

复合添加剂对肉仔鸡生长性能、 胴体性状和肌肉品质的影响

王晓明¹ 钱辉跃² 杨东¹

1. 江汉大学生命科学学院, 武汉 430056; 2. 华中农业大学理学院, 武汉 430070

摘要 以1日龄、健壮的艾维茵(Avian)肉仔鸡630只(公、母各半)为试验动物,以按NRC微营养素推荐标准配制的营养性预混料为试验基础,以对鸡肉品质有调控作用的营养素组成的复合维生素、复合微量元素和复合生物活性物质添加剂为试验因素,采用3因子5水平二次回归通用旋转组合设计,分成21个组(其中1个为对照组),按照15种饲喂水平组合设计15种试验日粮,进行49d饲养试验,研究多个调控因子的不同水平组合对肉鸡生长性能、胴体性状和肌肉品质的影响。结果表明:试验组肉鸡的7周龄质量增加量、料重比、胸肌/活质量、腹脂率、pH值、系水力、肌肉脂肪、粗蛋白,均不同程度地优于增设的对照组;试验主要指标与3种复合添加剂的饲喂水平呈极显著的二次回归关系;利用回归模型进行指标预测,当多指标综合评定指数最好时,复合维生素、复合微量元素和复合生物活性物质在肉仔鸡饲料中的饲喂水平分别为1 672.64 mg/kg(V_E 254.91、 V_C 283.23、 V_A 4 248.51、 V_H 0.43)、2 888.10 mg/kg (Fe 77.84、Cu 90.81、Mn 116.75、Cr 0.78、Zn 142.70、Se 0.193)和1 885.01 mg/kg (甜菜碱 1 767.53,大蒜素 81.40)。结果显示,日粮中基础性营养素与肉质营养调控因子添加剂间的合理配比,可以改善肉仔鸡的胴体性状和肌肉品质。

关键词 复合添加剂; 肉仔鸡; 生长性能; 胴体性状; 肌肉品质; 综合选择指数

中图分类号 S 828.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)02-0154-07

鸡肉的组成成分取决于家禽机体基础代谢中营养物质的分配,一些微营养素和某些活性物质可通过干预机体代谢、促进肉质相关功能基因的表达、调节肌肉和脂肪在机体内的含量和比例,提高胴体性状和肌肉品质^[1]。已有报道研究单个营养因子(维生素E、维生素C、维生素A、生物素、铁、铜、锰、铬、锌、硒、甜菜碱、大蒜素等)^[1-8]对肉质某些性状的影响,而对于多种营养调控因子对肌肉品质进行全面调控的研究报道极少。本试验选取对鸡肉品质有调控作用的12种营养素为试验因子,以艾维茵(Avian)肉仔鸡为试验动物,进行饲养试验和屠宰试验,研究多个调控因子的不同水平组合对肉鸡生长性能、胴体性状和肌肉品质的影响,旨在通过日粮途径改善商品肉仔鸡的肌肉品质,为科学配制肉鸡高效、优质复合预混料提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为维生素E、维生素C、维生素A、生

物素、有机铁、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 、吡啶羧酸铬、 $ZnSO_4 \cdot H_2O$ 、酵母硒、甜菜碱、大蒜素12种物质。其中维生素E、维生素C、维生素A、生物素,由湖北飞特饲料有限公司提供,其活性成分含量分别为50%、25%、50万IU/g、2%。有机铁、吡啶羧酸铬、酵母硒,由武汉明天饲料科技有限公司提供,其活性成分含量为10%、0.1%、0.1%。 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 、 $ZnSO_4 \cdot H_2O$ 、甜菜碱,市场购买,活性成分含量分别是25%、31.8%、35%、98%。大蒜素由武汉市绿色饲料添加剂研究所提供,其活性成分含量为98%。试验前,将此12种物质分类按一定比例配制成复合维生素、复合微量元素和复合生物活性物质3种复合添加剂。

1.2 试验设计

采用三因素二次回归通用旋转组合设计试验^[9],以自配的复合维生素(X_1)、复合微量元素(X_2)和复合生物活性物质(X_3)为试验因子,得到15种处理,20个试验组。试验动物为武汉正大肉鸡有限公司种鸡场孵化的艾维茵肉仔鸡。选取630羽1

日龄肉仔鸡,随机分成21个组(其中1个为对照组),每组30羽。

1.3 日粮配制与饲养

试验鸡分二阶段饲养,其日粮组成和营养水平见表1。日粮配制时,首先按照三因素二次回归通用旋转组合设计的15种实施水平安排,将各复合添加剂与按NRC[1994]推荐标准配制的基础营养性

