

小刺猴头发酵多糖对肉鸡胆固醇沉积的影响

尚红梅^{1,2}, 宋 慧^{1,3*}, 姚 旭¹, 沈思捷¹, 王丽娜¹, 吴 波¹, 姜云瑶¹, 丁国栋¹

(1. 吉林农业大学生命科学学院, 长春 130118; 2. 吉林农业大学动物科学技术学院, 长春 130118;

3. 食药菌教育部工程研究中心, 长春 130118)

摘 要: 本试验旨在研究小刺猴头发酵多糖(HFP)对肉鸡血清、肌肉、肝脏、心脏、肌胃、粪便中胆固醇含量的影响。试验选用1日龄AA肉鸡240只,随机分为4个处理,每个处理3个重复,每个重复20只,分别饲喂含HFP为0、0.1%、0.3%、0.5%的饲料,试验时间为42 d。结果表明,在不同日龄阶段(14、28、42日龄),与对照组相比,饲料中添加0.3%和0.5%水平的HFP可显著降低肉鸡血液中总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的含量($P<0.05$),显著增加血液高密度脂蛋白胆固醇含量($P<0.05$);0.3%和0.5%水平HFP添加组肉鸡的胸肌、腿肌和肝脏中胆固醇含量均显著低于对照组($P<0.05$),0.5%水平HFP添加组肉鸡肌胃中胆固醇含量显著低于对照组($P<0.05$),饲料中添加HFP对肉鸡心脏胆固醇水平没有显著影响($P>0.05$);与对照组相比,饲料中添加不同水平的HFP能够显著增加肉鸡粪便中胆汁酸的排泄($P<0.05$),0.3%和0.5%水平的HFP添加组肉鸡粪便中胆固醇含量也显著高于对照组($P<0.05$)。结果提示,肉鸡饲料中添加HFP可能通过增加肉鸡粪便中胆固醇和胆汁酸的排泄,从而降低肉鸡肌肉、肝脏、肌胃中胆固醇的含量。

关键词: 小刺猴头菌; 发酵浸膏多糖; 肉仔鸡; 胆固醇; 胆汁酸

中图分类号: S813.2

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2013)12-1939-07

Effects of Dietary Polysaccharides from the Submerged Fermentation Extract of *Hericum caput-medusae* (Bull. ;Fr.) Pers. on Cholesterol Deposition in Broilers

SHANG Hong-mei^{1,2}, SONG Hui^{1,3*}, YAO Xu¹, SHEN Si-jie¹,

WANG Li-na¹, WU Bo¹, JIANG Yun-yao¹, DING Guo-dong¹

(1. School of Life Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

3. Engineering Research Center of Ministry of Education for Edible and Medicinal Fungi, Changchun 130118, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary polysaccharides from the submerged fermentation extract of *Hericum caput-medusae* (Bull. ;Fr.) Pers. (HFP) on the contents of cholesterol in serum, muscles, liver, heart, muscular stomach, excreta of broilers. A total of 240 one-day-old AA broilers were divided randomly into 4 groups with 3 replicates of 20 broilers each, and fed diets containing four concentrations of HFP (0, 0.1%, 0.3% and 0.5%) during the 42 days study. The results showed that, compared with control group, at different age stages (day 14, 28 and 42), dietary supplementation of HFP at the levels of 0.3% and 0.5% significantly decreased serum total cholesterol and low density lipoprotein cholesterol contents ($P<0.05$), and significantly increased serum high density lipoprotein cholesterol content of broilers compared to the control group ($P<0.05$). Cholesterol levels of breast muscle, thigh muscle and

收稿日期: 2013-04-10

基金项目: 吉林省世行贷款农产品质量安全项目(2011-Y18)

作者简介: 尚红梅(1981-), 女, 满族, 吉林四平人, 讲师, 博士生, 主要从事饲草资源开发与利用研究, E-mail: shangmei2000@163.com

* 通信作者: 宋 慧, 教授, E-mail: songhuinongda@163.com

liver were significantly reduced in the broilers fed with 0.3% and 0.5% of HFP than those in control group ($P < 0.05$), and cholesterol content of muscular stomach was lower in the broilers fed with 0.5% of HFP compared to control group ($P < 0.05$). Dietary supplementation of HFP had no significantly effect on cholesterol content of broilers' heart ($P > 0.05$). Compared with the control group, supplementation with HFP at different levels significantly increased bile acid excretion in feces of broilers ($P < 0.05$), and cholesterol contents of excreta were also higher in the broilers fed with 0.3% and 0.5% of HFP compared to the control group ($P < 0.05$). The results of this study suggest that the decreased contents of cholesterol in muscles, liver and muscular stomach of broilers may be caused by an increase in the fecal excretion of cholesterol and bile acid.

