

何青芬, 苏 越, 王 坤, 等. 不同复合色素对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 207–210.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.048

不同复合色素对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响

何青芬¹, 苏 越¹, 王 坤¹, 陈 瑞¹, 陶正国², 王 亨³, 周岩民¹, 温 超¹

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095; 2. 广州立达尔生物科技股份有限公司, 广东广州 510663;
3. 浙江医药股份有限公司新昌制药厂, 浙江绍兴 312500)

摘要:为在研究不同复合色素对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响, 将 270 羽 54 周龄海兰褐蛋鸡随机分为 3 组, 每组 6 个重复, 对照组饲喂小麦型基础日粮, 试验 I、II 组分别饲喂基础日粮中添加 5 g/t 斑蝥黄 + 10 g/t 阿朴酯、5 g/t 斑蝥黄 + 10 g/t 叶黄素的试验日粮。结果表明, 添加色素不影响蛋鸡生产性能和鸡蛋蛋白高度、哈夫单位。与对照组相比, 2 个色素组均显著提高鲜蛋、煎蛋和煮蛋的蛋黄罗氏比色扇值、红度和黄度值 ($P < 0.05$), 显著降低鲜蛋和煮蛋亮度值 ($P < 0.05$), 且试验 I 组和 II 组间无显著差异。提示斑蝥黄分别与阿朴酯、叶黄素复配均可提高鲜蛋、煎蛋和煮蛋的蛋黄颜色, 2 种组合的着色效果相当。

关键词:色素; 斑蝥黄; 阿朴酯; 叶黄素; 蛋鸡; 蛋黄颜色

中图分类号: S831.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0207-04

随着生活水平的提高, 人们在追求食品营养价值的同时, 开始注重其感官品质。对于鸡蛋而言, 蛋黄颜色是消费者选购鸡蛋时的第一感官指标^[1-2]。调查发现, 消费者普遍喜欢的蛋黄颜色是罗氏比色扇 (RCF) 值高于 8 的橙红色或金黄色^[3]。较深的鸡蛋颜色会刺激人们的食欲, 促进消化吸收,

增强人们对食物的享受感。蛋鸡自身不能合成色素, 蛋黄的颜色主要是饲料原料尤其是玉米中的叶黄素等色素在体内沉积而产生的, 因此可通过在蛋鸡饲料中添加色素来使蛋黄颜色加深^[4-5]。目前, 饲料添加剂品种目录 (2013) 中, 允许在蛋鸡饲料中添加的色素包括叶黄素、 β -阿朴-8'-胡萝卜素酸乙酯 (阿朴酯)、 β 、 β -胡萝卜素-4,4-二酮 (斑蝥黄) 等。对于蛋鸡日粮中单独添加斑蝥黄、阿朴酯和叶黄素对蛋黄颜色的影响已有报道^[6-11], 但不同色素复合添加的应用效果则鲜有报道。因此, 本试验旨在研究阿朴酯和叶黄素分别与斑蝥黄复配对蛋鸡生产性能、蛋品质, 尤其是蛋黄颜色的影响, 为其在蛋鸡上的合理应用提供理论依据。

收稿日期: 2017-12-28

基金项目: 广东省科技发展专项资金 (编号: 2016B090918056); 广东省广州市产学研协同创新重大专项 (编号: 201604020123); 江苏现代农业 (蛋鸡) 产业技术体系营养调控创新团队 (编号: SXGC [2017]288)。

作者简介: 何青芬 (1993—), 女, 河南三门峡人, 硕士研究生, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 2016105075@njau.edu.cn。

通信作者: 温 超, 博士, 讲师, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: wenchao@njau.edu.cn。

Cellular and Molecular Life Sciences, 2000, 57(12): 1770–1784.

[4] Claas E C, de Jong J C, van Beek R, et al. Human influenza virus A/HongKong/156/97 (H5N1) infection[J]. Vaccine, 1998, 16(9/10): 977–978.

