

马明磊, 朱 强, 王 波. 牛蒡根皮多酚、多糖粗提物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能及血液生化指标的影响[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(4): 1013-1020.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2022.04.018

牛蒡根皮多酚、多糖粗提物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能及血液生化指标的影响

马明磊¹, 朱 强¹, 王 波²

(1. 江苏海洋大学食品科学与工程学院, 江苏 连云港 222005; 2. 徐州市检验检测中心, 江苏 徐州 221000)

摘要: 以乙醇为溶剂提取牛蒡根皮中的多酚, 用甲醇-乙酸乙酯对牛蒡根皮进行脱脂处理后, 以水为溶剂提取牛蒡根皮中的多糖。分别将牛蒡根皮的多酚粗提物、多糖粗提物按照 400 mg/kg 的添加量添加于海兰褐壳蛋鸡基础日粮中, 按照牛蒡根皮多酚粗提物组、牛蒡根皮多糖粗提物组、对照组(饲喂基础日粮)喂养 40 周龄的海兰褐壳蛋鸡, 喂养期为 30 d, 分析日粮中添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血液生化指标的影响。结果表明, 日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物均能提高海兰褐壳蛋鸡的产蛋性能, 对总产蛋质量的影响显著($P < 0.05$); 与对照相比, 日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物的软蛋率、破蛋率、畸形蛋率极显著($P < 0.01$)降低, 但蛋壳质量分数未表现出显著差异, 多酚粗提物组的哈夫单位显著提高($P < 0.05$); 日粮中添加牛蒡根皮多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡增长的体质量较对照显著($P < 0.05$)提高 6.39%, 日粮中添加牛蒡根皮多酚粗提物的海兰褐壳蛋鸡增长的体质量较对照显著($P < 0.05$)提高 11.43%; 与对照相比, 日粮中添加牛蒡根皮多酚粗提物显著($P < 0.05$)降低了海兰褐壳蛋鸡血清中的谷丙转氨酶(ALT)活性、总胆固醇(Total cholesterol, TC)浓度、低密度脂蛋白胆固醇(Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)浓度、磷(Phosphorus, Pi)浓度, 极显著($P < 0.01$)提高了血清中的钙(Ca^{2+})浓度, 日粮中添加牛蒡根皮多糖粗提物对以上指标的影响不显著。

关键词: 牛蒡根皮; 多酚; 多糖; 产蛋品质; 血清生化指标

中图分类号: S831.91 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2022)04-1013-08

Effects of polyphenols and polysaccharides from burdock root peel on egg production performance and blood biochemical indices of Hy-line brown laying hens

MA Ming-lei¹, ZHU Qiang¹, WANG Bo²

(1. School of Food Science and Engineering, Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China; 2. Xuzhou City Inspection and Testing Center, Xuzhou 221000, China)

Abstract: Ethanol was used as solvent to extract polyphenols from burdock root peel. After degreasing with methanol-ethyl acetate, water was used as solvent to extract polysaccharides. Crude polyphenol extracts and crude polysaccharide extracts were added to the basic diet of Hy-line brown laying hens at the dosage of 400 mg/kg. The 40-week-old Hy-line brown laying hens

收稿日期: 2021-12-24

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJCX20_1314)

作者简介: 马明磊(1982-), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为食品生物技术。(E-mail) 903638085@qq.com

通讯作者: 朱 强, (E-mail) zq7685@163.com

were fed in crude polyphenol extracts group, crude polysaccharide extracts group and control group, and the feeding period was 30 days. Effects of crude polyphenol extracts and crude polysaccharide extracts on egg laying performance, egg quality and blood biochemical index of Hy-line brown laying hens were analyzed. The results showed that the

addition of polyphenols and polysaccharide in the diet could improve the egg laying performance of laying hens, and had significant effect on the total egg weight ($P<0.05$). Compared with the control, the soft egg rate, broken egg rate and deformed egg rate were significantly reduced in polyphenol and polysaccharide groups ($P<0.01$), but there was no significant difference in eggshell mass fraction, and the Haugh unit in polyphenol group was significantly increased ($P<0.05$). Compared with the control group, the increased body weight of Hy-line brown laying hens increased by 6.39% in polysaccharide group and 11.43% in polyphenol group. Compared with the control group, the addition of crude polyphenol extracts in the diet significantly decreased the activity of alanine aminotransferase (ALT), total cholesterol (TC) concentration, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) concentration, phosphorus (Pi) concentration ($P<0.05$), and extremely significantly increased the calcium (Ca^{2+}) concentration in serum ($P<0.01$). The effect of polysaccharides on the above indicators was not significant.

