

# 茶多酚和酵母硒及其互作对绿壳蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋黄中胆固醇和硒含量的影响

何柳青<sup>1</sup> 曲湘勇<sup>1\*</sup> 魏艳红<sup>1</sup> 汪加明<sup>1</sup> 常春茹<sup>1</sup> 肖建新<sup>2</sup>

(1. 湖南农业大学动物科学技术学院,长沙 410128;2. 湖南益阳志德特禽养殖合作社,益阳 413000)

**摘要:** 本研究旨在探讨茶多酚和酵母硒及其互作对绿壳蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋黄中胆固醇和硒含量的影响。试验选用810只44周龄健康绿壳蛋鸡,随机分成9个组,每组5个重复,每个重复18只鸡。采用2因素3水平试验设计,在基础饲料中分别添加不同剂量的茶多酚和酵母硒构成试验饲料,茶多酚设0、200、400 mg/kg 3个添加水平,酵母硒(按硒计)设0、0.25、0.50 mg/kg 3个添加水平。预试期7 d,正试期28 d。结果表明:1)饲料中添加茶多酚和酵母硒均有提高平均蛋重的趋势( $P > 0.05$ ),添加200、400 mg/kg茶多酚能显著提高产蛋率且显著降低料蛋比( $P < 0.05$ );2)饲料中添加茶多酚和酵母硒对蛋黄指数、蛋黄色泽和哈氏单位均有提高的趋势( $P > 0.05$ ),添加0.50 mg/kg酵母硒能显著提高蛋形指数( $P < 0.05$ ),同时使蛋壳厚度显著下降( $P < 0.05$ ),添加200、400 mg/kg茶多酚能显著减缓鸡蛋在贮藏过程中哈氏单位的下降( $P < 0.01$ );3)饲料中添加200、400 mg/kg茶多酚均能显著降低蛋黄胆固醇含量( $P < 0.01$ ),添加0.25、0.50 mg/kg酵母硒均能显著提高蛋黄硒含量( $P < 0.01$ );4)茶多酚和酵母硒的互作对生产性能、蛋品质及蛋黄中胆固醇和硒含量均无显著影响( $P > 0.05$ )。由此可见,在基础饲料中采用400 mg/kg茶多酚和0.25 mg/kg酵母硒的添加组合对蛋鸡生产性能和蛋品质不会产生拮抗作用,并可有效生产“富硒+低胆固醇”的绿壳鸡蛋。

**关键词:** 蛋鸡;茶多酚;胆固醇;硒;互作效应

**中图分类号:** S831

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2012)10-1966-10

近几十年来,动物营养学已进入较深层次的研究,各种营养素之间的相互关系成为营养学研究的焦点问题之一。营养物质之间的相互关系即为协同作用或拮抗作用,如能量和蛋白质、钙和磷、维生素E和硒等,这些元素间相互关系已研究清楚并广泛在生产中应用。但其有怎样的应用效果,例如在改善畜禽生长的同时有何副作用,对其他养分利用率的影响如何,对适口性有无影响等,还需要进一步的探讨和研究。茶多酚(tea polyphenols, TP)是茶叶中所含的一类以儿茶素(catechins)为主体的多羟基化合物的总称。国内外研究报道表明,茶多酚具有优异的抗氧化、抗癌、降

血脂和提高免疫力等作用<sup>[1-4]</sup>,作为天然饲料添加剂在畜牧业生产中应用,可以提高畜禽生产性能、代替抗氧化剂、改善畜禽产品质量、增强畜禽免疫力<sup>[5-6]</sup>。硒(selenium)是人和动物必需的微量元素,大量研究数据说明,硒与调节生长、提高机体免疫力、抗癌、抗氧化、抗应激、延缓衰老及防治地方病等有着密切的关系<sup>[7-10]</sup>。人和动物对硒的摄入量普遍偏低,而且人体内存储硒的能力很弱,需要经常食用含硒较高的食品才能获得足够的硒,因此开发富含硒的食品具有重要意义<sup>[11]</sup>。鸡蛋不仅营养素种类丰富,而且营养素平衡合理,生物学价值高,但人们担心蛋黄中胆固醇含量偏高

收稿日期:2012-04-19

基金项目:湖南省研究生科技创新项目(CX2011B272);校企横向合作项目(10068)

作者简介:何柳青(1985—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,从事特种经济动物营养的研究。E-mail: heliulingqing@qq.com

\* 通讯作者:曲湘勇,教授,博士生导师,E-mail: quxy99@126.com

(200~300 mg/枚)会影响中老年人和高胆固醇患者的健康,Loest 等<sup>[12]</sup>通过研究也发现茶多酚对胆固醇的代谢具有一定的影响。酵母硒(selenium yeast,SY)是微生物转化的一种高硒含量的生物硒制剂,与无机硒相比,酵母硒活性高、毒性低,具有较高安全性,酵母硒是目前比较理想的有机硒补剂<sup>[13]</sup>。因此,市场上迫切需要一种低胆固醇且具有一定保健功效(如高硒、高钙等)的功能性鸡蛋。本试验在前人的研究基础上,通过在蛋鸡饲料中添加不同水平的茶多酚与酵母硒,探讨二者及其互作效应对蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋黄中胆固醇和硒含量的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

茶多酚购买于湖南金农生物资源股份有限公司,纯度为 98%。酵母硒由长沙兴嘉生物技术有限公司提供,硒含量为 2 000 mg/kg。

### 1.2 试验设计与饲料组成

试验于 2011 年 5 至 2011 年 6 月在湖南益阳志德特禽养殖合作社鸡场进行,选用 44 周龄健康东乡黑羽绿壳蛋鸡 810 只,随机分成 9 组,每组 5 个重复,每个重复 18 只鸡。预试期 7 d,正试期 28 d。采用 2 因素 3 水平试验设计,在基础饲料中分别添加不同剂量的茶多酚和酵母硒构成试验饲料,茶多酚设 0、200、400 mg/kg 3 个添加水平,酵母硒(按硒计)设 0、0.25、0.50 mg/kg 3 个添加水平。基础饲料组成及营养水平见表 1。

### 1.3 饲养管理

试验蛋鸡分上、中、下 3 层阶梯笼养,各重复均匀分布于鸡舍同列各层,鸡舍温度为 20~25 ℃,相对湿度为 75%~85%。各组试验鸡的平均体重在 1.13~1.17 kg 之间,试验采取定量饲喂模式,每只鸡平均每日喂料 75 g,自由饮水,自然光照与人工光照相结合,每天光照时间为 16 h,自然通风和横向负压通风相结合。每日清理鸡粪和捡蛋各 2 次,按常规程序进行鸡只免疫和栏舍消毒。

