

# 肉种鸡补充硒代蛋氨酸对后代肉鸡肉质的影响及作用机理

刘伟龙<sup>1</sup> 占秀安<sup>1\*</sup> 王永侠<sup>1</sup> 郟彦昭<sup>2</sup> 武如娟<sup>1</sup>

(1. 浙江大学饲料科学研究所, 杭州 310029; 2. 北京挑战农业科技有限公司, 北京 100081)

**摘要:** 本试验旨在研究肉种鸡补充硒代蛋氨酸对后代肉鸡肉质的影响, 并从肌肉组织的硒沉积、抗氧化功能、组织形态、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)基因表达方面探讨其作用机理。试验选用39周龄岭南黄肉种鸡240只, 随机分为2组, 每组3个重复, 每个重复40只。试验设亚硒酸钠组(SS组)和DL-硒代蛋氨酸组(SM组), 均在基础饲料中(硒的实测值为0.04 mg/kg)添加硒0.3 mg/kg。种蛋按重复分别孵化后, 初生雏鸡每组分3个重复, 每重复各选60只。后代肉鸡饲喂不加硒的相同饲料56 d。结果表明: 同比SS组, DL-硒代蛋氨酸使后代肉鸡胸肌宰后48 h滴水损失率绝对值降低了0.90% ( $P < 0.05$ ); 极显著地提高了后代肉鸡肌肉组织、血清及种蛋的硒含量 ( $P < 0.01$ ); 提高了1日龄雏鸡肌肉GSH-Px ( $P < 0.05$ )、超氧化物歧化酶(SOD)活性 ( $P < 0.01$ )、总抗氧化能力(T-AOC) ( $P < 0.05$ ); 增强了56日龄后代肉鸡血清和肌肉GSH-Px活性 ( $P < 0.01$ )、血清SOD活性 ( $P < 0.05$ )、肌肉T-AOC ( $P < 0.05$ ); 使后代肉鸡腿肌肌丝整体排列均匀致密; 并使后代肉鸡胸肌的GSH-Px mRNA表达增高了16.26% ( $P < 0.05$ )。结果提示: 肉种鸡补充硒代蛋氨酸能显著提高种蛋及后代肉鸡肌组织的硒沉积量, 促进相关抗氧化酶的基因表达, 增强其抗氧化系统功能, 有助于维持肌细胞的完整性, 从而达到提高肉质的作用效果。

**关键词:** 肉种鸡; 后代肉鸡; 硒代蛋氨酸; 肉质; 滴水损失率; 硒含量; 抗氧化功能

**中图分类号:** S831.5; S816.72

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)03-0417-09

硒是动物必需的一种微量元素, 在提高生产性能和肉品质、抗氧化、抗应激等方面起着重要的作用。饲用硒源主要有无机硒(亚硒酸钠)和有机硒(酵母硒)2种。无机硒来源丰富, 价格较低; 而有机硒较无机硒虽价格相对偏高, 但在提高动物机体硒酶活力、繁殖性能、抗氧化功能、产品质量等方面均有一定优势<sup>[1-2]</sup>。近年来, 硒代氨基酸在饲料中的应用研究也比较广泛。Schrauzer<sup>[3]</sup>和Mahan<sup>[4]</sup>研究表明, DL-硒代蛋氨酸作为一种外源性的氨基酸, 除了可为动物体内硒酶、硒蛋白的合成提供硒外, 还可替代蛋氨酸非特异性地参加到蛋白质的合成中, 从而显著提高组织及种蛋蛋白中硒的沉积量<sup>[5-6]</sup>。由此提示, DL-

硒代蛋氨酸可通过种蛋传递到后代肉鸡机体中, 可能影响后代肉鸡的生长性能等。但迄今尚未见DL-硒代蛋氨酸对肉鸡母体效应及其表达机制的研究报道。为此, 本研究试用高纯度DL-硒代蛋氨酸作为有机硒源, 以亚硒酸钠为对照, 探讨肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肉质的影响, 并从血清和肌肉硒沉积及抗氧化系统功能等方面探讨其作用机制, 旨在为其科学应用提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

DL-硒代蛋氨酸(纯度99.5%)和亚硒酸钠

收稿日期: 2010-08-30

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(NYCYTX-42-G2-06); 新世纪优秀人才支持计划(NECT-07-0758)

作者简介: 刘伟龙(1986—), 男, 山东诸城人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: kekebo521@163.com

\* 通讯作者: 占秀安, 教授, 博士生导师, E-mail: xazan@zju.edu.cn

(纯度 98.0%),由 Sigma 公司提供;试验动物为岭南黄品种父母代肉种鸡及其后代肉鸡;试验饲料参考我国行业标准 NY/T 33—2004 黄羽肉种鸡、黄羽

肉鸡营养需要配合而成,基础饲料组成及营养水平见表 1 和表 2。

表 1 肉种鸡基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet for broiler breeders (DM basis)

