



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20160030

黄芪渣虫草发酵物对白羽王鸽免疫活性的影响

于娜, 郑捷, 朱振元, 肖超岭

(食品营养与安全教育部重点实验室, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 为探究黄芪渣虫草发酵物对动物免疫活性的影响, 将黄芪渣虫草发酵物进行普通粉碎及超微粉碎处理, 作为饲料添加剂对白羽王鸽进行饲喂. 将 126 对健康白羽王鸽随机分为 7 组, 分别记为空白对照组, 普通粉添加量 1% 组、2% 组、3% 组, 超微粉添加量 1% 组、2% 组、3% 组, 经过 28 d 饲喂实验后测定其免疫器官指数和血液生化指标. 经测定实验组免疫器官指数显著高于对照组 ($P < 0.05$), 血清总蛋白、白蛋白、球蛋白和免疫球蛋白含量也均高于对照组 ($P < 0.05$), 血清 MDA 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), 血清脂质指标在实验组中有降低趋势. 证实黄芪渣虫草发酵物作为饲料添加剂可以提高白羽王鸽的免疫活性, 且超微粉优于普通粉.

关键词: 黄芪渣; 虫草; 饲料添加剂; 免疫活性

中图分类号: S836 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2017)02-0013-06

The Immune Activity Effect of Astragalus Residues Fermented by *Cordyceps sinensis* on *Columba*

YU Na, ZHENG Jie, ZHU Zhenyuan, XIAO Chaoling

(Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Ministry of Education, College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: To explore the effect of astragalus residues fermented by *cordyceps sinensis* (FARC) on animal's immune activity, *Columba* was used as the experimental subject in this study. FARC was crushed into ordinary powder and superfine powder as feed additive for *Columba*, and 126 pairs of *Columba* were randomly allotted into 7 groups: the control group, 1% ordinary powder group, 2% ordinary powder group, 3% ordinary powder group, 1% superfine powder group, 2% superfine powder group and 3% superfine powder group. Their immune organ indexes and blood biochemical parameters were measured after 28 days. The immune organ indexes in treatment groups were obviously higher than those of the control group ($P < 0.05$). The results show that the serum total protein, albumin, fibralbumin, and immune globulin content were also higher than those of the control group ($P < 0.05$). The serum MDA content was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$) and the serum lipid indexes in the treatment groups had a tendency to reduce. The results prove that the FARC, as a feed additive has positive effects on the immune activity of the *Columba* and the superfine powder is superior to ordinary powder.

Key words: astragalus residues; *Cordyceps sinensis*; feed additive; immune activity

黄芪作为常用的滋补中药材, 对机体发挥着重要的生理功能, 被称之为“补气固表之圣药”, 广泛应用于临床配方^[1]. 黄芪多糖是黄芪中含量较多、免疫活性比较强的一类物质, 是其发挥免疫增强作用的主要成分^[2]. 冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis*) 简称虫草

(CS), 是一种虫生真菌. 其中含量最多的活性物质是虫草多糖, 具有免疫力调节、抗肿瘤、抗衰老、降血糖、降血脂等多种作用^[3]. 黄芪渣虫草发酵物是以黄芪渣为基质接种冬虫夏草菌——中国拟青霉, 进行固体发酵培养, 发酵结束可获得含多种活性成分的黄芪

收稿日期: 2016-01-25; 修回日期: 2016-05-17

基金项目: 国家农业科技成果转化资金资助项目 (2011GB2A100009)