### 1.4 样品采集处理与测定指标

#### 1.4.1 蛋鸡生产性能

试验期间每天按各重复记录产蛋总数、总蛋重、软破蛋数和死淘数,以组为单位统计平均蛋重、产蛋率、合格蛋率、死淘率和料蛋比。

表 1 基础饲料组成及营养水平(饲喂基础)

| Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (as-fed basis) |            | % |
|--|------------|---|
| 项目 Items   | 含量 Content |   |
| 原料 Ingredients   |            |   |
| 玉米 Corn  | 63.00      |   |
| 豆粕 Soybean meal  | 14.00      |   |
| 小麦麸 Wheat bran   | 4.50       |   |
| 预混料 Premix <sup>1)</sup>   | 2.50       |   |
| 石粉 Limestone   | 8.00       |   |
| 肽素 Peptide <sup>2)</sup>   | 8.00       |   |
| 合计 Total   | 100.00     |   |
| 营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>                                       |            |   |
| 代谢能 ME/(MJ/kg)   | 10.58      |   |
| 粗蛋白质 CP  | 14.68      |   |
| 钙 Ca   | 3.55       |   |
| 有效磷 AP   | 0.36       |   |

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diet: VA 3 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 400 IU, VE 16 IU, VK<sub>3</sub> 2 mg, VB<sub>1</sub> 1.6 mg, VB<sub>2</sub> 6.5 mg, VB<sub>6</sub> 3.25 mg, VB<sub>12</sub> 15 μg, 烟酸 nicotinic acid 28 mg, 泛酸 pantothenate 8 mg, 叶酸 folic acid 0.8 mg, 氯化胆碱 choline chloride 475 mg, 生物素 biotin 75 μg, Fe 50 mg, Cu 4 mg, Se 0.1 mg, Zn 50 mg, Mn 80 mg, I 1.3 mg。

<sup>2)</sup> 肽素由武汉烁森生物科技有限公司提供。Peptide was provided by Wuhan Source Science and Biotechnology Co., Ltd. 粗蛋白质 crude protein 33%~36%,粗蛋白质中肽 peptide in crude protein 80.0%,赖氨酸 Lys 2.0%,蛋氨酸 Met 0.5%,粗纤维 crude fiber 12.0%,非淀粉多糖 NSP 5.0%,粗灰分 crude ash 10.0%,水分 moisture 12.0%。

<sup>3)</sup> 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

#### 1.4.2 鸡蛋品质

试验期第 28 天每组随机选取 20 枚鸡蛋,每个重复 4 枚。每组取 10 枚蛋用于测定蛋重、蛋形指数、蛋壳厚度、蛋黄指数(蛋黄高度/蛋黄宽度)、蛋黄颜色及蛋白高度,并计算哈氏单位。另从每组中取 10 枚蛋于常温下贮存 15 d 后再次测定鸡蛋的蛋重和蛋白高度,并计算哈氏单位。

$$\text{哈氏单位 (Haugh unit)} = 100 \times \lg(H - 1.7 \times W^{0.37} + 7.6)。$$

式中:  $H$  为蛋白高度(mm);  $W$  为蛋重(g)。

### 1.4.3 蛋黄中胆固醇和硒含量的测定

试验期第 14 和 28 天,分别从每组选取 10 枚鸡蛋(各重复 2 枚),标记组别、日期,置于 4 °C 冰箱保存,用于测定蛋黄胆固醇和硒含量。采用胆固醇检测试剂盒(迈瑞生物医疗电子有限公司有限公司,深圳)和全自动生化分析仪(迈瑞 BS-200)进行蛋黄胆固醇含量的测定<sup>[14]</sup>;采用流动注射氢化物发生原子吸收光谱法测定蛋黄硒含量<sup>[15]</sup>(均以鲜样基础计算)。

### 1.5 数据统计分析

试验数据以平均值 ± 标准差表示,采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析和单因变量多因素方差分析,用 LSD 方法进行多重比较。

## 2 结果

### 2.1 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋鸡生产性能的影响

每只鸡平均每日喂料 75 g,各组死淘率均为 0。由表 2 可知,饲料茶多酚的添加水平对产蛋鸡的平均蛋重和产蛋率的影响不显著 ( $P > 0.05$ ),但显著降低了产蛋鸡的料蛋比 ( $P < 0.05$ )。酵母硒的添加水平对产蛋鸡平均蛋重、产蛋率和料蛋比的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。酵母硒 0.25 mg/kg 组产蛋率显著高于酵母硒 0.50 mg/kg 组 ( $P < 0.05$ ),料蛋比显著低于酵母硒 0.50 mg/kg 组 ( $P < 0.05$ )。茶多酚和酵母硒的互作效应对平均蛋重、产蛋率和料蛋比的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ),茶多酚和酵母硒的组合以 200 mg/kg 与 0.25 mg/kg 时,蛋鸡生产性能较优。

表 2 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of tea polyphenols and selenium yeast and their interaction on performance of laying hens

| 组别<br>Groups | 添加水平<br>Supplemental level/(mg/kg) |                      | n   | 平均蛋重<br>Average egg<br>weight/g | 产蛋率<br>Laying rate/%         | 料蛋比<br>Feed to egg ratio    |
|--------------|------------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|              | 茶多酚 TP                             | 酵母硒 SY               |     |                                 |                              |                             |
| 1            | 0                                  | 0                    | 90  | 44.81 ± 1.65                    | 55.56 ± 1.67 <sup>ABb</sup>  | 3.02 ± 0.23 <sup>ABa</sup>  |
| 2            | 200                                | 0                    | 90  | 45.64 ± 1.78                    | 56.35 ± 2.04 <sup>ABab</sup> | 2.93 ± 0.20 <sup>ABab</sup> |
| 3            | 400                                | 0                    | 90  | 45.53 ± 1.78                    | 57.14 ± 2.24 <sup>ABab</sup> | 2.89 ± 0.12 <sup>ABab</sup> |
| 4            | 0                                  | 0.25                 | 90  | 45.52 ± 1.71                    | 53.84 ± 2.68 <sup>ABb</sup>  | 3.07 ± 0.07 <sup>Aa</sup>   |
| 5            | 200                                | 0.25                 | 90  | 45.73 ± 1.92                    | 60.98 ± 1.80 <sup>Aa</sup>   | 2.69 ± 0.05 <sup>Bb</sup>   |
| 6            | 400                                | 0.25                 | 90  | 45.21 ± 1.81                    | 57.54 ± 2.94 <sup>ABab</sup> | 2.89 ± 0.13 <sup>ABab</sup> |
| 7            | 0                                  | 0.50                 | 90  | 46.29 ± 1.08                    | 53.04 ± 2.21 <sup>Bb</sup>   | 3.07 ± 0.21 <sup>Aa</sup>   |
| 8            | 200                                | 0.50                 | 90  | 46.01 ± 1.70                    | 53.04 ± 2.78 <sup>Bb</sup>   | 3.09 ± 0.19 <sup>Aa</sup>   |
| 9            | 400                                | 0.50                 | 90  | 46.00 ± 1.82                    | 56.48 ± 2.21 <sup>ABab</sup> | 2.89 ± 0.08 <sup>ABab</sup> |
|              | 0                                  |                      | 270 | 45.54 ± 1.65                    | 54.14 ± 2.36 <sup>b</sup>    | 3.05 ± 0.17 <sup>a</sup>    |
|              | 200                                |                      | 270 | 45.79 ± 1.75                    | 56.79 ± 2.06 <sup>ab</sup>   | 2.90 ± 0.23 <sup>b</sup>    |
|              | 400                                |                      | 270 | 45.58 ± 1.67                    | 57.05 ± 2.60 <sup>a</sup>    | 2.89 ± 0.10 <sup>b</sup>    |
|              |                                    | 0                    | 270 | 45.33 ± 1.75                    | 56.35 ± 2.26 <sup>ab</sup>   | 2.95 ± 0.18 <sup>ab</sup>   |
|              |                                    | 0.25                 | 270 | 45.49 ± 1.66                    | 57.45 ± 2.80 <sup>a</sup>    | 2.88 ± 0.18 <sup>b</sup>    |
|              |                                    | 0.50                 | 270 | 46.10 ± 1.55                    | 54.19 ± 2.39 <sup>b</sup>    | 3.02 ± 0.18 <sup>a</sup>    |
|              |                                    | 茶多酚 TP               |     | 0.934                           | 0.072                        | 0.030                       |
|              | P 值                                | 酵母硒 SY               |     | 0.554                           | 0.062                        | 0.125                       |
|              | P-value                            | 茶多酚 × 酵母硒<br>TP × SY |     | 0.961                           | 0.161                        | 0.098                       |

