

DOI:CNKI:61-1390/S.20110810.1104.031

网络出版时间:2011-08-10 11:04:00

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110810.1104.031.html>

染料木素对后期蛋鸡生产性能及蛋品质的影响

陈常秀,李永洙

(临沂大学 生命科学学院,山东 临沂 276005)

【摘 要】 【目的】探讨染料木素对产蛋后期蛋鸡生产性能、鸡蛋品质和蛋黄抗氧化指标的影响。【方法】采用单因子设计,将 450 只 490 日龄罗曼蛋鸡随机分为 3 组,每组 3 个重复,每个重复 50 只。Ⅰ(对照)、Ⅱ和Ⅲ组日粮中分别添加 0、500 和 1 000 mg/kg 染料木素,每日记录各组蛋鸡的产蛋量和蛋质量,每周统计 1 次采食量和料蛋比,计算产蛋率。587 日龄时,从每组随机取 6 枚鸡蛋,测定蛋形指数、蛋比重、蛋壳相对质量、蛋壳厚度、蛋壳强度、哈夫单位及蛋黄中染料木素、维生素 A、维生素 E 和丙二醛(MDA)的含量。【结果】与Ⅰ组相比,Ⅲ组蛋鸡采食量和产蛋率显著提高($P<0.05$),料蛋比显著降低($P<0.05$);蛋质量、蛋形指数和蛋比重差异均不显著($P>0.05$),蛋壳相对质量、蛋壳厚度、蛋壳强度和哈夫单位显著提高($P<0.05$);蛋黄中染料木素含量显著提高($P<0.05$),MDA 含量显著降低($P<0.05$),维生素 A 和维生素 E 含量差异不显著($P>0.05$)。Ⅱ组蛋鸡除蛋壳强度外,其余指标均与Ⅰ组差异不显著。【结论】在产蛋后期蛋鸡日粮中添加染料木素,可提高蛋鸡的产蛋性能及鸡蛋的品质和抗氧化能力。

【关键词】 染料木素;产蛋后期蛋鸡;生产性能;鸡蛋品质;抗氧化

【中图分类号】 S831.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)09-0053-05

Effect of genistein on performance, egg quality and antioxidant status in postpeak hens

CHEN Chang-xiu, LI Yong-zhu

(College of Life Science, Linyi University, Linyi, Shandong 276005, China)

Abstract: 【Objective】 The effect of genistein on performance, egg quality and antioxidant status in postpeak hens was conducted. 【Method】 The experiment was a one-factorial design. A total of four hundred and fifty 490-d-old roman hens were randomly divided into 3 groups (150 in each group, 50 for each duplicate). The birds of the groups Ⅰ to Ⅲ were fed with the same basal diet with supplemental levels of 0, 500 and 1 000 mg/kg genistein respectively, for 490 to 587 days. Egg production and egg weights were recorded daily, whereas feed consumptions were measured weekly. At the end of 587 d, six eggs from each treatment were selected. Egg shape index, specific gravity, relative eggshell weight, eggshell thickness, eggshell strength and Haugh unit were estimated. Egg yolk genistein, vitamin A, vitamin E and malondialdehyde (MDA) levels were also estimated. 【Result】 Compared with the birds of group Ⅰ, the feed intake and laying rate increased significantly ($P<0.05$) and feed conversion decreased significantly ($P<0.05$) in groups Ⅲ. There was no difference in egg weight, egg shape index and specific gravity ($P>0.05$). The relative eggshell weight, eggshell thickness, eggshell strength and Haugh unit increased significantly ($P<0.05$). Egg yolk genistein level increased significantly ($P<0.05$), MDA level decreased significantly ($P<0.05$), and vitamin A and vitamin E levels had no difference. In addition to eggshell strength, there was no differ-

* [收稿日期] 2011-02-25

[基金项目] 山东省教育厅科技计划项目(J07WF03)

[作者简介] 陈常秀(1974—),男,山东莒南人,副教授,硕士,主要从事动物营养研究。

ence in all the other index in group II ($P>0.05$).【Conclusion】Genistein supplementation in diet of post-peak hens increased laying performance,egg quality and antioxidant status.