作者简介: 于娜 (1990—), 女, 河北廊坊人, 硕士研究生; 通信作者: 朱振元, 教授, zhyunzhu@tust.edu.cn

虫草固体培养物,烘干粉碎后即黄芪渣虫草发酵粉.废弃黄芪残渣中只含有少量的黄芪活性成分,黄芪残多糖 7.04%、黄芪虫草酸 0.19%、黄芪水溶蛋白 0.45%,但经与冬虫夏草菌种结合进行固态发酵培养而成的黄芪渣虫草发酵物,相应活性成分含量变化为 10.32%、2.38%、1.72%.可见多糖含量增加了 47%,虫草酸含量提高了 11.5 倍,可溶性蛋白含量提高了 2.8 倍^[4],功能性成分显著增加,由此黄芪渣虫草发酵物对免疫活性的提高作用要优于单纯黄芪药渣.发酵虫草菌种的产物经过充分发酵,产生大量虫草菌丝体,主要成分为糖类和蛋白质,此外还含有大量其他活性成分如虫草酸、腺苷、虫草素、酚类、黄酮类、甾体和有机酸等,具有很高的营养价值.我国是中药利用的大国,随着中药生产工业化和规模化程度的加深,中药生产过程中产生的中药渣也日益增多,废弃药渣如果得不到有效开发利用,不仅造成资源浪费,也对环境造成污染^[5].目前,国内外对多种药渣进行了研究,验证了药渣残留有多种活性物质,具有开发应用的前景^[6].陈国英^[7]报道了黄芪具有广泛的药用价值.周承^[8]对黄芪的药理作用及临床应用进行了探讨.在国外,Wong 等^[9]报道了蘑菇多糖有效活性成分的免疫调节功能;Nakamura 等^[10]提出虫草提取物中的活性成分有良好的抗癌作用.中药药渣作为重要的生物资源,其利用仍处于探索阶段.本文对黄芪渣进行发酵得到黄芪渣虫草发酵物,以黄芪渣虫草发酵物作为饲料添加剂进行研究,将黄芪渣虫草发酵物对白羽王鸽进行饲喂实验,研究其对白羽王鸽免疫器官指数及血液生化指标的影响,从技术层面为药渣的综合利用寻找一种新的方法,为药渣资源能够有效利用提供理论依据和技术支持.

1 材料与方法

1.1 材料

工业废弃黄芪渣,天津赛诺制药有限公司提供,以虫草菌——中国拟青霉(*Paecilomyces sinensis*)为发酵菌种进行固体发酵,制得黄芪渣虫草发酵物;1~2 年龄的白羽王鸽种鸽 126 对,河北保定某鸽场提供.

总蛋白试剂盒、白蛋白试剂盒、T-SOD 试剂盒、T-AOC 试剂盒、MDA 试剂盒、IgA 试剂盒、IgM 试剂盒、IgG 试剂盒等,南京建成试剂有限公司;总胆固醇试剂盒、甘油三酯试剂盒,浙江东瓯诊断产品有限

公司;WFJ 型超微粉碎机,郑州华通机械厂;BCM-1000A 型超净工作台,苏净集团安泰公司;TG328A 型分析天平,上海天平仪器厂;RE-52A 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;KDN-08A 型微量凯氏定氮仪,上海光谱仪器有限公司;SRJX-4-9 型马弗炉,天津市继红五金机电厂;SP-2102UV 型紫外可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;ST-16R 型冷冻离心机,美国赛默飞世尔科技公司;Agilent 1200 型液相色谱仪,美国 Agilent 公司.

1.2 黄芪渣虫草发酵物的粉碎

同一批次黄芪渣虫草发酵物分别以普通粉碎和超微粉碎两种工艺方式进行粉碎.

普通粉碎工艺:黄芪渣虫草发酵物经普通粉碎的细度为 60 目的粉状黄芪渣虫草发酵物,即“普通粉”.

超微粉碎工艺:黄芪渣虫草发酵物经普通粉碎的细度为 60 目的粉状后,再经高速剪切进行超微粉碎,制得细度为 300 目的粉状黄芪渣虫草发酵物,即“超微粉”^[11].

1.3 黄芪渣虫草发酵物对白羽王鸽的饲喂实验

1.3.1 实验动物与分组

采用单因素完全随机实验设计,将 126 对健康的 1~2 年龄的白羽王鸽种鸽随机分为 7 组:基础日粮(C)组;基础日粮+1% 黄芪渣虫草发酵普通粉组;基础日粮+2% 黄芪渣虫草发酵普通粉;基础日粮+3% 黄芪渣虫草发酵普通粉;基础日粮+1% 黄芪渣虫草发酵超微粉;基础日粮+2% 黄芪渣虫草发酵超微粉;基础日粮+3% 黄芪渣虫草发酵超微粉.每组 3 个重复,每个重复 6 对,采用人工孵化及自然孵化相结合的方式,每对种鸽哺育 3 只雏鸽.实验期雏鸽不采食饲料,其营养需要由亲鸽供给.实验开始前预饲种鸽 7 d,正式实验从雏鸽第 1 天开始,至雏鸽 28 日龄结束,实验期为 28 d.