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),相同或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

## 2.2 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋品质的影响

由表 3 可知, 饲料茶多酚的添加水平对蛋形指数、蛋壳厚度、蛋黄指数、蛋黄色泽和试验第 28 天的鸡蛋哈氏单位的影响不显著 ( $P > 0.05$ ), 但对常温下贮藏 15 d 后的鸡蛋哈氏单位有极显著影响 ( $P < 0.01$ )。饲料酵母硒的添加水平对蛋形指数、蛋黄指数、蛋黄色泽和哈氏单位影响不显著 ( $P >$

0.05), 但对蛋壳厚度的影响显著 ( $P < 0.05$ )。酵母硒 0.50 mg/kg 组蛋壳厚度显著低于酵母硒 0 mg/kg 组 ( $P < 0.05$ )。茶多酚和酵母硒的互作效应对蛋形指数、蛋壳厚度、蛋黄指数、蛋黄色泽和哈氏单位的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ), 茶多酚和酵母硒的组合以 200 与 0.25、400 与 0.25 mg/kg 时, 蛋品质各项指标较优。

表 3 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋品质的影响

Table 3 Effects of tea polyphenols and selenium yeast and their interaction on egg quality

| 组别<br>Groups | 添加水平<br>Supplemental<br>level/(mg/kg) |                         | n  | 蛋形指数<br>Egg shape<br>index | 蛋壳厚度<br>Egg shell<br>thickness/<br>mm | 蛋黄指数<br>Yolk<br>index     | 蛋黄色泽<br>Yolk color | 哈氏单位<br>Haugh unit | 贮藏 15 d 后<br>哈氏单位<br>Haugh unit after<br>storage 15 days |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------|----|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--|
|              | 茶多酚<br>TP                             | 酵母硒<br>SY               |    |                            |                                       |                           |                    |                    |  |
| 1            | 0                                     | 0                       | 10 | 1.32 ± 0.05 <sup>ab</sup>  | 0.36 ± 0.04                           | 0.36 ± 0.05 <sup>ab</sup> | 8.20 ± 0.92        | 65.62 ± 3.73       | 58.59 ± 1.80 <sup>Bb</sup>                               |
| 2            | 200                                   | 0                       | 10 | 1.29 ± 0.04 <sup>ab</sup>  | 0.36 ± 0.04                           | 0.36 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 8.40 ± 1.07        | 67.33 ± 8.10       | 66.63 ± 4.12 <sup>Aa</sup>                               |
| 3            | 400                                   | 0                       | 10 | 1.28 ± 0.11 <sup>b</sup>   | 0.36 ± 0.03                           | 0.35 ± 0.05 <sup>b</sup>  | 8.60 ± 1.26        | 68.32 ± 6.67       | 66.30 ± 6.11 <sup>Aa</sup>                               |
| 4            | 0                                     | 0.25                    | 10 | 1.29 ± 0.04 <sup>ab</sup>  | 0.34 ± 0.03                           | 0.37 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 8.00 ± 1.05        | 68.71 ± 4.62       | 63.79 ± 3.18 <sup>ABa</sup>                              |
| 5            | 200                                   | 0.25                    | 10 | 1.31 ± 0.07 <sup>ab</sup>  | 0.36 ± 0.03                           | 0.37 ± 0.05 <sup>ab</sup> | 8.40 ± 0.70        | 67.76 ± 5.88       | 66.88 ± 5.79 <sup>Aa</sup>                               |
| 6            | 400                                   | 0.25                    | 10 | 1.32 ± 0.06 <sup>ab</sup>  | 0.34 ± 0.04                           | 0.37 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 7.90 ± 0.88        | 68.51 ± 7.40       | 67.07 ± 6.84 <sup>Aa</sup>                               |
| 7            | 0                                     | 0.50                    | 10 | 1.35 ± 0.09 <sup>a</sup>   | 0.34 ± 0.03                           | 0.36 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 8.30 ± 0.82        | 66.27 ± 3.07       | 64.23 ± 3.13 <sup>ABa</sup>                              |
| 8            | 200                                   | 0.50                    | 10 | 1.32 ± 0.04 <sup>ab</sup>  | 0.35 ± 0.03                           | 0.40 ± 0.04 <sup>a</sup>  | 8.40 ± 0.70        | 68.79 ± 1.92       | 67.24 ± 3.91 <sup>Aa</sup>                               |
| 9            | 400                                   | 0.50                    | 10 | 1.34 ± 0.06 <sup>ab</sup>  | 0.33 ± 0.02                           | 0.37 ± 0.06 <sup>ab</sup> | 8.20 ± 0.92        | 68.19 ± 6.12       | 66.67 ± 5.85 <sup>Aa</sup>                               |
|              | 0                                     |                         | 30 | 1.32 ± 0.06                | 0.35 ± 0.03                           | 0.36 ± 0.04               | 8.30 ± 0.92        | 66.87 ± 3.96       | 62.21 ± 3.74 <sup>Bb</sup>                               |
|              | 200                                   |                         | 30 | 1.31 ± 0.05                | 0.36 ± 0.03                           | 0.38 ± 0.04               | 8.40 ± 0.81        | 67.96 ± 5.71       | 66.92 ± 4.53 <sup>Aa</sup>                               |
|              | 400                                   |                         | 30 | 1.31 ± 0.08                | 0.35 ± 0.03                           | 0.36 ± 0.05               | 8.23 ± 1.04        | 68.34 ± 6.51       | 66.68 ± 6.07 <sup>Aa</sup>                               |
|              |                                       | 0                       | 30 | 1.30 ± 0.07 <sup>b</sup>   | 0.36 ± 0.03 <sup>a</sup>              | 0.36 ± 0.04               | 8.40 ± 1.07        | 67.09 ± 6.31       | 63.84 ± 5.67   |
|              |                                       | 0.25                    | 30 | 1.31 ± 0.06 <sup>ab</sup>  | 0.35 ± 0.03 <sup>ab</sup>             | 0.37 ± 0.03               | 8.20 ± 0.85        | 68.33 ± 5.87       | 65.91 ± 5.51   |
|              |                                       | 0.50                    | 30 | 1.34 ± 0.06 <sup>a</sup>   | 0.34 ± 0.03 <sup>b</sup>              | 0.38 ± 0.04               | 8.33 ± 0.84        | 67.75 ± 4.11       | 66.05 ± 4.49   |
|              |                                       | 茶多酚<br>TP               |    | 0.749                      | 0.184                                 | 0.316                     | 0.790              | 0.576              | 0.000  |
|              |                                       | P 值<br>P-value          |    | 0.079                      | 0.047                                 | 0.161                     | 0.706              | 0.695              | 0.143  |
|              |                                       | 茶多酚 ×<br>酵母硒<br>TP × SY |    | 0.489                      | 0.734                                 | 0.562                     | 0.683              | 0.857              | 0.320  |

