

亚麻籽对肉鸡生产性能及肌肉中 ω -3 PUFA 富集的影响

杨焕民¹ 黄玉兰² 康 波³ 周瑞进¹ 李祥辉⁴

(1.黑龙江八一农垦大学动物科技学院, 大庆 163319; 2.黑龙江八一农垦大学生命科技学院, 大庆 163319; 3.吉林大学畜牧兽医学院, 长春 130062; 4.黑龙江八一农垦大学高等职业技术学院, 大庆 163319)

摘 要: 本研究采用二次正交旋转组合试验设计, 研究日粮中添加亚麻籽和 VE 对肉鸡生产性能及总 ω -3 PUFA 沉积的影响。随机选取 1 020 只 2 周龄的 AA 肉鸡, 分成 16 个试验组和 1 个对照组。对照组饲喂基础日粮, 试验组添加不同水平的亚麻籽和 VE。结果表明: 试验 5 组 (3% 亚麻籽) 肉鸡平均日增重比对照组低 3.38% ($P < 0.05$), 胸肉和腿肉中沉积的总 ω -3 PUFA 分别比对照组提高 77.91% 和 94.11% ($P < 0.01$); 建立总 ω -3 PUFA 沉积量和平均日增重的综合函数为: $L(Y) = 43.65 + 1.55 X_1 + 1.51 X_1^2 + 1.69 X_2^2$ 。以上结果提示, 亚麻籽和 VE 的添加量分别为 16.39、0.07 g/kg 时, 肌肉中总 ω -3 PUFA 沉积较多, 同时肉鸡的平均日增重较高。

关键词: ω -3 PUFA; 亚麻籽; VE; AA 肉鸡

心血管系统疾病是我国, 同时也是世界多数国家最主要的死亡原因之一^[1]。 ω -3 多不饱和脂肪酸 (ω -3 polyunsaturated fatty acid, ω -3 PUFA) 是预防心脑血管疾病的有效物质之一^[2]。近年来, 众多学者一直在寻找开发富含 ω -3 PUFA 的食物。研究表明, 亚麻籽富含 α -亚麻酸 (α -linolenic acid, ALA), ALA 是动物机体不能合成, 同时又是生命活动所必需的 ω -3 PUFA 的前体物, 它在家禽体内可以转化成 EPA 和 DHA 等 ω -3 PUFA, 在蛋鸡日粮中添加亚麻籽或亚麻油能显著增加鸡蛋中 ω -3 PUFA 的含量^[3-6]。但在肉鸡日粮中添加亚麻籽或亚麻油等方面的研究较少。肉类产品中含有的 PUFA 在贮藏过程中易发生脂质氧化^[7], 而 VE 具有较好的抗氧化作用, 能有效的改善由多不饱和脂肪酸引起的鸡肉脂质氧化^[8]。加拿大农业食品部对肉鸡的饲料配方进行了研究, 亚麻籽在肉鸡日粮中的添加量不应超过 3%, 若超过此量可能会引起增重和饲料利用率的下降^[9]。而 VE 的添加量应由饲料中长链不饱和脂肪酸的含量来确定: 在 1 kg 饲料中每含 10 g 不饱和脂肪酸 (1%), 至少添加 0.03 g 的 VE^[10]。但是, 目前对于亚麻籽和 VE 在饲料中以何种比例添加, 即不影响肉鸡的生产性能又能使鸡肉中富集较高含量的 ω -3 PUFA, 相关报道甚少。因此, 本研究通过向肉鸡日粮中添加不同配比的亚麻籽和 VE 来研究亚麻籽对肉鸡生产性能及鸡肉中 ω -3 PUFA 的沉积的影响, 旨在确定亚麻籽和 VE 在肉鸡日粮中的最佳添加量及添加比例, 从而为富含 ω -3 PUFA 食品的开发利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计和饲养管理