Key words: burdock root peel; polyphenol; polysaccharide; egg quality; serum biochemical indicators

牛蒡 (*Arctium lappa* L.) 别称东洋参、牛菜等, 作为历史悠久的药食两用的经济作物^[1-3], 其在世界各地均有广泛种植。国内主要集中在山东、江苏等地种植, 其中以江苏徐州丰县和沛县的种植面积最大、品种最全, 其加工产品以出口为主, 日本、韩国为最主要的消费国, 消费量巨大^[4-5]。目前徐州牛蒡的总种植面积达到 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 年产值达二十多亿元, 约占全国出口总量的 60%^[6]。牛蒡的种植、加工和出口极大地促进了当地经济的发展, 但同时产生的大量牛蒡根皮、牛蒡叶等废弃物得不到有效处理, 也给当地带来了巨大的环境压力。在牛蒡产区, 一些农户将牛蒡废弃物添加于饲料中喂养家禽, 发现饲喂牛蒡产品下脚料的蛋鸡生长快、免疫力强、病死率低、产蛋数量和质量均有提高, 因此认为牛蒡废弃物中可能含有某些活性成分, 具有增强蛋鸡体质、促进生长的作用。有研究发现, 牛蒡中富含多酚、多糖、黄酮等生物活性物质^[7-11], 具有抗菌、抗氧化、抗肿瘤、清除自由基的作用^[12-21], 在动物饲养过程中可作为饲料添加剂或替代抗生素类药物使用^[20, 22-24]。由此可见, 这些牛蒡废弃物具有很高的再利用价值。

本研究以牛蒡根皮为原料, 对其中的活性成分多酚、多糖进行提取, 再将粗提物按一定比例添加于基础日粮中, 进行连续喂养试验, 考察提取物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能、免疫力、血液生化指标的影响, 以期对牛蒡废弃物再利用提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验动物 在徐州飞吴种禽场选择 600 羽 40 周龄的海兰褐壳蛋鸡, 随机分为 3 组, 每组 200 羽, 每组设 5 个重复, 每个重复设 40 羽。产蛋指标与体质量在不同重复处理间的差异不显著。

1.1.2 喂养材料的收集处理 从沛县种植农户和市场上收集次品牛蒡, 从牛蒡加工厂收集牛蒡根皮下脚料, 一并存储于冷库中。将处理过的牛蒡根皮下脚料于 55°C 烘干 4 h, 粉碎后过 60 目筛, 留粉末待用。

1.1.3 主要仪器 EMT-7300 蛋品质全自动测定仪, 购自日本 Robotmation 公司; JM-B20002 电子天平, 购自余姚市纪铭称重校验设备有限公司; Cobas 8000c-701 全自动生化分析仪, 购自罗氏诊断产品 (上海) 有限公司; 离子补偿液、罗氏诊断原装生化试剂、生化测定试剂盒, 购自罗氏诊断产品 (上海) 有限公司。

1.2 喂养过程的管理方式

按照养殖场标准对海兰褐壳蛋鸡进行喂养管理, 同时加强喂养场所的卫生、光照、通风、温度、消毒管理。每天 10:30、17:30 收集鸡蛋, 观察鸡群进食情况并作记录, 重点监测试验鸡群的饮食和健康状况。

1.2.1 日粮组成 基础日粮采用新鲜无霉变的原料制成, 主要含有 61.00% 玉米粉、4.00% 麸皮、6.00% 菜粕、5.00% 棉粕、14.00% 豆粕、1.00% 鱼粉、8.00% 石粉 (其中 3.50% 为粉状, 4.50% 为粒状)、1.00% 预混料; 日粮的营养成分 (计算值) 主要是 16.93% 粗蛋白质、3.40% 钙、0.58% 有效磷、0.75% 赖氨酸、0.56% 甲硫氨酸。此外, 日粮的代谢能为 12.68 MJ/kg , 预混料可向 1 kg 基础日粮提供 5 000 IU (国际单位) 维生素 A、2 000 IU 维生素 D_3 、20 IU 维生素 E、20.0 mg 维生素 K、0.5 mg 维生素 B_1 、3.0 mg 维生素 B_2 、7.0 μg 维生素 B_{12} 、0.5 mg 叶酸、10.0 mg 烟酸、4.00 mg 泛酸钙、40.00 mg 铁 (Fe)、20.00 mg 锌 (Zn)、20.00 mg 锰 (Mn)、0.24 mg 硒 (Se)。