[5] Taubenberger J K, Morens D M. Influenza viruses: breaking all the rules[J]. mBio, 2013, 4(4): e00313–e00365.

[6] 陈伯伦, 张泽纪, 陈伟斌. 禽流感研究: I 鸡 A 型流感病毒分离与血清学初步鉴定[J]. 中国兽医杂志, 1994, 22(10): 3–5.

[7] 刘琳玉, 姜双应, 汪立杰, 等. 青海湖地区 5 株 H9N2 亚型禽流感病毒全基因组序列进化分析[J]. 病毒学报, 2014, 30(2): 109–118.

[8] 吴海燕, 李明义, 范根成, 等. 33 株 H9N2 亚型禽流感病毒分离株分子流行特点的研究[J]. 中国动物检疫, 2010, 27(6): 31–33.

[9] Parvin R, Heenemann K, Halami M Y, et al. Full-genome analysis of avian influenza virus H9N2 from Bangladesh reveals internal gene reassortments with two distinct highly pathogenic avian influenza viruses[J]. Archives of Virology, 2014, 159(7): 1651–1661.

[10] Peiris M, Yuen K Y, Leung C W, et al. Human infection with

influenza H9N2[J]. Lancet, 1999, 354(9182): 916–917.

[11] 傅生芳, 独军政, 常惠芸, 等. 禽流感病毒的分子生物学研究进展[J]. 动物医学进展, 2005, 26(5): 22–24.

[12] 邓振旭. 禽流感病毒检测技术的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(12): 2740–2741.

[13] 张应国, Song Jian Ling, Hu Yuan Yuan, et al. 禽流感病毒 RT-PCR 及多重 RT-PCR 检测技术的建立[J]. 中国兽医科技, 2005, 35(8): 600–604.

[14] Zhang W H, Guo H, Wang W L, et al. Designing Primers for H5 and H7 subtypes of avian influenza virus and multiplex RT-PCR amplification[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 39(1): 15–17.

[15] 陈思怀, 乔宪凤, 华文君, 等. 多重 RT-PCR 快速检测禽流感病毒的研究[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(1): 20–23.

[16] 马鸣涛, 金宁一, 王振国, 等. 检测禽流感病毒 RT-PCR 一步法的建立及 H5、H9 亚型的鉴定[J]. 中国生物制品学杂志, 2005, 18(5): 63–65.

酯由广州立达尔生物科技股份有限公司提供,叶黄素由上述 2 家公司共同开发、由前者生产,上述 3 种色素的有效成分含量均为 10%。

1.2 仪器与设备

罗氏比色扇,美国建明公司;CR-10 型色差仪,日本柯尼卡美能达集团公司;EMT-5200 型多功能蛋品测定仪,日本 Robotmation 公司;电子秤,上海友声衡器有限公司。

1.3 试验设计

为减少日粮中的叶黄素对色素效果的影响,本试验选用小麦型基础日粮。将 270 羽 54 周龄海兰褐蛋鸡随机分为 3 组,每组 6 个重复,每个重复 15 羽,对照组饲喂基础日粮,试验 I 和 II 组分别饲喂基础日粮中添加 5 g/t 斑蝥黄+10 g/t 阿朴酯、5 g/t 斑蝥黄+10 g/t 叶黄素(添加量以有效成分计)。基础日粮配方和营养水平见表 1。

表 1 基础日粮组成及营养水平(风干基础)

原料	含量 (%)	营养指标	计算值
小麦	69.70	代谢能(MJ/kg)	11.05
豆粕	15.00	粗蛋白(%)	16.14
豆油	2.00	赖氨酸(%)	0.73
石粉	8.00	蛋氨酸(%)	0.37
赖氨酸	0.20	蛋氨酸+胱氨酸(%)	0.64
酶制剂	0.02	钙(%)	4.24
防霉剂	0.05	有效磷(%)	0.31
抗氧化剂	0.03	总磷(%)	0.51
预混料	5.00		
合计	100		