Key words: *Hericum caput-medusae* (Bull.; Fr.) Pers.; polysaccharides from the submerged fermentation extract; broilers; cholesterol; bile acid

在我国,随着膳食中动物性食品比重的提高,动物性食品中过高的胆固醇含量已引起研究者的关注^[1]。如果人体从食物中摄入过量的胆固醇,会使血液中胆固醇浓度提高,而高胆固醇血症是导致动脉粥样硬化和冠心病的重要病因之一^[2-4]。鸡肉作为人类重要的动物性食品之一,降低肉鸡肌肉及其它组织中的胆固醇含量对于提高鸡肉品质具有重要意义^[5]。20世纪90年代以来,多糖的生物活性及药用价值倍受关注,已有的研究表明,多糖具有免疫调节、抗氧化、降血糖、降血脂等多种生理功能^[6-7]。小刺猴头菌(*Hericum caput-medusae* (Bull.; Fr.) Pers.)是猴头菌属(*Hericum*)珍稀食药真菌^[8],其发酵浸膏对治疗慢性萎缩性胃炎、消化性胃炎、十二指肠肠部溃疡及结肠炎等胃肠疾病,提高机体免疫力有良好功效,其中发挥功效的主要成分是多糖,小刺猴头菌发酵浸膏在临床上已作为生产中药“胃乐欣”的主要原料^[9]。近年来,一些研究表明,小刺猴头菌发酵浸膏多糖具有抗肿瘤^[10-11]、抗氧化^[12]和抑菌^[13]等功效。B. K. Yang等^[14]报道,猴头菌(*Hericum erinaceus*)液体深层发酵胞外产物(总糖含量91.20%)能降低饲喂高脂日粮鼠血液总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、甘油三酯浓度,提高血液高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)浓度,但目前有关小刺猴头菌发酵多糖对动物胆固醇代谢的影响报道很少。

本试验旨在研究小刺猴头发酵浸膏多糖对肉鸡血清、肝脏、肌肉、心脏、肌胃中胆固醇含量以及粪便胆固醇和胆汁酸排泄的影响,为低胆固醇鸡肉的开发提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

小刺猴头发酵浸膏由白求恩医科大学制药厂馈赠。多糖制备采用水提醇沉法,提取条件参照文献^[15],经提取得到小刺猴头发酵多糖(HFP)粉末粗品,采用苯酚硫酸法^[16]测定其中多糖含量(74.77%)。HFP主要多糖组分为 α -D-吡喃葡聚糖,碘反应试验为阴性。

1.2 试验动物与设计

试验用的AA肉鸡购自吉林隆达牧业公司。选用1日龄健康、体重差异不显著($P > 0.05$)的肉鸡240只随机分为4个处理,每个处理3个重复,每个重复20只。试验采用单因素完全随机设计,在玉米-豆粕型基础饲料中添加0、0.1%、0.3%、0.5%的HFP,各组饲料不添加任何抗生素,试验期42d。试验鸡笼养,自由采食和饮水,鸡舍温度第1周为32~35℃,第2周为27~30℃,第3周为22~25℃,第4周后为自然温度条件下饲养。第1周进行24h光照,然后每天递减1h光照,直至正常光照。按正常免疫程序进行免疫,每日观察肉鸡的采食情况及生长状况,记录鸡只的死亡数。基础饲料组成见表1。

1.3 样品的采集与制备

于试验的第14、28、42天08:00开始采样。从每个处理随机抓取12只鸡(每个重复4只),称重后颈静脉采血,低温(-4℃)3000 r·min离心15 min制备血清,于-20℃冰箱保存待测。鸡只放血致死,剖开腹腔,摘取心脏、肝脏和肌胃,在每只鸡大约相同的部位取适量的胸肌和腿肌样品,用生理

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrition levels of the basal diet (air dry basis) %

| 项目 Item | 0~21 日龄 0-21 days old | 22~42 日龄 22-42 days old |
|---|--------------------------|----------------------------|
| 原料 Ingredient | | |
| 玉米 Maize | 56.30 | 59.60 |
| 豆粕 Soybean meal | 35.90 | 33.00 |
| 玉米油 Corn oil | 3.50 | 3.50 |
| 磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 1.90 | 1.30 |
| 食盐 NaCl | 0.30 | 0.30 |
| 石粉 Limestone | 1.10 | 1.30 |
| 预混 Premix ^a | 1.00 | 1.00 |
| 营养水平 Nutrient level [*] | | |
| 代谢能/(MJ·kg ⁻¹) AME | 12.72 | 12.86 |
| 粗蛋白 Crude protein | 22.09 | 20.99 |
| 钙 Calcium | 0.97 | 0.89 |
| 有效磷 Available phosphorus | 0.46 | 0.36 |
| 赖氨酸 Lys | 1.10 | 0.96 |
| 蛋氨酸 Met | 0.51 | 0.40 |

