

# 饲料中添加 DHA 复合添加剂对蛋鸡 生产性能和蛋品质的影响

彭 瑛<sup>1,2†</sup>, 占今舜<sup>1†</sup>, 李丽立<sup>3</sup>, 曹建明<sup>4</sup>, 罗 锐<sup>1</sup>, 高建武<sup>4</sup>, 胡金杰<sup>1</sup>,  
罗佳捷<sup>1</sup>, 范觉鑫<sup>1</sup>, 张 彬<sup>1</sup>

(1 湖南农业大学 动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2 湖南广播电视大学 理工教学部, 湖南 长沙 410004;  
3 中国科学院 亚热带农业生态研究所 动物生态营养与健康养殖联合实验室, 农业生态工程重点实验室,  
湖南 长沙 410125; 4 长沙喜丹多养殖有限公司, 湖南 长沙 410218)

**摘 要:** 试验选用 96 羽海兰灰蛋鸡随机分成 4 个处理, 每个处理 6 个重复, 每个重复 4 只鸡, 试验期为 28 d. 第 I 组为对照组, 第 II ~ IV 组为试验组, 分别添加 DHA 复合添加剂为 2%、4% 和 8%. 旨在探讨蛋鸡饲料中添加 DHA 复合添加剂对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响. 结果表明: 1) 在整个试验期, 第 II ~ IV 组与第 I 组相比, 蛋鸡的平均产蛋率和平均料蛋比无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 平均蛋质量极显著提高 ( $P < 0.01$ ). 2) 在整个试验期, 平均蛋形指数第 II、III、IV 组与第 I 组无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 试验第 1、2 周, 平均哈氏单位第 IV 组显著高于第 I 组 ( $P < 0.05$ ), 试验第 3 周平均哈氏单位第 IV 组显著高于其他 3 组 ( $P < 0.05$ ); 第 3、4 周, 平均 DHA 含量第 II、III、IV 组极显著高于第 I 组 ( $P < 0.01$ ), 且第 IV 组含量最高. 从整体上看, 饲料中添加 DHA 复合添加剂能够提高蛋鸡生产性能和改善鸡蛋品质; 从该试验结果来看, 建议蛋鸡饲料中添加 8% DHA 复合添加剂为宜.

**关键词:** DHA; 复合添加剂; 蛋品质; 生产性能

中图分类号: S816.79

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)04-0539-05

## Effects of DHA Compound Additives in Diets on Production Performance and Egg Quality of Laying Hens

PENG Ying<sup>1,2†</sup>, ZHAN Jin-shun<sup>1†</sup>, LI Li-li<sup>3</sup>, CAO Jian-ming<sup>4</sup>, LUO Rui<sup>1</sup>, GAO Jian-wu<sup>4</sup>,  
HU Jin-jie<sup>1</sup>, LUO Jia-jie<sup>1</sup>, FAN Jue-xin<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>1</sup>

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

2 Institute of Technology Department, Hunan Radio & TV University, Changsha 410004, China;

3 Key Laboratory of Agro-ecology, Laboratory of Animal Nutrition and Human Health, Institute of  
Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China;

4 Changsha Xidanduo Breeding Co., Ltd., Changsha 410218, China )

**Abstract:** In order to investigate influence of DHA compound additives in diets on egg quality and production performance, 96 Hy-Line layers were divided into 4 groups at random, and each group consisted of 6 cages with 4 laying hens per cage. Group I was control group and fed with basal diet. Groups II - IV were experimental groups and fed increasing levels of DHA compound additives at 2%, 4% and 8% respectively. Results showed that average laying rate, average egg shape index and average feed/egg ratio of all groups were not significantly different ( $P > 0.05$ ); the average egg mass of groups II - IV were found to be significantly higher than that of group I ( $P < 0.01$ ) in the whole trial period. Average haugh unit of group IV was also significantly higher than that of group I in the first two weeks ( $P < 0.01$ ). In the third week, average haugh unit of group IV was significantly higher than that of the other three groups