随机选用 1 020 只 2 周龄健康 AA 肉鸡进行试验。本试验采用两因素二次正交旋转组合的设计方法 (表 1), 两个因素分别为亚麻籽和 VE。试验共分成 17 个组, 每组 6 个重复, 每个重复 10 只鸡, 调整各组体重至组间无显著差异时, 预饲 1 周, 然后进行正式试验, 试验共进行 5 周。

表 1 因素水平编码表^[11]

变 量 名	编码	亚麻籽	维生素 E
Variable name	Code	Linseed (g)	Vitamin E (g)
编 码 值 Coding value	+1.414	30	0.12
	+1	27	0.11
	0	20	0.07
	-1	13	0.03
	-1.414	10	0.02

各试验组日粮配方按日粮单位代谢能所含营养成分基本相同的原则配制, 试验日粮组成和营养水平 (表 2)。亚麻籽在日粮中的浓度可分为 0、1.0%、1.3%、2.0%、2.7%、3.0%。即在每千克饲料中添加亚麻籽为 0、10、13、20、27、30 g。采用网上平养的饲养方式, 自由采食和饮水, 24 h 光照。试验期间每周 1 次带鸡消毒。在整个试验过程中, 按常规方法进行饲养管理; 定时投料, 保证试验肉鸡自由采食和饮水, 按照常规免疫程序免疫。

1.2 测定内容和方法

收稿日期: 2007-11-13

资助项目: 饲草、饲料种质资源的利用与开发 (GB02B106)

作者简介: 杨焕民 (1956-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事营养生理研究。E-mail: yanghuanmin@yahoo.com.cn

表 2 试验日粮组成及营养水平（风干基础）
Table 2 Composition and nutrient levels of trail diets
(air-dry basis, %)

项目 Items	亚麻籽水平 Linseed levels (%)					
	0	1.0	1.3	2.0	2.7	3.0
组成 Composition						
玉米 Corn	59.48	59.08	58.76	58.99	58.70	58.70
豆粕 Soybean	28.12	28.02	28.04	27.11	26.70	26.40
亚麻籽 Linseed	0.00	1.00	1.30	2.00	2.70	3.00
鱼粉 Fish meal	4.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
玉米油 Corn oil	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
石粉 Limestone	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
预混料 Premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels						
代谢能						
ME (MJ/Kg)	12.66	12.62	12.61	12.62	12.61	12.59
粗蛋白质 CP	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
钙 Ca	1.53	1.53	1.54	1.55	1.56	1.57
总磷 TP	0.70	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71
有效磷 AP	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
食盐 NaCl	0.53	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
赖氨酸 Lys (%)	1.19	1.17	1.17	1.16	1.16	1.16
蛋氨酸+胱氨酸						
Met+Cys	0.81	0.82	0.82	0.83	0.84	0.84
苏氨酸 Thr	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83

预混料为每千克日粮提供 The premix provides for a kilogram of diet: Cu 5.00 mg; Fe 69.00 mg; Zn 84.00 mg; Mn 98.6 mg; I 1.14 mg; Se 0.30 mg; VA 15 000 IU; VD 33 000 IU; VE 25.5 mg; VK 32.1 mg; VB₁ 2.4 mg; VB₂ 9 mg; VB₆ 5.1 mg; VB₁₂ 0.02 mg; 泛酸钙 Calcium pantothenate 12 mg; 烟酸 niacin 48 mg; 叶酸 folic acid 1.2 mg; 生物素 biotin 0.06 mg; 洛克沙肿 roxarsone 50 mg; 盐霉素 salinomycin 90 mg.