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels	含量 Content
玉米 Corn	64.9	代谢能 ME/(MJ/kg) <sup>2)</sup>	11.24
豆粕 Soybean meal	25.0	粗蛋白质 CP	16.11
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.8	钙 Ca	3.02
石粉 Limestone	7.0	总磷 TP	0.65
食盐 NaCl	0.3	赖氨酸 Lys	0.82
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0	蛋氨酸 Met	0.55
合计 Total	100.0	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.81

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 Premix provides following per kilogram of the diet: Fe 80 mg, Cu 8 mg, Zn 80 mg, Mn 100 mg, I 1.0 mg, VA 10 800 IU, VD<sub>3</sub> 2 160 IU, VE 27 mg, VK<sub>3</sub> 1.4 mg, VB<sub>1</sub> 1.8 mg, VB<sub>2</sub> 8 mg, VB<sub>6</sub> 4.1 mg, VB<sub>12</sub> 0.01 mg, 烟酸 niacin 32 mg, D-泛酸钙 D-calcium pantothenate 11 mg, 叶酸 folic acid 1.1 mg, 生物素 biotin 0.18 mg。

<sup>2)</sup> 代谢能为计算值,其余为实测值。ME is a calculated value, and the others are measured values.

表 2 后代肉鸡基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diets for progenies of broiler breeders (DM basis)

%

项目 Items	1 ~ 21 d	22 ~ 42 d	43 ~ 56 d
原料 Ingredients			
玉米 Corn	59.0	63.6	65.5
豆粕 Soybean meal	36.0	31.0	29.0
豆油 Soybean oil	1.0	1.4	2.0
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.5	1.2	1.0
石粉 Limestone	1.2	1.5	1.2
食盐 NaCl	0.3	0.3	0.3
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels			
代谢能 ME/(MJ/kg) <sup>2)</sup>	11.88	12.18	12.43
粗蛋白质 CP	20.51	18.66	17.93
赖氨酸 Lys	1.20	1.06	1.01
蛋氨酸 Met	0.48	0.42	0.41
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.80	0.72	0.70
钙 Ca	0.91	0.93	0.77
总磷 TP	0.65	0.58	0.54

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 Premix provides following per kilogram of the diet: Fe 80 mg, Cu 8 mg, Zn 60 mg, Mn 80 mg, I 0.35 mg, VA 5 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 000 IU, VE 10 mg, VK<sub>3</sub> 0.50 mg, VB<sub>1</sub> 2 mg, VB<sub>2</sub> 3 mg, VB<sub>6</sub> 3 mg, VB<sub>12</sub> 0.01 mg, 烟酸 niacin 25 mg, D-泛酸钙 D-calcium pantothenate 10 mg, 叶酸 folic acid 0.55 mg, 生物素 biotin 0.15 mg。

<sup>2)</sup> 代谢能为计算值,其余均为实测值。ME is a calculated value, and the others are measured values.

## 1.2 试验设计与饲养管理

选取 39 周龄岭南黄肉种鸡 240 只,按照饲养试验要求分为 2 组(含 3 个重复,每重复 40 只),分别

饲喂添加 0.30 mg/kg 硒水平的亚硒酸钠(SS 组)和 DL-硒代蛋氨酸(SM 组)的饲料(基础饲料硒的实测值为 0.04 mg/kg)。常规饲养管理。试验期间

每天分重复收集种蛋,饲养结束后将所收集的种蛋分重复进行孵化。孵化结束后每重复各取初生雏鸡 60 只,每组 180 只,共计 360 只,饲喂不含硒的相同基础饲料,进行常规饲养管理 56 d,自由饮水和采食。

### 1.3 样品采集与保存

随机选取各重复种蛋 15 枚,共 90 枚,于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  下保存。初生雏鸡每重复各选 15 只,解剖取肌肉样品,置于  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱保存。肉鸡饲养试验结束后,每重复随机选取 10 只母鸡,静脉采血制备血清,解剖取肌肉样品,置于  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱保存;取部分右侧胸肌,置于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱用于测肉质指标。

### 1.4 指标测定与方法

#### 1.4.1 肉色和滴水损失的测定

胸肌的肉色采用肉色仪分别在屠宰后的 8、16 h 测定;滴水损失的测定是从胸肌上取长 5 cm、宽 3 cm 的长方体薄片称重  $W_0$ ,然后用铁丝钩住肉样的一端,使肌纤维垂直向上,装入充气的塑料薄膜袋中,肉样不与袋壁接触,扎好袋口,吊挂于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱中,每隔 24 h 称取肉样重  $W_i$ ,连续测定 2 次,按下面公式分别计算肌肉的滴水损失:滴水损失率( $\%$ ) =  $100 \times (W_0 - W_i) / W_0$ 。

#### 1.4.2 硒含量和抗氧化指标的测定

基础饲料硒含量测定参照 GB/T 13883—1992 方法。血清、肌肉和种蛋中硒含量采用 AFS-230 $\alpha$  双道原子荧光光度计测定,谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)活性,还原性谷