收稿日期: 2012-04-04

作者简介: 彭 瑛 (1969—), 女, 副教授, 硕士; 占今舜 (1985—), 男, 硕士研究生; † 对本文贡献相同; 通信作者, 张 彬 (1955—), 男, 教授, 博士, E-mail: zhb8632@126.com

基金项目: 国家自然科学基金 (31072053)

( $P < 0.05$ ). In the last two weeks, average contents of DHA in groups II – IV were significantly higher than those of group I ( $P < 0.01$ ), whereas group IV was the highest. To sum up, the effects of DHA compound additive in diets can improve production performance and egg quality. According to the experiment results, the 8% DHA compound additive in diets is found to be the best approach.

**Key words:** DHA; compound additive; egg quality; production performance

随着人们保健意识的增强,人们对保健产品的需求也越来越多.因此,开发功能性产品成为现代畜牧生产上研究的主要方向. DHA (Docosahexaenoic acid,即二十二碳六烯酸)是一种属于  $\omega$ -3 系列的长链多不饱和脂肪酸( $\omega$ -3 PUFAs).它是人脑的主要组成物质之一,占人脑脂质的10%左右. DHA在人体内不能被合成,只有从外界吸收补充,海洋鱼类、真菌类和海藻类等是其主要来源.大量研究表明,DHA具有健脑明目、预防心血管疾病、抗癌、抗炎症以及抑制过敏等功能<sup>[1]</sup>,是维持人类健康的重要营养物质. Carvalho等<sup>[2]</sup>利用鱼油或者海藻为原料,制成不同含量的DHA饲料,结果使蛋鸡蛋黄中的DHA含量有不同程度的升高.代菲等<sup>[3]</sup>在产蛋鸡的正常饲料中添加鱼油(每只每天添加5g),结果发现鸡蛋蛋清中的DHA含量增加.除此之外,还有报道称在饲料中添加一定含量的DHA,可以使牛奶、动物肌肉中的DHA含量升高<sup>[4-5]</sup>.目前,主要是研究在动物饲料中添加1种或者2种富含DHA的原料对动物生产的影响.本试验探讨选用10余种富含DHA的天然优质原料配制成的DHA复合添加剂对蛋鸡生产性能和蛋品质及蛋中DHA含量的影响,为开发功能性

的鸡蛋提供科学的理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用的DHA复合添加剂系湖南农业大学经济动物研究所研制,选用10余种富含DHA的天然优质原料配制而成.各种原料烘干、粉碎,充分混合均匀,用时准确称量,并现配现用.

### 1.2 动物选择、分组与处理

试验在长沙喜丹多养殖科技有限公司鸡场进行,选择日龄、体质量、产蛋期和产蛋率相近的健康“海兰灰”产蛋鸡96羽,随机分成4个处理组,即I、II、III和IV组.每组6个重复,每个重复4羽.试验蛋鸡进行笼养,每日饲喂2次,自由采食与饮水.试验分为预试期和正试期.预试期7d,各组蛋鸡喂同样饲料.正试期28d,第I组为对照组,II、III和IV组为试验组.第I组饲喂基础饲料,第II~IV组分别饲喂占基础饲料2%、4%和8%的DHA复合添加剂.在整个试验阶段,各项饲养条件和管理制度相同,并专人饲养管理.基础饲料见表1.

表1 基础饲料组成及营养水平

Tab.1 Composition and nutrient contents of basal diet

饲料原料及比例/%					饲料营养水平										
玉米	豆粕	石粉	预混料	ME/ (J·kg <sup>-1</sup> )	w/%										
				CP	Ash	CF	Ca	TP	AP	NaCl	Lys	Met	Met + Cys	Thr	
63.00	24.00	8.00	5.00	10 794.72	18.00	13.00	6.00	4.00	1.00	0.60	0.50	1.50	0.80	0.75	1.00

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能指标 试验期间,每天记录各组鸡的产蛋率、蛋质量和采食量,计算平均蛋质量、产蛋率和料蛋比.公式如下:

平均蛋质量 = 每组总蛋质量 / 每组产蛋个数,

产蛋率 = 产蛋个数 / 存栏鸡只数 × 100%,

料蛋比 = 耗料量 / 总蛋质量.