^{*}、为计算值。^a、预混料为每千克日粮提供:维生素 A 1 500 IU, 维生素 B₁ 1.8 mg, 维生素 B₂ 3.6 mg, 维生素 B₆ 3.5 mg, 维生素 B₁₂ 0.01 mg, 维生素 D₃ 200 IU, 维生素 E 10 mg, 维生素 K 0.5 mg, 泛酸 10 mg, 烟酸 35 mg, 叶酸 0.55 mg, 生物素 0.15 mg, 胆碱 1 300 mg, 锰 60 mg, 锌 40 mg, 铁 80 mg, 铜 8 mg, 碘 0.35 mg, 硒 0.15 mg

^{*}、The calculated values. ^a、Premix provided per kg of diet: vitamin A 1 500 IU, vitamin B₁ 1.8 mg, vitamin B₂ 3.6 mg, vitamin B₆ 3.5 mg, vitamin B₁₂ 0.01 mg, vitamin D₃ 200 IU, vitamin E 10 mg, vitamin K 0.5 mg, pantothenic acid 10 mg, niacin 35 mg, folic acid 0.55 mg, biotin 0.15 mg, choline chloride 1 300 mg, Mn 60 mg, Zn 40 mg, Fe 80 mg, Cu 8 mg, I 0.35 mg, Se 0.15 mg

盐水洗净,用滤纸吸干后,剪碎,置-20℃冰箱保存备用。

粪便样品采集:收集每个重复 12~14、26~28 和 40~42 d 的粪便,称重后在 60℃条件下烘干至恒重。粉碎后过 40 目筛,待测胆固醇和胆汁酸含量。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 血液胆固醇指标测定 血清中总胆固醇、HDL-C、LDL-C 的含量测定参照南京建成生物工程研究所提供的试剂盒说明书进行,用全自动生化分析仪(型号 WD-98100525,深圳迈瑞生物医疗电子

有限公司)采用比色法测定。

1.4.2 肌肉、肝脏、心脏、肌胃、粪便中胆固醇含量测定 将待测样品剪碎,搅拌均匀,采用气相色谱法测定其中胆固醇含量,具体测定程序参照 GB/T 9695.24-2008《肉与肉制品胆固醇含量测定》^[17]和喻文娟^[18]的方法进行,略有改动。

皂化:称取约 1 g 试样,置于 50 mL 磨口三角瓶中,加入 10 mL 氢氧化钾(1 mol·L⁻¹),10 mL 无水乙醇,混匀,装上冷凝管,置于 85℃水浴中皂化 1 h(每隔 5 min 混匀 1 次),皂化后用流水冷却。

提取:将皂化后的试液移入 50 mL 分液漏斗中,加入 10 mL 乙醚,轻轻振摇,静置分层,将水层重新转入上述磨口三角瓶中。加入 10 mL 乙醚于磨口三角瓶中,轻轻振摇,将液体移入上述分液漏斗中,静置分层后弃去水层。用 10 mL 水分 2 次洗涤分液漏斗中的溶液,分层后弃去水层。用 10 g 无水硫酸钠干燥乙醚层,将乙醚层移入具塞试管中,通氮气吹干后,准确加入 1.0 mL 无水乙醇溶解,混匀后待测。

测定条件:采用气相色谱仪(型号 GC-2014,日本岛津公司)测定,氢火焰离子化检测器,Rtx-1 毛细管色谱柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm,瑞斯泰克,宾夕法尼亚州,美国)。载气为氮气,流速为 1 mL·min⁻¹。色谱柱程序升温程序为:初始温度为 200℃,保持 1 min,以 20℃·min⁻¹升至 280℃,保持 6 min。进样量为 1 μL,分流比 10:1。进样口温度为 280℃。色谱纯胆固醇标品(阿拉丁,上海,中国)作为外标用于定量待测样品中的胆固醇含量。