1.3.2 免疫器官指数的测定

28 日龄鸽屠宰后,摘取胸腺、脾脏和法氏囊,称量并计算其免疫器官指数^[12].

$$\text{胸腺指数} = \frac{\text{胸腺鲜质量}}{\text{体质量}} \quad (1)$$

$$\text{脾脏指数} = \frac{\text{脾脏鲜质量}}{\text{体质量}} \quad (2)$$

$$\text{法氏囊指数} = \frac{\text{法氏囊鲜质量}}{\text{体质量}} \quad (3)$$

式中:胸腺指数、脾脏指数和法氏囊指数的单位均为 g/kg;胸腺、脾脏和法氏囊的鲜质量单位均为 g;体质量单位为 kg.

1.3.3 血液生化指标的测定

28 日龄鸽屠宰前进行翅静脉采血,分离血清,将

其移至离心管中分装,将血清-20℃保存待测^[13]。

按照试剂盒使用说明书,分别测定血清中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)、总胆固醇(CHO)、甘油三酯(TG)和免疫球蛋白IgA、IgM、IgG的各项生化指标含量。

1.4 数据统计与处理

采用SPSS 18.0软件ANOVA程序进行数据分析,多重比较用Duncan方法,实验结果采用“平均值±标准差”表示。同行数据不同字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 白羽王鸽的免疫器官指数

各实验组雏鸽免疫器官指数的比较结果见表1。雏鸽28日龄时各组脾脏指数差异不明显($P<0.05$);

表1 各实验组28日龄雏鸽免疫器官指数的比较($n=6$)

Tab. 1 Comparison of immune organ indexes of the *Columba* in treatment groups after 28 days ($n=6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 脾脏指数/(g·kg ⁻¹) | 0.70±0.06 | 0.74±0.03 | 0.71±0.05 | 0.80±0.12 | 0.75±0.08 | 0.85±0.07 | 0.88±0.08 |
| 胸腺指数/(g·kg ⁻¹) | 5.90±0.18 ^a | 6.33±0.81 ^{ab} | 6.82±0.80 ^{ab} | 7.06±0.87 ^b | 6.06±1.90 ^{ab} | 7.10±0.65 ^b | 7.16±0.88 ^b |
| 法氏囊指数/(g·kg ⁻¹) | 1.57±0.11 ^a | 2.00±0.15 ^b | 1.91±0.10 ^b | 2.17±0.25 ^b | 2.18±0.61 ^b | 2.13±0.24 ^b | 2.03±0.13 ^b |

表2 各实验组28日龄雏鸽血清蛋白指标的比较($n=6$)

Tab. 2 Comparison of blood protein parameters of the *Columba* in treatment groups after 28 days ($n=6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 总蛋白/(g·L ⁻¹) | 18.80±3.97 ^a | 21.78±2.58 ^{ab} | 22.30±2.56 ^{ab} | 22.16±2.92 ^{ab} | 22.37±2.89 ^{ab} | 24.30±3.63 ^b | 24.06±3.41 ^b |
| 白蛋白/(g·L ⁻¹) | 10.97±2.61 ^a | 11.63±1.33 ^{ab} | 11.74±2.40 ^{ab} | 11.76±3.11 ^{ab} | 12.57±2.94 ^{ab} | 13.20±1.53 ^b | 12.08±1.48 ^{ab} |
| 球蛋白/(g·L ⁻¹) | 8.83±1.37 ^a | 10.15±1.21 ^{ab} | 10.56±2.51 ^{ab} | 10.40±4.29 ^{ab} | 9.80±1.28 ^{ab} | 11.10±2.18 ^b | 11.98±3.78 ^b |

各实验组公鸽血清蛋白指标的比较结果见表3。公鸽添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清总蛋白含量显著高于基础日粮组和1%黄芪渣虫草发酵普通粉组($P<0.05$),其余各组差异不显著($P>0.05$);添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组和3%黄芪渣虫草发酵普通粉组的血清白蛋白含量显著高于基础日粮组和添加1%黄芪渣虫草发酵普通粉组($P<0.05$),其余各组差异不显著($P>0.05$);添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清球蛋白含量显著高于基础日粮组($P<0.05$),其余各组差异不显