1.3.2 蛋品质 蛋形指数:试验期每周每组随机抽取10个鸡蛋,用游标卡尺测量蛋的纵径与最大横径,精确到0.01 mm.蛋形指数 = 纵径 / 横径.

哈氏单位:试验期每周每组随机抽取10个鸡

蛋,用蛋白高度测定仪测定浓蛋白高度.根据蛋质量和浓蛋白高度,按公式  $HU = 100 \times \lg(h - 1.7 \times m \times 0.37 + 7.6)$  计算得哈氏单位(HU),式中  $h$  为浓蛋白高度(mm), $m$  为蛋质量(g).

DHA:试验的第1、3、4周,每组随机抽取10个鸡蛋,参照李静等<sup>[6]</sup>方法测定蛋中的DHA含量,该测定由中国科学院亚热带农业生态研究所中心实验室完成.

### 1.4 数据统计分析

试验数据以平均值 ± 标准差表示,采用SPSS 17.0统计软件进行方差分析,用LSD方法进行多重

比较.

## 2 结果与分析

### 2.1 DHA 复合添加剂对蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可以看出,在饲料中添加不同水平 DHA 的添加剂,每周试验组与对照组之间的产蛋率无显著差异( $P > 0.05$ ). 试验第 1 周,第 II 组的产蛋率最高,第 IV 组次之;试验第 2、3、4 周,第 IV 组的产蛋率最高. 由表 3 可以发现,在整个试验期,每周试验组与对照组的料蛋比无显著差异( $P > 0.05$ ),每周第 IV 组的料蛋比均小于其他各组. 由表 4 可以得出,试验第 1、2 周,第 II、III 和 IV 组的平均蛋质量极显著高于第 I 组( $P < 0.01$ ),但试验组之间差异不显著( $P > 0.05$ );试验第 3 周,第 II、III 和 IV 组的平均蛋质量极显著高于第 I 组( $P < 0.01$ ),第 IV 组显著高于第 II 组( $P < 0.05$ );试验第 4 周,第 II、III 和 IV 组的平均蛋质量极显著高于第 I 组( $P < 0.01$ ),第 III 组显著高于第 II 组( $P < 0.05$ ). 试验前 3 周,第 IV 组的平均蛋质量最高;试验第 4 周,第 IV 组平均蛋质量仅次于最高组. 试验结果表明第 IV 组蛋鸡的生产性能优于其他组.

表 2 每周每组蛋鸡的平均产蛋率<sup>1)</sup>

Tab.2 Average laying rate of all groups in every week

组别	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
I	92.86 ± 7.83a	89.88 ± 11.83a	92.86 ± 4.52a	95.24 ± 3.69a
II	96.43 ± 3.19a	91.07 ± 9.25a	86.91 ± 12.51a	89.88 ± 7.96a
III	92.26 ± 6.93a	86.31 ± 15.56a	86.91 ± 12.71a	90.68 ± 4.85a
IV	94.65 ± 4.92a	93.45 ± 5.26a	94.05 ± 3.69a	95.83 ± 5.26a

1)表中数据为平均数 ± 标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , LSD 法).

表 3 每周每组蛋鸡的平均料蛋比<sup>1)</sup>

Tab.3 Average feed/egg ratio of all groups in every week

组别	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
I	2.23 ± 0.29a	2.24 ± 0.34a	2.15 ± 0.17a	2.06 ± 0.07a
II	2.08 ± 0.19a	2.16 ± 0.31a	2.26 ± 0.35a	2.13 ± 0.29a
III	2.19 ± 0.30a	2.42 ± 0.67a	2.22 ± 0.37a	2.11 ± 0.16a
IV	2.08 ± 0.17a	2.09 ± 0.13a	2.01 ± 0.10a	1.98 ± 0.13a

1)表中数据为平均数 ± 标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , LSD 法).