1.4.3 粪便中胆汁酸含量测定 参照黄雄庆^[19]的方法应用磷钼酸显色法测定粪便中的胆汁酸含量。

1.5 数据统计与分析

试验数据经 Excel 2003 初步整理后,采用 SPSS 17.0 统计软件进行方差分析,采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较。数据以“平均值±标准误(Mean±SE)”表示, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 小刺猴头发酵多糖对肉鸡血液中胆固醇水平的影响

由表 2 可见,与对照组相比,在 14 日龄,肉鸡饲料中添加不同剂量的 HFP 显著降低血液 LDL-C 水平($P<0.05$),同时显著升高血液 HDL-C 水平

($P < 0.05$), 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组能够显著降低血液总胆固醇水平 ($P < 0.05$); 在 28 日龄, 各 HFP 添加组肉鸡血液中的总胆固醇、LDL-C 含量均显著低于对照组 ($P < 0.05$), HDL-C 含量均显著高于对照组 ($P < 0.05$); 在 42 日龄, 肉鸡饲料中添加不同剂量的 HFP 显著升高血液 HDL-C 水平 ($P < 0.05$), 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组显著降低

肉鸡血液中总胆固醇和 LDL-C 水平 ($P < 0.05$)。可以看出, 在整个试验期, 0.3% 和 0.5% 的 HFP 具有降低肉鸡血液中总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的含量 ($P < 0.05$), 增加血液中高密度脂蛋白胆固醇含量的作用 ($P < 0.05$), 且对于指标 HDL-C (14 和 28 日龄)、LDL-C (42 日龄), 0.5% 添加组的作用效果优于 0.3% 添加组。

表 2 小刺猴头发酵多糖对肉鸡血清胆固醇水平的影响 ($n = 12$)

Table 2 Effects of HFP on cholesterol concentrations in serum of broilers ($n = 12$)

mmol · L⁻¹

| 日龄 Day | 项目 Item | HFP 添加水平 Levels of dietary HFP | | | |
|--------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | 0 (Control) | 0.1% | 0.3% | 0.5% |
| 14 日龄 Day 14 | 总胆固醇 Total cholesterol | 4.15 ± 0.15 ^a | 4.05 ± 0.05 ^a | 3.72 ± 0.05 ^b | 3.52 ± 0.11 ^b |
| | HDL-C | 2.54 ± 0.06 ^c | 2.72 ± 0.02 ^b | 2.80 ± 0.04 ^b | 3.00 ± 0.06 ^a |
| | LDL-C | 1.08 ± 0.14 ^a | 0.74 ± 0.06 ^b | 0.67 ± 0.04 ^{bc} | 0.53 ± 0.05 ^c |
| 28 日龄 Day 28 | 总胆固醇 Total cholesterol | 4.79 ± 0.26 ^a | 4.02 ± 0.15 ^b | 3.70 ± 0.32 ^{bc} | 3.53 ± 0.10 ^c |
| | HDL-C | 1.92 ± 0.22 ^c | 2.57 ± 0.11 ^b | 3.00 ± 0.12 ^b | 3.52 ± 0.13 ^a |
| | LDL-C | 0.88 ± 0.10 ^a | 0.65 ± 0.04 ^b | 0.57 ± 0.06 ^b | 0.55 ± 0.05 ^b |
| 42 日龄 Day 42 | 总胆固醇 Total cholesterol | 3.35 ± 0.18 ^a | 2.87 ± 0.06 ^{ab} | 2.40 ± 0.17 ^b | 2.31 ± 0.05 ^b |
| | HDL-C | 0.70 ± 0.02 ^c | 1.29 ± 0.04 ^b | 1.76 ± 0.24 ^a | 2.06 ± 0.09 ^a |
| | LDL-C | 0.79 ± 0.02 ^a | 0.64 ± 0.04 ^{ab} | 0.53 ± 0.07 ^b | 0.32 ± 0.03 ^c |

同行数据后所标字母相异表示差异显著 ($P < 0.05$), 所标字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下表同
Different letters in the same row means significant difference between the treatments ($P < 0.05$), the same letter in the same row means not significant difference between treatments ($P > 0.05$). The same as below