1.2.1 肉鸡生产性能的测定

试验每周末进行肉鸡的称重和耗料量统计，称重前要空腹 8~10 h；每周统计耗料量，计算 AA 肉鸡的日增重以及料重比。

1.2.2 肌肉中脂肪酸的测定

试验结束后，每组屠宰 5 只鸡，取胸肌、腿肌各约 50 g 置于-20℃冰箱保存备用。肌肉样品经解冻、剪碎、

称样、真空干燥箱干燥，再用 0.4 mol/L 的 KOH-CH₃OH 进行甲酯化处理，用气相色谱仪（GC-14C 型，日本岛津公司）测定胸肉和腿肉中总 ω -3 PUFA 的含量。

1.3 数据统计和分析

试验数据采用 SAS 软件中的 ANOVA 进行方差分析。用 REG 进行回归方程的建立，用 stepwise 进行逐步回归，建立最优回归方程，求出最优解。

2 结 果

2.1 亚麻籽对肉鸡生产性能的影响

由表 3 可知，试验 5 组（3%亚麻籽）肉鸡的平均日增重显著低于其他各组（ $P<0.05$ ），其中比对照组的平均日增重降低了 3.38%（ $P<0.05$ ），而其他试验组与对照组之间差异不显著（ $P>0.05$ ）；平均日采食量和料重比，各组之间差异不显著（ $P>0.05$ ）。建立两因素对平均日增重的回归方程（ X_1 表示亚麻籽， X_2 表示 VE， Y_1 表示平均日增重）： $Y_1=67.127\ 50-0.519\ 72X_1-0.001\ 15X_2-0.895\ 13X_1^2-0.135\ 01X_2^2-0.130\ 00\ X_1X_2$ 对该模型的效果和回归关系进行显著性检验。检验结果表明，失拟检验无显著意义 $F_1=1.369<F_{0.05\ (3,7)}=3.71$ （ $P>0.05$ ）；且回归关系具有显著意义 $F_2=55.444>F_{0.01(5,10)}=6.55$ （ $P<0.01$ ）。简化后的方程： $Y_2=67.127\ 50-0.895\ 13X_1^2$ ，对回归方程进行优化分析，可知平均日增重在取得最高值时的亚麻籽和 VE 的最佳组合为 0 和-1.414，即亚麻籽和 VE 分别为 20、0.02 g/kg 时，AA 肉鸡的平均日增重达到最高值：67.13 g。

2.2 亚麻籽对鸡肉中 ω -3PUFA 沉积的影响

胸肉和腿肉中总 ω -3PUFA 的沉积结果见表 3，沉积最高的是试验 5 组（3%亚麻籽），比对照组分别高 77.91%、94.11%（ $P>0.05$ ）。建立两因素对胸肉中总 PUFA 建立的回归方程为（ X_1 表示亚麻籽， X_2 表示 VE， Y_3 表示胸肉中总 ω -3 PUFA 占 PUFA 的百分比）： $Y_3=20.495\ 83+3.306\ 10X_1+0.129\ 6X_2+3.555\ 53X_1^2+3.503\ 9X_2^2+0.294\ 53X_1X_2$ 。检验结果表明，失拟检验 F 值不显著（检验概率 $P=0.190\ 71$ ）；回归关系极显著（检验概率 $P=0.000\ 01$ ）。依 $\alpha=0.1$ 显著水平剔除不显著项后，得简化后的方程 $Y_4=20.495\ 83+3.306\ 10X_1+3.555\ 53X_1^2+3.503\ 9X_2^2$ 。从回归方程可知，当亚麻籽和 VE 分别为 30、0.02 g/kg 时，胸肉中总 ω -3 PUFA 的沉积达到最大值为 39.42%。建立两因素对腿肉中总 ω -3 PUFA 建立的回归方程为（ X_1 表示亚麻籽， X_2 表示 VE， Y_5 表示腿肉中总 ω -3 PUFA 占 PUFA 的百分比）： $Y_5=19.867\ 93+2.911\ 15X_1-0.086\ 90X_2+4.339\ 79X_1^2+3.267\ 32X_2^2-0.159\ 04X_1X_2$ 。检验结果表明，失拟检验 F 值不显著（检验概率 $P=0.058\ 14$ ）；回归

表3 亚麻籽和VE对AA肉鸡生产性能及ω-3 PUFA沉积的影响

Table 3 Effects of linseed and VE in diets on growth performance of AA broiler and ω-3 PUFA deposition