表 4 每周每组蛋鸡的平均蛋质量<sup>1)</sup>

Tab.4 Average egg mass of all groups in every week

组别	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
I	56.19 ± 0.50B	56.90 ± 0.71B	56.66 ± 0.26C	57.01 ± 0.56C
II	57.79 ± 0.82A	58.58 ± 0.65A	58.48 ± 0.62AB	58.06 ± 0.70B
III	57.88 ± 0.60A	58.66 ± 0.47A	58.66 ± 0.47B	58.93 ± 0.21A
IV	58.50 ± 0.76A	58.98 ± 0.40A	59.15 ± 0.55A	58.64 ± 0.62AB

1)表中数据为平均数 ± 标准差,同列数据后凡有一个相同大写字母者,表示差异极不显著( $P > 0.01$ , LSD 法).

### 2.2 DHA 复合添加剂对鸡蛋品质的影响

由表 5 可以看到,试验第 1、3、4 周,每周各处理组的平均蛋形指数无显著差异( $P > 0.05$ ). 试验第 1、3 周,与第 I 组相比,第 II、III 和 IV 组的平均蛋形指数均有升高的趋势. 试验第 4 周,第 II、III 组均有升高的趋势;试验第 2 周,第 IV 组显著大于第 II 组( $P < 0.05$ ),其他各组之间无显著差异( $P > 0.05$ ). 相对于第 I 组,第 III 和 IV 组均有升高的趋势. 由表 6 可以得出,试验第 1 周,第 III 和 IV 组的平均哈氏单位显著高于第 I 组( $P < 0.05$ ),第 II、III 和 IV 组之间无显著差异( $P > 0.05$ ),第 I 和 II 组之间无显著差异( $P > 0.05$ );试验第 2 周,第 IV 组显著高于第 I 组( $P < 0.05$ ),其他组之间没有显著差异( $P > 0.05$ );第 3 周,第 IV 组显著高于其他处理组( $P < 0.05$ );试验第 4 周,各组之间无显著差异( $P > 0.05$ ). 由表 7 可以看出,试验第 1 周,各个处理组中鸡蛋的蛋黄平均 DHA 含量均没有显著差异( $P > 0.05$ ),但各试验组的平均 DHA 含量相对于对照组有升高的趋势;试验第 3、4 周蛋黄平均 DHA 含量,第 IV 组极显著高于第 I 和 II、III 组( $P < 0.01$ ),第 III 组极显著高于第 I 和 II 组( $P < 0.01$ ),第 II 组极显著高于第 I 组( $P < 0.01$ ),且第 IV 组的含量最高. 相对于第 3 周,第 4 周各处理组的 DHA 含量均下降. 说明在第 3 周的时候,DHA 在蛋黄中的沉积达到最大. 从对整个蛋品质的影响来看,试验第 IV 组的效果最好.

表 5 每周每组蛋鸡的平均蛋形指数<sup>1)</sup>

Tab.5 Average egg shape indexes of all groups in every week

组别	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
I	1.303 ± 0.022a	1.303 ± 0.041ab	1.292 ± 0.032a	1.296 ± 0.030a
II	1.297 ± 0.033a	1.292 ± 0.052b	1.305 ± 0.060a	1.302 ± 0.025a
III	1.303 ± 0.077a	1.324 ± 0.030ab	1.298 ± 0.058a	1.307 ± 0.076a
IV	1.317 ± 0.035a	1.328 ± 0.028a	1.321 ± 0.043a	1.294 ± 0.024a

1)表中数据为平均数 ± 标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , LSD 法).

表 6 每周每组蛋鸡的平均哈氏单位<sup>1)</sup>

Tab.6 Average haugh unit of all groups in every week

组别	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
I	84.84 ± 0.18c	84.67 ± 0.56b	84.82 ± 0.15b	85.15 ± 0.20a
II	84.99 ± 0.10abc	84.88 ± 0.21ab	84.96 ± 0.10b	85.57 ± 0.19a
III	85.06 ± 0.22ab	84.91 ± 0.39ab	85.03 ± 0.19b	85.49 ± 0.22a
IV	85.06 ± 0.17a	85.05 ± 0.14a	85.41 ± 0.37a	85.46 ± 0.28a

1)表中数据为平均数 ± 标准差,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , LSD 法).