预混料相混合配制成1.5%的试验预混料。15种饲喂水平,对应配制15种试验预混料,又相继对应配制15种试验日粮。其中1~14号日粮,饲喂1~14组试验鸡,第15号日粮饲喂15~20组试验鸡(重复组)。对照组则将原1%基础营养性预混料改配成1.5%的预混料,而后再配制日粮,称第16号日粮。各组日粮配方基本相同。

表1 试验鸡各阶段日粮配方及营养水平¹⁾

Table 1 Dietary composition and nutrient level for each phase in Avian broilers

| 原料 Ingredients | 用量 Proportion | | 营养指标 Nutrient index | 营养水平 Nutrient level | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 0~28日龄 0-28 age days | 29~49日龄 29-49 age days | | 0~28日龄 0-28 age days | 29~49日龄 29-49 age days |
| 玉米/% Corn | 61.79 | 62.39 | 代谢能/(MJ/kg) ME | 12.34 | 12.55 |
| 豆粕/% Soybean meal | 28.00 | 28.00 | 粗蛋白/% Crude protein | 21.00 | 20.00 |
| 豆油/% Soybean oil | 1.22 | 2.09 | 钙/% Calcium | 0.90 | 0.90 |
| 鱼粉/% Fish meal | 4.84 | 3.26 | 有效磷/% Available phosphorus | 0.45 | 0.45 |
| 磷酸氢钙/% Dicalcium phosphate | 1.11 | 1.40 | 赖氨酸/% Lysine | 1.20 | 1.10 |
| 碳酸钙/% Calcium carbonate | 0.89 | 0.88 | 蛋氨酸/% Methionine | 0.56 | 0.46 |
| 食盐/% Salt | 0.20 | 0.20 | 食盐/% Salt | 0.34 | 0.29 |
| 蛋氨酸/% Methionine | 0.19 | 0.12 | | | |
| 赖氨酸/% Lysine | 0.10 | 0.06 | | | |
| 氯化胆碱/% Choline chloride | 0.16 | 0.10 | | | |
| 预混料/% Premix | 1.50 | 1.50 | | | |

1) 赖氨酸、蛋氨酸、代谢能为计算值,粗蛋白质、钙和有效磷均为分析值。Lys, Met, ME are calculated value; CP, Ca and AP are analyzed values.

试验期间,各组试验鸡均饲养在同一栋鸡舍内,以锯末为垫料,采用地面平养方式。饲喂干粉料,自由采食和饮水,专人负责饲养和试验管理,试验期49 d。

1.4 测定指标及方法

1) 饲养试验测定。饲喂至28、49日龄时,收集饲料桶内的剩余饲料并称质量,空腹12 h后称活体质量,以组为单位记录饲料消耗,计算质量增加量、平均日质量增加量和料重比。

2) 屠宰试验测定。试验结束时,每组随机抽取6只试验鸡(公、母各半)进行屠宰试验。宰前断食12 h,自由饮水,颈部刺杀放血、浸烫拔毛,按文献[10]方法分别测定屠宰率、全净膛率、胸肌/活质量、腿肌/活质量和腹脂率。

3) 肉质性状测定。屠宰后取左胸大肌鲜肉样品200 g,在华中农业大学种猪测定中心肉质测定分析室进行。pH值为宰后45 min测定,肉色、大理石纹借用肉猪5级分制肉色评分图目测评分,嫩度(剪切力)用C-LM5型嫩度测定仪测定,系水力参照文献[11]测定。

4) 营养成分分析。屠宰后取左胸大肌鲜肉样品300 g,在华中农业大学动物科学技术学院动物营养

与饲料实验室进行,分析项目为肌肉的常规营养指标。分析方法分别为水分:105℃干燥恒质量法;粗蛋白:凯氏定氮法;粗灰分:灼烧质量法;粗脂肪:索氏抽提法^[12]。

1.5 数据统计及分析

1) 显著性分析。采用SAS 10.1版软件作方差分析和回归分析。方差分析采用Anova过程,作21个组各指标平均数的差异性检验,各组间指标平均数比较采用Duncan法,回归分析采用Reg过程。表中数据标示为平均数±标准差。

2) 综合指数评定。各试验组肉仔鸡的生长性能、胴体性状和肌肉品质的整体情况,采用综合选择指数进行评定;采用多元回归分析建立各指标回归数学模型,并进行显著性检验;利用回归模型进行指标值预测,并将预测值作“归一化”处理^[13]消除量纲;根据重要性确定各指标的权重,建立多指标综合评价指数;在 $-1.700 \leq X \leq 1.700$ 编码值范围内,寻求综合指数值最大时的各因素水平值。