## 2.3 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋黄胆固醇和硒含量的影响

由表 4 可知, 试验第 14 天, 饲料茶多酚的添加水平对蛋黄中胆固醇含量有极显著影响 ( $P < 0.01$ ), 酵母硒的添加水平对其影响不显著 ( $P > 0.05$ )。试验第 28 天, 饲料茶多酚的添加水平对蛋黄中胆固醇含量有极显著影响 ( $P < 0.01$ ), 茶多酚 400 mg/kg 组的蛋黄胆固醇含量极显著低于茶多酚 0、200 mg/kg 组 ( $P < 0.01$ ), 酵母硒的添加水

平对其也有显著影响 ( $P < 0.05$ )。茶多酚和酵母硒的互作效应对试验第 14、28 天蛋黄中胆固醇含量的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ), 茶多酚和酵母硒的组合以 400 与 0.25、400 与 0.50 mg/kg 时, 蛋黄中胆固醇含量较低。

由表 4 还可知, 产蛋母鸡饲喂补硒饲料, 蛋黄硒含量明显上升。试验第 14 天, 饲料茶多酚的添加水平对蛋黄中硒含量无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 酵母硒的添加水平对其影响极显著 ( $P < 0.01$ )。试

验第 28 天, 饲料茶多酚的添加水平对蛋黄中硒含量影响不显著 ( $P > 0.05$ ), 酵母硒的添加水平对其影响极显著 ( $P < 0.01$ )。酵母硒 0.50 mg/kg 组的蛋黄硒含量极显著高于酵母硒 0、0.25 mg/kg 组

( $P < 0.01$ )。茶多酚和酵母硒的互作效应对试验第 14、28 天蛋黄中硒含量的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ), 茶多酚和酵母硒的组合以 200 与 0.50、400 与 0.50 mg/kg 时, 蛋黄中硒含量较高。

表 4 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋黄胆固醇和硒含量的影响

Table 4 Effects of tea polyphenols and selenium yeast and their interaction on contents of cholesterol and selenium in yolk

| 组别<br>Groups | 添加水平<br>Supplemental level/(mg/kg) |                      | n  | 胆固醇<br>Cholesterol/(mg/g)     |                               | 硒<br>Selenium/( $\mu$ g/kg)  |                               |
|--------------|------------------------------------|----------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|              | 茶多酚 TP                             | 酵母硒 SY               |    | 第 14 天                        | 第 28 天                        | 第 14 天                       | 第 28 天                        |
|              |                                    |                      |    | The 14th day                  | The 28th day                  | The 14th day                 | The 28th day                  |
| 1            | 0                                  | 0                    | 10 | 14.06 ± 1.49 <sup>Aa</sup>    | 14.13 ± 1.18 <sup>Aa</sup>    | 283.50 ± 42.97 <sup>Cc</sup> | 292.92 ± 47.27 <sup>Cd</sup>  |
| 2            | 200                                | 0                    | 10 | 13.05 ± 1.11 <sup>ABabc</sup> | 12.00 ± 1.48 <sup>BCDcb</sup> | 273.53 ± 42.62 <sup>Cc</sup> | 297.15 ± 55.83 <sup>Cd</sup>  |
| 3            | 400                                | 0                    | 10 | 12.04 ± 1.19 <sup>Bc</sup>    | 9.87 ± 1.53 <sup>EFGc</sup>   | 284.41 ± 30.71 <sup>Cc</sup> | 285.85 ± 60.88 <sup>Cd</sup>  |
| 4            | 0                                  | 0.25                 | 10 | 13.85 ± 1.17 <sup>ABab</sup>  | 13.75 ± 1.55 <sup>ABa</sup>   | 416.88 ± 39.84 <sup>Bb</sup> | 437.25 ± 42.25 <sup>Bc</sup>  |
| 5            | 200                                | 0.25                 | 10 | 13.61 ± 1.80 <sup>ABab</sup>  | 11.88 ± 1.35 <sup>CDEb</sup>  | 398.77 ± 56.22 <sup>Bb</sup> | 439.73 ± 45.85 <sup>Bc</sup>  |
| 6            | 400                                | 0.25                 | 10 | 12.54 ± 1.61 <sup>ABbc</sup>  | 9.43 ± 1.60 <sup>FGcd</sup>   | 394.36 ± 57.06 <sup>Bb</sup> | 425.70 ± 61.57 <sup>Bc</sup>  |
| 7            | 0                                  | 0.50                 | 10 | 13.81 ± 1.39 <sup>ABab</sup>  | 13.49 ± 1.34 <sup>ABCa</sup>  | 596.13 ± 50.30 <sup>Aa</sup> | 636.53 ± 50.01 <sup>Ac</sup>  |
| 8            | 200                                | 0.50                 | 10 | 12.99 ± 1.69 <sup>ABabc</sup> | 10.68 ± 1.41 <sup>DEFbc</sup> | 551.40 ± 48.38 <sup>Aa</sup> | 602.76 ± 53.97 <sup>Abc</sup> |
| 9            | 400                                | 0.50                 | 10 | 12.08 ± 1.41 <sup>Bc</sup>    | 8.78 ± 1.46 <sup>Gd</sup>     | 561.97 ± 42.03 <sup>Aa</sup> | 581.23 ± 43.05 <sup>Ab</sup>  |
|              | 0                                  |                      | 30 | 13.91 ± 1.31 <sup>Aa</sup>    | 13.79 ± 1.35 <sup>Aa</sup>    | 432.17 ± 135.66              | 455.57 ± 148.39               |
|              | 200                                |                      | 30 | 13.22 ± 1.53 <sup>Aa</sup>    | 11.52 ± 1.49 <sup>Bb</sup>    | 407.90 ± 123.89              | 446.55 ± 135.28               |
|              | 400                                |                      | 30 | 12.22 ± 1.38 <sup>Bb</sup>    | 9.46 ± 1.59 <sup>Cc</sup>     | 413.58 ± 122.53              | 430.93 ± 132.93               |
|              |                                    | 0                    | 30 | 13.05 ± 1.49                  | 12.10 ± 2.13 <sup>Aa</sup>    | 280.45 ± 39.49 <sup>Cc</sup> | 291.97 ± 55.14 <sup>Cc</sup>  |
|              |                                    | 0.25                 | 30 | 13.33 ± 1.60                  | 11.68 ± 2.31 <sup>ABab</sup>  | 403.34 ± 52.56 <sup>Bb</sup> | 434.27 ± 50.96 <sup>Bb</sup>  |
|              |                                    | 0.50                 | 30 | 12.96 ± 1.62                  | 10.98 ± 2.39 <sup>Bb</sup>    | 569.83 ± 50.76 <sup>Aa</sup> | 606.84 ± 54.23 <sup>Aa</sup>  |
|              |                                    | 茶多酚 TP               |    | 0.000                         | 0.000                         | 0.138                        | 0.213                         |
|              | P 值                                | 酵母硒 SY               |    | 0.581                         | 0.012                         | 0.000                        | 0.000                         |
|              | P-value                            | 茶多酚 × 酵母硒<br>TP × SY |    | 0.920                         | 0.808                         | 0.728                        | 0.614                         |