注:预混料为每 kg 日粮提供维生素 A 10 000 IU,维生素 D₃ 2 500 IU,维生素 E 20 mg,维生素 K₃ 1.5 mg,硫胺素 1 mg,核黄素 6 mg,烟酸 40 mg,胆碱 350 mg,泛酸 10 mg,吡哆醇 2 mg,生物素 1 mg,叶酸 1 mg,维生素 B₁₂ 0.012 mg,铜 5 mg,铁 60 mg,锰 100 mg,锌 65 mg,碘 0.8 mg,硒 0.3 mg。

1.3.1 饲养管理 蛋鸡试验在南京康欣禽业有限公司进行,试验预饲期为 14 d,正试期为 36 d,自 5 月 5 日至 6 月 27 日,试验期间自由采食和饮水。试验各重复采用 3 层阶梯式笼养,每日喂料 2 次,收蛋 1 次,按蛋鸡常规的饲养管理进行环境控制、疫苗接种及给药等工作。

1.4 指标测定

1.4.1 生产性能 每天记录产蛋数、产蛋总质量、蛋鸡死亡数量(以重复为单位),并每周记录 1 次采食量,计算产蛋率、平均蛋质量、平均日采食量和料蛋比。

1.4.2 蛋黄颜色及蛋品质 于正试期 4、10、15、18、24、29、36 d,每重复中随机选取 3 枚鸡蛋,用罗氏比色扇测定蛋黄颜色;用 CR-10 型色差仪测定蛋黄颜色(亮度、红度和黄度值);多功能蛋品测定仪检测蛋白高度和哈夫单位。

1.4.3 煎蛋和煮蛋的蛋黄颜色 于正试期 36 d,每重复中随机选取 2 枚鸡蛋,1 枚用不锈钢汤锅在电磁炉上水煮(2 200 W 煮 10 min),另 1 枚用煎蛋器进行煎蛋(放 10 mL 大豆油煎 3 min),然后分别用比色扇和色差仪测定蛋黄颜色。

1.5 数据统计

试验数据经 Excel 2007 初步整理,采用 SPSS 22.0 软件

进行单因素方差(One-way ANOVA)分析进行显著性检验,用邓肯氏(Duncan's)法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著水平,数据用“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同复合色素对蛋鸡生产性能的影响

由表 2 所示,与对照组相比,添加不同复配色素对蛋鸡产蛋率、蛋质量、平均日采食量和料蛋比均无显著影响($P > 0.05$)。

表 2 不同复合色素对蛋鸡生产性能的影响

组别	产蛋率 (%)	蛋质量 (g)	采食量 (g/d)	料蛋比
对照组	80.44±1.95	64.64±0.59	163.26±4.05	2.53±0.06
试验 I 组	81.49±2.29	65.38±0.27	158.51±4.85	2.42±0.69
试验 II 组	82.57±2.03	65.05±0.23	158.01±3.74	2.43±0.37

2.2 不同复合色素对蛋黄颜色的影响

由表 3 知,对照组蛋黄 RCF 值在 10 d 后稳定在 3。2 个色素组蛋黄 RCF 值随天数的增加先上升后稳定,并显著高于对照组($P < 0.05$)。在试验 4 d,试验 I 组蛋黄 RCF 值显著高于试验 II 组($P < 0.05$),10 d 后,试验 I 组蛋黄 RCF 值基本稳定在 14,试验 II 组略低于试验 I 组,两试验组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 不同复合色素对蛋黄 RCF 值的影响

天数 (d)	蛋黄 RCF 值		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	3.17±0.17c	13.00±0.00a	9.17±0.40b
10	3.00±0.17b	14.00±0.00ab	13.69±0.12a
15	3.00±1.24b	14.00±0.00ab	13.89±0.82a
18	3.00±0.00b	13.78±0.12a	13.78±0.13a
24	3.00±0.00b	13.92±0.06a	13.86±0.07a
29	3.00±0.00b	14.00±0.00ab	13.89±0.06a
36	3.00±0.00b	14.00±0.00ab	13.89±0.06a