1.2.2 投料设计 牛蒡根皮粗提物的主要成分是

多糖、多酚类化合物,将从牛蒡根皮粗提液中得到的多糖、多酚粗提物按比例分别添加至海兰褐壳蛋鸡的基础日粮中,具体试验设计分为3组,其中多酚粗提物组在基础日粮中加牛蒡根皮多酚粗提物,多糖粗提物组在基础日粮中加牛蒡根皮多糖粗提物,对照饲喂基础日粮。基础日粮的配方不变,不同投料处理的配方见表1。

表1 投料处理的配方设置

Table 1 Formula setting of feeding

组别	配方组成
多酚粗提物	基础日粮+400 mg/kg 牛蒡根皮多酚粗提物
多糖粗提物	基础日粮+400 mg/kg 牛蒡根皮多糖粗提物
对照	基础日粮

1.2.3 试验时间 试验时间设为40 d,前10 d为观察期。第11 d至第40 d为正式试验期。

1.3 试验方法

1.3.1 牛蒡根皮多酚的提取 准确称取10 g方法1.1.2得到的原料粉末,然后加入120 ml 70%乙醇,在90 ℃水浴锅中回流提取40 min,再用布氏漏斗真空抽滤所得溶液^[25],然后将真空抽滤液置于冻干机中冻干,得到多酚含量为5%的粉末,经检测,其主要成分为咖啡酸、绿原酸,含有少量槲皮素、多酚类化合物。

1.3.2 牛蒡根皮多糖的提取 用甲醇-乙酸乙酯混合液(甲醇、乙酸乙酯体积比为1:2)加热回流脱脂^[26]。脱脂产物经干燥后用热水提取牛蒡多糖,具体条件如下:料液比为1 g:20 ml,提取温度为100 ℃,提取时间为2 h^[27]。将提取混合物过滤,用木瓜蛋白酶(4 mg/kg)去除蛋白质后透析(截留蛋白质的相对分子质量为3 500)、冻干(于-80 ℃预冻后置于-80 ℃冷冻干燥机内冻干)^[28-29],得到含量为10%的牛蒡多糖粗品,主要成分为葡萄糖、果糖,含有少量杂蛋白质、色素、核酸及小分子化合物。

1.3.3 样品采集和处理 当天记录海兰褐壳蛋鸡的产蛋数并称1次质量,同时做好记录。每7 d采集1次蛋样,每个重复5枚蛋,蛋样均作标记,均于取样当天检测。第40 d早晨不喂食,空腹静脉取10 ml血,于10 ℃冰箱内无抗凝剂静置30 min后用其分离血清。

1.3.4 检测指标和方法

1.3.4.1 产蛋性能指标 统计试验鸡群存栏数、产蛋总数、总产蛋质量、耗料质量、体质量,计算日产蛋数量、蛋平均质量、产蛋率、料蛋比。用电子天平称质量,精确到0.01 g。

1.3.4.2 蛋品质指标 根据软蛋数、破蛋数、畸形蛋数、蛋直径、蛋高度计算软蛋率、破蛋率、畸形蛋率、废蛋率。用蛋品质全自动测定仪侧量并计算蛋壳厚、蛋壳质量分数、蛋清质量分数、蛋黄质量分数、蛋形指数、哈夫单位^[30-31],相关公式:

蛋壳厚度=(锐头蛋壳厚+钝头蛋壳厚+中间蛋壳厚)/3

蛋壳质量分数=(蛋壳质量/整蛋质量)×100%

蛋清质量分数=(蛋清质量/整蛋质量)×100%

蛋黄质量分数=(蛋黄质量/整蛋质量)×100%

蛋形指数=纵经/横径

哈夫单位=100×lg($h-1.7m^{0.37}+7.75$)