Key words:genistein;postpeak hen;performance;egg quality;antioxidant

随着蛋鸡日龄的增大,饲料效率降低、产蛋量下降、蛋壳变薄、蛋壳强度变小、软壳蛋等畸形蛋增多、破蛋率升高、鸡蛋内部品质变差,并且蛋鸡机体免疫力下降等现象也逐步显现,因此,研究蛋鸡产蛋后期的生产性能和鸡蛋品质就显得尤为重要。

染料木素又称金雀异黄酮、染料木黄酮、5,7,4-三羟基异黄酮,是主要从大豆等豆科植物中提取出来的活性成分,也是一种天然的酪氨酸激酶和大豆代谢物,被称为植物雌激素。染料木素为异黄酮类物质中活性功能最强的一种,为单一成分,是一种具有弱雌激素作用的非雌激素类化合物。异黄酮对家禽的产蛋性能有良好的作用。染料木素能够与雌激素受体结合,发挥微弱的雌激素效应,具有提高家禽产蛋率、增加蛋壳厚度及强度、增加骨密度而防止骨质疏松症的作用。染料木素具有多羟基酚结构,有一定的抗氧化活性,体内外试验均显示,其可以消除多种活性氧,还能提高体内抗氧化酶的活性,有超氧化物歧化酶(SOD)的作用。

但是,国内外关于染料木素对蛋鸡生产性能、鸡蛋品质和抗氧化指标影响的研究报道较少。为此,

本试验研究了染料木素对产蛋后期蛋鸡生产性能、鸡蛋品质和抗氧化指标的影响,以期探索功能性保健鸡蛋产品、提高产蛋后期蛋鸡的产蛋量和鸡蛋品质提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 染料木素 染料木素由华萃生物技术有限公司提供,为淡黄色针状结晶粉末,染料木素含量为98%。

1.1.2 主要仪器设备 高效液相色谱仪(VARIAN:由 ProStar 230 溶剂传输装置、ProStar 330 光电二极管阵列检测器和 ProStar 色谱工作站组成);色谱柱:Res Elut 5 μ C1890A(4.6 mm $\times$ 150 mm;Varian,12159012)。

1.1.3 试验日粮 基础日粮配方及营养水平见表1。在基础日粮中分别添加 0,500 和 1 000 mg/kg 染料木素,充分搅拌,配制成 3 组相应的试验日粮。试验日粮于 4 $^{\circ}$ C 干燥处避光保存。

表 1 基础日粮配方及营养水平
Table 1 Composition and nutrient level of the basal diet

原料 Ingredient	含量/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Content	指标 Index	营养水平 Nutrient level
小麦 Wheat	623.90	代谢能/(MJ $\cdot$ kg $^{-1}$) DE	10.70
豆饼 Soybean meal	120.00	粗蛋白/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) CP	183.60
花生粕 Peanut meal	40.00	钙/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Ca	36.20
棉籽粕 Cottonseed meal	30.00	食盐/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Salt	3.10
菜籽粕 Rapeseed meal	50.00	总磷/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) TP	6.10
石粉 Limestone	85.00	蛋氨酸/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Met	3.90
预混料 Premix	20.00	赖氨酸/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Lys	6.40
酶制剂 Enzyme preparation	1.10	蛋氨酸+胱氨酸/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Met+Cys	5.90
麦饭石 Medical stone	30.00	色氨酸/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Try	2.90
合计 Total	1 000.00		

注:每千克预混料提供:维生素 A 550 000 IU,维生素 D₃ 162 000 IU,维生素 E 1 100 IU,维生素 K 150 mg,氯化胆碱 20 g,维生素 B₁ 120 mg,维生素 B₂ 295 mg,维生素 B₆ 66 mg,维生素 B₁₂ 0.25 mg,叶酸 45 mg,泛酸 410 mg,生物素 4.5 mg,Cu 0.4 g,Fe 4 g,Zn 4.1 g,Mn 4.9 g,Se 18 mg,I 75 mg,Ca 153 g,P 110 g。

Note:Provided premix per kilogram: vitamin A 550 000 IU,vitamin D₃ 162 000 IU,vitamin E 1 100 IU,vitamin K 150 mg,choline chloride 20 g,vitamin B₁ 120 mg,vitamin B₂ 295 mg,vitamin B₆ 66 mg,vitamin B₁₂ 0.25 mg,flic acid 45 mg,pantothenic acid 410 mg,biotin 4.5 mg,Cu 0.4 g,Fe 4 g,Zn 4.1 g,Mn 4.9 g,Se 18 mg,I 75 mg,Ca 153 g,P 110 g.