### 3 讨论

#### 3.1 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋鸡生产性能的影响

刘宝德等<sup>[16]</sup>研究表明, 茶多酚在 200 ~ 800 mg/kg 范围内均能提高蛋鸡生产性能, 饲料中添加 200 ~ 600 mg/kg 茶多酚能使平均蛋重和产蛋率增加, 料蛋比降低, 但添加茶多酚达到 800 mg/kg 时, 鸡蛋平均增重和产蛋率反而降低, 料蛋比升高。王人悦<sup>[17]</sup>在添加 100 ~ 800 mg/kg 茶多酚试验中也得出了类似的结果, 添加 200 mg/kg 茶多酚时蛋鸡生产性能达到最佳。张旭等<sup>[18]</sup>试验表明, 饲料添加 100 mg/kg 茶多酚时

蛋鸡生产性能最高, 200、400 mg/kg 茶多酚有提高平均蛋重、降低产蛋率和增加料蛋比的趋势。本试验在蛋鸡饲料中添加 200 mg/kg 茶多酚有提高生产性能的明显趋势, 与前人结果大致相同。不同剂量茶多酚对蛋鸡生产性能的影响有差异, 可能因为茶多酚是具有涩味的棕黄色粉末, 在饲料中添加到一定量时会影响适口性, 进而影响动物的采食量和生长发育<sup>[19]</sup>。Payne 等<sup>[20]</sup>研究报道, 添加 0.15、0.30 mg/kg 酵母硒对蛋鸡日产蛋率和采食量均没有影响, 对蛋鸡没有毒性, 只是鸡蛋有一定的破损。赵慧贤等<sup>[21]</sup>研究表明, 饲料中添加 0.2 mg/kg 酵母硒有提高产蛋率和降低料蛋比的趋势。本试验添加 0.25 mg/kg 酵母硒组的产蛋

率略有下降但没达到显著水平,可能与蛋鸡种类、饲养条件或添加水平不同有关,东乡绿壳蛋鸡体型较小,产蛋量较一般良种蛋鸡低,抱窝性强(16%左右),因而产蛋率偏低。饲养试验是在夏天进行,热应激会引起蛋鸡新陈代谢和生理机能发生变化,采食量减少,饮水增多,进而影响产蛋率。本试验中同时添加茶多酚和酵母硒组无论与二者均不添加组相比,还是与两者单一添加组相比,都有明显提高平均蛋重和产蛋率的趋势。说明茶多酚和酵母硒的互作对平均蛋重和产蛋率的提高具有协同作用,但二者协同作用的安全性及后续效应仍需进一步研究和探讨。

### 3.2 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋品质的影响

鸡蛋品质与蛋的营养成分、食用价值等密切相关,进而影响其商品等级、市场竞争力和经济效益,同时对鸡蛋的破损率、保存时间、种蛋孵化率等有一定影响,因此有些国家和地区制订了各自的蛋品质量标准,包括蛋形指数、蛋的比重、蛋壳厚度、蛋黄指数、蛋黄色泽、蛋白指数和哈氏单位等。有研究报道,100~600 mg/kg 添加茶多酚对蛋形指数、蛋黄颜色、蛋黄指数和哈氏单位均有一定程度上的提高,并可延缓蛋在贮藏过程中哈氏单位的下降<sup>[16,18]</sup>。Skriver 等<sup>[22]</sup>试验表明,添加 0.30 mg/kg 酵母硒能够提高蛋白比率和蛋壳重,有助于提高蛋品质。郭云霞等<sup>[23]</sup>在夏季添加 0.1~0.5 mg/kg 酵母硒可以显著提高蛋壳厚度、蛋白高度和哈氏单位,改善蛋品质。田志珍<sup>[24]</sup>研究发现,饲料添加 0.30、0.45 mg/kg 硒对蛋重、蛋形指数、蛋壳厚度有改善作用,且以添加 0.45 mg/kg 硒有利于提高蛋白质品质,这可能与亚硒酸钠在动物体内还原成硒代氨基酸并与蛋白质结合有关,由于硒在蛋中的沉积,相应地提高了蛋白质品质。

蛋形指数虽不影响蛋的食用价值,但与种用价值相关,关系到孵化率和破蛋及裂纹蛋所占的比例<sup>[25]</sup>。张慧君等<sup>[26]</sup>研究表明蛋形指数在 1.30~1.35 范围内均有较高的孵化率。本试验结果得出,饲料中添加茶多酚和酵母硒及其互作对蛋品质无显著影响,但茶多酚和酵母硒以 200 和 0、400 和 0、0 和 0.25 mg/kg 组合时,蛋形指数分别为 1.29、1.28、1.29,其他各组蛋形指数在 1.30~1.35 范围内,说明茶多酚和酵母硒的互作对蛋形指数有协同作用。蛋壳厚度受蛋鸡品种、

环境气候、饲料等影响,可直接关系到蛋的可运性、贮藏性及耐压性。研究表明鸡蛋的良好厚度平均在 0.33 mm 以上,蛋壳愈厚,则破碎愈少,在蛋的运输、加工、孵化等过程中,壳厚者为佳<sup>[27]</sup>。从本试验结果可以看出,各组的蛋壳厚度变化差异不显著,均在 0.33 mm 以上,但随着饲料中添加酵母硒水平的提高,蛋壳厚度有降低趋势,在酵母硒水平同时添加茶多酚后,蛋壳厚度有所提高。蛋黄指数是用来表示蛋黄品质和禽蛋的新鲜程度,合格蛋的蛋黄指数为 0.30 以上,新鲜蛋的蛋黄指数在 0.38~0.44 范围内,蛋黄指数越大,蛋就越新鲜,蛋黄浓稠度越高<sup>[28]</sup>。蛋黄色泽是衡量蛋黄颜色深浅的指标,对蛋的商品价值和价格有很大影响。研究发现,蛋黄的颜色来源于氧化类胡萝卜素,叶黄素又称轻胡萝卜素,是一类天然色素的总称,饲料中的叶黄素是影响蛋黄色泽的主要因素<sup>[29]</sup>。李士平等<sup>[30]</sup>试验得出,饲料添加 0.2 mg/kg 硒有助于海赛克斯商品蛋鸡的蛋黄颜色提高一个罗氏比色单位,达到 8 级。本试验在饲料中添加不同茶多酚和酵母硒水平均对蛋黄指数和蛋黄色泽有提高的趋势,200 mg/kg 茶多酚和 0.25 mg/kg 酵母硒组蛋黄指数和蛋黄色泽均较高。