表3 各实验组公鸽血清蛋白指标的比较($n=6$)

Tab. 3 Comparison of blood protein parameters of the male *Columba* in treatment groups ($n=6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 总蛋白/(g·L ⁻¹) | 35.56±3.18 ^a | 37.31±2.55 ^a | 41.79±3.34 ^{ab} | 41.34±3.07 ^{ab} | 39.01±3.01 ^{ab} | 43.57±3.39 ^b | 43.90±3.34 ^b |
| 白蛋白/(g·L ⁻¹) | 16.06±1.19 ^a | 16.22±2.41 ^a | 18.96±1.06 ^{ab} | 19.72±2.05 ^b | 17.32±1.54 ^{ab} | 19.43±2.14 ^b | 20.05±1.69 ^b |
| 球蛋白/(g·L ⁻¹) | 19.50±2.25 ^a | 21.09±2.86 ^{ab} | 22.82±1.74 ^{ab} | 21.62±2.80 ^{ab} | 21.69±2.45 ^{ab} | 24.13±2.36 ^b | 23.85±2.35 ^b |

著($P>0.05$)。28日龄时添加3%黄芪渣虫草发酵普通粉组和添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组胸腺指数显著高于基础日粮组($P<0.05$),其余各组胸腺指数差异不明显($P<0.05$);基础日粮组法氏囊指数显著低于其他组($P<0.05$),其他各组法氏囊指数差异不显著($P>0.05$)。实验结果说明黄芪渣虫草发酵物能够有效刺激白羽王鸽的胸腺和法氏囊器官生长,从而提高机体的体液免疫和细胞免疫功能。

2.2 白羽王鸽的血液生化指标

2.2.1 血清蛋白指标

各实验组28日龄雏鸽血清蛋白指标的比较结果见表2。雏鸽28日龄时添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清总蛋白和球蛋白含量显著高于基础日粮组($P<0.05$),其他各组血清总蛋白和球蛋白含量差异不显著($P>0.05$);添加2%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清白蛋白含量显著高于基础日粮组($P<0.05$),其他各组差异不显著($P>0.05$)。

著($P>0.05$)。

各实验组母鸽血清蛋白指标的比较结果见表4。母鸽添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清总蛋白含量显著高于基础日粮组和1%黄芪渣虫草发酵普通粉组($P<0.05$),其余各组差异不显著($P>0.05$);添加2%和3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清白蛋白含量显著高于基础日粮组($P<0.05$),其余各组差异不显著($P>0.05$);添加2%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清球蛋白含量显著高于基础日粮组($P<0.05$),其余各组差异不显著($P>0.05$)。

表 4 各实验组母鸽血清蛋白指标的比较 (n = 6)

Tab. 4 Comparison of blood protein parameters of the female *Columba* in treatment groups (n = 6)

| 项目 | 基础日粮(C) | C + 1%普通粉 | C + 2%普通粉 | C + 3%普通粉 | C + 1%超微粉 | C + 2%超微粉 | C + 3%超微粉 |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 总蛋白/(g·L ⁻¹) | 37.12 ± 2.51 ^a | 39.81 ± 2.56 ^a | 45.12 ± 2.85 ^{ab} | 44.77 ± 1.96 ^{ab} | 42.95 ± 1.77 ^{ab} | 47.12 ± 2.72 ^b | 46.40 ± 1.51 ^b |
| 白蛋白/(g·L ⁻¹) | 12.36 ± 1.52 ^a | 14.17 ± 3.01 ^{ab} | 14.99 ± 2.01 ^{ab} | 16.32 ± 1.18 ^{ab} | 15.28 ± 2.44 ^{ab} | 16.86 ± 2.82 ^b | 17.65 ± 1.55 ^b |
| 球蛋白/(g·L ⁻¹) | 24.76 ± 3.72 ^a | 25.64 ± 3.50 ^{ab} | 30.13 ± 3.19 ^b | 28.45 ± 1.50 ^{ab} | 27.67 ± 3.10 ^{ab} | 30.26 ± 3.42 ^b | 28.75 ± 2.38 ^{ab} |