2 结果与分析

2.1 肉鸡生长性能

从表2可知,肉仔鸡各生长阶段质量增加量、

料重比,各个试验组都不同程度地优于对照组(21组),且以试验5组最优,试验全程的质量增加量、料重比,分别优于对照组8.64%、5.05%,差异极显著($P<0.01$)。

2.2 肉鸡胴体性状

由表3可知,试验组胸肌/活质量、腹脂率均不

同程度优于对照组,而且以试验5组的胸肌/活质量最高,试验13组的腹脂率最低,它们分别优于对照组17.15%和12.94%,差异极显著($P<0.01$);屠宰率、全净膛率、腿肌/活质量,试验组与对照组之间均无显著差异($P>0.05$)。

表2 肉鸡生长性能测定结果¹⁾

Table 2 Growth performance of broilers

| 组别 Group | 1~28日龄 1-28 age days | | 29~49日龄 29-49 age days | | 29~49日龄 29-49 age days | | |
|-------------|----------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|---------------|
| | 质量增加/g | 料重比 | 质量增加/g | 料重比 | 质量增加/g | 料重比 | 成活率/% |
| | Weight gain | Feed/Weight gain | Weight gain | Feed/Weight gain | Weight gain | Feed/Weight gain | Survival rate |
| 1 | 1 305±60 ABC | 1.51 CDEFG | 960±150 CDEFG | 2.29 BCD | 2 265±177 BCDE | 1.84 CDEFG | 96.7 |
| 2 | 1 298±57 ABCD | 1.51 CDEFG | 955±145 DEFGH | 2.29 BCD | 2 253±174 BCDEF | 1.84 CDEFG | 100.0 |
| 3 | 1 265±56 CDEF | 1.52 BCDEFG | 936±149 EFGH | 2.32 ABCD | 2 201±167 EFG | 1.86 BCDEF | 93.4 |
| 4 | 1 249±61 EFG | 1.55 ABCDE | 930±153 FGH | 2.35 ABC | 2 179±164 FG | 1.89 BCD | 100.0 |
| 5 | 1 255±58 DEFG | 1.54 ABCDEF | 934±149 FGH | 2.34 ABC | 2 189±168 EFG | 1.88 BCDE | 100.0 |
| 6 | 1 237±59 FG | 1.55 ABCDE | 930±150 FGH | 2.37 AB | 2 167±161 G | 1.90 BC | 93.4 |
| 7 | 1 288±60 ABCDE | 1.57 ABC | 935±152 EFGH | 2.43 A | 2 223±172C DEFG | 1.93 AB | 100.0 |
| 8 | 1 269±57 BCDEF | 1.56 ABCD | 935±149 EFGH | 2.39 AB | 2 204±162 DEFG | 1.91 ABC | 100.0 |
| 9 | 1 320±54 A | 1.47 G | 1 030±152 AB | 2.20 D | 2 350±188 A | 1.79 FG | 96.7 |
| 10 | 1 307±58 ABC | 1.50 DEFG | 990±149 ABCDE | 2.24 CD | 2 297±189 ABC | 1.82 DEFG | 100.0 |
| 11 | 1 315±55 A | 1.48 FG | 1 015±152 ABC | 2.21 D | 2 330±194 AB | 1.80 FG | 96.7 |
| 12 | 1 230±57 FG | 1.58 AB | 910±150 GH | 2.38 AB | 2 140±159 G | 1.92 AB | 100.0 |
| 13 | 1 310±60 AB | 1.49 EFG | 1 000±149 ABCD | 2.23 CD | 2 310±187AB | 1.81 EFG | 100.0 |
| 14 | 1 305±54 ABC | 1.51 CDEFG | 982±148 BCDEF | 2.23 CD | 2 287±179 ABCD | 1.82 DEFG | 100.0 |
| 15~20 | 1 331±53 A | 1.47 G | 1 037±158 A | 2.01 E | 2 368±205 A | 1.78 ABC | 98.9 |
| 21 | 1 215±52 G | 1.59 A | 900±145 H | 2.30 BCD | 2 015±156 H | 1.98 G | 96.7 |

1)同一列数据后标小写字母不同者,表示差异显著($P<0.05$),标大写字母不同者,表示差异极显著($P<0.01$),下表相同。Means with different small letters in the same column are significant different($P<0.05$). Means with different capital letters in the same column are significant different ($P<0.05$). It is the same in the following tables.