胱甘肽(GSH)、丙二醛(MDA)含量和总抗氧化能力(T-AOC)指标按照南京建成生物工程研究所的试剂盒测定。

#### 1.4.3 肌肉组织电镜切片制作

将肉鸡腿肌组织块清洗后,用梯度丙酮或乙醇脱水 $\rightarrow$ 塑料包埋剂包埋 $\rightarrow$ 标本囊 $\rightarrow$ 置入最终包埋剂中 $\rightarrow$ 包埋块修整 $\rightarrow$ 超薄切片 $\rightarrow$ 切片干燥 $\rightarrow$ 透射电镜(日本电子公司 JEM-1200EX 型透射电子显微镜)观察和拍照。

#### 1.4.4 肌肉组织 GSH-Px mRNA 丰度的测定

取后代肉鸡肌肉组织后,立即按照 TRIzol 试剂的说明书(Invitrogen 公司)提取总 RNA,测定 RNA 的纯度及含量,然后对 GSH-Px 进行逆转录反应。取总 RNA 2 $\mu\text{g}$ ,按 BBI 公司 MMLV Reverse Transcriptase cDNA Synthesis Kit 说明书合成 cDNA,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  保存。基因表达水平差异检测采用多重荧光定量法检测。根据试剂说明书配制 RT-PCR 反应液,将反应液置于荧光定量 PCR 仪(美国 Bio-Rad)上进行定量 PCR 扩增反应。RT-PCR 使用的预变性条件为:  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  预变性, 10 s; 45 个循环分别经历了 3 个过程(  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  变性, 5 s;  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  退火/延伸, 25 s)。GSH-Px 基因和内参磷酸甘油醛脱氢酶(GAPDH)基因的引物序列见表 3。用比较模板的域值循环数( $C_t$ )相对定量法研究肌肉组织中 GSH-Px 基因表达。以内参基因 GAPDH 为参比,则  $C_t$  的相对量为  $\Delta C_t = C_t(\text{目的基因}) - C_t(18\text{ s GAPDH})$ 。GSH-Px 基因相对表达水平以  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  表示。

表 3 RT-PCR 引物和条件

Table 3 Primers and conditions of real-time PCR

基因 Gene	基因序列号 GenBank accession numbers	引物序列 Primer sequences	扩增长度 Amplification length/bp
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px	NM_001163245	F:5'-CGGTGCCTCCTTTCCTATGTTC-3' R:5'-CCAGAAGTCCAGGTTGGTTC-3'	112
磷酸甘油醛脱氢酶 GAPDH	K01458	F:5'-GGCACTGTCAAGGCTGAGAAC-3' R:5'-GAGATGATAACACGCTTAGCACCA-3'	194

### 1.5 数据处理

所得数据采用 SPASS 16.0 软件的 GLM 模块进行显著性分析,差异显著则进行 Duncan 氏多重比较分析,数据用平均值  $\pm$  标准差表示,  $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肉色和滴水损失的影响

表 4 表明,肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡宰

后 8、16 h 的胸肌肉色影响差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 宰后 48 h 的胸肌滴水损失率绝对值降低了 0.90% (表 5 表明, 肉种鸡补充 DL-硒代蛋氨酸使后代肉鸡 ( $P < 0.05$ ))。

表 4 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉肉色的影响

Table 4 Effects of different dietary selenium sources on meat color of progenies of broiler breeders

时间 Time	组别 Group	亮度 L*	红度 a*	黄度 b*
8 h	SS 组 SS group	49.70 ± 2.56	9.47 ± 2.71	19.87 ± 4.06
	SM 组 SM group	50.28 ± 3.30	9.78 ± 2.14	18.94 ± 3.25
16 h	SS 组 SS group	49.09 ± 2.28	9.81 ± 2.43	20.41 ± 3.71
	SM 组 SM group	50.78 ± 2.69	9.41 ± 1.96	19.00 ± 3.71

同一指标同列数据肩标\*表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 无标识表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same column, values of the same index with \* superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), with \*\* superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), and no superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

表 5 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉滴水损失率的影响

Table 5 Effects of different dietary selenium sources on drip loss of progenies of broiler breeders

组别 Group	24 h/%	48 h/%
SS 组 SS group	2.83 ± 0.76	5.01 ± 1.07
SM 组 SM group	2.49 ± 0.70	4.11 ± 0.61*

## 2.2 肉种鸡补充不同硒源对种蛋和后代肉鸡血清和肌肉组织硒沉积的影响

表 6 显示, 与 SS 组比, 肉种鸡饲料添加 DL-硒代蛋氨酸极显著提高了种蛋蛋黄和蛋清、后代 1 日

龄雏鸡的肌肉及 56 日龄肉成鸡血清和肌肉组织硒含量 ( $P < 0.01$ ), 尤其是血清中硒含量提高到 2 ~ 3 倍。

表 6 肉种鸡补充不同硒源对种蛋、后代肉鸡血清和肌肉组织硒含量的影响

Table 6 Effects of different dietary selenium sources on selenium concentration in hatching eggs, serum and muscle of progenies of broiler breeders