1.2 试验动物分组与管理

选用 490 日龄体质量相近(平均 2.46 kg)、健康、食欲正常的罗曼蛋鸡 450 只,随机分为 I(对照组)、II 和 III 组,每组 3 个重复,每个重复 50 只,分别

饲喂添加 0,500 和 1 000 mg/kg 染料木素的供试日粮。蛋鸡饲养试验采用笼养,鸡笼用不锈钢制作。蛋鸡自由采食、饮水,室温 18~25 $^{\circ}$ C,湿度 55%~65%,光照 16 h/d。预试期 7 d,正试期 90 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能指标 每日记录每组蛋鸡的产蛋量和蛋质量,每周统计 1 次采食量,计算产蛋率和料蛋比:产蛋率=产蛋量(枚)/蛋鸡总数(只)×100%;料蛋比=蛋鸡采食量(g)/(产蛋个数×蛋质量(g))。

1.3.2 鸡蛋品质指标 587 日龄时,从每组中随机取 6 枚鸡蛋,称质量;用游标卡尺测量鸡蛋的纵径与横径,放于不同比重的盐水溶液中测定其比重;用蛋壳厚度测定仪测定蛋壳厚度;用英国产 TSS 蛋品质测定系统 QCSPA 蛋壳强度测定仪测定蛋壳强度;分离蛋白和蛋黄,用蛋白高度分析仪和游标卡尺测定蛋白高度、蛋黄高度和蛋黄直径。计算蛋形指数、蛋壳相对质量、蛋黄指数和哈夫单位 Hu :

蛋形指数=鸡蛋横径/纵径×100%;

蛋壳相对质量=蛋壳质量/蛋质量×100%;

蛋黄指数=蛋黄高度/蛋黄直径×100%;

哈夫单位 $Hu=100lg(H-1.7W^{0.37}+7.6)$,其中 H 为蛋白高度(mm), W 为蛋质量(g)。

1.3.3 抗氧化指标 将蛋黄搅碎,分别按照 Mori 等^[1]、谭青松等^[2]和 Karatepe^[3]的方法,用高效液相

色谱仪测定蛋黄中的染料木素、维生素 A、维生素 E 和丙二醛(MDA)含量。维生素 A、维生素 E 标样均为 Sigma 产品。

1.4 数据的统计分析

用 SPASS 统计软件,对试验数据进行方差分析,Duncan 氏法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 染料木素对蛋鸡生产性能的影响

据报道,肉鸡饲喂异黄酮后,体质量、体增质量和采食量均增加^[4];蛋鸡日粮中添加染料木素则能够提高其产蛋量^[5-7];大豆黄酮可提高绍兴鸭的产蛋量^[8]。本试验结果(表 2)显示,与对照组相比,Ⅲ组蛋鸡的采食量和产蛋率显著提高($P<0.05$),料蛋比显著降低($P<0.05$),但蛋质量差异不显著($P>0.05$);Ⅱ组蛋鸡的采食量、产蛋率、蛋质量和料蛋比与对照组比较差异均不显著($P>0.05$)。表明染料木素能够提高蛋鸡生产性能,这与以往研究结果相似。染料木素之所以能够提高蛋鸡的产蛋性能,一是因为染料木素提高了蛋鸡采食量,二是因为染料木素发挥了弱雌激素作用。

表 2 染料木素对蛋鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of genistein supplementation on performance of hens

组别 Group	采食量/(g·d ⁻¹ ·只 ⁻¹) Feed intake	产蛋率/% Laying rate	蛋质量/(g·枚 ⁻¹) Egg weight	料蛋比 Feed/egg ratio
I (CK)	112.9±3.3 b	82.32±3.58 b	59.9±1.35 a	2.29±0.01 a
Ⅱ	118.2±6.2 ab	86.26±3.25 ab	61.2±1.89 a	2.24±0.01 ab
Ⅲ	121.6±3.6 a	87.49±2.46 a	62.3±1.48 a	2.23±0.01 b

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note: Different small letter in same column means significant differences ($P<0.05$). The following tables are the same.