2.2 小刺猴头发酵多糖对肉鸡肌肉、肝脏、心脏、肌胃中胆固醇水平的影响

由表 3 可见, 与对照组相比, 在 14 日龄, 不同剂量的 HFP 添加组显著降低胸肌和肝脏中胆固醇水平 ($P < 0.05$), 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组显著降低腿肌中胆固醇含量 ($P < 0.05$), 同时 0.5% 的 HFP 添加组显著降低肌胃中胆固醇含量 ($P < 0.05$); 在 28 日龄, 不同剂量的 HFP 添加组显著降低胸肌和腿肌中胆固醇含量 ($P < 0.05$), 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组显著降低肝脏中胆固醇含量 ($P < 0.05$), 0.5% 的 HFP 添加组也能显著降低肌胃中胆固醇含量 ($P < 0.05$); 在 42 日龄, 肉鸡饲料中添加不同剂量的 HFP 能使胸肌中胆固醇含量显著降低 ($P < 0.05$), 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组能使腿肌、肝脏和肌胃中的胆固醇含量显著降低 ($P < 0.05$)。可以看出, 在不同日龄阶段, 0.3% 和 0.5% 水平 HFP 添加组肉鸡的胸肌、腿肌和肝脏中胆固醇含量均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 且 0.5% 水平

HFP 添加组肉鸡的腿肌胆固醇 (14 日龄)、胸肌胆固醇 (28 日龄)、肝脏胆固醇 (42 日龄) 含量均显著低于 0.3% 添加组 ($P < 0.05$); 0.5% 水平 HFP 添加组肉鸡肌胃中胆固醇含量也显著低于对照组 ($P < 0.05$); 饲料添加 HFP 并不影响肉鸡心脏中的胆固醇水平 ($P > 0.05$), HFP 的降胆固醇作用具有组织特异性。

2.3 小刺猴头发酵多糖对肉鸡粪便中胆固醇和胆汁酸排泄的影响

由表 4 可见, 与对照组相比, 在 14 日龄, 不同剂量的 HFP 添加组显著增加粪便中胆固醇含量 ($P < 0.05$); 在 28 和 42 日龄, 0.3% 和 0.5% 的 HFP 添加组也能显著增加粪便中胆固醇含量 ($P < 0.05$)。在不同日龄阶段, 饲料添加不同剂量的 HFP 能够显著增加肉鸡粪便中胆汁酸的排泄 ($P < 0.05$), 且以 0.5% 的 HFP 添加组作用效果最好, 在 28 和 42 日龄时, 粪便胆汁酸排泄量与其它 HFP 剂量组有显著差异 ($P < 0.05$)。

表 3 小刺猴头发酵多糖对肉鸡肌肉、肝脏、心脏、肌胃胆固醇水平的影响 ($n=12$)Table 3 Effects of HFP on cholesterol concentrations in muscle, liver, heart, and muscular stomach of broilers ($n=12$)

| 日龄 Day | 组织 Tissue | HFP 添加水平 Levels of dietary HFP | | | |
|-----------------|---|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 0 (Control) | 0.1% | 0.3% | 0.5% |
| 14 日龄 Day 14 | 胸肌/(mg · 100 g ⁻¹) Breast muscle | 34.01 ± 1.91 ^a | 27.64 ± 2.51 ^b | 27.61 ± 1.94 ^b | 25.90 ± 1.65 ^b |
| | 腿肌/(mg · 100 g ⁻¹) Thigh muscle | 51.32 ± 4.91 ^a | 46.29 ± 4.15 ^a | 38.93 ± 3.61 ^b | 20.89 ± 1.96 ^c |
| | 肝脏/(mg · g ⁻¹) Liver | 1.13 ± 0.13 ^a | 0.81 ± 0.06 ^b | 0.75 ± 0.07 ^c | 0.72 ± 0.09 ^c |
| | 心脏/(mg · 100 g ⁻¹) Heart | 69.05 ± 1.02 | 65.23 ± 1.99 | 61.50 ± 1.40 | 63.31 ± 1.76 |
| 28 日龄 Day 28 | 肌胃/(mg · 100 g ⁻¹) Muscular stomach | 65.44 ± 1.36 ^a | 67.36 ± 1.37 ^a | 61.72 ± 1.45 ^a | 50.48 ± 1.32 ^b |
| | 胸肌/(mg · 100 g ⁻¹) Breast muscle | 61.44 ± 1.08 ^a | 56.34 ± 1.74 ^b | 51.97 ± 1.02 ^b | 33.30 ± 1.73 ^c |
| | 腿肌/(mg · 100 g ⁻¹) Thigh muscle | 63.55 ± 1.69 ^a | 48.41 ± 1.01 ^b | 45.05 ± 1.49 ^b | 42.08 ± 1.46 ^b |
| | 肝脏/(mg · g ⁻¹) Liver | 1.02 ± 0.11 ^a | 0.92 ± 0.08 ^a | 0.71 ± 0.02 ^b | 0.70 ± 0.09 ^b |
| 42 日龄 Day 42 | 心脏/(mg · 100 g ⁻¹) Heart | 65.30 ± 1.03 | 63.91 ± 2.56 | 62.59 ± 1.53 | 60.70 ± 1.65 |
| | 肌胃/(mg · 100 g ⁻¹) Muscular stomach | 63.77 ± 2.24 ^a | 62.87 ± 1.72 ^a | 60.14 ± 1.98 ^a | 55.67 ± 1.72 ^b |
| | 胸肌/(mg · 100 g ⁻¹) Breast muscle | 43.20 ± 1.94 ^a | 30.69 ± 1.60 ^b | 26.92 ± 1.11 ^{bc} | 21.65 ± 1.92 ^c |
| | 腿肌/(mg · 100 g ⁻¹) Thigh muscle | 36.86 ± 1.77 ^a | 34.08 ± 1.47 ^a | 29.58 ± 1.23 ^b | 24.20 ± 1.12 ^b |
| | 肝脏/(mg · g ⁻¹) Liver | 1.08 ± 0.28 ^a | 0.92 ± 0.02 ^{ab} | 0.80 ± 0.14 ^b | 0.59 ± 0.13 ^c |
| | 心脏/(mg · 100 g ⁻¹) Heart | 60.27 ± 2.21 | 60.11 ± 1.32 | 59.25 ± 1.26 | 56.28 ± 1.35 |
| | 肌胃/(mg · 100 g ⁻¹) Muscular stomach | 67.15 ± 1.58 ^a | 65.36 ± 1.45 ^a | 59.28 ± 1.27 ^b | 58.33 ± 1.69 ^b |