表3 肉鸡胴体性状测定结果

Table 3 Carcass traits of broilers

| 组别 Group | 宰前活质量/g | 屠宰率/% | 全净膛率/% | 胸肌/活质量/% | 腿肌/活质量/% | 腹脂率/% |
|-------------|----------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Live weight | Dressed percentage | Percentage of eviscerated yield | Chest muscle/ Live weight | Leg muscle/ Live weight | Percentage of abdominal fat |
| 1 | 2 245.33±41.53 | 91.41±0.40 | 65.15±1.97 | 14.84±0.52 abAB | 15.02±0.41 | 1.51±0.05 bcd |
| 2 | 2 241.67±42.44 | 91.63±0.78 | 67.93±1.19 | 13.58±0.26 cdefBCD | 15.95±0.71 | 1.58±0.07 abcd |
| 3 | 2 233.67±37.34 | 92.36±1.12 | 66.71±2.97 | 14.30±0.21 abcdeABCD | 16.01±1.03 | 1.63±0.11 abcd |
| 4 | 2 228.00±32.24 | 91.15±1.35 | 66.43±0.44 | 13.23±0.19 efCD | 14.63±1.75 | 1.66±0.07 abc |
| 5 | 2 254.50±32.10 | 92.38±1.52 | 66.25±2.60 | 15.09±0.49 aA | 16.30±0.91 | 1.49±0.08 d |
| 6 | 2 249.50±45.71 | 91.23±0.41 | 65.52±2.26 | 13.53±0.55 cdefBCD | 16.06±0.99 | 1.65±0.14 abc |
| 7 | 2 248.00±49.96 | 91.06±1.41 | 64.91±1.47 | 13.41±0.24 cdefBCD | 14.62±1.22 | 1.67±0.05 ab |
| 8 | 2 257.00±38.13 | 91.07±0.48 | 68.92±2.38 | 13.55±0.34 cdefBCD | 16.24±0.55 | 1.59±0.13 abcd |
| 9 | 2 220.67±54.78 | 91.21±0.17 | 65.28±1.44 | 13.86±1.02 bcdefABCD | 14.58±0.81 | 1.68±0.12 a |
| 10 | 2 243.00±40.94 | 91.37±0.71 | 68.86±1.00 | 14.01±0.31 abcdefABCD | 16.48±0.81 | 1.49±0.09 cd |
| 11 | 2 224.50±66.01 | 91.96±0.98 | 64.51±0.78 | 14.41±0.50 abcdABCD | 15.36±1.11 | 1.53±0.09 abcd |
| 12 | 2 235.50±50.63 | 92.95±0.83 | 69.68±1.27 | 13.28±0.69 edfCD | 16.76±1.17 | 1.61±0.10 abcd |
| 13 | 2 285.00±38.57 | 92.45±0.96 | 66.03±0.69 | 13.48±1.05 cdefBCD | 14.84±0.57 | 1.48±0.10 d |
| 14 | 2 238.83±34.03 | 91.43±1.69 | 68.10±2.99 | 13.23±0.90 efCD | 16.55±1.06 | 1.70±0.06 a |
| 15~20 | 2 233.11±45.16 | 92.48±0.97 | 67.66±2.70 | 14.49±0.67 abcABC | 15.83±1.03 | 1.55±0.07 abcd |
| 21 | 2 242.33±39.55 | 91.72±0.79 | 66.87±2.49 | 12.88±0.25 fD | 15.80±0.41 | 1.70±0.13 a |

2.3 肌肉常规品质

从表 4 可知,试验组肌肉 pH 值、肌肉系水力均不同程度优于对照组,且以试验 1 组的肌肉 pH 值和肌肉系水力最好,它们分别高于 21 组 11.23%和 20.56%,差异极显著;肌肉色泽、大理石纹,均是试验 1 组最优,与 21 组(对照组)比较具有显著差异;肌肉嫩度,试验组与对照组之间无显著差异。

2.4 常规营养成分

由表 5 可知,试验组干物质、粗蛋白、粗脂肪(肌肉脂肪)、粗灰分质量分数均不同程度优于对照组。试验组中干物质以第 13 组最高,粗蛋白以第 9 组最高,肌肉脂肪以第 15 组最高,粗灰分以第 1 组最高,它们分别高于对照组 8.88%、9.39%、28.57%、8.19%,差异极显著。