本实验结果表明: 雏鸽组、公鸽组和母鸽组添加 2%和 3%黄芪渣虫草发酵超微粉的血清总蛋白、白蛋白和球蛋白显著高于基础日粮组, 且基础日粮组不同程度低于其他实验组, 说明黄芪渣虫草发酵物在一定程度上能加快蛋白质的合成, 促进白羽王鸽的生长, 提高了机体的免疫能力。

2.2.2 血清抗氧化指标

各实验组 28 日龄雏鸽血清抗氧化指标的比较结果见表 5。雏鸽添加 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组血清 T-SOD 含量显著高于添加 1%黄芪渣虫草发酵普通组和基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05); 添加 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 T-AOC 含量显著高于基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05); 添加 2%和 3%黄芪渣虫草

发酵超微粉组的血清 MDA 含量显著低于基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05)。

各实验组公鸽血清抗氧化指标的比较结果见表 6。公鸽添加 2%和 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组和添加 3%黄芪渣虫草发酵普通粉的血清 T-SOD 含量显著高于添加 1%黄芪渣虫草发酵普通组和基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05); 添加 3%黄芪渣虫草发酵普通粉组和 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 T-AOC 含量显著高于基础日粮组和添加 1%黄芪渣虫草发酵普通粉组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05); 添加 2%和 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 MDA 含量显著低于添加 1%黄芪渣虫草普通粉组和基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05)。

表 5 各实验组 28 日龄雏鸽血清抗氧化指标的比较 (n = 6)

Tab. 5 Comparison of serum antioxidant parameters of the *Columba* in treatment groups after 28 days (n = 6)

| 项目 | 基础日粮(C) | C + 1%普通粉 | C + 2%普通粉 | C + 3%普通粉 | C + 1%超微粉 | C + 2%超微粉 | C + 3%超微粉 |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| T-SOD/(U·mL ⁻¹) | 128.03 ± 8.63 ^a | 128.93 ± 11.43 ^a | 141.34 ± 8.49 ^{ab} | 145.82 ± 16.77 ^{ab} | 139.25 ± 14.09 ^{ab} | 147.63 ± 8.36 ^{ab} | 150.94 ± 9.45 ^b |
| T-AOC/(U·mL ⁻¹) | 6.66 ± 0.73 ^a | 7.21 ± 0.61 ^{ab} | 7.31 ± 1.49 ^{ab} | 7.50 ± 1.32 ^{ab} | 7.79 ± 1.02 ^{ab} | 7.84 ± 1.37 ^{ab} | 8.45 ± 1.03 ^b |
| MDA/(nmol·mL ⁻¹) | 4.44 ± 0.42 ^b | 4.10 ± 0.69 ^{ab} | 3.82 ± 0.73 ^{ab} | 3.20 ± 0.60 ^{ab} | 3.22 ± 0.32 ^{ab} | 3.08 ± 0.12 ^a | 2.98 ± 0.25 ^a |

表 6 各实验组公鸽血清抗氧化指标的比较 (n = 6)

Tab. 6 Comparison of serum antioxidant parameters of the male *Columba* in treatment groups (n = 6)

| 项目 | 基础日粮(C) | C + 1%普通粉 | C + 2%普通粉 | C + 3%普通粉 | C + 1%超微粉 | C + 2%超微粉 | C + 3%超微粉 |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| T-SOD/(U·mL ⁻¹) | 178.86 ± 4.81 ^a | 179.39 ± 5.19 ^a | 185.78 ± 8.06 ^{ab} | 197.49 ± 8.34 ^b | 191.06 ± 6.53 ^{ab} | 195.39 ± 9.23 ^b | 199.87 ± 14.51 ^b |
| T-AOC/(U·mL ⁻¹) | 6.63 ± 1.09 ^a | 6.92 ± 0.89 ^a | 7.14 ± 0.81 ^{ab} | 8.70 ± 0.60 ^b | 7.46 ± 1.06 ^{ab} | 7.38 ± 1.20 ^{ab} | 9.24 ± 1.38 ^b |
| MDA/(nmol·mL ⁻¹) | 5.03 ± 0.34 ^b | 4.95 ± 0.36 ^b | 4.39 ± 0.40 ^{ab} | 4.32 ± 0.58 ^{ab} | 4.37 ± 0.43 ^{ab} | 3.84 ± 0.18 ^a | 3.84 ± 0.68 ^a |