组别 Groups	蛋清 Albumen/ ( $\mu\text{g/g}$ )	蛋黄 Yolk/( $\mu\text{g/g}$ )	1 日龄雏鸡肌肉	56 日龄肉鸡血清	56 日龄肉鸡肌肉
			Muscle of 1-day-old chicks/( $\mu\text{g/g}$ )	Serum of 56-day-old broilers/( $\mu\text{g/mL}$ )	Muscle of 56-day-old broilers/( $\mu\text{g/g}$ )
SS 组 SS group	0.089 ± 0.005	0.459 ± 0.005	0.102 ± 0.009	0.175 ± 0.010	0.115 ± 0.011
SM 组 SM group	0.119 ± 0.007**	0.590 ± 0.005**	0.130 ± 0.011**	0.439 ± 0.014**	0.131 ± 0.013**

## 2.3 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡血清和肌肉组织抗氧化功能的影响

表 7 显示, 同比 SS 组, SM 组后代 1 日龄雏鸡肌肉 GSH-Px 活性提高了 8.14% ( $P < 0.05$ ), SOD 活性提高了 36.11% ( $P < 0.01$ ), T-AOC 提高了 12.00% ( $P < 0.05$ ); SM 组后代肉成鸡血清和肌肉中 GSH-Px 活性分别提高了 22.53% ( $P < 0.01$ ) 和 117.08% ( $P < 0.01$ ), 肌肉 T-AOC 提高了 42.31%

( $P < 0.05$ ), 血清 SOD 活性和 GSH 含量分别提高了 8.19% ( $P < 0.05$ ) 和 36.03% ( $P < 0.05$ )。

## 2.4 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉组织超微结构的影响

图 1、3 显示, SM 组肉成鸡腿肌肌丝整体排列均匀致密, 无断裂现象。

图 2、4 显示, SS 组肉成鸡腿肌肌丝排列不均匀, 有断裂现象。

表 7 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡血清和肌肉组织抗氧化指标的影响

Table 7 Effects of different dietary selenium sources on antioxidant indices in serum and muscle of progenies of broiler breeders

项目 Items	组别 Group	GSH-Px	SOD	GSH	T-AOC	MDA
1 日龄雏鸡肌肉 Muscle of 1-day-old chicks <sup>2)</sup>	SS 组 SS group	38.92 ± 3.17	39.88 ± 4.39	0.23 ± 0.03	0.50 ± 0.03	1.33 ± 0.16
	SM 组 SM group	42.09 ± 2.59 *	54.28 ± 4.50 **	0.25 ± 0.03	0.56 ± 0.06 *	1.34 ± 0.21
56 日龄肉鸡血清 Serum of 56-day-old broilers <sup>1)</sup>	SS 组 SS group	323.82 ± 12.33	91.73 ± 6.75	6.19 ± 1.37	12.30 ± 2.41	6.45 ± 0.41
	SM 组 SM group	396.78 ± 24.48 **	99.24 ± 4.06 *	8.42 ± 1.74 *	10.81 ± 3.07	6.87 ± 0.47
56 日龄肉鸡肌肉 Muscle of 56-day-old broilers <sup>2)</sup>	SS 组 SS group	4.45 ± 1.19	37.79 ± 1.80	2.02 ± 0.80	0.26 ± 0.08	0.70 ± 0.09
	SM 组 SM group	9.66 ± 2.92 **	30.22 ± 7.77	1.33 ± 0.44	0.37 ± 0.07 *	0.65 ± 0.06

<sup>1)</sup> 血清中指标单位 Index units in serum: GSH-Px/(U/mL), SOD/(U/mL), GSH/(mg/L), T-AOC/(U/mL), MDA/(nmol/mL)。

<sup>2)</sup> 肌肉中指标单位 Index units in muscle: GSH-Px/(U/mg prot), SOD/(U/mg prot), GSH/(mg/g prot), T-AOC/(U/mg prot), MDA/(nmol/mg prot)。

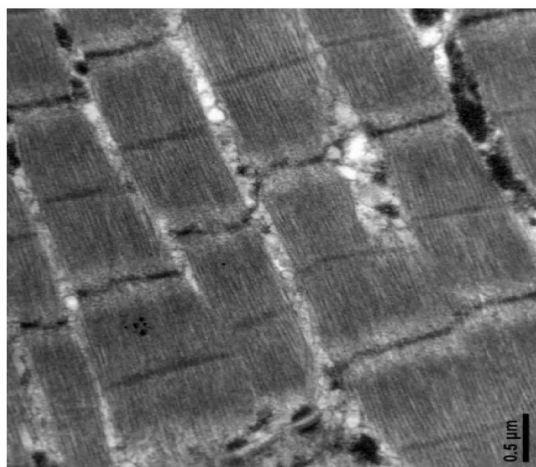


图 1 SM 组腿肌肌丝(30 000 ×)