组次 Groups	x_1 (g)	x_2 (mg)	日采食量 Daily feed intake (g)	料重比 Feed/gain	y_1 (%)	y_2 (%)	y (g)
1	27.00	105.36	140.24±3.25 ^a	2.08±0.07 ^a	27.297 3	25.295 8	67.39±2.12 ^a
2	27.00	34.64	142.06±3.60 ^a	2.10±0.04 ^a	26.379 3	25.916 1	67.80±2.59 ^a
3	13.00	105.36	138.52±5.01 ^a	2.08±0.04 ^a	20.937 4	21.410 9	66.54±1.98 ^a
4	13.00	34.63	139.53±4.23 ^a	2.09±0.08 ^a	21.197 6	21.395 4	66.73±1.58 ^a
5	30.00	70.00	135.22±3.98 ^a	2.11±0.03 ^a	29.417 6	30.170 1	64.02±1.39 ^b
6	10.00	70.00	140.45±4.38 ^a	2.08±0.06 ^a	18.877 8	19.646 8	67.53±2.68 ^a
7	20.00	120.00	140.47±4.25 ^a	2.09±0.04 ^a	24.311 4	22.732 0	67.11±3.01 ^a
8	20.00	20.00	139.27±5.01 ^a	2.09±0.03 ^a	24.043 4	22.795 6	66.48±2.58 ^a
9	20.00	70.00	141.33±5.12 ^a	2.09±0.07 ^a	16.715 5	15.316 9	67.43±3.24 ^a
10	20.00	70.00	140.83±4.98 ^a	2.09±0.06 ^a	17.088 6	15.165 0	67.53±3.01 ^a
11	20.00	70.00	140.91±6.02 ^a	2.10±0.03 ^a	17.118 6	15.736 2	67.17±2.54 ^a
12	20.00	70.00	142.36±5.84 ^a	2.09±0.05 ^a	16.417 9	15.928 7	68.07±3.01 ^a
13	20.00	70.00	141.51±4.87 ^a	2.09±0.07 ^a	16.589 0	16.783 1	67.65±2.31 ^a
14	20.00	70.00	141.47±5.24 ^a	2.09±0.04 ^a	17.865 4	16.879 0	67.81±2.48 ^a
15	20.00	70.00	141.28±5.61 ^a	2.08±0.06 ^a	16.438 7	16.227 3	67.80±1.89 ^a
16	20.00	70.00	140.68±4.89 ^a	2.08±0.07 ^a	17.237 6	16.487 8	67.68±2.03 ^a
对照组 Control	0.00	0.00	139.07±5.11 ^a	2.10±0.04 ^a	16.535 3	15.542 6	66.26±1.84 ^a

表中 x_1 为亚麻籽, x_2 为 VE, y_1 为胸肉中 ω-3 PUFA 占 PUFA 百分比, y_2 为腿肉中 ω-3 PUFA 占 PUFA 百分比, y 为平均日增重; 同行肩标不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

x_1 : Linseeds, x_2 : VE, y_1 : percent of ω-3 PUFA of breast meat in total PUFA, y_2 : percent of ω-3 PUFA of leg meat in total, y : average daily gain; values with different letter superscripts in the same column mean significant difference ($P<0.05$)

关系极显著(检验概率 $P=0.000\ 01$)。依 $\alpha=0.1$ 显著水平剔除不显著项后, 简化后的方程: $Y_6=19.867\ 93+2.911\ 15X_1+4.339\ 79X_1^2+3.267\ 32X_2^2$ 。从回归方程可知, 当亚麻籽和 VE 分别为 30、0.02 g/kg 时, 腿肉中总 ω-3 PUFA 的沉积达到最大值为 39.19%。