各实验组母鸽血清抗氧化指标的比较结果见表 7。母鸽添加 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 T-SOD 含量显著高于基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05), 但实验组有提高血清 T-SOD 含量的趋势; 添加 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 T-AOC 含量显著高于基础日粮组、添加 1%和 2%黄芪渣虫草发酵普通粉组和添加 1%黄芪渣虫草发酵

超微粉组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05); 添加 2%和 3%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清 MDA 含量显著低于基础日粮组 (P < 0.05), 其余各组差异不明显 (P > 0.05)。

血清抗氧化指标实验说明黄芪渣虫草发酵物能增强白羽王鸽的抗氧化状态, 提高机体清除自由基能力。

表 7 各实验组母鸽血清抗氧化指标的比较 (n = 6)

Tab. 7 Comparison of serum antioxidant parameters of the female *Columba* in treatment groups (n = 6)

| 项目 | 基础日粮(C) | C + 1%普通粉 | C + 2%普通粉 | C + 3%普通粉 | C + 1%超微粉 | C + 2%超微粉 | C + 3%超微粉 |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| T-SOD/(U·mL ⁻¹) | 178.22 ± 7.60 ^a | 180.49 ± 9.78 ^{ab} | 190.75 ± 11.33 ^{ab} | 190.47 ± 5.33 ^{ab} | 183.93 ± 7.18 ^{ab} | 190.89 ± 6.58 ^{ab} | 193.83 ± 7.59 ^b |
| T-AOC/(U·mL ⁻¹) | 6.52 ± 0.82 ^a | 6.98 ± 0.85 ^a | 7.06 ± 0.91 ^a | 8.87 ± 0.81 ^{ab} | 7.06 ± 0.77 ^a | 8.23 ± 0.90 ^{ab} | 9.60 ± 0.69 ^b |
| MDA/(nmol·mL ⁻¹) | 5.18 ± 0.35 ^b | 4.89 ± 0.45 ^{ab} | 4.42 ± 0.43 ^{ab} | 4.35 ± 0.58 ^{ab} | 4.78 ± 0.65 ^{ab} | 3.89 ± 0.27 ^a | 4.01 ± 0.76 ^a |

2.2.3 血清脂质指标

各实验组 28 日龄雏鸽血清脂质指标的比较结果见表 8。雏鸽添加 2%黄芪渣虫草发酵超微粉组的血清胆固醇含量显著低于基础日粮组 ($P < 0.05$), 其余

各组差异不明显 ($P > 0.05$); 血清甘油三酯的含量各组差异不明显 ($P > 0.05$), 但实验组有降低血清甘油三酯含量的趋势。

表 8 各实验组 28 日龄雏鸽血清脂质指标的比较 ($n = 6$)Tab. 8 Comparison of serum lipid parameters of the *Columba* in treatment groups after 28 days ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 胆固醇/(mmol·L ⁻¹) | 5.54 ± 0.35 ^a | 4.87 ± 0.41 ^{ab} | 4.81 ± 0.36 ^{ab} | 4.67 ± 0.35 ^{ab} | 4.55 ± 0.34 ^{ab} | 3.98 ± 0.48 ^b | 4.51 ± 0.68 ^{ab} |
| 甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) | 1.94 ± 0.84 | 1.80 ± 0.42 | 1.64 ± 0.39 | 1.55 ± 0.47 | 1.53 ± 0.41 | 1.46 ± 0.46 | 1.40 ± 0.50 |

各实验组公鸽和母鸽血清脂质指标的比较结果见表 9 和表 10。公鸽和母鸽血清总胆固醇含量和甘油三酯含量各组差异不明显 ($P > 0.05$), 但实验组中二者含量均有降低的趋势。母鸽组血清甘油三酯水