哈氏单位是衡量蛋白质品质和蛋品新鲜度的重要指标,随着存放时间的延长,蛋白质的水解使蛋中浓蛋白变稀,哈氏单位下降。陈忠法等<sup>[31]</sup>报道,储藏到第 7 天时,添加 0.20、0.40 mg/kg 酵母硒组鸡蛋哈氏单位下降缓慢且极显著高于对照组。潘翠玲<sup>[32]</sup>研究表明,添加 0.20~1.00 mg/kg 富硒益生菌能减缓贮存过程中鸡蛋哈氏单位的下降,延长蛋品保鲜期。本试验结果表明,添加 200 和 400 mg/kg 茶多酚的试验组在 25℃ 常温下贮存 15 d 后的哈氏单位显著高于不添加茶多酚组,酵母硒也有减缓蛋品在贮藏期间内哈氏单位下降的趋势,二者的交互效应以 200 mg/kg 茶多酚和 0.25 mg/kg 酵母硒组合最佳,常温保存 15 d 哈氏单位仅降低 1.3%,由此可知,茶多酚和酵母硒均能够延缓贮存过程中蛋白质品质的下降,有利于蛋品保鲜。贮藏时间和温度、蛋鸡日龄、环境应激、维生素 C 和维生素 E 的补充、疾病及药物等均能影响蛋的哈氏单位<sup>[33-34]</sup>,在环境条件相同的情况时,补充营养和外源物质是影响哈氏单位的主要因素。有研究表明,蛋白质变性或功能丧失是

由于自由基对蛋白质造成了损伤,茶多酚和硒化合物对多种活性氧自由基具有直接的清除作用等,因此蛋品贮存过程中哈氏单位下降减缓可能与茶多酚的抗氧化作用或者酵母硒中的硒参与合成谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)等发挥作用等因素有关<sup>[35-36]</sup>。

### 3.3 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋黄胆固醇含量的影响

鸡蛋不仅营养素种类丰富,而且营养素平衡合理,生物学价值高,但人们担心蛋黄中胆固醇含量偏高(200~300 mg/枚)会影响中老年人和高胆固醇患者的健康。研究表明茶多酚的摄入量与高血脂症的发生与发展呈负相关<sup>[37]</sup>,Loest等<sup>[12]</sup>通过研究也发现,茶多酚对胆固醇的代谢有一定的影响。本次试验结果表明,饲料中添加茶多酚能降低蛋黄胆固醇含量,在试验第14天,200、400 mg/kg茶多酚降低胆固醇幅度分别达4.96%、12.15%,酵母硒及二者的互作效应对蛋黄胆固醇含量无显著影响。试验第28天,随着饲料中茶多酚添加水平的上升,蛋黄胆固醇含量显著下降,添加200、400 mg/kg茶多酚组的蛋黄胆固醇降低幅度分别达16.46%、31.40%,饲料中添加酵母硒对降低蛋黄胆固醇含量有显著作用,但二者的互作效应不显著。这一结果说明,随时间和剂量的增加,茶多酚对降低蛋黄胆固醇有累积效应,这与齐广海等<sup>[38]</sup>和王人悦<sup>[17]</sup>的结果一致。楼洪兴等<sup>[39]</sup>试验得出,茶多酚对降低蛋黄胆固醇有一定作用,饲料中添加0.025%~0.100%茶多酚有降低蛋黄胆固醇含量的趋势,尤以添加0.025%茶多酚时胆固醇降低幅度达35.28%,但未见与本试验结果显示的蛋黄胆固醇含量随着饲料中茶多酚添加水平的升高而有逐渐下降的趋势。张旭等<sup>[18]</sup>添加100~200 mg/kg茶多酚降低蛋黄中胆固醇幅度达36.83%~41.65%,但本试验得出结果与其蛋黄胆固醇降低幅度有一定差异,可能与选用的蛋鸡品种、胆固醇测定的方法等因素有关<sup>[40]</sup>。有研究表明,茶多酚对高脂膳食肥胖小鼠血浆胆固醇和高血脂人群血液胆固醇含量均有降低作用,却不能显著降低蛋鸡血清胆固醇含量<sup>[41-43]</sup>,说明在蛋鸡体内茶多酚并不是单纯地促使血液中胆固醇分解或排泄掉,可能是通过减少极低密度脂蛋白(VLDL)进入卵母细胞的数量来降低蛋中胆固醇含量。Russo等<sup>[44]</sup>报道,只有通过抑制蛋鸡卵母

细胞受体的活性,才有可能降低蛋黄胆固醇含量。因此,茶多酚降低蛋黄胆固醇的机理还需进一步验证。

### 3.4 茶多酚和酵母硒及其互作对蛋黄硒含量的影响

酵母硒因具有较强的食用安全性和较高的生物利用率等优势而成为首选的补硒添加剂,通过增加动物饲料中的硒含量来生产富硒肉蛋奶类食品,是一种安全高效的生物学方法<sup>[45-46]</sup>。人和动物体内的硒可通过食物链获得,鸡蛋是营养丰富的重要膳食,通过摄入富硒鸡蛋来改善人体内的硒含量有着重要意义。国内外学者对不同硒源对蛋中硒沉积的效果进行了大量的研究,Utterback等<sup>[47]</sup>研究发现,饲料中无论添加0.3 mg/kg亚硒酸钠或酵母硒都可显著增加鸡蛋中硒含量,且酵母硒较亚硒酸钠能更显著增加硒在蛋中的沉积。大量研究结果证实,饲料中无论添加无机硒还是有机硒均能提高蛋中硒含量,随着硒添加水平的提高蛋中硒的含量显著增加,且有机硒较无机硒提高硒含量效果更显著<sup>[48-50]</sup>。在食品或动物饲料中直接添加无机硒,其生物利用率往往是很低的,但微生物和植物可以将无机硒转化成硒代半胱氨酸和硒代甲硫氨酸(SeMet),所以有机硒的生物利用率要高于无机硒<sup>[51]</sup>。此外,无机硒主要以简单扩散方式通过肠壁的吸收进入肝脏,从而转化成生物硒被机体利用,在高摄食情况下具有一定的毒性,并且促进氧化反应的发生,而硒代甲硫氨酸则是通过甲硫氨酸转运系统的主动吸收,几乎没有毒性<sup>[52]</sup>。李静等<sup>[53]</sup>研究发现,添加0.50 mg/kg酵母硒组在试验第14天鸡蛋硒含量达到峰值,直至试验结束第35天基本稳定。何健等<sup>[54]</sup>研究报道,在蛋鸡饲料中添加1.00 mg/kg有机硒使鸡蛋中的硒含量在试验第20天上升到高峰,之后保持相对稳定。本试验结果表明,试验第14天,0.25、0.50 mg/kg酵母硒分别显著提高蛋黄硒含量达43.81%、103.14%;试验第28天,0.25、0.50 mg/kg酵母硒分别提高蛋黄硒含量达48.7%、107.84%,茶多酚及二者的交互效应均对蛋黄硒含量无显著影响。本试验结果说明,酵母硒提高蛋黄硒含量的作用随时间和剂量的增加而增强,与前人研究得出的结果一致,表明饲料中硒随着时间的延长可逐渐转移到蛋中。由于本试验14 d采样1次,间隔时间较长,蛋黄硒沉积的规律