Fig.1 Myofilament of leg muscle of SM group (30 000 ×)

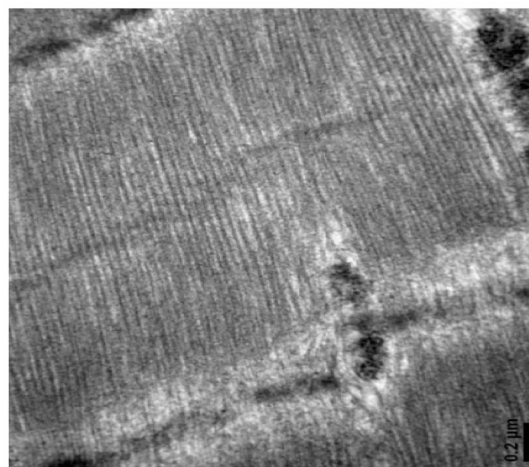


图 3 SM 组腿肌肌丝(60 000 ×)

Fig.3 Myofilament of leg muscle of SM group (60 000 ×)

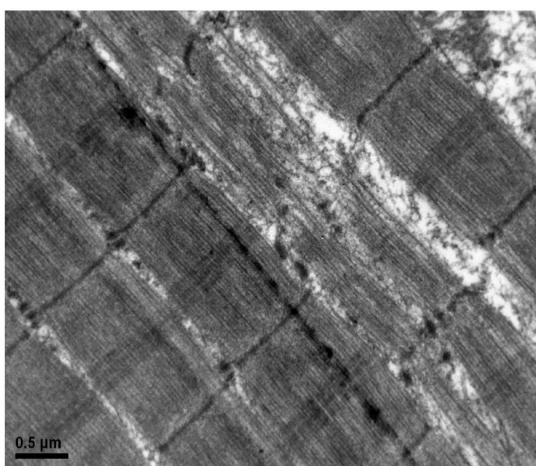


图 2 SS 组腿肌肌丝(30 000 ×)

Fig.2 Myofilament of leg muscle of SS group (30 000 ×)

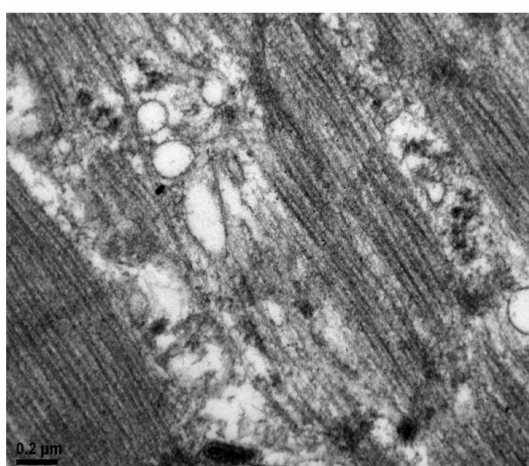
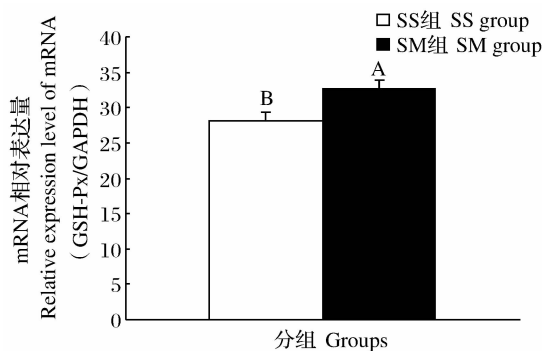


图 4 SS 组腿肌肌丝(60 000 ×)

Fig.4 Myofilament of leg muscle of SS group (60 000 ×)

## 2.5 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉组织 GSH-Px 基因表达的影响

两对引物扩增均具有单一的熔点曲线峰图,说明 GAPDH 引物和 GSH-Px 引物具有较强的特异性。GAPDH mRNA 及 GSH-Px mRNA 扩增 S 形曲线较好,检测到的荧光信号也高,说明该方法可以对本试验中的阳性模板进行高效扩增,从而进行准确定量。肌肉组织中 GAPDH mRNA 和 GSH-Px mRNA 表达的 RT-PCR 检测标准曲线表明不同梯度定量模板数的对数值与  $C_t$  值之间存在较好的相关关系,其相关系数均在 0.996 以上。由图 5 可知,肉种鸡饲料添加不同硒源,SM 组较 SS 组使后代肉鸡胸肌 GSH-Px mRNA 的丰度提高了 16.26% ( $P < 0.01$ )。



柱形标不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )。Column with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ).