表 4 胸肌肉感官品质测定结果
Table 4 Sensory quality of breast muscle

| 组别 Group | 肉色评分 Meat color | 肌肉 pH 值 Meat pH-value | 大理石纹评分 Marble | 肌肉嫩度/N Meat tenderness | 系水力/% Water holding capacity |
|-------------|--------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1 | 3.00±0.00 | 6.34±0.14 aA | 2.33±0.29 | 22.64±0.49 | 82.44±4.94 aA |
| 2 | 3.00±0.00 | 6.15±0.20 abcABC | 2.00±0.00 | 26.56±0.40 | 72.05±4.02 defBCD |
| 3 | 3.00±0.00 | 6.25±0.17 abAB | 2.17±0.29 | 22.93±0.34 | 81.55±3.98 abAB |
| 4 | 2.67±0.29 | 6.10±0.12 abcdABCD | 2.00±0.00 | 27.54±0.45 | 73.54±4.13 cdefABCD |
| 5 | 3.00±0.00 | 6.12±0.16 abcdABC | 2.00±0.00 | 25.09±0.39 | 77.12±3.89 abcdeABCD |
| 6 | 2.33±0.58 | 5.87±0.14 cdeBCD | 1.67±0.29 | 28.71±0.47 | 67.96±4.62 fD |
| 7 | 2.67±0.29 | 6.07±0.17 abcdABCD | 2.00±0.00 | 27.83±0.27 | 71.52±3.12 defBCD |
| 8 | 2.33±0.58 | 5.83±0.14 deDC | 2.00±0.00 | 28.03±0.37 | 69.98±3.65 efDC |
| 9 | 3.00±0.00 | 6.25±0.17 abAB | 2.17±0.29 | 24.50±0.35 | 78.19±4.78 abcdABC |
| 10 | 2.33±0.58 | 5.97±0.12 bcdeABCD | 2.00±0.00 | 26.95±0.26 | 74.34±4.45 bcdefABCD |
| 11 | 3.00±0.00 | 6.20±0.12 abABC | 2.17±0.29 | 25.87±0.35 | 74.60±3.52 bcdefABCD |
| 12 | 2.67±0.29 | 6.13±0.14 abcdABC | 2.00±0.00 | 26.09±0.38 | 75.61±3.88 abcdefABCD |
| 13 | 3.00±0.00 | 6.22±0.18 abABC | 2.50±0.00 | 23.23±0.34 | 80.30±3.18 abcAB |
| 14 | 2.33±0.58 | 5.95±0.18 bcdeABCD | 2.00±0.00 | 28.32±0.34 | 69.07±4.24 fDC |
| 15~20 | 3.00±0.00 | 6.12±0.17 abcdABC | 2.50±0.24 | 23.52±0.24 | 78.46±4.16 abcdABC |
| 21 | 2.17±0.29 | 5.70±0.20 eC | 1.67±0.29 | 29.01±0.22 | 68.38±4.17 fDC |

表 5 胸肌肉常规营养成分测定结果¹⁾
Table 5 Proximate nutrients in chest muscle

| 组别 Group | 水分 Water | 干物质 Dry matter | 粗蛋白 Crude protein | 肌肉脂肪 Intramuscular fat | 粗灰分 Crude ash |
|-------------|----------------|-------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 72.36±0.59 C | 27.64±0.59 A | 25.77±0.69 A | 1.04±0.08 ABC | 1.32±0.06 a |
| 2 | 72.95±0.81 ABC | 27.05±0.81 ABC | 25.16±0.70 ABC | 0.93±0.04 ABCDE | 1.29±0.06 ab |
| 3 | 72.46±0.86 C | 27.54±0.86 A | 25.53±0.95 AB | 1.02±0.07 ABCD | 1.26±0.06 ab |
| 4 | 73.11±0.59 ABC | 26.88±0.59 ABC | 24.92±0.86 ABC | 0.91±0.07 ABCDE | 1.25±0.05 ab |
| 5 | 72.77±0.79 BC | 27.22±0.79 AB | 25.43±0.71 AB | 0.96±0.12 ABCDE | 1.31±0.05 ab |
| 6 | 74.34±0.64 AB | 25.65±0.64 BC | 23.08±0.75 D | 0.84±0.08 E | 1.31±0.06 ab |
| 7 | 72.89±0.57 ABC | 27.11±0.57 ABC | 25.50±0.67 AB | 0.90±0.07 BCDE | 1.25±0.04 ab |
| 8 | 74.26±0.88 AB | 25.74±0.88 BC | 23.99±0.74 BCD | 0.84±0.05 E | 1.22±0.04 b |
| 9 | 72.39±0.54 C | 27.61±0.54 A | 25.85±0.95 A | 1.01±0.03 ABCDE | 1.29±0.05 ab |
| 10 | 73.80±0.71 ABC | 26.19±0.71 ABC | 24.73±0.62 ABC | 0.88±0.07 CDE | 1.28±0.05 ab |
| 11 | 72.79±0.79 BC | 27.21±0.79 AB | 25.65±0.76 A | 0.98±0.06 ABCDE | 1.31±0.05 ab |
| 12 | 74.89±0.57 ABC | 27.11±0.57 ABC | 25.38±0.54 AB | 0.94±0.05 ABCDE | 1.22±0.04 b |
| 13 | 72.18±0.69 C | 27.82±0.69 A | 25.81±0.81 A | 1.06±0.06 AB | 1.29±0.04 ab |
| 14 | 73.12±0.74 AB | 25.88±0.74 BC | 24.37±0.84 ABCD | 0.86±0.07 DE | 1.27±0.06 ab |
| 15~20 | 72.34±0.55 C | 27.66±0.55 A | 25.79±0.72 A | 1.08±0.09 A | 1.31±0.04 ab |
| 21 | 74.45±0.76 A | 25.55±0.76 C | 23.64±0.89 CD | 0.84±0.07 E | 1.22±0.04 b |

1)各指标均为肌肉鲜样测定值。The nutrient contents are all measurement of fresh muscle.