式中, h 为蛋清部分高度(mm); m 为整蛋质量(g)。

1.3.4.3 血液生化指标 用全自动生化分析仪测定如下血液生化指标:血清总蛋白质(TP)含量、血清白蛋白(ALB)含量、血清球蛋白(GLB)含量、免疫球蛋白G(Immunoglobulin G, IgG)含量、免疫球蛋白A(Immunoglobulin A, IgA)含量、免疫球蛋白M(Immunoglobulin M, IgM)含量、谷草转氨酶(AST)活性、谷丙转氨酶(ALT)活性、碱性磷酸酶(ALP)活性、乳酸脱氢酶(LDH)活性、甘油三酯(TG)浓度、总胆固醇(TC)浓度、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)浓度、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)浓度、葡萄糖(Glucose, GLU)浓度、钙离子(Ca^{2+})浓度、镁离子(Mg^{2+})浓度、钾离子(K^{+})浓度、磷(Pi)浓度。具体检测步骤参照产品说明书。

1.4 数据分析处理

用SPSS 13.0的Expert进行方差分析,用最小显著性差异法(LSD)进行组间多重比较,数据结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能的影响

由表2可以看出,牛蒡根皮多酚粗提物组、多糖粗提物组的总产蛋数显著高于对照($P<0.05$),分别

比对照高 6.71%、5.09%,可见在日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物对海兰褐壳蛋鸡的产蛋数量有很大影响。与对照相比,在日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡总产蛋质量显著 ($P<0.05$) 增加了 10.56%、7.72%,多糖粗提物组与多酚粗提物组间的差异不显著。与对照相比,在日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡的日均产蛋量均显著 ($P<0.05$) 增加,多糖粗提物组增加了 5.09%,多酚粗提物组增加了 6.71%,多酚粗提物组和多糖粗提物组间的差异不显著。对照相比,在日

粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡平均蛋质量均略有提升,但差异不显著,可见这 2 个处理组对海兰褐壳蛋鸡蛋质量的影响不明显。在日粮中添加牛蒡根皮粗提物后,海兰褐壳蛋鸡的产蛋率提升,其中多酚粗提物组的提升效果比多糖粗提物组更明显。与对照相比,在日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物和多糖粗提物增加了海兰褐壳蛋鸡的采食量,料蛋比呈下降趋势,且多酚粗提物组、多糖粗提物组间差异显著 ($P<0.05$)。本试验得出的海兰褐壳蛋鸡产蛋率提升量与黄贺儒^[23]的研究结果基本吻合。

表 2 牛蒡根皮多糖粗提物及多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡产蛋性能的影响

Table 2 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on egg production performance of Hy-line brown laying hens

组别	蛋鸡数量 (羽)	试验时间 (d)	总产蛋数 (个)	总产蛋质量 (kg)	日均产蛋量 (个)	平均蛋质量 (g)	产蛋率 (%)	耗料质量 (kg)	料蛋比
多酚粗提物	200	30	5 532c	342.3b	184.4b	61.87±1.38a	92.20b	770.75b	2.25 : 1a
多糖粗提物	200	30	5 448b	333.5b	181.6b	61.21±1.76a	90.80ab	773.72b	2.32 : 1b
对照	200	30	5 184a	309.6a	172.8a	59.72±2.06a	86.40a	749.40a	2.42 : 1c

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.2 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡次品蛋的影响

由表 3 可以看出,在日粮中分别添加多酚粗提物、多糖粗提物均大大降低了海兰褐壳蛋鸡产软蛋、破蛋、畸形蛋的数量,与对照相比差异均极显著 ($P<0.01$),其中多酚粗提物组比多糖粗提物组的影响

更明显。与对照相比,在日粮中分别添加多酚粗提物、多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡产蛋的软蛋率、破蛋率、畸形蛋率大幅度降低,差异极显著 ($P<0.01$),多酚粗提物组、多糖粗提物组的总废蛋率分别比对照降低 1.8 个百分点和 1.2 个百分点。由此可见,多酚粗提物组比多糖粗提物组对废蛋率的影响更明显。

表 3 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡次品蛋的影响

Table 3 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on inferior eggs of Hy-line brown laying hens