图 5 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉组织中 GSH-Px mRNA 表达量的影响

Fig. 5 Effects of different dietary selenium sources on GSH-Px mRNA expression level in muscle of progenies of broiler breeders

## 3 讨论

### 3.1 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肉色和滴水损失的影响

夏枚生等<sup>[7]</sup>发现添加亚硒酸钠 0~0.20 mg/kg 时,胸肌滴水损失随着硒添加浓度的增加而降低;李业国等<sup>[8]</sup>报道,0.3 mg/kg 水平的酵母硒和无机硒较不加硒能显著降低肉仔鸡腿肌的滴水损失;Edens<sup>[9]</sup>报道用无机硒(亚硒酸钠)和有机硒(酵母硒)饲喂肉鸡,两者都明显降低鸡肉的滴水损失,并提高羽毛质量。本试验结果表明,与亚硒酸钠相比,

肉种鸡补充 DL-硒代蛋氨酸能显著降低后代的滴水损失,改善后代肉鸡的肉质,这与许飞利等<sup>[10]</sup>在黄羽肉鸡上的研究报道基本一致。目前,有机硒能改善肉质的机制仍然不太清楚,一般认为硒在机体内作为抗氧化剂可保护细胞结构完整性,减少胞液的流出,降低滴水损失。因此,理论上无论有机硒还是无机硒都能够降低滴水损失。有机硒之所以在改善肉质方面要强于无机硒,可能是因为有机硒较无机硒能更显著提高组织硒含量,增强肌肉抗氧化能力,保持肌细胞完整性,进而更显著的降低肉产品的滴水损失。

### 3.2 肉种鸡补充不同硒源对种蛋和后代肉鸡血清和肌肉组织硒沉积的影响

硒存在于动物体内所有组织和细胞中,其分布水平视组织及饮食硒水平不同而异。无论是硒代蛋氨酸还是亚硒酸钠,除母体正常代谢所需外,其余部分则通过胎盘和乳汁传递给后代<sup>[11]</sup>。肉种鸡对后代肉鸡的营养影响主要通过种蛋来传递,种鸡饲料中许多种营养素被机体吸收后会转移至蛋内。本试验对种蛋蛋清和蛋黄硒含量的检测结果表明,硒在种蛋中的分布并不均匀,蛋黄中硒含量明显高于蛋清,这与李家奎等<sup>[12]</sup>和曹盛丰等<sup>[13]</sup>的报道基本一致。另外,DL-硒代蛋氨酸较亚硒酸钠显著提高了蛋黄和蛋清中硒含量。而对后代肉鸡组织硒含量的测定结果表明,肉种鸡补充硒代蛋氨酸相对于亚硒酸钠极显著地提高了后代肉鸡血清和肌肉组织的硒含量,这与 Pappas 等<sup>[14]</sup>和 Mahmoud 等<sup>[15]</sup>的报道基本一致。这主要是因为亚硒酸钠在动物肠道中是被动吸收的,而硒代蛋氨酸类似于氨基酸形式主动吸收<sup>[16]</sup>,所以较之亚硒酸钠,DL-硒代蛋氨酸更易被肉种鸡血液和组织吸收,进而由母体血液进入种蛋以及后代胚胎中,最终增加后代肉鸡血液和组织硒沉积量。

### 3.3 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡血清和肌肉组织抗氧化功能的影响

Haq 等<sup>[17]</sup>研究发现,在肉种鸡饲料中将硒和维生素 E 结合添加可使胚胎肝脏 GSH-Px 活性增加,进而影响仔代机体抗氧化功能。Surai 等<sup>[18]</sup>研究表明,母源性有机硒添加量对后代雏鸡肝脏中硒含量和 GSH-Px 活性的正效应持续到孵化后第 10 天。Pappas 等<sup>[14]</sup>研究认为,补充母源性有机硒对仔鸡胸肌中硒含量和 GSH-Px 活性的正效应可分别持续到孵化后 3~4 和 2~4 周。郭福存等<sup>[19]</sup>研究表明肉

种鸡饲料中添加 0.3 mg/kg 酵母硒对雏鸡(1~14 日龄)大脑、肝脏、心脏和血浆中 GSH-Px 活性的影响明显高于无机硒。本研究结果表明,肉种鸡补充 DL-硒代蛋氨酸提高了后代雏鸡肌肉中和肉成鸡血清中 GSH-Px、SOD 活性和 GSH 含量,对于肉成鸡肌肉中 GSH-Px 活性也有显著提高。这与 Cantor 等<sup>[20]</sup>、郭福存等<sup>[19]</sup>、Pappas 等<sup>[14]</sup> 等大多数人的研究结果基本一致。由此提示,母种鸡补充 DL-硒代蛋氨酸较补充亚硒酸钠提高了后代肉鸡机体的抗氧化能力,使后代机体处于更为健康的状态。笔者认为,这可能是由于 DL-硒代蛋氨酸其有机态形式,更易被肉种鸡吸收利用,并通过母体更好的传递给仔代,使后代具有较高的硒沉积量,提高了后代机体的抗氧化能力。