表7 每周每组蛋黄的平均DHA质量比<sup>1)</sup>  
Tab.7 Average contents of DHA in every week

组别	$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$		
	第1周	第3周	第4周
I	472.2 ± 80.2A	555.9 ± 57.6D	500.7 ± 99.1D
II	536.5 ± 95.2A	1 857.9 ± 106.8C	1 669.6 ± 202.4C
III	533.6 ± 60.7A	2 326.1 ± 232.5B	2 105.9 ± 212.1B
IV	528.6 ± 61.6A	3 096.2 ± 51.7A	2 508.6 ± 247.2A

1)表中数据为平均数±标准差,同列数据后凡有一个相同大写字母者,表示差异极不显著( $P > 0.01$ , LSD法)。

## 3 讨论与结论

### 3.1 DHA复合添加剂对蛋鸡生产性能的影响

脂肪是动物机体重要的能量来源之一,是维持动物生长最基本的营养物质。脂肪酸是脂肪分子的基本单位,DHA是一种 $\omega$ -3 PUFAs,且本身具有保证细胞正常生理功能,改善血液微循环等的作用。因此,对动物的生长性能和生产性能都具有一定的影响作用。研究发现,在异育银鲫、黄鳝和幼蟹的饲料中添加富含DHA的原料,可以提高它们的生长性能,提高饲料转化率<sup>[7-9]</sup>。除此之外,在肉鸡的饲料中添加DHA微藻粉对肉鸡的采食量无影响,但可以提高饲料转化率,并存在一定的持续效果,对鸡的生长没有副作用<sup>[10]</sup>。另外,冯晓梅等<sup>[11]</sup>在产蛋鸡的饲料中添加不同DHA、 $\alpha$ -亚麻酸组成和含量的强化多不饱和脂肪酸的饲料,结果发现,不会使产蛋鸡的采食量、产蛋量和体质量下降,反而有一定的增加。本试验研究表明,在饲料中添加不同剂量的DHA复合添加剂对蛋鸡的产蛋率、料蛋比的影响不显著,但均有提高的趋势;对蛋鸡的蛋质量有极显著性提高( $P < 0.01$ )。有研究认为,在蛋鸡的饲料中添加 $\omega$ -3 PUFAs,如果饲料配合不合理,就会使蛋鸡的采食量、产蛋率和体质量下降。从本试验结果来看,我们的饲料配合比较合理且有效,对蛋鸡的生产性能具有一定的促进作用。

### 3.2 DHA复合添加剂对鸡蛋品质的影响

蛋形指数是禽蛋质量的指标之一。它不仅直接关系到种蛋价值和孵化率,还决定着禽蛋的食用价值和商品价值。一般鸡蛋的蛋形指数正常值在1.30~1.35之间。本试验研究结果表明,试验组与对照组之间,蛋形指数没有显著差异且各处理组鸡蛋的蛋形指数比较正常。说明添加DHA不会影响鸡蛋的食用价值和商品价值。

鸡蛋蛋白中含有丰富的营养物质,对人体的健康具有重要作用。哈氏单位是禽蛋品质好坏的指标之一,哈氏单位是表示蛋的新鲜度和蛋白质质量的指

标。哈氏单位越大,说明鸡蛋中的蛋白越高,蛋就越新鲜。本试验研究发现,随着添加DHA复合添加剂水平的提高,哈氏单位也升高。说明DHA具有提高鸡蛋中的蛋白含量的作用。因此,DHA复合添加剂可以提高鸡蛋的食用价值。