2.2 染料木素对鸡蛋品质的影响

家禽日粮中添加染料木素可降低家禽排泄物中钙的浓度,增加血浆中的钙浓度^[9],表明染料木素能够增加家禽对钙的吸收;染料木素还具有提高鸡蛋品质的作用^[7]。由表 3 知,Ⅲ组蛋鸡的蛋形指数和

蛋比重与对照组相比差异均不显著($P>0.05$),蛋壳相对质量、蛋壳厚度、蛋壳强度和哈夫单位均显著高于对照组($P<0.05$)。表明日粮中添加染料木素可提高蛋壳质量性状,这可能是由于染料木素促进了蛋鸡对钙的吸收和沉积。

表 3 染料木素对鸡蛋品质的影响

Table 3 Effects of genistein supplementation on egg quality of hens

组别 Group	蛋形指数/% Egg shape index	蛋比重/(g·cm ⁻³) Specific gravity	蛋壳相对质量/% Relative eggshell weight	蛋壳厚度/mm Eggshell thickness	蛋壳强度/(kg·cm ⁻²) Eggshell strength	哈夫单位 Haugh unit
I (CK)	1.28±0.06 a	1.081±0.005 a	11.80±0.65 b	0.368±0.023 b	11.96±0.09 b	79.27±3.45 b
Ⅱ	1.30±0.07 a	1.078±0.004 a	12.35±0.26 ab	0.387±0.021 ab	12.40±0.12 a	83.14±3.16 ab
Ⅲ	1.31±0.08 a	1.084±0.003 a	12.78±0.52 a	0.396±0.024 a	12.36±0.11 a	84.52±3.42 a

2.3 染料木素对蛋黄抗氧化指标的影响

据报道,异黄酮在人体内外发挥着抗氧化剂的作用^[10];日粮中添加异黄酮能够提高肉鸡的抗氧化性能,降低胸肌 MDA 含量^[11];饲料中添加染料木

素可降低鹌鹑肝脏和血浆 MDA 水平^[12]。由表 4 可以看出,与对照组相比,Ⅲ组鸡蛋蛋黄中染料木素含量显著提高($P<0.05$),维生素 A 和维生素 E 含量差异不显著($P>0.05$),MDA 含量显著降低($P<$

0.05);Ⅱ组鸡蛋蛋黄中染料木素、维生素 A、维生素 E 和 MDA 含量与对照组相比差异均不显著($P>0.05$)。本试验结果显示,蛋鸡日粮中添加染料木素,可增加蛋黄内染料木素含量,降低 MDA 含量。

表 4 染料木素对蛋黄中染料木素、维生素 A、维生素 E 和 MDA 含量的影响

Table 4 Effects of genistein supplementation on egg yolk genistein, vitamin A, vitamin E, and MDA levels of hens

组别 Group	染料木素 Genistein	维生素 A Vitamin A	维生素 E Vitamin E	$\mu\text{g/g}$
				丙二醛 MDA
I	0.68±0.12 b	1.62±0.31 a	38.86±15.29 a	0.098±0.010 a
Ⅱ	1.32±0.10 ab	1.81±0.36 a	40.12±17.25 a	0.089±0.010 ab
Ⅲ	1.46±0.13 a	1.95±0.37 a	51.38±16.82 a	0.078±0.012 b

3 讨 论

3.1 染料木素对蛋鸡生产性能的影响

本试验中,染料木素能够在保持产蛋后期蛋鸡蛋质量不变的情况下,提高蛋鸡采食量和产蛋率,降低饲料消耗。染料木素之所以能够提高蛋鸡的采食量,可能是由于其能够降低蛋鸡下丘脑中生长激素(GH)和促生长因子(IGF-1)受体的水平,以减弱 GH 和 IGF-1 的负反馈作用,并增加垂体 GH 的表达^[12],维持血清中较高的 GH 和 IGF-1 水平^[13-14],从而提高了采食量。染料木素之所以能够提高蛋鸡的产蛋率,可能是其能够提高促性腺激素释放激素(GnRH)的基因表达,促进促卵泡素(FSH)和促黄体素(LH)的释放^[15-17],从而增强了卵巢雌二醇(E₂)的产生,并通过高水平的 E₂ 来提高产蛋性能。给产蛋后期的蛋鸡饲喂染料木素,能够显著改善其产蛋性能,不会因为蛋鸡日龄偏大而导致其产蛋性能下降。