### 3.4 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉组织超微结构的影响

线粒体产生的过氧化氢物是影响细胞形态及完整性的主要因素,而线粒体型 GSH-Px 可减少过氧化氢物的产生,从而作为组织细胞保护剂在细胞形态方面起着决定性作用。硒以硒代半胱氨酸的形式参与 GSH-Px 的构成,是 GSH-Px 的重要组成部分,所以适量的硒对维持细胞形态有显著作用。朱航等<sup>[21]</sup> 研究表明,每天给予肝损伤小鼠硒酵母 40 mg/kg,能显著增加 SOD、过氧化氢酶(CAT)、GSH-Px 活性,并减少细胞损伤。阎胜利等<sup>[22]</sup> 研究发现,一定浓度的硒( $10^{-7}$  mol/L)可有效减轻  $H_2O_2$  诱发的甲状腺细胞的损伤,拮抗其导致的甲状腺细胞凋亡。

本研究通过透射电镜观察发现,相对于 SM 组,SS 组腿肌肌丝排列不均匀,有断裂现象。本次试验结果提示,DL-硒代蛋氨酸比亚硒酸钠更有利于通过母体效应增强仔代肌肉 GSH-Px 活性,减少过氧化氢物的产生,进而达到保护肌细胞,保持细胞完整性的作用效果。

### 3.5 肉种鸡补充不同硒源对后代肉鸡肌肉组织 GSH-Px 基因表达的影响

如前所述,肉种鸡补充 DL-硒代蛋氨酸较亚硒酸钠显著地提高了后代肉成鸡血清和肌肉中的 GSH-Px 活性,因此检测后代肉鸡肌肉组织中的 GSH-Px mRNA 的表达丰度,对于从基因表达水平探讨其提高肉质的机理具有重要意义。Qin 等<sup>[23]</sup> 报道,小鼠饲料中添加 0.1 mg/kg 硒水平的亚硒酸钠和酵母硒,酵母硒组小鼠血清 GSH-Px 活性显著

高于亚硒酸钠组,小鼠肝脏 GSH-Px mRNA 丰度值也表现出一致的规律性。本试验首次研究表明,肉种鸡饲料添加 DL-硒代蛋氨酸较亚硒酸钠极显著提高了后代肉成鸡肌肉组织 GSH-Px 的 mRNA 丰度 16.26% ( $P < 0.01$ ),这说明肉种鸡补充不同硒源在基因转录水平上影响了其后代肉鸡肌肉细胞 GSH-Px 的基因表达。这可能是由于较之亚硒酸钠,DL-硒代蛋氨酸更易被肉种鸡血液和组织吸收,通过母体血液进入种蛋以及后代胚胎中,进而在基因水平上影响 GSH-Px 的基因表达。

## 4 结 论

肉用母种鸡补充不同硒源后,母体硒通过种蛋传递给后代。同比亚硒酸钠,DL-硒代蛋氨酸在提高种蛋硒含量的同时也提高了后代肉鸡硒沉积量,促进后代肉鸡肌肉组织相关抗氧化酶的基因表达,增强其抗氧化功能,维护肌细胞的完整性,从而改善了肉质。

## 参考文献:

- [ 1 ] CRONIN J R. Dietary selenium: elemental nutrition for muscles, immunity, well-being and cancer prevention [J]. Journal of Alternative and Complementary Therapies, 2000, 6(6):342-346.
- [ 2 ] HANSEN J C, DEGUCHI Y. Selenium and fertility in animals and man-a review [J]. Acta Veterinaria Scandinavica, 1996, 37:19-30.
- [ 3 ] SCHRAUZER G N. Selenomethionine: a review of its nutritional significance, metabolism and toxicity [J]. Journal of Nutrition, 2000, 130:1653-1656.
- [ 4 ] MAHAN D C. Effect of organic and inorganic selenium sources and levels on sow colostrum and milk selenium content [J]. Journal of Animal Science, 2000, 78:100-105.
- [ 5 ] NAKAMURO K, NAKANISHI K, OKUNO T, et al. Comparison of methylated selenium metabolites in rats after oral administration of various selenium compounds [J]. Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, 1997, 43:182-189.
- [ 6 ] ZHAN X A, WANG M, ZHAO R Q, et al. Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs [J]. Animal Feed Science and Technology, 2007, 132:202-211.
- [ 7 ] 夏枚生,宋保强,胡彩虹,等. 纳米硒对肉鸡肌肉品质