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 4 至表 6 同。

由表 4 可知,2 个处理组均使蛋黄的亮度值随试验天数的增加而逐渐降低,均显著低于对照组($P < 0.05$),且试验 I 组显著低于试验 II 组($P < 0.05$)。

表 4 不同复合色素对蛋黄亮度值的影响

天数 (d)	蛋黄亮度值		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	64.25±0.70a	58.5±0.60c	61.57±0.48b
10	62.30±0.67a	57.13±0.11c	59.17±0.59b
15	63.00±0.58a	54.68±0.40c	57.77±0.69b
18	63.07±0.62a	57.40±0.50b	57.78±0.49b
24	62.22±0.58a	54.70±0.44c	57.13±0.36b
29	62.40±0.85a	55.10±0.46c	57.45±0.21b
36	61.87±0.58a	50.07±4.47b	52.49±1.99ab

由表 5 可知,与对照组相比,斑蝥黄与阿朴酯、叶黄素复配均显著提高蛋黄的红度值($P < 0.05$)。从试验开始至 18 d,试验 I 组红度值显著高于试验 II 组($P < 0.05$),试验 18 d 后,试验组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 5 不同复合色素对蛋黄红度值的影响

天数 (d)	蛋黄红度值		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	-1.48 ± 0.25c	11.37 ± 0.41a	5.6 ± 0.74b
10	-3.88 ± 0.14c	14.65 ± 2.70a	8.07 ± 0.41b
15	-1.41 ± 0.09c	10.78 ± 0.30a	8.47 ± 0.36b
18	-5.05 ± 0.28c	10.92 ± 0.38a	8.92 ± 0.45b
24	-3.8 ± 0.14b	11.12 ± 0.34a	9.23 ± 0.67a
29	-3.27 ± 0.36b	13.12 ± 0.44a	11.68 ± 1.82a
36	-1.73 ± 0.35b	11.60 ± 0.83a	9.78 ± 1.14a

由表 6 可知,与对照组相比,试验处理显著提高了蛋黄的黄度值($P < 0.05$),且试验 II 组效果更显著。

2.3 不同复合色素对煎蛋和煮蛋蛋黄颜色的影响

由表 7 可知,与对照组相比,斑蝥黄与阿朴酯、叶黄素复配能显著提高煎蛋蛋黄 RCF 值、红度值和黄度值($P <$

表 6 不同复合色素对蛋黄黄度值的影响

天数 (d)	蛋黄黄度值		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	38.13 ± 1.24b	52.6 ± 1.16a	48.3 ± 2.67a
10	41.70 ± 0.89b	56.37 ± 0.84a	56.73 ± 0.84a
15	41.90 ± 0.80c	54.60 ± 0.62b	58.95 ± 1.05a
18	41.3 ± 0.40b	58.68 ± 1.40a	58.10 ± 1.24a
24	40.45 ± 0.63b	55.71 ± 0.59a	57.45 ± 0.21a
29	41.62 ± 0.58c	55.50 ± 11.23b	60.37 ± 0.77a
36	42.77 ± 0.53b	55.78 ± 1.56a	55.00 ± 1.67a

0.05),且试验组间差异不显著($P > 0.05$)。试验处理对煎蛋蛋黄亮度值无显著影响($P > 0.05$)。

由表 8 可见,与对照组相比,2 种不同色素复配均显著提高煮蛋蛋黄 RCF 值、红度和黄度值,降低其亮度值($P < 0.05$),且试验 I 组和 II 组间无显著差异。