平明显高于公鸽组, 原因是母鸽处于不同的产蛋期和分泌鸽乳期, 体内的脂类代谢比较复杂。据报道雌性鹁鹑在产蛋期血清甘油三酯含量变化较大, 与雄性间存在显著差异, 最高可达雄性组含量的 11 倍^[14-15]。

表 9 各实验组公鸽血清脂质指标的比较 ($n = 6$)Tab. 9 Comparison of serum lipid parameters of the male *Columba* in treatment groups ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 胆固醇/(mmol·L ⁻¹) | 4.76 ± 0.36 | 4.59 ± 0.87 | 4.54 ± 0.25 | 4.48 ± 0.39 | 4.61 ± 0.13 | 4.31 ± 0.12 | 4.36 ± 0.21 |
| 甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) | 2.27 ± 0.48 | 2.05 ± 0.23 | 2.09 ± 0.63 | 2.01 ± 0.88 | 1.94 ± 0.75 | 1.81 ± 0.37 | 1.79 ± 0.87 |

表 10 各实验组母鸽血清脂质指标的比较 ($n = 6$)Tab. 10 Comparison of serum lipid parameters of the female *Columba* in treatment groups ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 胆固醇/(mmol·L ⁻¹) | 6.31 ± 0.45 | 5.98 ± 0.43 | 6.03 ± 0.67 | 5.86 ± 0.41 | 5.89 ± 0.35 | 5.82 ± 0.38 | 5.83 ± 0.35 |
| 甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) | 22.63 ± 6.67 | 24.94 ± 5.56 | 27.51 ± 9.78 | 25.24 ± 8.01 | 26.20 ± 9.30 | 25.98 ± 7.57 | 25.88 ± 9.55 |

血清脂质指标实验说明黄芪渣虫草发酵物在一定程度上调节动物体内脂质代谢, 降低了机体的脂肪沉淀。

2.2.4 血清免疫球蛋白指标

各实验组雏鸽、公鸽和母鸽血清中 IgA、IgG、

IgM 的比较结果见表 11—表 13。28 日龄雏鸽、公鸽和母鸽的血清中 IgG、IgM、IgA 的含量各组差异不明显 ($P > 0.05$), 但实验组有升高其含量的趋势。免疫球蛋白指标实验说明黄芪渣虫草发酵物在一定程度上提高了机体的免疫能力。

表 11 各实验组 28 日龄雏鸽免疫球蛋白指标的比较 ($n = 6$)Tab. 11 Comparison of immune globulin parameters of the *Columba* in treatment groups after 28 days ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| IgA/(mg·L ⁻¹) | 168.93 ± 38.06 | 172.59 ± 14.00 | 186.86 ± 41.69 | 190.40 ± 22.98 | 202.14 ± 11.38 | 208.24 ± 52.22 | 205.47 ± 94.16 |
| IgG/(mg·L ⁻¹) | 396.49 ± 66.28 | 397.42 ± 26.28 | 419.47 ± 23.58 | 423.65 ± 15.90 | 419.47 ± 23.58 | 425.26 ± 20.16 | 431.51 ± 27.36 |
| IgM/(mg·L ⁻¹) | 305.30 ± 19.20 | 317.45 ± 12.73 | 330.44 ± 16.02 | 340.20 ± 43.03 | 319.38 ± 16.56 | 336.54 ± 30.19 | 349.59 ± 13.36 |

表 12 各实验组公鸽免疫球蛋白指标的比较 ($n = 6$)Tab. 12 Comparison of immune globulin parameters of the male *Columba* in treatment groups ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| IgA/(mg·L ⁻¹) | 204.75 ± 23.68 | 220.47 ± 53.24 | 228.69 ± 16.65 | 230.23 ± 21.54 | 223.89 ± 19.59 | 233.66 ± 13.55 | 236.93 ± 30.11 |
| IgG/(mg·L ⁻¹) | 392.57 ± 33.64 | 398.48 ± 29.11 | 416.59 ± 23.33 | 429.43 ± 29.13 | 413.22 ± 24.76 | 424.24 ± 13.61 | 432.12 ± 31.78 |
| IgM/(mg·L ⁻¹) | 303.75 ± 30.78 | 314.32 ± 14.78 | 329.15 ± 31.64 | 333.64 ± 34.39 | 342.88 ± 21.22 | 345.43 ± 44.45 | 351.57 ± 44.36 |