2.3 平均日增重和 ω-3 PUFA 沉积的隶属函数

平均日增重模糊量化后, 其隶属函数为: $L(Y_2)=Y_2$, $0\leq Y_2\leq 70\text{ g}$, $Y_2=67.127\ 50-0.895\ 13X_1^2$; 肌肉中沉积的 ω-3 PUFA 模糊量化后, 其隶属函数为: $L(Y_7)=Y_7$, $0\leq Y_7$

$\leq 40\%$, $Y_7=20.18+3.11X_1+3.93X_1^2+3.39X_2^2$; ω-3 PUFA 沉积量和平均日增重这一综合指标的隶属函数定义为: $L(Y)=43.65+1.55X_1+1.51X_1^2+1.69X_2^2$, 经检验方程拟合得较好。经对方程进行优化处理, 当 $X_1=-0.51$ 、 $X_2=0$ 时 ω-3 PUFA 沉积效果最佳, 同时肉鸡的平均日增重也达到最高。 $X_1=-0.51$ 、 $X_2=0$ 在给定的范围之间 (-1.414, 1.414), 将其带入因素编码表可得出亚麻籽和 VE 的最适添加量分别为: 16.39、0.07 g/kg。此时肌肉中总 ω-3 PUFA 沉积效果较佳, 同时肉鸡的平均日增重也达到较高。

3 讨 论

3.1 亚麻籽对肉鸡生产性能的影响

日粮多不饱和脂肪酸不但可促进肉鸡肝脏中多不饱和脂肪酸的合成, 同时还可显著降低肉鸡腹部脂肪的沉积。Crespo 等^[12]认为饲喂多不饱和脂肪酸日粮的肉鸡腹脂和体脂沉积量比饲喂饱和脂肪酸肉鸡的腹脂沉积量少, 主要是由于肉鸡体内多不饱和脂肪酸氧化造成的, 而饲喂亚麻籽油日粮的肉鸡体内脂肪合成速度的增加可能与某些机制导致能量散失有关, 从而降低了肉鸡脂肪的沉积。本研究添加 3% 的亚麻籽 (试验 5 组) 对肉鸡平均日增重有显著影响 ($P<0.05$), 8 周末平均日增重比对照组降低了 3.38%, 而其他各组肉鸡的平均日增重均无显著差异 ($P>0.05$); 添加亚麻籽和 VE 对肉鸡的日采食量和料重比均无显著影响 ($P>0.05$)。试验 5 组肉鸡的平均日增重显著低于对照组 ($P<0.05$), 可能是由于添加亚麻籽日粮导致肉鸡体内水分和总脂肪含量降低造成的。另外, 在肉仔鸡和育肥鸡饲料中使用 2%~15% 亚麻籽时, 对肉鸡生产性能会有不利的影响^[13]。Alzueta 等^[14]在日粮中添加 8%、16% 的亚麻籽和亚麻籽胶研究其对肉鸡生产性能、脂肪代谢、能量代谢以及肠内微生物群的影响, 结果表明添加亚麻籽和亚麻籽胶极显著降低了肉鸡的体增重和饲料利用率 ($P<0.01$), 而 16% 的亚麻籽影响的程度更大, 同时指出亚麻籽胶对增重和饲料利用率的降低效果更强。加拿大农业食品部对肉鸡的饲料配方进行研究后指出, 亚麻籽在肉鸡饲料中的用量应不超过 3%, 若超过这个量可能会影响肉鸡的生产性能^[9]。亚麻籽对肉鸡平均日增重的影响还可能与亚麻籽中含有许多有毒物质和抗营养因子, 如亚麻籽胶、植酸、变应原、生氰糖苷、胰蛋白酶抑制因子和抗 VB₆ 因子等有关, 尤其是生氰糖苷的毒性, 极大地限制其在肉鸡饲料中的使用量^[15-16]。