2.5 添加剂与试验指标间回归关系

经显著性检验,表 6 中 8 个方程的 F₁ 失拟均方/误差均方检验均不显著(P>0.05),F₂ 回归均

方/剩余均方检验极显著(P<0.01)。F 检验结果说明,二次回归方程模型拟合很好,可以进行指标预测和寻优。

表 6 试验主要指标 Y 与复合添加剂饲喂水平 X 间的回归方程

Table 6 The regression equation of X and Y

| 指标 Indices | 回归方程 Regression equation | 复决定系数 R-square | 显著性 Significance |
|---|--|-------------------|---------------------|
| 7 周龄质量增加量 Y_1 Gain weight of 7 weekly broilers | $Y_1 = 2\ 370.269 + 14.947X_1 + 28.304X_2 + 8.324X_3 + 26.125X_1X_2 - 0.875X_1X_3 - 0.875X_2X_3 - 30.615X_1^2 - 61.897X_2^2 - 39.452X_3^2$ | 0.800 1 | 0.014 5 |
| 7 周龄料重比 Y_2 Rate of feeds to weight of 7 weekly broilers | $Y_2 = 1.777 - 0.018X_1 - 0.024X_2 - 0.003X_3 - 0.001X_1X_2 - 0.004X_1X_3 - 0.001X_2X_3 + 0.020X_1^2 + 0.040X_2^2 + 0.024X_3^2$ | 0.786 7 | 0.019 1 |
| 胸肌/活质量 Y_3 Chest muscle/Live weight | $Y_3 = 14.484 + 0.007X_1 + 0.326X_2 + 0.306X_3 - 0.096X_1X_2 + 0.114X_1X_3 + 0.236X_2X_3 - 0.139X_1^2 - 0.170X_2^2 - 0.345X_3^2$ | 0.442 9 | 0.000 3 |
| 腹脂率 Y_4 Abdominal fat rate | $Y_4 = 1.554 + 0.021X_1 - 0.034X_2 - 0.040X_3 - 0.011X_1X_2 - 0.001X_1X_3 - 0.037X_2X_3 + 0.014X_1^2 + 0.009X_2^2 + 0.015X_3^2$ | 0.309 0 | 0.019 8 |
| pH 值 Y_5 pH-value | $Y_5 = 6.125 + 0.104X_1 + 0.025X_2 + 0.095X_3 + 0.006X_1X_2 - 0.018X_1X_3 + 0.007X_2X_3 - 0.009X_1^2 + 0.007X_2^2 - 0.020X_3^2$ | 0.410 2 | 0.000 9 |
| 系水力 Y_6 Water holding | $Y_6 = 78.487 + 2.158X_1 + 0.093X_2 + 3.513X_3 - 0.521X_1X_2 + 0.964X_1X_3 + 1.249X_2X_3 - 0.912X_1^2 - 1.323X_2^2 - 1.472X_3^2$ | 0.537 1 | 0.000 1 |
| 肌肉脂肪 Y_7 Intramuscular fat | $Y_7 = 1.081 + 0.042X_1 + 0.012X_2 + 0.054X_3 - 0.003X_1X_2 + 0.005X_1X_3 + 0.007X_2X_3 - 0.051X_1^2 - 0.046X_2^2 - 0.046X_3^2$ | 0.667 2 | 0.000 1 |
| 粗蛋白 Y_8 Crude protein | $Y_8 = 25.804 + 0.385X_1 - 0.003X_2 + 0.549X_3 + 0.184X_1X_2 - 0.330X_1X_3 + 0.104X_2X_3 - 0.251X_1^2 - 0.171X_2^2 - 0.321X_3^2$ | 0.497 2 | 0.000 1 |