以上测定数据以新鲜样品为基础

All measurements were done as fresh basis

表 4 小刺猴头发酵多糖对肉鸡粪便胆固醇和胆汁酸排泄的影响 ($n=3$)Table 4 Effects of HFP on fecal excretion of cholesterol and bile acid of broilers ($n=3$)

| 日龄 Day | 项目 Item | HFP 添加水平 Levels of dietary HFP | | | |
|-----------------|---|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 0 (Control) | 0.1% | 0.3% | 0.5% |
| 14 日龄 Day 14 | 胆固醇/(mg · 100 g ⁻¹) Cholesterol | 14.26 ± 0.37 ^c | 15.68 ± 0.12 ^b | 15.94 ± 0.03 ^{ab} | 16.85 ± 0.06 ^a |
| | 胆汁酸/(mg · g ⁻¹) Bile acid | 2.58 ± 0.14 ^c | 3.69 ± 0.51 ^b | 4.11 ± 0.42 ^a | 4.32 ± 0.34 ^a |
| 28 日龄 Day 28 | 胆固醇/(mg · 100 g ⁻¹) Cholesterol | 14.01 ± 0.52 ^c | 15.09 ± 0.26 ^c | 16.21 ± 0.14 ^b | 17.35 ± 1.79 ^a |
| | 胆汁酸/(mg · g ⁻¹) Bile acid | 3.21 ± 0.14 ^c | 4.98 ± 0.22 ^b | 5.11 ± 0.21 ^b | 7.85 ± 0.52 ^a |
| 42 日龄 Day 42 | 胆固醇/(mg · 100 g ⁻¹) Cholesterol | 12.05 ± 0.27 ^b | 12.77 ± 0.14 ^b | 14.16 ± 0.32 ^a | 15.85 ± 0.45 ^a |
| | 胆汁酸/(mg · g ⁻¹) Bile acid | 6.55 ± 0.14 ^c | 8.21 ± 0.17 ^b | 9.43 ± 0.54 ^b | 12.94 ± 0.75 ^a |

以上测定数据以干燥样品为基础

All measurements were done as dry basis

3 讨论

3.1 小刺猴头发酵多糖对肉鸡血液中胆固醇水平的影响

本试验发现,肉鸡饲料中添加 0.3% 和 0.5% 的 HFP 可显著降低血液中总胆固醇和 LDL-C 含量,

提高 HDL-C 含量。据文献报道,低密度脂蛋白 (LDL) 是运送胆固醇的载体,小刺猴头发酵多糖降低了 LDL-C,从而使运送到血浆及全身的胆固醇量下降;高密度脂蛋白 (HDL) 的功能是促进乳糜微粒和极低密度脂蛋白 (VLDL) 的进一步降解,并将肝外组织的胆固醇运回肝脏,在肝脏经代谢转化或通

过胆汁分泌而进行排泄, HDL 有“胆固醇的清道夫”之称^[1]。小刺猴头发酵多糖提高了 HDL-C 的水平, 从而提高体内胆固醇的清除率, 粪便中胆固醇和胆汁酸排泄的增加也证明了这一点。