3.2 亚麻籽对鸡肉中 ω -3 PUFA 沉积的影响

肉鸡日粮脂肪酸的种类对肉鸡体内脂肪酸的种类和沉积部位具有显著的影响。Crespo 等^[17]以亚麻籽油、葵花籽油、动物油脂和橄榄油分别饲喂肉鸡, 研究日粮脂肪酸对肉鸡体内脂肪酸沉积的影响时发现, 单不饱和脂肪酸在肉鸡腹部的沉积较多, 而多不饱和脂肪酸在肉鸡的肌肉中沉积较多。本研究表明日粮添加亚麻籽和 VE 显著增加了肉鸡体内总 ω -3 PUFA 含量, 无论在胸肉还是腿肉中, ω -3 PUFA 的含量都有所提高, 添加 3% 亚麻籽 (试验 5 组) 所沉积的 ω -3 PUFA 分别比对照组高 77.91%、94.11%。由于亚麻籽中富含的 α -亚麻酸是 ω -3 PUFA 的前体物质。因此, 本研究饲喂含亚麻籽的日粮以后, 肉鸡的 α -亚麻酸摄入量增加, α -亚麻酸通过碳链的延长以及碳链的去饱和作用有效地转化为 DHA 和 EPA 等长链 ω -3 PUFA^[18-19], 从而使肉鸡的肌肉中 ω -3

PUFA 的沉积量增加, 这一结果与理论相符。另外肉鸡体内脂肪酸的组成在一定范围内与亚麻籽的添加量高度相关, 这也支持了以往认为的“肉鸡体内脂肪酸的组成与日粮中脂肪酸的组成和含量相关^[20]”的观点。由回归方程可知, 亚麻籽和 VE 的添加量分别为 30、0.02 g/kg 时, 在胸肉和腿肉中 ω -3 PUFA 的含量最大。

3.3 亚麻籽对肉鸡生产性能和 ω -3 PUFA 沉积的影响

对于开发营养保健鸡肉来说, 平均日增重与 ω -3 PUFA 的沉积是同等重要的, 综合考虑肌肉中 ω -3 PUFA 沉积和肉鸡的平均日增重, 本试验采用模糊量化和合成的方法来处理具有多项试验结果指标的二次回归正交试验设计的试验结果是可行的, 较科学、全面、综合地分析试验结果。在建立综合指标的隶属函数中, 权重要根据试验特点和经验来确定。经对方程进行优化处理, 而得出亚麻籽和 VE 的最适添加量。

4 结 论

① 在饲料中添加适当配比的亚麻籽和 VE 可一定程度的提高肉鸡的平均日增重 ($P>0.05$)。

② 饲料中添加亚麻籽和 VE 显著提高了肉鸡体内总 ω -3 PUFA 的含量。

③ 亚麻籽和 VE 的添加量分别为 16.39、0.07 g/kg 时, 肌肉中总 ω -3 PUFA 的沉积较多, 同时肉鸡的平均日增重较高。

参考文献:

- [1] 张永刚, 印遇龙, 黄瑞林, 李铁军, 钟华宜. 多不饱和脂肪酸的营养作用及其基因表达调控. 食品科学, 2007, 27(1): 273-274.
- [2] Das U N. Estrogen, statins, and polyunsaturated fatty acids: similarities in their actions and denefits is there a common link. *Nutrition*, 2002, 18: 178-188.
- [3] 许金新, 陈安国. 使鸡蛋脂质中 ω -3 脂肪酸富集的途径. 中国家禽, 2003, 25(2): 39-41.
- [4] Van elswyk ME. Feed modiflcations for the Mocodahexaenoic Acid Enrichment of Poultry. *Poultry Science*, 1999(78): 3.
- [5] Lopez-Ferrer S, Baucells M D, Barroeta A C, Galobart J, Grashorn M A. N-3 enrichment of chicken meat 2. use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. *Poultry Science*, 2001, 80: 753-761.
- [6] Chan mugam P, Boudreau M, Boutte T, Park R S, Hebert J, Berrio L, Hwang D H. Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Science*, 1992, 71: 516-521.
- [7] 刘晓华, 陈汉生. 饲料中脂类氧化酸败的原因及控制对策. 畜禽业, 2001, 136(8): 22-24.