组别	软蛋数 (个)	软蛋率 (%)	破蛋数 (个)	破蛋率 (%)	畸形蛋数 (个)	畸形蛋率 (%)	总蛋数 (个)	废蛋率 (%)	与对照相比 的增幅 (%)
多酚粗提物	100aA	1.8aA	44aA	0.8aA	28aA	0.5aA	172aA	3.1aA	-1.8aA
多糖粗提物	114bA	2.1bA	54bA	1.0abA	33abA	0.6abA	201bB	3.7bB	-1.2bB
对照	140cB	2.7cB	73cB	1.4cB	42cB	0.8cB	255cC	4.9cC	0.0cC

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),标有不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

2.3 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳鸡蛋壳品质及鸡蛋内在指标的影响

由表 4 可以看出,在日粮中添加牛蒡根皮粗多糖提取物的海兰褐壳蛋鸡所产鸡蛋的蛋壳厚度较对照有所增加,但与对照间的差异不显著;多酚粗提物组与对照间的差异显著 ($P<0.05$)。多酚粗

提物组、多糖粗提物组、对照 3 组的蛋壳质量分数、蛋白质质量分数、蛋黄质量分数、蛋形指数差异不显著,尤其是蛋形指数基本无变化。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的哈夫单位均提高,其中多酚粗提物组与对照间差异显著 ($P<0.05$)。

表 4 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡蛋壳品质及鸡蛋内在指标的影响

Table 4 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on egg eggshell quality and intrinsic indices of Hy-line brown laying hens

组别	蛋壳厚 (mm)	蛋壳质量分数 (%)	蛋白质质量分数 (%)	蛋黄质量分数 (%)	蛋形指数	哈夫单位
多酚粗提物	0.39±0.02b	10.35±0.55a	55.82±2.43a	33.83±1.44a	1.30±0.02a	87.46±7.64b
多糖粗提物	0.37±0.02a	10.21±0.50a	56.62±2.26a	33.17±2.03a	1.28±0.03a	86.44±8.28a
对照	0.35±0.03a	10.08±0.61a	56.64±2.14a	33.28±2.06a	1.28±0.04a	83.30±8.64a

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡体质量的影响

由表 5 可以看出,在试验期内,日粮中分别添加牛蒡根皮多酚粗提物、多糖粗提物的海兰褐壳蛋鸡增质量高于对照,多糖粗提物组的增质量较对照显著($P<0.05$)高 6.39%,多酚粗提物组的增质量较对照显著($P<0.05$)高 11.43%。

表 5 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡体质量的影响

Table 5 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on the weight of Hy-line brown laying hens

组别	始质量(40 周) (g)	末质量(44 周) (g)	平均增质量 (g)
多酚粗提物	1 534.50a	1 742.52b	208.02c
多糖粗提物	1 532.60a	1 731.22a	198.62b
对照	1 532.40a	1 719.09a	186.69a

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.5 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标蛋白质含量的影响

由表 6 可知,各试验组血清总蛋白质含量均高于对照,多糖粗提物组与对照间的差异不显著,多酚粗提物组与对照间差异极显著($P<0.01$)。与对照相比,多糖粗提物组的血清白蛋白含量较高,但差异不显著,多酚粗提物组的血清白蛋白含量极显著

($P<0.01$)增加了 11.56%。与对照相比,各试验组中血清球蛋白含量均较高,其中多糖粗提物组增加了 4.56%,多酚粗提物组则极显著($P<0.01$)增加了 11.44%。与对照相比,多糖粗提物组的 IgG 含量较高,但差异不显著;多酚粗提物组的 IgG 含量明显较高,与对照相比极显著($P<0.01$)增加了 11.31%。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 IgA 含量分别增加了 11.50%、7.32%,差异均达极显著($P<0.01$)水平。多酚粗提物组的 IgM 含量比对照极显著($P<0.01$)高 11.52%,比多糖粗提物组极显著($P<0.01$)高 9.81%,多糖粗提物组与对照间的差异不显著。

2.6 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标酶活性的影响

由表 7 可知,与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 AST 活性降低,但差异不显著。与对照相比,多酚粗提物组的 ALT 活性显著($P<0.05$)降低,降幅达 11.54%,多糖粗提物组的 ALT 活性降低了 2.66%。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 ALP 活性较高,但差异均不显著。多酚粗提物组、多糖粗提物组的 LDH 活性较对照均有所下降,但差异均不显著;多酚粗提物组和多糖粗提物组间 LDH 活性差异不显著。