刘仕军等<sup>[4]</sup>在泌乳的荷斯坦奶牛的饲料中添加亚油酸和DHA,能够显著降低乳脂的含量。Abughazaleh等<sup>[12]</sup>研究发现含DHA微藻可通过改善瘤胃生物氢化来提高牛奶中c9t11共轭亚油酸含量。月见草籽油中富含多种PUFA及丰富的亚油酸和C-亚麻酸。在鹌鹑饲料中添加月见草籽可改善鹌鹑肉中脂肪酸的组成结构,而且鹌鹑肉中PUFA含量随月见草籽添加量的增加而增加,同时还改善其品质与风味,使鹌鹑肉中 $\omega$ -6/ $\omega$ -3比例均衡<sup>[13-14]</sup>。另外,饲料中可添加亚麻酸以生产富含n-3 PUFAs的功能性兔肉产品;猪饲料中添加一定程度的 $\omega$ -3脂肪酸,可以增加干腌火腿亚油酸的含量<sup>[15-16]</sup>。说明饲料中的脂肪酸能够对动物产品脂肪酸的含量产生影响。然而脂肪酸在蛋中的沉积涉及到脂肪合成、组装、转运和跨膜内吞等一系列的过程,其某一个过程出现问题,都会影响脂肪酸在鸡蛋中的沉积。饲料成分是影响鸡蛋中脂肪酸沉积的直接原因,其中多不饱和脂肪酸可能是蛋中脂肪酸的成分,饲料中不同来源的多不饱和脂肪酸影响蛋黄中脂肪酸的沉积<sup>[17]</sup>。Carvalho等<sup>[2]</sup>利用鱼油或者海藻为原料,制成5种不同水平的DHA添加剂添加到海塞克斯白鸡的饲料中,结果显示,蛋黄中的花生四烯酸随2种原料制成的DHA水平的提高而呈线性降低,蛋黄中的DHA沉积效率随DHA添加量的增加而呈线性下降,DHA和n-3 PUFAs的含量显著性增加。Lawlor等<sup>[18]</sup>在蛋鸡的饲料中添加鱼油微胶囊,能够增加鸡蛋总n-3长链脂肪酸。Pita等<sup>[19-20]</sup>在蛋鸡的饲料中添加含 $\omega$ -3 PUFAs不同的原料,结果表明,蛋黄中DHA的沉积效率不同,但都能提高蛋中的 $\omega$ -3 PUFAs含量。还有在鹌鹑的饲料中添加亚麻仁,可以提高蛋中n-3 PUFAs的含量,降低n-6 PUFAs/n-3 PUFAs的比值<sup>[21]</sup>。冯晓梅等<sup>[11]</sup>认为产蛋鸡饲料中添加富含 $\omega$ -3 PUFAs的物质不仅能够显著提高鸡蛋蛋黄中 $\omega$ -3 PUFAs的含量,而且还可以使 $\omega$ -6和 $\omega$ -3 PUFAs的比例更趋合理。本试验研究结果表明,在试验第1周,DHA复合添加剂对鸡蛋中的DHA含量的影响不大,但是有提高的趋势;试验第3、4周,显著提高了鸡蛋中的DHA含量,并随DHA复合添加剂添加量的增加,蛋黄中DHA的沉积越大;但是第4周,相对于第3周各组蛋黄中的DHA含量均有下降的趋势。

从总体上讲,饲料中添加 DHA 复合添加剂可以使蛋黄中的 DHA 含量升高,与前人研究的结果相似. 从本试验 DHA 富集的情况来看,我们认为 DHA 富集效率与产蛋时间有着密切的联系. 随着产蛋时间的延长,蛋中 DHA 的沉积效率会下降,其中的作用机制需要进一步的研究.

从本试验研究结果来看,在饲料中添加不同水平 DHA 复合添加剂对蛋鸡的生产性能和蛋品质均有促进作用. 从整个试验结果,建议蛋鸡饲料中 DHA 复合添加剂的添加量为 8% 为宜.