- [8] Jiang Z R, Ahn D U, Sim J S. Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science*, 1991, 70(12): 2467-2475.
- [9] 龚利敏, 黄其春, 李爱科, 孙启军. 肉鸡维生素 E 营养研究进展. *中国饲料*, 1997, 12: 25-27.
- [10] 刑东旭, 廖森泰, 刘吉平, 邹宇晓, 吴娱明, 徐玉娟, 刘学铭. 应用二次回归正交旋转组合设计提取桑叶多糖的研究. *食品工业科技*, 2007, 28(6): 145.
- [11] Crespo N, Esteve-Garcia E. Dietary linseed oil produces lower abdominal fat deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. *Poultry Science*, 2002, 81: 1555-1562.
- [12] Focant M, Mignolet E, Marique M, Clabots F, Breynne T, Dalemans D, Larondelle Y. The effect of vitamin E supplementation of cow diets containing rapeseed and linseed on the prevention of milk fat oxidation. *J Dairy Sci*, 1998, 81(4): 1095-1101.
- [13] Alzueta C, Rodriguez M L, Cutuli M T, Rebole A, Ortiz L T, Centeno C, Trevino J. Effect of whole and demucilaged linseed in broiler chicken diets on digesta viscosity, nutrient utilisation and intestinal microflora. *Poultry Science*, 2003, 44(1): 67-74.
- [14] Ranbotar G S. Lipodemic response in rats of flaxseed oil and meal. *Cereal Chemistry*, 1993, 70(3): 364-366.
- [15] Payen T J. Promoting better health with flaxseed in bread. *Cereal Foods World*, 2000, 45(3): 102-104.
- [16] Crespo N, Esteve-Garcia E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poultry Science*, 2001, 80: 71-78.
- [17] Baucells M D, Crespo N, Barroeta A C, Lopez-Ferrer S, Grashorn M A. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, 2000, (79): 51-59.
- [18] 许金新, 陈安国. 使鸡蛋脂质中 ω -3 脂肪酸富集的途径. *中国家禽*, 2003, 25(2): 39-40.
- [19] 夏中生. 饲料中不同油脂对生长鸡组织脂质含量及其脂肪酸组成的影响. *广西农业大学学报*, 1998, 17(4): 323-331.

Effects of Linseed on Performance and Muscular ω -3 PUFA Deposition in Broiler

YANG Huan-min¹ HUANG Yu-lan² KANG Bo³ ZHOU Rui-jin¹ LI Xiang-hui⁴

(1. College of Animal Science and Technology, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319;

2. College of biological science and technology, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319;

3. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Jilin University, Changchun 130062;

4. Faculty of higher vocational, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319)

Abstract: With the second order regression current rotation design, the effects of linseed and VE levels on the performance and the total ω -3 polyunsaturated fatty acid (ω -3 PUFA) deposition were studied. The trial regards AA broiler as researched target, 1 020 broilers aged 2 weeks were randomly divided into 16 treatment groups and control. Control was fed corn-bean basal diet, treatment group were fed the different linseed and VE levels. The result shows that, daily gain of experimental 5 group (3% linseed) reduced significant difference, which daily gain decreased 3.38% comparing with control ($P < 0.05$). The result of fatty acid test shows that, in breast and leg muscle, the depositions of total ω -3 PUFA in experimental 5 group respectively higher 77.91% and 94.11% than control ($P < 0.01$); the research constructed a comprehensive function about concentration of total ω -3 PUFA and average daily gain, $L(Y) = 43.65 + 1.55X_1 + 1.51X_1^2 + 1.69X_2^2$. Under the condition of this experiment, the optimum dose of linseed and VE separately was 16.39 g/kg and 0.07g/kg, when the concentration of total ω -3 PUFA was better, at the same time the average daily gain of AA broiler was higher.

Key words: ω -3 polyunsaturated fatty acid; Linseed; Vitamin E; AA broiler