表 6 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标蛋白质含量的影响

Table 6 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on target protein content in the serum of Hy-line brown laying hens

组别	血清总蛋白含量 (g/L)	血清白蛋白含量 (g/L)	血清球蛋白含量 (g/L)	IgG 含量 (g/L)	IgA 含量 (g/L)	IgM 含量 (g/L)
多酚粗提物	40.72±2.68bB	21.91±1.76bB	18.80±2.42bB	6.69±0.36bB	6.40±0.39bB	5.71±0.32bB
多糖粗提物	38.20±3.12aA	20.56±2.16aA	17.64±3.16aA	6.28±0.33aA	6.16±0.29bB	5.20±0.47aA
对照	36.51±5.02aA	19.64±2.87aA	16.87±5.12aA	6.01±0.37aA	5.74±0.38aA	5.12±0.34aA

IgG:免疫球蛋白 G;IgA:免疫球蛋白 A;IgM:免疫球蛋白 M。同列数字后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标有不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

表 7 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标酶活性的影响

Table 7 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on the activity of target enzymes in serum of Hy-line brown laying hens

组别	谷草转氨酶活性 (U/L)	谷丙转氨酶活性 (U/L)	碱性磷酸酶活性 (U/L)	乳酸脱氢酶活性 (U/L)
多酚粗提物	240.36±30.12a	12.65±2.15a	155.67±18.24a	615.75±46.86a
多糖粗提物	243.25±26.78a	13.92±2.12b	153.39±20.55a	617.65±32.66a
对照	244.10±24.20a	14.30±1.65c	149.92±12.83a	618.53±44.25a

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.7 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标血脂浓度的影响

由表 8 可知,与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 TG 浓度分别提高了 8.75%、3.72%,其中多酚粗提物组与对照间的差异显著 ($P<0.05$),多糖粗提物组与对照间的差异不显著。多糖粗提物组的 TC 浓度与多酚粗提物组间的差异不显著;与对照相比,

多酚粗提物组的 TC 浓度降幅达 5.72%,且差异显著 ($P<0.05$)。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 HDL-C 浓度上升,多糖粗提物组与对照间的差异不显著,多酚粗提物组与对照间的差异显著 ($P<0.05$)。与对照相比,多糖粗提物组的 LDL-C 浓度略微下降,多酚粗提物组的 LDL-C 浓度显著 ($P<0.05$) 下降,降幅达 11.64%。

表 8 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中目标血脂浓度的影响

Table 8 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on target blood lipid concentration in serum of Hy-line brown laying hens

组别	甘油三酯浓度 (mmol/L)	总胆固醇浓度 (mmol/L)	高密度脂蛋白胆固醇浓度 (mmol/L)	低密度脂蛋白胆固醇浓度 (mmol/L)
多酚粗提物	13.17±1.86b	3.79±0.55a	0.91±0.21b	2.43±0.38a
多糖粗提物	12.56±1.37a	3.90±0.46a	0.89±0.19a	2.73±0.41b
对照	12.11±2.12a	4.02±0.67b	0.86±0.18a	2.75±0.68b

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.8 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中葡萄糖、钙、镁、钾、磷浓度的影响

由表 9 可见,与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 GLU 浓度均提高,但差异不显著。多酚粗提物组、多糖粗提物组这 2 个试验组对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 浓度的提升均有积极作用。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 Ca^{2+} 浓度分别比对照提高了 48.98%、32.65%,且差异极显著

($P<0.01$)。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 Mg^{2+} 浓度略有增加,但均无显著差异。与对照相比,各试验组的 K^{+} 浓度均有不同程度的提高,但 3 组之间差异不显著。与对照相比,多酚粗提物组、多糖粗提物组的 Pi 浓度分别降低了 20.85%、2.47%,其中多糖粗提物组与对照的 Pi 浓度差异不显著。

表 9 牛蒡根皮多糖粗提物、多酚粗提物对海兰褐壳蛋鸡血清中葡萄糖、钙、镁、钾、磷浓度的影响

Table 9 Effects of crude polysaccharide extracts and crude polyphenol extracts from burdock root peel on concentrations of glucose, calcium, magnesium, potassium and phosphorus in the serum of Hy-line brown laying hens