2.6 试验指标预测和综合指标评定

公式中, $Z_1 \sim Z_8$ 分别是 8 试验指标 $Y_1 \sim Y_8$ 的

依据 7 周龄质量增加量、7 周龄料重比、胸肌/活质量、腹脂率、pH 值、系水力、粗脂肪和粗蛋白的相对重要性大小, 分别给予它们 0.1、0.1、0.1、0.1、0.1、0.2、0.2、0.1 的权重, 建立如下综合选择指数公式:

$$ZZ = 0.1Z_1 + 0.1Z_2 + 0.1Z_3 + 0.1Z_4 + 0.1Z_5 + 0.2Z_6 + 0.2Z_7 + 0.1Z_8$$

“归一化”处理值。在 $-1.700 \leq X \leq 1.700$ 编码值范围内, 分别计算 X_1 、 X_2 、 X_3 每隔 0.2 个步长取值时的 5 832 种编码水平组合下的 8 个试验指标预测值、“归一化”处理值、综合指标评定值。其中 $ZZ \geq 0.910$ 值的 10 种水平组合的指标预测值和相应综合指数值见表 7。

表 7 试验指标预测和多指标的综合评定

Table 7 The indices predictions and multi-indices assessments of meat quality

| Obs | X_1 | X_2 | X_3 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 | Y_8 |
|-----|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 2 361.18 | 1.778 6 | 14.716 9 | 1.516 5 | 6.243 3 | 81.435 9 | 1.102 4 | 26.083 4 |
| 2 | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 2 350.05 | 1.785 2 | 14.702 7 | 1.509 5 | 6.254 8 | 81.888 7 | 1.099 7 | 26.067 9 |
| 3 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 2 354.48 | 1.783 2 | 14.764 7 | 1.505 6 | 6.251 6 | 81.259 7 | 1.094 5 | 26.074 7 |
| 4 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 2 343.31 | 1.789 7 | 14.760 0 | 1.497 1 | 6.263 3 | 81.762 5 | 1.092 0 | 26.063 4 |
| 5 | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 2 359.31 | 1.779 2 | 14.691 3 | 1.522 8 | 6.260 0 | 81.731 5 | 1.099 0 | 26.072 4 |
| 6 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 2 348.14 | 1.785 6 | 14.681 7 | 1.515 8 | 6.270 8 | 82.222 9 | 1.096 5 | 26.043 7 |
| 7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 2 353.65 | 1.783 7 | 14.735 3 | 1.511 5 | 6.268 5 | 81.534 5 | 1.090 9 | 26.071 1 |
| 8 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 2 342.45 | 1.790 1 | 14.735 1 | 1.502 9 | 6.279 6 | 82.075 8 | 1.088 7 | 26.046 5 |
| 9 | 0.7 | 0.7 | 1.1 | 2 328.09 | 1.798 4 | 14.707 3 | 1.495 6 | 6.289 0 | 82.499 5 | 1.082 7 | 25.996 3 |
| 10 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 2 343.79 | 1.787 6 | 14.649 5 | 1.523 2 | 6.286 1 | 82.484 1 | 1.089 1 | 25.999 3 |
| Obs | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 | Z_6 | Z_7 | Z_8 | ZZ | | |
| 1 | 0.967 1 | 0.970 6 | 0.947 3 | 0.710 7 | 0.762 3 | 0.890 2 | 0.992 4 | 1.000 0 | 0.912 3 | | |
| 2 | 0.944 9 | 0.950 6 | 0.943 4 | 0.726 8 | 0.777 1 | 0.907 2 | 0.987 8 | 0.997 4 | 0.913 0 | | |
| 3 | 0.953 7 | 0.956 7 | 0.960 4 | 0.735 8 | 0.772 9 | 0.883 6 | 0.979 0 | 0.998 5 | 0.910 3 | | |
| 4 | 0.931 4 | 0.936 9 | 0.959 1 | 0.755 4 | 0.788 1 | 0.902 5 | 0.974 9 | 0.996 6 | 0.912 2 | | |
| 5 | 0.963 4 | 0.969 0 | 0.940 3 | 0.696 1 | 0.783 8 | 0.901 3 | 0.986 6 | 0.998 1 | 0.912 7 | | |
| 6 | 0.941 1 | 0.949 4 | 0.937 7 | 0.712 3 | 0.797 7 | 0.919 8 | 0.982 4 | 0.993 2 | 0.913 6 | | |
| 7 | 0.952 1 | 0.955 2 | 0.952 4 | 0.722 3 | 0.794 8 | 0.893 9 | 0.973 1 | 0.997 9 | 0.910 9 | | |
| 8 | 0.929 7 | 0.935 8 | 0.952 3 | 0.741 9 | 0.809 0 | 0.914 3 | 0.969 3 | 0.993 7 | 0.913 0 | | |
| 9 | 0.901 1 | 0.910 6 | 0.944 7 | 0.758 8 | 0.821 2 | 0.930 2 | 0.959 4 | 0.985 0 | 0.910 0 | | |
| 10 | 0.932 4 | 0.943 4 | 0.928 9 | 0.695 3 | 0.817 4 | 0.929 6 | 0.970 1 | 0.985 5 | 0.910 2 | | |