表 7 不同复合色素对煎蛋蛋黄颜色的影响

项目	比色扇	亮度	红度	黄度
对照组	3.00 ± 0.00b	72.70 ± 2.39a	-4.37 ± 0.39b	44.17 ± 2.39b
试验 I 组	8.67 ± 0.84a	68.30 ± 7.67a	4.03 ± 0.91a	61.78 ± 3.59a
试验 II 组	8.33 ± 0.49a	69.67 ± 1.42a	5.17 ± 0.82a	64.78 ± 2.82a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 8 同。

表 8 不同复合色素对煮蛋蛋黄颜色的影响

项目	比色扇	亮度	红度	黄度
对照组	3.00 ± 0.00b	79.22 ± 2.61a	-3.97 ± 0.25b	43.42 ± 1.47b
试验 I 组	12.17 ± 0.31a	60.72 ± 1.67b	10.45 ± 0.62a	59.57 ± 1.05a
试验 II 组	11.83 ± 0.31a	63.33 ± 2.25b	9.72 ± 0.65a	56.32 ± 2.98a

2.4 不同复合色素对鸡蛋蛋白高度和哈夫单位的影响

由表 9、表 10 可知,与对照组相比,试验组对蛋鸡鸡蛋哈夫单位和蛋白高度均无显著影响($P > 0.05$)。

表 9 不同复合色素对鸡蛋蛋白高度的影响

天数 (d)	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	6.43 ± 0.58	7.05 ± 0.51	6.73 ± 0.58
10	6.28 ± 0.49	6.58 ± 0.54	5.65 ± 0.79
15	6.60 ± 0.48	6.17 ± 0.41	7.05 ± 0.47
18	7.73 ± 0.31	6.70 ± 0.48	7.18 ± 0.60
24	6.33 ± 0.31	6.43 ± 0.20	6.05 ± 0.28
29	6.10 ± 0.58	6.85 ± 0.68	5.57 ± 0.44
36	6.55 ± 0.50	6.13 ± 0.31	7.05 ± 0.37

表 10 不同复合色素对鸡蛋哈夫单位的影响

天数 (d)	对照组	试验 I 组	试验 II 组
4	77.80 ± 4.08	74.77 ± 5.18	79.62 ± 1.32
10	74.57 ± 3.78	78.63 ± 3.47	68.07 ± 7.28
15	78.62 ± 3.54	75.88 ± 2.28	78.75 ± 3.42
18	86.07 ± 2.20	80.37 ± 2.52	81.60 ± 3.60
24	77.28 ± 2.38	79.32 ± 1.25	74.77 ± 1.93
29	75.70 ± 4.62	80.53 ± 4.57	76.68 ± 2.48
36	79.80 ± 3.80	76.68 ± 2.48	81.53 ± 2.82

3 讨论

3.1 不同复合色素对蛋鸡生产性能的影响

有关日粮中添加斑蝥黄、阿朴酯和叶黄素对蛋鸡生产性能的影响已有大量报道,但试验结果不尽相同。Rosa 等试验发现,添加斑蝥黄对蛋鸡的生产性能无明显影响^[12]。张伟和 Santos - Bocanegra 等研究表明,日粮中添加阿朴酯对蛋鸡的生产性能无显著影响^[13-14]。刘国道和高杨等的试验均表明叶黄素对蛋鸡的生产性能无显著影响^[15-16]。然而,Bonilla 等和 Cho 等报道,添加斑蝥黄可以提高蛋鸡的产蛋率^[7,17];Englmaierová 等发现叶黄素可以提高蛋的质量,这可能与试验鸡的品种、日龄及色素添加量不同有关^[18]。本研究中,斑蝥黄与阿朴酯或叶黄素复配添加到日粮中使产蛋率、蛋质量和料蛋比均有一定改善,但差异均不显著。