3.2 小刺猴头发酵多糖对肉鸡胆固醇沉积和胆汁酸排泄的影响

目前, 越来越多的消费者开始关注食品安全和食品健康问题, 因而低脂肪和低胆固醇鸡肉在国际市场上备受青睐。本研究发现, 肉鸡饲料中添加 0.3% 和 0.5% 的 HFP 可显著降低肉鸡胸肌、腿肌、肝脏和肌胃中的胆固醇水平。一些研究发现, 饲料中添加可溶性非淀粉多糖(NSP)或者低聚糖可影响肉鸡血液、肌肉中胆固醇水平, 如壳寡糖显著降低血清胆固醇水平^[20], 或显著提高血清 HDL-C 水平^[21]; 果寡糖能使血清中总胆固醇、LDL-C 含量, 胸肌胆固醇水平显著降低^[1]。

A. Viveros 等^[22]报道, 羽扇豆种子(含有 50% 左右的 NSP 和低聚糖)能够降低肉鸡血液胆固醇水平, 同时提高粪便胆汁酸的排泄。胆汁酸是机体胆固醇最主要的转化产物, 同时也是机体胆固醇最主要的排泄途径^[23]。机体的胆固醇一经摄入和合成就不能再氧化分解, 只能直接或间接排出体外, 所以促进胆固醇向胆汁酸的转化和排泄, 是降低血胆固醇水平重要的可行途径之一^[24]。HFP 是一种非淀粉多糖^[25], 本试验发现, 在肉鸡饲料中添加 HFP 后, 各添加组肉鸡粪便胆汁酸的排泄量明显增加, 与对照组差异显著。说明 HFP 具有促进胆汁酸排泄的作用, 可能通过促进粪胆酸排泄, 降低血液胆固醇水平和体内胆固醇沉积。

HFP 促进胆汁酸排泄的作用可能是通过对肉鸡肠道菌群的影响而实现, 本课题组研究发现, 肉鸡饲料中添加 0.1%、0.3%、0.5% 的 HFP 可显著提高肉鸡回肠和盲肠中双歧杆菌和乳酸杆菌的数量^[9]。文献报道, 双歧杆菌和乳酸杆菌对肠道中胆汁盐有同化和共沉淀作用, 使肠道中的胆汁酸和胆固醇转化为胆酸和粪固醇, 随粪便排出体外^[26]。由于细菌的同化和共沉淀作用使小肠中的胆汁酸量没有达到其正常水平, 所以机体内胆固醇将会从头合成胆酸, 这样胆固醇在循环过程中难以被吸收利用, 从而导致血液和沉积在肌肉、肝脏、肌胃中的胆固醇含量降低^[27-29]。当然, 机体胆固醇降低的调控包括多种机制: 如抑制肝脏胆固醇合成; 促进胆固醇向胆汁酸的转化; 提高小肠中胆汁酸的排泄; 降低小肠对

膳食胆固醇的吸收等^[30]。因而, 小刺猴头发酵多糖对肉鸡胆固醇代谢的调节机制还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 胡彩虹, 占秀安, 许梓荣. 果寡糖对肉仔鸡肌肉中胆固醇水平的影响及其机理探讨 [J]. 畜牧兽医学报, 2003, 34(4): 349-355.
- [2] SACKS F M. The role of high-density lipoprotein (HDL) cholesterol in the prevention and groups of coronary heart disease [J]. *Am J Cardiol*, 2002, 90: 139-143.
- [3] SALMA U, MIAH A G, MAKI T, et al. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on cholesterol concentration and fatty acid composition in broiler meat [J]. *Poult Sci*, 2007, 86: 1920-1926.
- [4] SKRIVAN M, SKRIVANOVA V, MAROUNEK M, et al. Influence of dietary fat source and copper supplementation on broiler performance, fatty acid profile of meat and depot fat, and on cholesterol content in meat [J]. *Br Poult Sci*, 2000, 41: 608-614.
- [5] 刘德义, 陈会良, 王涛. 大豆黄酮对固始鸡血液及肌肉组织中胆固醇和甘油三酯含量的影响 [J]. 中国饲料, 2010, 2: 39-41.
- [6] 金海丽, 许梓荣. 多糖抗病毒及免疫调节作用研究进展 [J]. 中国饲料, 2002, 9: 5-7.
- [7] 刘晴雪, 董晓芳, 佟建明, 等. 水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡 T、B 淋巴细胞体外增殖的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2010, 41(9): 1185-1190.
- [8] 宋慧. 小刺猴头菌化学成分研究及菌种鉴定 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2003.
- [9] 沈思捷, 姚旭, 尚红梅, 等. 小刺猴头菌发酵浸膏多糖对肉仔鸡肠道菌群的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(1): 83-88, 93.
- [10] 苏玲, 李雨婷, 宋慧, 等. 小刺猴头菌液体深层发酵浸膏多糖 HFP 及 HFA 的抗肿瘤活性 [J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(1): 20-22, 26.
- [11] 王雪, 宋慧, 刘小腊, 等. 小刺猴头多糖联合 5-氟尿嘧啶对 Hela 细胞的抑制作用 [J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(5): 625-628.
- [12] 姚旭, 宋慧, 沈思捷, 等. 小刺猴头发酵浸膏多糖对肉鸡抗氧化功能的影响 [J]. 菌物研究, 2012, 10(4): 240-243, 249.
- [13] 苏玲. 小刺猴头菌液体深层发酵浸膏糖类物质药理学活性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2008.
- [14] YANG B K, PARK J B, SONG C H. Hypolipidemic effect of an exo-biopolymer produced from a submerged mycelial culture of *Hericium erinaceus* [J].