还有待深入研究。

## 4 结 论

① 饲料中添加茶多酚和酵母硒能显著提高产蛋率和降低料蛋比,对平均蛋重有增加的趋势,二者互作对蛋鸡生产性能无拮抗作用。

② 饲料中添加茶多酚和酵母硒对蛋形指数、蛋黄指数、蛋黄颜色和哈氏单位无显著影响,添加茶多酚对贮藏过程中鸡蛋哈氏单位的下降有显著延缓的作用,酵母硒也有减缓哈氏单位下降的趋势,二者对蛋品质的互作效应不显著。

③ 饲料中添加茶多酚能显著降低蛋黄胆固醇含量,饲料中添加酵母硒能显著升高蛋黄硒含量,二者互作对蛋黄胆固醇和硒含量均无拮抗作用。

④ 综合分析得出,茶多酚和酵母硒在饲料中同时添加对蛋鸡各项性能均无不良影响,以生产低胆固醇富硒鸡蛋和延长鸡蛋常温保存期为目的,饲料中添加 400 mg/kg 茶多酚和 0.25 mg/kg 酵母硒组合效果最适宜。

## 参考文献:

- [ 1 ] YANG P K, LU R, TIAN Y D, et al. Determination of cholesterol content in eggs in Lushi green-shell layers and silky fowl[J]. *Acta Ecology Animals Domestic*, 2011, 32(2): 75-78.
- [ 2 ] KHAN N, MUKHTAR H. Multitargeted therapy of cancer by green tea polyphenols[J]. *Cancer Letters*, 2008, 269(2): 269-280.
- [ 3 ] KHAN N, MUKHTAR H. Tea polyphenols for health promotion[J]. *Life Science*, 2009, 81(7): 519-533.
- [ 4 ] CAO B H, KARASAWA Y, GUO Y M. Effects of green tea polyphenols and fructo-oligosaccharides in semi-purified diets on broilers' performance and caecal micro flora and their metabolites[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2005, 18(1): 85-89.
- [ 5 ] 魏凤仙, 胡晓飞, 李绍钰. 茶多酚在畜牧业上的应用前景[J]. *中国畜牧兽医*, 2004, 31(8): 18-19.
- [ 6 ] SARKER M S K, WAKITA M, YANG C J. Effect of green tea and biotite on performance, meat quality and organ development in Ross broiler[J]. *Egypt Poultry Science*, 2010, 30(1): 77-88.
- [ 7 ] 王海宏, 谢忠枕. 硒的生物学功能及其机理研究[J]. *动物营养学报*, 2003, 15(3): 6-11.
- [ 8 ] 张劲松, 高学云, 张立德, 等. 纳米红色元素硒的护肝、抑瘤和免疫调节作用[J]. *营养学报*, 2001, 23(1): 31-35.
- [ 9 ] BATTIN E E, PERRON N R, BRUMAGHIM J L. The central role of metal coordination in selenium antioxidant activity[J]. *Inorganic Chemistry*, 2006, 45(2): 499-501.
- [ 10 ] ARTHUR J R, MCKENZIE R C. Selenium in the immune system[J]. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133(5): 1457-1459.
- [ 11 ] 李丽辉, 林亲录. 我国富硒食品的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2007(2): 23-25.
- [ 12 ] LOEST H B, NOH S K, KOO S I. Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and alpha-tocopherol in ovariectomized rats[J]. *The Journal of Nutrition*, 2002, 132(6): 1282-1288.
- [ 13 ] 王学东, 戴晋军, 李彪. 酵母硒的特点及其在养猪中的应用[J]. *养猪*, 2009(5): 6-8.
- [ 14 ] 江均平, 蔡丽君, 卢卫东, 等. 利用酶法简捷测定鸡蛋总胆固醇含量研究[J]. *畜牧与兽医*, 2010, 42(5): 37-39.
- [ 15 ] 邓世林, 李新风, 郭小林. 流动注射氢化物发生原子吸收光谱法测定禽蛋中的硒[J]. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30(3): 809-811.
- [ 16 ] 刘宝德, 马明颖, 沙万里, 等. 茶多酚对蛋鸡产蛋性能及蛋品质的影响[J]. *当代畜牧*, 2009(8): 25-26.
- [ 17 ] 王人悦. 绿茶粉及茶多酚对蛋鸡血液生化指标、生产性能及鸡蛋品质的影响[D]. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学, 2007.
- [ 18 ] 张旭, 蒋桂韬, 王向荣, 等. 茶多酚对蛋鸡生产性能、蛋品质和蛋黄胆固醇含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(5): 869-874.
- [ 19 ] 黎伟, 边连全, 王昊, 等. 茶多酚的抗氧化机理及其在畜牧业中应用的前景[J]. *饲料工业*, 2007, 28(1): 57-59.
- [ 20 ] PAYNE R L, LAVERGNE T K, SOUTHERN L L. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration[J]. *Poultry Science*, 2005, 84(2): 232-237.
- [ 21 ] 赵慧贤, 赵洋, 秦守贤, 等. 蛋鸡日粮中添加富硒酵母对鸡蛋中硒含量及分布的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2008, 40(4): 31-35.
- [ 22 ] SKRIVAN M, SIMANE J, DLOUHA G, et al. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched *Chlorella* on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hen production[J]. *Czech Journal Animal Science*, 2006, 51(4): 163-