#### 参考文献:

- [1] 曹万新,孟橘,田玉霞. DHA 的生理功能及应用研究进展[J]. 中国油脂,2011,36(3):1-4.
- [2] CARVALHO P R, PITA M C G, PIBER NETO E, et al. Effect of PUFA-rich supplements from marine sources in the feed of laying hens on lipid composition and the percentage of incorporation of *n*-6 PUFAs in egg yolk[J]. *Arquivos do Instituto Biológico*,2009,76(2):173-186.
- [3] 代菲,何平谦. DHA 鸡蛋的开发和前景分析[J]. 养殖技术顾问,2011(6):78.
- [4] 刘仕军,卜登攀,王加启,等. 日粮添加 LA 和 DHA 对乳脂脂肪酸含量及比值的影响[J]. 动物营养学报,2008,20(5):515-521.
- [5] 佚名. 羔羊日粮中添加多不饱和脂肪酸对其生产性能和胴体品质的影响研究[J]. 张浩,译. 饲料广角,2011(10):29-33.
- [6] 李静,邓泽元,黄玉华. 蛋类中脂肪酸的测定[J]. 南昌大学学报:理科版,2007,31(2):164-166.
- [7] 陈家林,韩冬,朱晓鸣,等. 不同脂肪源对异育银鲫的生长、体组成和肌肉脂肪酸的影响[J]. 水生生物学报,2011,35(6):988-997.
- [8] 周秋白,朱长生,吴华东,等. 饲料中不同脂肪源对黄鳢生长和组织中脂肪酸含量的影响[J]. 水生生物学报,2011,35(2):246-255.
- [9] 汪留全,胡王,李海洋,等. 饲料中 DHA 与 EPA 水平对幼蟹生长和饲料利用率的影响[J]. 渔业现代化,2003(6):39-40.
- [10] 李岩,孙超. 饲料添加 DHA 对肉仔鸡生长及脂肪代谢基因转录的后效作用[J]. 中国农业科学,2009,42(11):4042-4050.
- [11] 冯晓梅,韩玉谦,李钊,等. 高 DHA 含量营养保健鸡蛋的研究[J]. 食品科学,2006,27(4):167-170.
- [12] ABUGHAZALEH A A, POTU R B, IBRAHIM S. Short communication: The effect of substituting fish oil in dairy cow diets with docosahexaenoic acid-microalgae on milk composition and fatty acids profile[J]. *J Dairy Sci*,2009(92):6156-6159.
- [13] 张爱武,左璐雅,董斌. 不同水平月见草籽对鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(3):22-27.
- [14] 董斌,左璐雅,郑雪,等. 月见草对鹌鹑生产性能及不饱和脂肪酸含量的影响[J]. 经济动物学报,2010,14(1):38-40.
- [15] 杜海涛,王春阳,王雪鹏,等. 日粮  $\alpha$ -亚麻酸水平对断奶至 2 月龄肉兔生长性能脂肪酸构成及肝脏相关基因 mRNA 表达的影响[J]. 畜牧兽医学报,2011,42(5):671-678.
- [16] 佚名. Omega-3 脂肪酸对猪肉品质的影响研究[J]. 李玉梅,译. 饲料广角,2011(23):40-44.
- [17] 陈伟,林映才,张罕星,等. 家禽脂肪酸代谢及其在禽蛋中的沉积和营养调控[J]. 动物营养学报,2012,24(2):204-211.
- [18] LAWLOR J B, GAUDETTE N, DICKSON T, et al. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil[J]. *Anim Feed Sci Tech*,2010,156(3/4):97-103.
- [19] PITA M C G, CARVALHO P R, NETO E P, et al. Effect of marine and vegetal sources on the hen diets on the PUFAs and PUFAs *n*-3 in laying hens egg yolk and plasm[J]. *Int J Poult Sci*,2010,9(2):148-151.
- [20] PITA M C G, DE CARVALHO P R, NETO E P, et al. Modulation of plasma levels and percentages of incorporation of  $\omega$ -3 PUFAs in egg yolk under the influence of supplementation sources rich in omega 3 to diet of laying hens[J]. *Pak J Nutr*,2011,10(8):735-754.
- [21] DA SILVA W A, ELIAS A H N, ARICETTI J A, et al. Quail egg yolk (*Coturnix coturnix japonica*) enriched with omega-3 fatty acids[J]. *LWT-Food Sci Technol*,2009,42(2):660-663.

【责任编辑 柴 焰】