组别	葡萄糖浓度 (mmol/L)	Ca^{2+} 浓度 (mmol/L)	Mg^{2+} 浓度 (mmol/L)	K^{+} 浓度 (mmol/L)	磷浓度 (mmol/L)
多酚粗提物	11.46±0.21aA	3.65±0.18cC	0.76±0.16aA	6.62±2.04aA	2.24±0.18aA
多糖粗提物	11.28±0.42aA	3.25±0.35bB	0.74±0.20aA	6.44±1.97aA	2.76±0.31bB
对照	10.71±0.16aA	2.45±0.23aA	0.72±0.21aA	6.32±1.83aA	2.83±0.26bB

同列数字后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),标有不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

3 结 论

通过提取牛蒡根皮中的多酚、多糖物质,再将粗提物按 400 mg/kg 的添加量添加于海兰褐壳蛋鸡日粮中,结果表明,2 种粗提物均可降低料蛋比,提高日粮的综合利用率,说明牛蒡根皮中的多酚粗提物、多糖粗提物是提高海兰褐壳蛋鸡体质量、促进蛋鸡生长的主要活性物质,这与已有的报道^[32-35]相吻合。本试验发现,多酚粗提物组可显著降低海兰褐壳蛋鸡血清的 TC、LDL-C 浓度,提高 TG 浓度,说明牛蒡根皮中含有的多酚物质可限制血液中相关指标上升;多酚粗提物组提高海兰褐壳蛋鸡血清中 HDL-C 浓度的效果显著,推测其有利于海兰褐壳蛋鸡身体机能的发挥。400 mg/kg 多糖粗提物组对海兰褐壳蛋鸡血清中 TG、HDL-C、LDL-C 浓度的影响均非常有限。由此可见,牛蒡根皮中的多酚粗提物比多糖粗提物对海兰褐壳蛋鸡血脂的影响更有现实意义。本试验结果表明,在海兰褐壳蛋鸡日粮中添加 400 mg/kg 牛蒡根皮多酚粗提物较添加 400 mg/kg 牛蒡根皮多糖粗提物更能提升蛋鸡的整体性能。

参考文献:

- [1] 娄在祥. 牛蒡功能性成分及其抗氧化、抗菌活性研究[D]. 无锡:江南大学,2010.
- [2] 朱连连,栾晓宁,窦德强. 牛蒡根固体茶制剂中功能性成分含量测定[J]. 辽宁中医药大学学报,2019,21(2):66-69.
- [3] MORO T M A, CELEGATTI C M, PEREIRA A P A, et al. Use of burdock root flour as a prebiotic ingredient in cookies[J]. LWT, 2018, 90: 540-546.
- [4] 冯 营,胡新燕,孙亚伟,等. 种植密度对徐淮地区牛蒡产量与品质的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(10):66-67.
- [5] 冯 营,胡新燕,孙亚伟,等. 江苏省徐州地区重要出口蔬菜牛蒡研究现状[J]. 园艺与种苗,2015(8):25-27.
- [6] 吴传华,冯 沛,赵 林,等. 江苏徐州出口牛蒡与大蒜生产加工关键技术研究[J]. 园艺与种苗,2016(10):66-68.
- [7] 马利华,宋 慧,米莎莎. 几种处理方法对牛蒡多酚提取及抗氧化性的影响[J]. 中国食品添加剂,2017(8):191-196.
- [8] 刘群明,王 燕,邱艳明,等. 响应面法优化牛蒡根总黄酮超声波提取工艺[J]. 农产品加工,2019(5):27-31.
- [9] 马天宇,陈燕平,程素盼,等. 牛蒡子研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2018,20(9):113-116.
- [10] YU Y, SHEN M Y, SONG Q, et al. Biologocical activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources[J]. Carbohydrate Polymers, 2018(183):91-101.
- [11] SHI L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016(92):37-48.
- [12] JIANG Y Y, YU J, LI Y B, et al. Extraction and antioxidant activities of polysaccharides from roots of *Arctium lappa* L.[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019(123):531-538.
- [13] JIANG X W, BAI J P, ZHANG Q, et al. Caffeoylquinic acid derivatives from the roots of *Arctium lappa* L. (burdock) and their structure-activity relationships (SARs) of free radical scavenging activities[J]. Phytochemistry Letters, 2016(15):159-163.
- [14] MCCREA G L, MIASKOWSKI C, STOTTS N A, et al. Pathophysiology of constipation in the older adult[J]. World Journal of Gastroenterology, 2008, 14(17):2631-2638.
- [15] PEREIRA J V, BERGAMO D C, PEREIRA J O, et al. Antimicrobial activity of *Arctium lappa* constituents against microorganisms commonly found in endodontic infections[J]. Brazilian Dental Journal, 2005,16(3):192-196.
- [16] WU Y, GUO R, CAO N, et al. A systematical rheological study of polysaccharide from *Sophora alopecuroides* L. seeds[J]. Carbohydrate Polymers, 2018,180:63-71.
- [17] RAJASEKHARAN S K, RAMESH S, SATISH A S, et al. Antibiofilm and anti- β -lactamase activities of burdock root extract and chlorogenic acid against *Klebsiella pneumoniae*[J]. Microbiol Biotechnol, 2017,27(3):542-551.
- [18] RAJASEKHARAN S K, RAMESH S, BAKKIYARAJ D, et al. Burdock root extracts limit quorum-sensing-controlled phenotypes and biofilm architecture in major urinary tract pathogens[J]. Urolithiasis, 2015, 43(1):29-40.
- [19] RODRIGUEZ J M F, SOUZA A R C, KRÜGER R L, et al. Kinetics, composition and antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa*) root extracts obtained with supercritical CO₂ and co-solvent[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2018, 135:25-33.
- [20] 马利华,秦卫东,陈学红,等. 牛蒡皮提取物抗氧化活性及组成的研究[J]. 中国食品学报,2011,11(8):23-29.
- [21] 马艳弘,孟 勇,崔 晋,等. 牛蒡多酚超声辅助酶法提取工艺及抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报,2020,39(1):38-45.
- [22] 俞 燕. 肉仔鸡饲料添加蘑菇提取物可增加粪便中双歧杆菌数[J]. 中国家禽,2010,32(1):67.
- [23] 黄贺儒. 中草药添加剂在蛋鸡上的应用效果[J]. 兽药与饲料添加剂,2002(5):2-3.
- [24] 马玉胜,张 玲,宋照霞. 牛蒡根下脚料饲喂产蛋鸡的效果试验[J]. 中国禽业导刊,2000(18):24.
- [25] 葛 蕾. 苹果渣多酚浸提物及其抗氧化性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [26] 冯以明,李广生,吴建东,等. 雨生红球藻多糖的提取分离及理化性质研究[J]. 海洋科学,2012,36(1):17-22.
- [27] 王家辉,刘杉杉,张 鑫,等. 牛蒡不同部位多糖的抗氧化与抗凝血活性研究[J]. 食品工业科技,2020,41(6):305-310.
- [28] LI X P, WANG J, ZHANG H, et al. Renoprotective effect of low-molecular-weight sulfated polysaccharide from the seaweed *Laminaria japonica* on glycerol-induced acute kidney injury in rats[J].

- International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 95:132-137.
- [29] 李 瑾,吴理娟. 牛蒡根总多糖的提取研究[J].首都食品与医药,2009,16(14):53.
- [30] 张利娟. 中草药提取物复方对蛋鸡产蛋后期鸡饲喂效果研究[D].郑州:河南农业大学,2010.
- [31] 岳道友,李亚明,赵 杰. 益生菌与中草药对海兰褐蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2017, 51(3): 370-373.
- [32] 李 晓,廖智慧,陈志军,等. 饲料中添加紫花苜蓿多糖对肉羊生长性能和血清中生化指标影响[J].中国饲料,2018(23):40-43.
- [33] 欧淑琦,刘祝英,郭 丹,等. 血根碱和牛膝多糖对肉鸡血液生化指标及免疫性能的影响[J].中国兽医学报,2019,39(10):2055-2060.
- [34] FAN W T, ZHENG P M, WANG Y, et al, Analysis of immunostimulatory activity of polysaccharide extracted from Yu-Ping-Feng *in vitro* and *in vivo* [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017, 93:146-155.
- [35] FAN Y P, MA X, MA L, et al. Antioxidative and immunological activity of Ophiopogon polysaccharide liposome from the root of *Ophiopogon japonicus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 135:110-120.

(责任编辑:徐 艳)