- 167.
- [23] 郭云霞,郝庆红,黄仁录. 夏季日粮中添加酵母硒对柴种鸡蛋品质的影响[J]. 今日畜牧兽医,2010(7): 1-3.
- [24] 田志珍. 不同硒水平对蛋鸡生长发育、生产性能及蛋品质的影响[D]. 硕士学位论文. 宁夏:甘肃农业大学,2002.
- [25] 王巧华,熊利荣. 禽蛋品质检测与分级的研究进展[J]. 湖北农机化,2006(1):31-32.
- [26] 张慧君,李福林. 蛋形指数对孵化效果的影响[J]. 内蒙古农业科技,2008(2):65-66.
- [27] 农业大词典编辑委员会. 农业大词典[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [28] 蒋爱民,赵丽芹. 食品原料学[M]. 南京:东南大学出版社,2008.
- [29] 刘涛,黄保华,雷秋霞,等. 影响禽蛋蛋黄着色的影响因素[J]. 家禽科学,2010(9):44-46.
- [30] 李士平,王安,单安山. 锌、硒、碘对蛋鸡蛋黄着色效果的影响[J]. 东北农业大学学报,2004,35(3): 329-333.
- [31] 陈忠法,韩泽建. 日粮中添加有机硒对鸡蛋硒、VE含量和哈氏单位的影响[J]. 动物营养学报,2004,16(4):32-35.
- [32] 潘翠玲. 有机硒源在蛋鸡生产中的应用及其机理研究[D]. 博士学位论文. 南京:南京农业大学,2008: 140-144.
- [33] MARQUES R H, GRAVENA R A, SILVA J D T, et al. Effect of supplementation of diets for quails with vitamins A, D and E on performance of the birds and quality and enrichment of eggs[J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 2011, 40(6): 41-51.
- [34] ROBERTS J R. Factors affecting egg shell and internal egg quality[J]. Poultry Science, 2010, 41(3): 161-177.
- [35] 邵洪,综述汪,仕良,等. 氧自由基与蛋白质代谢[J]. 医学分子生物学杂志,1990,12(1):42-44.
- [36] 王春霞,王子健,彭安,等. 用自旋捕集技术研究硒化合物对活性氧自由基的清除作用[J]. 生物化学与生物物理学报,1994,26(6):585-590.
- [37] DAVIES M J, JUDD J T, BAER D J, et al. Black tea consumption reduces total and LDL cholesterol in mildly hypercholesterolemic adults[J]. The Journal of Nutrition, 2003, 133(10): 3298-3302.
- [38] 齐广海,郑君杰,尹靖东,等. 类黄酮物质对蛋鸡抗氧化和脂质代谢的影响[J]. 营养学报,2002,24(2):153-157.
- [39] 楼洪兴,林智,王友明,等. 茶多酚对蛋鸡生产性能、脂类代谢及蛋品品质的影响[J]. 茶叶科学,2004,24(2):135-140.
- [40] 杨朋坤,卢冉,田亚东,等. 绿壳蛋和乌鸡蛋胆固醇含量的测定[J]. 家畜生态学报,2011,32(2):75-78.
- [41] BOSE M, LAMBERT J D, JU J, et al. The green tea polyphenol(-)-epigallocatechin-3-gallate, inhibits obesity, metabolic syndrome, and fatty liver disease in high-fat-fed mice[J]. The Journal of Nutrition, 2008, 138(9):1677-1683.
- [42] FRANK J, GERGE T W, LODGE J K, et al. Daily consumption of an aqueous green tea extract supplement does not impair liver function or alter cardiovascular disease risk biomarkers in healthy men[J]. The Journal of Nutrition, 2009, 139(1): 58-62.
- [43] AZEKEM A, EKPO K E. Egg yolk cholesterol lowering effects of garlic and tea[J]. Journal of Biological Sciences, 2009, 3(12): 1113-1117.
- [44] RUSSO A, LONGO R, VANELLA A. Antioxidant activity of propolis: role of caffeic acid phenethyl ester anedgalangin[J]. Fitoterapia, 2002, 73: 7-20.
- [45] KIM Y Y, MAHAN D C. Biological aspects of selenium in farm animals[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16: 435-444.
- [46] 刘杰,徐林,吴根福. 富硒酵母的研究进展[J]. 饲料工业,2009(22):44-48.
- [47] UTTERBACK P L, PARSONS C M, YOON I, et al. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content[J]. Poultry Science, 2005, 84(12): 1900-1901.
- [48] 魏涛,李彪,戴晋军,等. 酵母硒对蛋鸡生产性能及蛋中硒含量的影响[J]. 饲料研究,2011(4):52-53.
- [49] ATHANASIOS C, PAPPASA F, FILIZ K, et al. The selenium intake of the female chicken influences the selenium status of her progeny[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 142(4): 465-474.
- [50] PAN C L, HUANG K H, ZHAO Y X, et al. Effect of selenium source and level in hen's diet on tissue selenium deposition and egg selenium concentrations[J]. Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(3): 1027-1032.
- [51] YOSHIDA M, ABE M, FUKUNAGA K, et al. Bioavailability of selenium in the defatted dark muscle of tuna[J]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19(10): 990-995.

- [52] JUNIPER D T, PHIPPS R H, RAMOS-MORALES E, et al. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in beef cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(11):3100–3109.
- [53] 李静, 井婧, 李绍钰, 等. 硒和铬对蛋鸡脂质代谢及鸡蛋硒含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2009, 21(4):540–545.
- [54] 何健, 冯光德, 杨玉峰, 等. 蛋氨酸硒对产蛋鸡生产性能的影响及其在鸡蛋中沉积效率的研究[J]. *中国饲料*, 2003(1):18–19.

## Effects of Tea Polyphenols and Selenium Yeast and Their Interaction on Performance, Egg Quality and Contents of Cholesterol and Selenium in Yolk of Green Shell Hens

HE Liuqing<sup>1</sup> QU Xiangyong<sup>1\*</sup> WEI Yanhong<sup>1</sup> WANG Jiaming<sup>1</sup> CHANG Chunru<sup>1</sup> XIAO Jianxin<sup>2</sup>

(1. *College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;*

2. *Hunan Yiyang Zhide Special Poultry Farming Cooperatives, Yiyang 413000, China*)

**Abstract:** This study was to explore the effects of tea polyphenols and selenium yeast and their interaction on performance, egg quality and contents of cholesterol and selenium in yolk of green shell hens. A total of 810 healthy 44-week-old green shell laying hens were randomly divided into 9 groups with 5 replicates per group and 18 hens per replicate. A two factors and three levels experimental design was used, the experimental diets were supplemented with tea polyphenols and selenium yeast at different doses in the basal diet, the tea polyphenols was set at three supplemental levels of 0, 200 and 400 mg/kg, and selenium yeas (metered by Se) was set at three supplemental levels of 0, 0.25 and 0.50 mg/kg, respectively. The adjustment period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) dietary tea polyphenols and selenium yeast had an increasing trend in average egg weight ( $P > 0.05$ ), and adding 200 and 400 mg/kg tea polyphenols significantly improved laying rate and reduced feed/egg ratio ( $P < 0.05$ ). 2) Dietary tea polyphenols and selenium yeast had an increasing trend in yolk index, yolk color and Haugh unit ( $P > 0.05$ ), and adding 0.50 mg/kg selenium yeast significantly improved the egg index ( $P < 0.05$ ), while eggshell thickness was significantly decreased ( $P < 0.05$ ), and adding 200 and 400 mg/kg tea polyphenols significantly slowed down the decrease of Haugh unit during storage ( $P < 0.01$ ). 3) Diets supplemented with 200 and 400 mg/kg tea polyphenols significantly reduced yolk cholesterol level ( $P < 0.01$ ), and adding 0.25 and 0.50 mg/kg yeast selenium significantly improved yolk selenium content ( $P < 0.01$ ). 4) The of interaction between tea polyphenols and selenium yeast had no significant effects on performance, egg quality, yolk cholesterol and selenium content ( $P > 0.05$ ). It is concluded that the basal diet supplemented with 400 mg/kg tea polyphenols and 0.25 mg/kg selenium yeast has antagonism effects on performance and egg quality, and allows the efficient production of selenium-rich and cholesterol-low green shell eggs. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(10):1966-1975]

**Key words:** laying hens; tea polyphenols; cholesterol; selenium; interaction effects