- Biosci Biotechnol Biochem*, 2003, 67: 1292-1298.
- [15] 王新宇,柳洪芳,沈思捷,等. 小刺猴头液体深层发酵浸膏多糖提取工艺的优化及分离纯化 [J]. 吉林农业大学学报,2011,33(5):536-540,544.
- [16] DUBOIS M, GILLES K A, HAMILTON J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances [J]. *Analyt Chem*, 1956, 28: 350-356.
- [17] GB/T 9695. 24-2008,肉与肉制品胆固醇含量测定 [S].
- [18] 喻文娟. 气相色谱-质谱法快速测定猪肉中的胆固醇 [J]. 现代科学仪器,2011,6:130-132.
- [19] 黄雄庆. 附子多糖降血胆固醇作用及机制的研究 [D]. 广州:中山大学,2008.
- [20] LI X J, PIAO X S, KIM S W, et al. Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance, nutrient digestibility and serum composition in broiler chickens [J]. *Poult Sci*, 2007, 86: 1107-1114.
- [21] ZHOU T X, CHEN Y J, YOO J S, et al. Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance, blood characteristics, relative organ weight, and meat quality in broiler chickens [J]. *Poult Sci*, 2009, 88: 593-600.
- [22] VIVEROS A, CENTENO C, ARIJA I, et al. Cholesterol-lowering effects of dietary lupin (*Lupinus albus var Multolupa*) in chicken diets [J]. *Poult Sci*, 2007, 86: 2631-2638.
- [23] 谢莎丽,石凯,石元刚. 大豆低聚糖和低聚肽对高脂血症大鼠抗氧化作用及粪胆汁酸代谢的影响 [J]. 重庆医学,2009,38(8):922-924,927.
- [24] WILSON T A, NICOLOSI R J, ROGERS E J, et al. Studies of cholesterol and bile acid metabolism, and early atherogenesis in hamsters fed GT16-239, a novel bile acid sequestrant (BAS) [J]. *Atherosclerosis*, 1998, 140: 315-324.
- [25] 丁剑. 猴头菌属不同菌种发酵多糖的分离纯化与结构研究 [D]. 长春:吉林农业大学,2008.
- [26] GILLAND S E, NELSON C R, MAXWELL C. Assimilation of cholesterol by lactobacillus acidophilus [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1985, 49: 377-381.
- [27] ST-ONGE M P, FARNWORTH E R, JONES P J H. Consumption of fermented and non-fermented dairy products; effects on cholesterol concentrations and metabolism [J]. *Am J Clin Nutr*, 2000, 71: 674-681.
- [28] SHANG H M, HU T M, LU Y J, et al. Effects of chicory water-soluble extract on egg-yolk cholesterol, gut microflora and performance of laying hens [J]. *Chi J Anim Nutr*,2010,22:1037-1045.
- [29] SHANG H M, HU T M, LU Y J, et al. Effects of inulin on performance, egg quality, gut microflora and serum and yolk cholesterol in laying hens [J]. *Br Poult Sci*, 2010, 51: 791-796.
- [30] JEUN J, KIM S, CHO S Y, et al. Hypocholesterolemic effects of *Lactobacillus plantarum* KCTC3928 by increased bile acid excretion in C57BL/6 mice[J]. *Nutrition*, 2010, 26: 321-330.

(编辑 郭云雁)