3.2 不同复合色素对鸡蛋品质的影响

蛋禽本身不能合成色素,蛋黄的颜色与饲料中的类胡萝卜素及其衍生物有关。试验表明,各种类胡萝卜素的沉积率与着色效果是不同的,蛋黄的着色物质往往不止一种类胡萝卜素,蛋黄的着色程度也不是由一种类胡萝卜素决定的^[19]。这些化合物被肠道吸收后大部分仍保留原来的结构和颜色,并沉积在家禽皮肤、脂肪和蛋黄内,使皮肤和蛋黄加深为黄色、橘黄或橙黄色,提高禽产品的市场价格。日粮在蛋鸡体内滞留的时间很短,营养物质迅速被消化吸收,相应地,色素物

质沉积于蛋黄的过程也很快。类胡萝卜素在蛋黄中的着色在10~12 d达到最大值,这和蛋黄充分着色所需的时间相同。

本试验结果表明,与对照组相比,色素组鸡蛋的蛋白高度、哈夫单位无显著差异,但蛋黄颜色显著提高,这与Englmaierová等^[18]、李守学等^[20]、付静^[21]和杨秋霞等^[22]的结论一致。2个色素组蛋黄RCF值从4~10 d逐渐上升然后保持稳定,说明色素在蛋黄中的着色在10 d达到最大值,与卢庆萍等^[23]的观点一致。

除了比色扇值,部分学者也采用色差(亮度、红度、黄度)来衡量蛋黄颜色。张志刚的结果显示,蛋黄RCF值随日粮中叶黄素添加水平增加而增加,亮度值降低,红度值随之升高^[24]。黄小春试验结果也表明叶黄素能提高蛋黄RCF值、红度值,降低亮度值^[25]。而本试验中,2个色素组均显著提高了蛋黄的RCF值、红度值和黄度值,降低了亮度值,与前人研究结果一致,说明RCF值可能与红度和黄度值呈正比,而与亮度值呈反比。

煎蛋和煮蛋是我国鸡蛋消费的主要方式,因此煎蛋和煮蛋的蛋黄颜色是评价色素应用效果的重要指标。Englmaierová等试验结果表明,叶黄素显著提高了煮蛋的蛋黄红度值和黄度值,显著降低了亮度值^[18]。张志刚的试验中添加叶黄素组的鸡蛋煮熟后,蛋黄RCF值、黄度值较对照组显著提高,红度值有所提高^[24]。本试验中,煎蛋、煮蛋的蛋黄RCF值、红度值和黄度值均显著高于对照组,煮蛋的蛋黄亮度值显著低于对照组,这与鲜蛋蛋黄的比色结果一致,表明本试验所用色素能有效改善煎蛋和煮蛋的蛋黄颜色。与鲜蛋结果相比,2个色素组的煎蛋和煮蛋蛋黄RCF值均有所降低,且煮蛋的降低程度小于煎蛋,提示色素在煮蛋时的热稳定性大于煎蛋,这可能是由于煮蛋时蛋黄位于鸡蛋内部,不与空气接触,且煮蛋温度低于煎蛋温度。

4 结论

斑螫黄分别与阿朴酯、叶黄素复配对蛋鸡生产性能、鸡蛋哈夫单位和蛋白高度无显著影响,显著提高鲜蛋、煎蛋、煮蛋的蛋黄RCF值、红度和黄度值,降低亮度值,且2种组合的着色效果相当。

参考文献:

- [1]殷若新,孙晓军,周世良. 蛋黄着色机理及影响因素[J]. 家禽科学,2014(6):50-52.
- [2]Grigorova S, Petkova M. Natural sources of β -carotene and lycopene in laying hens' nutrition[J]. Archiva Zootechnica, 2014, 17(1): 29-39.
- [3]韩陆奇,蔡晓变. 用红辣椒作为蛋黄色素强化剂[J]. 饲料研究, 1991(2):13-14.
- [4]朱涛涛. 天然产物转化为蛋黄色素的研究进展[J]. 饲料与畜牧,2014(5):31-34.
- [5]Islam K M S, Schweigert F J. Comparison of three spectrophotometric methods for analysis of egg yolk carotenoids[J]. Food Chemistry, 2015, 172:233-237.
- [6]Umar Faruk M, Roos F, Cisneros F. Use of canthaxanthin for laying hens; EP 3203859 A1[P]. 2016-04-14.
- [7]Bonilla C E, Rosa A P, Londero A, et al. Effect of broiler breeders fed

