研究结果基本一致。本试验同时测定了肉鸡肝脏和血清的 T-SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量,这样能更准确地反映肉仔鸡整体的抗氧化性能,本试验未显现出菊粉过多而导致的拮抗作用,且以 1.0%和 1.5%菊粉添加量的效果较好,但考虑其饲料成本,故以 1.0%为宜。

## 4 结 论

日粮中添加质量分数 1.0%的菊粉,可促进肉鸡生长性能,显著提高肉鸡免疫器官指数,增强免疫功能;菊粉可显著提高肉鸡血清和肝脏中 T-SOD、GSH-Px 活性并显著降低 MDA 浓度,表明菊粉对

肉仔鸡有良好的抗氧化效果。

### [参考文献]

- [1] Gennaro S D, Birch G G, Parke S A, et al. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers [J]. Food Chemistry, 2000, 68(2): 179-183.
- [2] 梅丛笑, 方元超. 天然食品配料: 菊粉 [J]. 中国食品添加剂, 2001(1): 25-28.  
Mei C X, Fang Y C. Natural food ingredient: Inulin [J]. China Food Additives, 2001(1): 25-28. (in Chinese)
- [3] Delzenne N M. The hypolipidaemic effect of inulin when animal studies help to approach the human problem [J]. British Journal of Nutrition, 1999, 82(1): 3-4.
- [4] Canzi E, Brighenti F B, Casiraghi M C, et al. Effect of consumption of a ready-to-eat breakfast cereal containing inulin on the intestinal milieu and blood lipids in healthy male volunteers [J]. Cur J Clin Nutr, 1999, 53(9): 726-733.
- [5] Demigne C, Levrat M A, Younes H, et al. Interaction between large intestine fermentation and dietary calcium [J]. Eur J Clin Nutr, 1995, 49(3): 235-238.
- [6] 林 晨, 顾宪红, 张明涛. 绿色食品和饲料添加剂菊粉的应用和研究 [J]. 饲料研究, 2004(12): 16-19.  
Lin C, Gu X H, Zhang M T. Application and research on inulin of green food and feed addition agent [J]. Feed Research, 2004(12): 16-19. (in Chinese)
- [7] 张 艳, 黄仁录, 刘 彦. 菊粉在动物营养中的研究进展 [J]. 动物科学与动物医学, 2004, 2(2): 48-50.  
Zhang Y, Huang R L, Liu Y. Research progress in animal nutrition of inulin [J]. Animal Science and Veterinary Medicine, 2004, 2(2): 48-50. (in Chinese)
- [8] Ortiz L T, Rodriguez M L, Alzueta C, et al. Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens [J]. British Poultry Science, 2009, 50(3): 325-332.
- [9] 张 艳. 菊粉对肉鸡生产性能、血液指标及肠道菌群的影响 [D]. 河北保定: 河北农业大学, 2004.  
Zhang Y. Effect of inulin on preformance, serum biochemical parameters and cecum microorganisms of broilers [D]. Baoding, Hebei: Hebei Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- [10] Vanhoof K, Schrijver R D. Nitrogen metabolism in rats and pigs fed inulin [J]. Nutrition Research, 1996, 16(6): 1035-1039.
- [11] 顾宪红, 张名涛, 杨 琳, 等. 菊粉对断奶仔猪大肠微生物区系及生产性能的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2005, 36(4): 333-336.  
Gu X H, Zhang M T, Yang L, et al. Effect of inulin on microflora of large intestine and performance in weaning piglets [J]. Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2005, 36(4): 333-336. (in Chinese)
- [12] Roberfroil M B. Prebiotics and synbiotics concepts and nutritional properties [J]. Journal Br J Nutr, 1998, 80(4): 197-202.
- [13] Cooper P D, Margrit A. Complementary action of polymorphic

- solubility form of particulate inulin [J]. *Molecular Immunology*, 1986, 123(8): 895-902.
- [14] 花 城, 陈立祥, 燕富永, 等. 菊粉对断奶仔猪血液生化指标的影响 [J]. *中国饲料*, 2008(14): 27-29.  
Hua C, Chen L X, Yan F Y, et al. Effects of inulin on serum biochemical parameters of weaning piglets [J]. *China Feed*, 2008(14): 27-29. (in Chinese)
- [15] 王中华, 周德忠. 菊粉对断奶仔猪生长性能和免疫功能的作用研究 [J]. *饲料工业*, 2011, 32(24): 36-38.  
Wang Z H, Zhou D Z. Influence of inulin on growth performance and immune function of weaning piglets [J]. *Feed Industry*, 2011, 32(24): 36-38. (in Chinese)
- [16] 上官明军, 王 芳, 张红岗, 等. 菊粉对蛋雏鸡生长性能、免疫器官指数和血清免疫球蛋白的影响 [J]. *动物营养学报*, 2009, 21(1): 118-122.  
Shangguan M J, Wang F, Zhang H G, et al. Effects of inulin on growth performance, immune organs indices and serum immunoglobulin of laying chickens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2009, 21(1): 118-122. (in Chinese)
- [17] 尚红梅. 菊苣菊粉的纯化与活性研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2007.  
Shang H M. Study on the purification and activity of chicory inulin [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2007. (in Chinese)
- [18] 王 密, 胡建民, 杨建成. 菊糖对糖尿病大鼠的抗氧化系统和血脂的影响 [J]. *中国兽医杂志*, 2008, 44(4): 45-46.  
Wang M, Hu J M, Yang J C. Effects of inulin on antioxidant system and blood lipid of diabetic rats [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2008, 44(4): 45-46. (in Chinese)

.....

(上接第 12 页)

- [12] Li C, Suttie J M. Tissue collection methods for antler research [J]. *Eur J Morphol*, 2003, 41(1): 23-30.
- [13] Moazed D. Small RNAs in transcriptional gene silencing and genome defence [J]. *Nature*, 2009, 457: 413-420.
- [14] Lee Y, Kim M, Han J, et al. MicroRNA genes are transcribed by RNA polymerase II [J]. *EMBO J*, 2004, 23(20): 4051-4060.
- [15] Zeng Y. Principles of micro-RNA production and maturation [J]. *Oncogene*, 2006, 25(46): 6156-6162.
- [16] Li X, Carthew R W. A microRNA mediates EGF receptor signaling and promotes photoreceptor differentiation in the *Drosophila* eye [J]. *Cell*, 2005, 123(7): 1267-1277.
- [17] 孙浩然, 郑 伟, 吴山力, 等. 梅花鹿鹿茸细胞端粒酶活性及其 mRNA 表达的检测 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(2): 1073-1075.  
Sun H R, Zheng W, Wu S L, et al. Detection of telomerase activity and expression of TERT gene in antler of sika deer [J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2011, 39(2): 1073-1075. (in Chinese)