- 的影响[J]. 科技通报, 2005(4): 421-426.
- [8] 李业国, 郭峰, 李同树. 日粮不同硒源对肉仔鸡生产性能、肉质和血清甲状腺激素的影响[J]. 畜牧与兽医, 2005, 37(8): 30-32.
- [9] EDENS F W. Potential for organic selenium to replace selenite in poultry diets[J]. *Zootecnica International*, 1997, 20(1): 28-31.
- [10] 许飞利, 潘晓亮, 马庆林, 等. 不同硒源对黄羽肉鸡肉品质的影响[J]. 饲料广角, 2007(5): 25-26.
- [11] 潘晓建. 母源性酵母硒和蛋氨酸对狼山鸡种蛋和后代鸡胸肉品质的影响[D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [12] 李家奎, 王小龙, 赵圣. 富硒麦芽硒在鸡蛋中的分布及蛋鸡对其相对生物利用率[J]. 中国兽医学报, 2001, 21(4): 395-398.
- [13] 曹盛丰, 杨丽娥, 程美蓉. 日粮中高硒高铁与其在鸡蛋中沉积关系的研究[J]. 扬州大学学报, 2003, 24(1): 26-30.
- [14] PAPPAS A C, KARADAS F, SURAI P F, 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.
- [15] MAHMOUD K Z, EDENS F W. Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domestics*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2003, 136: 921-934.
- [16] SPEAKE B K, MURRAY A M B, NOBLE R C. Transport and transformations of yolk lipids during development of the avian embryo[J]. *Progress in Lipid Research*, 1998, 37: 1-32.
- [17] HAQ A U, BAILEY C A, CHINNAH A. Effect of h-carotene, canthaxanthin, lutein and vitamin E on neonatal immunity of chicks when supplemented in the broiler breeder diets[J]. *Poultry Science*, 1996, 75, 1092-1097.
- [18] SURAI P F. Effect of the selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick[J]. *British Poultry Science*, 2000, 41(2): 235-243.
- [19] 郭福存, 王斯佳, 宗杨, 等. 有机硒对雏鸡质量及酶活力的影响[J]. 饲料研究, 2008(2): 4-6.
- [20] CANTOR A H, TARINO J Z. Comparative effects of inorganic and organic selenium on selenium levels and selenium-dependent glutathione peroxidase activity in blood of young turkeys [J]. *Journal of Nutrition*, 2002, 112: 2187-2196.
- [21] 朱航, 何秋实, 吕阳, 等. 富硒酵母对铁过量导致小鼠肝损伤保护作用的实验研究[J]. 热带医学研究, 2007, 7(8): 732-734.
- [22] 阎胜利, 王婷婷. 硒对自身免疫甲状腺炎大鼠甲状腺细胞 Caspase-3, Bcl-2, Bax 蛋白表达影响[J]. 齐鲁医学杂志, 2009, 24(4): 324-326.
- [23] Qin S Y. Comparison of glutathione peroxidase 1 and iodothyronine deiodinase 1 mRNA expression in murine liver after feeding selenite or selenized yeast[J]. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2009 (23): 29-35.



## Dietary *DL*-selenomethionine Supplementation of Broiler Breeder Diets Affects the Meat Quality of the Progeny

LIU Weilong<sup>1</sup> ZHAN Xiuan<sup>1\*</sup> WANG Yongxia<sup>1</sup> QIE Yanzhao<sup>2</sup> WU Rujuan<sup>1</sup>

(1. Feed Science Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Beijing Challenge Agricultural Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100081, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of maternal dietary *DL*-selenomethionine on meat quality of progenies of broiler breeders and to investigate its mechanism through selenium (Se) deposition, antioxidant capacity, histological morphology and gene expression of glutathione peroxidase (GSH-Px) in muscle. A total of 240 *Lingnan* yellow broiler breeders of 39 weeks of age were randomly allocated to 2 groups, each group contained 3 replicates of 40 birds. Chickens in two groups were fed the same basal diet containing 0.04 mg/kg Se, and supplemented with 0.3 mg/kg Se in the form of sodium selenite (SS) and *DL*-selenomethionine (SM), respectively. Eggs were collected by each replicate and then hatched. Sixty new-born chicks of each replicate were selected. The total 360 chicks were fed the same basal diet containing 0.04 mg/kg Se, without additional Se supplementation for 56 days. The results showed that compared with SS, SM decreased the drip loss of breast muscle by 0.90% ( $P < 0.05$ ) at 48 h after slaughter in progenies of 56-day-old, and significantly increased Se concentration in eggs, serum and muscle of progenies ( $P < 0.01$ ). SM also increased more total antioxidant capacity (T-AOC) ( $P < 0.05$ ), GSH-Px ( $P < 0.05$ ) and superoxide dismutase (SOD) activities ( $P < 0.01$ ) in muscle of 1-day-old chicks than SS. As to the 56-day-old broilers, SM was more effective than SS in enhancing the activity of serum SOD ( $P < 0.05$ ), serum and muscle GSH-Px activities ( $P < 0.01$ ) and muscle T-AOC ( $P < 0.05$ ), and increasing the mRNA expression of GSH-Px in leg muscle by 16.26% ( $P < 0.05$ ). In addition, maternal SM induced the regular arrangement of myofilament of leg muscle in progenies. In conclusion, it suggests that maternal SM, compared with SS, significantly increases Se level in eggs, promotes the deposition of Se in serum and breast muscle of progenies, and enhances the antioxidant capacity in muscle and the gene expression of related antioxidant enzymes. SM also maintains the integrity of muscle cells and improves meat quality of broilers. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(3):417-425]

**Key words:** broiler breeders; progeny; selenomethionine; meat quality; drip loss; selenium concentration; antioxidant capacity

\* Corresponding author, professor, E-mail: xazan@zju.edu.cn

(编辑 田艳明)