3.2 染料木素对鸡蛋品质的影响

鸡蛋的品质性状包括 2 方面:外部品质(蛋壳)和内部品质(蛋白和蛋黄)。在外部品质性状中,蛋形指数和蛋比重是主要指标。本试验结果表明,染料木素对鸡蛋蛋形指数和蛋比重没有显著影响,但可显著提高蛋壳相对质量、蛋壳厚度和蛋壳强度等性状,这可能是由于染料木素促进了蛋鸡对钙的吸收和沉积所致。众所周知,钙在蛋壳的形成方面起着重要作用。据报道,家禽日粮中添加染料木素可降低其排泄物中钙的浓度,增加血浆的钙浓度^[9],这表明染料木素能促进家禽对钙的吸收。另据报道,染料木素增加了用于蛋壳形成的钙的数量^[18]。在鸡蛋的内部品质性状中,哈夫单位是主要评价指标。哈夫单位越大,蛋白品质越好^[19]。本试验结果显示,在蛋鸡产蛋后期,饲料中添加染料木素能够维持鸡蛋较好的内部品质。综上所述,给产蛋后期的蛋鸡饲喂染料木素,能够显著改善鸡蛋的外部品质和

内部品质,不会因为蛋鸡日龄偏大导致鸡蛋品质下降。

3.3 染料木素对蛋黄抗氧化指标的影响

本试验结果表明,染料木素具有抗氧化功能。染料木素的抗氧化功能是由于其能够直接消灭自由基,并且能够抑制过氧化氢的形成^[20]。据报道,大豆异黄酮能够增加小鼠体内超氧化物歧化酶的数量,是一种较强的消灭超氧化物自由基的抗氧化剂^[21];大豆异黄酮能够阻止人类细胞内 8-羟基-2'-脱氧鸟苷的形成,从而阻止 DNA 表达成氧化剂^[22]。

4 结 论

给产蛋后期蛋鸡日粮中添加染料木素后,鸡蛋产量和鸡蛋品质均提高,蛋黄 MDA 水平降低,维生素 A 和维生素 E 水平不受影响。日粮中添加染料木素,也可使蛋黄中染料木素水平提高,从而提高了鸡蛋的抗氧化性能。富含染料木素的蛋黄将为人类健康提供一种有益的功能性食品。

[参考文献]

[1] Mori A V, Mendonca J C X, Almeida C R M, et al. Supplementing hen diets with vitamins A and E affects egg yolk retinol and α -tocopherol levels [J]. Appl Poult Res, 2003, 12: 106-114.

[2] 谭青松, 付 洁, 何瑞国. 高效液相色谱法测定鱼样中的维生素 A、维生素 D₃ 和维生素 E [J]. 动物营养学报, 2007, 19(5): 636-640.

Tan Q S, Fu J, He R G. Simultaneous measurement of VA, VD₃ and VE in fish tissues by HPLC [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(5): 636-640. (in Chinese)

[3] Karatepe M. Simultaneous determination of ascorbic acid and free malondialdehyde in human serum by HPLC/UV [J]. LC GC North Am, 2004, 22: 362-365.

[4] Jiang Z Y, Jiang S Q, Lin Y C, et al. Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers [J]. Poult Sci, 2007, 86: 1356-1362.