表 13 各实验组母鸽免疫球蛋白指标的比较 ($n = 6$)Tab. 13 Comparison of immune globulin parameters of the female *Columba* in treatment groups ($n = 6$)

| 项目 | 基础日粮(C) | C+1%普通粉 | C+2%普通粉 | C+3%普通粉 | C+1%超微粉 | C+2%超微粉 | C+3%超微粉 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| IgA/(mg·L ⁻¹) | 209.27 ± 10.57 | 212.88 ± 31.28 | 224.11 ± 14.28 | 229.04 ± 21.45 | 219.05 ± 21.45 | 231.57 ± 10.36 | 231.57 ± 10.36 |
| IgG/(mg·L ⁻¹) | 379.27 ± 10.67 | 382.87 ± 21.26 | 394.32 ± 14.78 | 401.04 ± 14.45 | 389.16 ± 11.46 | 401.57 ± 20.36 | 403.36 ± 24.56 |
| IgM/(mg·L ⁻¹) | 313.27 ± 13.28 | 314.32 ± 34.62 | 321.46 ± 14.78 | 324.14 ± 13.03 | 322.67 ± 21.67 | 332.45 ± 17.55 | 334.35 ± 13.63 |

3 结 论

黄芪渣虫草发酵物作为饲料添加剂能够有效提高白羽王鸽的免疫功能,这也为其他中药渣的充分利用提供了依据.但本文只是通过常规物质分析,对其具体活性物质分离鉴定及作用机理还有待于进一步分析和研究.

参考文献:

- [1] 李晓杰,范圣此. 黄芪研究与开发利用综述[J]. 安徽农业科学,2012,40(11):6449-6452.
- [2] 房宇,刘尧. 黄芪的免疫调节作用研究进展[J]. 亚太传统医药,2012,8(7):208-209.
- [3] 黄奕诚,陈雪香,贺丽苹,等. 蛹虫草多糖的纯化及其分子量的测定[J]. 现代食品科技,2012,28(8):1054-1057.
- [4] 朱振元,丁丽娜,姚强,等. 黄芪渣中国拟青霉固体培养及发酵产物分析[J]. 食品研究与开发,2012,33(2):171-173.
- [5] 马丽娜,陈静,吴志伟,等. 中药渣的生物学处理方式研究进展[J]. 时珍国医国药,2016,27(1):194-196.
- [6] 郭义东,何兴,冯兴,等. 中药渣综合利用研究进展[J]. 成都大学学报:自然科学版,2015,34(2):125-128.
- [7] 陈国英. 黄芪的药理作用研究进展[J]. 北方药学,2013,10(10):53-54.
- [8] 周承. 中药黄芪药理作用及临床应用研究[J]. 亚太传统医药,2014,10(22):100-101.
- [9] Wong K H, Connie K M L, Cheung P C K, et al. Immunomodulatory activities of mushroom sclerotial polysaccharides[J]. Food Hydrocolloids,2011,25(2):150-158.
- [10] Nakamura K, Shinozuka K, Yoshikawa N. Anticancer and antimetastatic effects of cordycepin, an active component of *Cordyceps sinensis*[J]. Journal of Pharmacological Science,2015,127(1):53-56.
- [11] 刘云海,杜光. 超微粉碎对中药活性成分提取率的影响[J]. 中国医院药学志,2010,30(1):66-69.
- [12] 雷晓军,段小卫. 中草药饲料添加剂对肉仔鸡生长性能和免疫器官指数的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2010,31(5):42-45.
- [13] 孙建武,杨小婷,李吕木,等. 日粮能量水平对圩猪生产性能、血清生化指标和肉质的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(10):134-137.
- [14] 刘珍清,王晓波,刘颖,等. 鹌鹑血清中脂类代谢相关生化指标正常参考值的测定[J]. 实验动物科学,2012,29(5):34-36.
- [15] 白小青,张凤鸣,张亮,等. 成年荣昌猪血液生理生化及免疫指标特性研究[J]. 中国畜牧杂志,2015,51(19):9-13.

责任编辑:郎婧