- with corn or sorghum diet and canthaxanthin supplementation on production and reproductive performance[J]. Poultry Science, 2017, 96(6):1725-1734.
- [8]孙丹丹,李 明,邝金媚. 类胡萝卜素在畜禽中的使用及安全性探讨[C]//中国畜牧兽医学会2013年学术年会论文集. 北京:中国畜牧兽医学会,2013:175-182.
- [9]Umar F M, Roos F F, Cisneros - Gonzalez F. A meta - analysis on the effect of canthaxanthin on egg production in brown egg layers[J]. Poultry Science, 2018, 97(1):84-87.
- [10]Johnsondahl M L, Zuidhof M J, Korver D R. The effect of maternal canthaxanthin supplementation and hen age on breeder performance, early chick traits, and indices of innate immune function[J]. Poultry Science, 2016, 96(3):634-646.
- [11]Islam K M S, Khalil M, Männer K, et al. Lutein specific relationships among some spectrophotometric and colorimetric parameters of chicken egg yolk[J]. Journal of Poultry Science, 2017, 54(4):271-277.
- [12]Rosa A P, Scher A, Sorbara J O, et al. Effects of canthaxanthin on the productive and reproductive performance of broiler breeders[J]. Poultry Science, 2012, 91(3):660-666.
- [13]张 伟. 角黄素和阿朴酯对三黄肉种鸡及后代肉鸡生产性能和健康影响的研究[D]. 四川农业大学, 2011.
- [14]Santos - Bocanegra E, Ospinaosorio X, Oviedorondon E O. Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (marigold flower) and *Capsicum* sp. (red pepper paprika) as a pigment for egg - yolks compare with synthetic pigments [J]. International Journal of Poultry Science, 2004, 3(11):685-689.
- [15]刘国道,王东劲,侯 冠,等. 黄秋葵茎叶粉对文昌鸡蛋黄着色的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7):16-19.
- [16]高 杨,陈 辉,黄仁录,等. 金盏菊提取物对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 中国家禽, 2010, 32(18):26-28.
- [17]Cho J H, Zhang Z F, Kim I H. Effects of canthaxanthin on egg production, egg quality, and egg yolk color in laying hens [J]. Journal of Agricultural Science, 2012, 5(1):269-274.
- [18]Englmaierová M, Skřivan M, Bubancová I. A comparison of lutein, spray - dried Chlorella, and synthetic carotenoids effects on yolk colour, oxidative stability, and reproductive performance of laying hens. [J]. Czech Journal of Animal Science, 2013, 58(9):412-419.
- [19]Hencken H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation[J]. Poultry Science, 1992, 71(4):711-717.
- [20]李守学,胡喜军,张治刚,等. 不同比例的两种天然色素对蛋鸡蛋黄颜色、生产性能及蛋品质的影响[J]. 饲料工业, 2017, 38(6):12-15.
- [21]付 静. 两种天然色素提取物对鸡蛋蛋黄品质调控的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2002.
- [22]杨秋霞,陈 辉,黄仁录,等. 辣椒红色素对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. 畜牧与兽医, 2011, 43(8):48-51.
- [23]卢庆萍,张宏福,付 静,等. 红辣椒提取物调控小麦型日粮鸡蛋蛋黄色泽的研究[J]. 动物营养学报, 2005, 17(2):28-32.
- [24]张志刚,朱 博. 叶黄素对鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 饲料广角, 2009(16):42-43.
- [25]黄小春,吴灵英. 叶黄素对蛋鸡应用效果的研究[J]. 中国饲料, 2007(8):42-44.