[5] Saitoh S, Sato T, Harada H, et al. Biotransformation of soy isoflavone-glycosides in laying hens: Intestinal absorption and preferential accumulation into egg yolk of equol, a more estro-

- genic metabolite of daidzein [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2004, 1674:122-130.
- [6] Zhao R Q, Zhou Y C, Ni Y D, et al. Effect of daidzein on egg-laying performance in Shaoxing duck breeders during different stages of the egg production cycle [J]. *Br Poult Sci*, 2005, 46: 175-181.
- [7] Sahin N, Onderci M, Balci T A, et al. The effect of soy isoflavones on egg quality and bone mineralisation during the late laying period of quail [J]. *Br Poult Sci*, 2007, 48:363-369.
- [8] 周玉传, 赵茹茜, 倪迎冬, 等. 大豆黄酮对绍兴鸭产蛋性能影响及有关中枢机制初探 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37(2): 296-300.
- Zhou Y C, Zhao R Q, Ni Y D, et al. Effect of daidzein on laying performance of Shaoxing ducks and its central mechanisms involved [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(2): 296-300. (in Chinese)
- [9] Sahin N K, Sahin M, Onderci F H, et al. Effects of dietary genistein on nutrient use and mineral status in heat-stressed quails [J]. *Exp Anim*, 2006, 55:75-82.
- [10] Brouns F. Soy isoflavones: A new and promising ingredient for the health foods sector [J]. *Food Res Int*, 2002, 35:187-193.
- [11] Jiang Z Y, Jiang S Q, Lin Y C, et al. Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers [J]. *Poult Sci*, 2007, 86:1356-1362.
- [12] Onderci M K, Sahin N, Sahin M F, et al. The effect of genistein supplementation on performance and antioxidant status of Japanese quail under heat stress [J]. *Arch Anim Nutr*, 2004, 58:463-471.
- [13] 赵茹茜, 周玉传, 徐银学, 等. 大豆黄酮对高邮鸭增重及血清某些激素水平和垂体 GH mRNA 表达的影响 [J]. *农业生物技术学报*, 2002, 10(2):176-179.
- Zhao R Q, Zhou Y C, Xu Y X, et al. Effect of daidzein on body weight gain and serum levels of some related hormones and pituitary GH mRNA expression in Gaoyou ducks [J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2002, 10(2):176-179. (in Chinese)
- [14] 周玉传, 赵茹茜, 卢立志, 等. 大豆黄酮对产蛋后期绍兴鸭生产性能及血清中一些激素水平的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2002, 25(1):73-76.
- Zhou Y C, Zhao R Q, Lu L Z, et al. Effect of daidzein on egg laying performance and hormone level in serum of Shaoxing ducks during the late stage of egg production cycle [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2002, 25(1):73-76. (in Chinese)
- [15] 王根林, 陈杰, 陈伟华. 猪脑内微量注射大豆黄酮对血浆 LH 水平的影响 [J]. *中国农业科学*, 2002, 35(2):198-201.
- Wang G L, Chen J, Chen W H. Effect of daidzien with intracerebral micro-injection on plasma LH of the pigs [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(2):198-201. (in Chinese)
- [16] 王根林, 陈杰. 大豆黄酮对去卵巢猪 LH 分泌的影响 [J]. *中国应用生理学杂志*, 1998, 14(1):70-72.
- Wang G L, Chen J. Effect of daidzein on LH secretion in ovariectomized gilts [J]. *Chinese Journal of Applied Physiology*, 1998, 14(1):70-72. (in Chinese)
- [17] 王根林, 陈杰, Parvizi N. 大豆黄酮对体外灌流垂体前叶组织促黄体素分泌的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 1997, 20(4):48-53.
- Wang G L, Chen J, Parvizi N. Effect of daidzein on LH secretion in the superfusion system of anterior pituitary tissue from goettingen miniature gilts [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 1997, 20(4):48-53. (in Chinese)
- [18] De M R. Calcium metabolism in birds [J]. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2008, 11:59-82.
- [19] Stadelman W J. Quality identification of shell eggs [M]//Stadelman W J, Cotterill O J. *Egg science and technology*. 4th ed. Westport, Conn: AVI Publishing, 1995:39-66.
- [20] Arora A, Nair M G, Strasburg G M. Antioxidant activities of isoflavones and their biological metabolites in a liposomal system [J]. *Arch Biochem Biophys*, 1998, 356:133-141.
- [21] Cai Q, Wei H. Effect of dietary genistein on antioxidant enzyme activities in senear mice [J]. *Nutr Cancer*, 1996, 25:1-7.
- [22] Giles D, Wei H. Effect of structurally related flavones/isoflavones on hydrogen peroxide production and oxidative DNA damage in phorbol ester-stimulated HL-60 cells [J]. *Nutr Cancer*, 1997, 29:77-82.