由表7可知,第6种水平组合下的综合指数值0.9136最大。这表明 X_1 、 X_2 、 X_3 分别按0.7、0.5、0.9的编码水平添加时,肉鸡整体性能最佳,转换成实际添加水平分别为1672.64 mg/kg(V_E 254.91、 V_C 283.23、 V_A 4248.51、 V_H 0.43)、2888.10 mg/kg(Fe 77.84、 Cu 90.81、 Mn 116.75、 Cr 0.78、 Zn 142.70、 Se 0.193)和1885.01 mg/kg(甜菜碱1767.53、大蒜素81.40)。此时各试验指标预测值分别为7周龄质量增加量2348.14 g、7周龄体重比1.78:1、胸肌/活质量14.68%、腹脂率1.52%、pH6.27、系水力82.22%、肌间脂肪1.096%和粗蛋白26.04%。

3 讨论

3.1 肌肉品质的微营养调控研究

从目前研究情况看,肌肉品质与宰前的营养有很大的关系,前端养殖肉仔鸡品质的保证尤为重要。我国在畜禽肉品质营养调控方面研究还比较薄弱,有关营养调控的研究尚不深入,尤其是对养分间的互作及养分对肉质基因表达的影响研究较少,加强肉品质营养调控的理论和技术研究将成为我国动物营养研究的重要任务之一^[14]。在实际饲养操作过程中,通过日粮营养手段进行肌肉品质的全面调控,尚需要研究日粮中基础性营养素与肉质营养调控因子在日粮中相互作用的情况下,各占多大的比例才能保证鸡肉品质的最佳特性。本研究就日粮中多种营养因子间的配合效应研究作了尝试。研究结果表明,日粮中基础性营养素与肉质营养调控因子添加剂间的合理配比,能有效改善商品肉仔鸡的胴体品质和肌肉品质。

3.2 添加剂及交互作用对肉质影响

本试验运用二次回归通用旋转组合设计的理论与方法,建立了8个营养调控数学模型,经检验达到了极显著水平。模型本身已经过无量纲编码代换,其偏回归系数已经标准化,故可从其绝对值的大小直观地判断各复合添加剂及其交互作用对试验指标的影响程度。从表7建立的8个模型可知, X_2 、 X_1X_2 ,对肉仔鸡7周龄质量增加量影响最大,其水平与肉仔鸡7周龄质量呈正相关。 X_1 、 X_3 ,对肉仔鸡肌肉pH值、系水力、肌间脂肪和粗蛋白影响最大,其水平与各指标呈正相关。 X_2 、 X_3 ,对肉仔鸡腹脂率、胸肌/活质量影响最大,其水平与腹脂率呈负相关,与胸肌/活质量呈正相关。这说明复合微量元

素的主效应及其与复合维生素的互作效应对肉鸡生长速度具有重要影响,复合维生素和复合生物活性物质的主效应对肌肉品质性状具有重要影响,复合微量元素和复合生物活性物质的主效应对肉鸡胴体性状具有重要影响。pH值、肌肉系水力、肌间脂肪、粗蛋白之间呈正相关,腹脂率与胸肌/活质量二者之间呈负相关,这一结果与张克英等^[15]研究结果相同。

3.3 二次回归数学模型的实践应用

二次回归数学模型对肉鸡生产中合理制定营养调控措施具有一定指导意义。肉质是指肌肉品质的整体表现,包括屠体外观、保存性、安全卫生、鲜嫩、营养品质、风味等多方面的内容。社会上不同产业部门对肉质界定的内涵是不相同的。如食品加工部门把肌肉坚实性、颜色和系水率等直接关系到产品率高低性状视为重要品质。销售部门则把系水率、颜色、结构、pH值等直接关系到肌肉损耗、新鲜度、软硬度和货架寿命的性状视为重要品质。消费者则在购买时把肌肉的新鲜度、渗水性和皮骨肉脂的比例作为判定标准。在烹调和品尝时又以肉的嫩度、多汁性、口感好作为判定标准。但普遍认为肌肉的食用品质和商品性状是肌肉品质的最重要部分。肉鸡生产中可借助这8个数学模型,采用多指标综合评定方法,通过对指标设置不同的权重,可以求出有针对性地改善某些肉质性状指标时所需要的微营养素配比。这样就可通过设计不同微营养配方的预混料,生产不同肉质性状的鸡肉,以满足不同的市场需求。如本研究按对肌肉品质的一般要求,利用8个回归模型,采用8指标综合评定方法得出, X_1 、 X_2 和 X_3 在肉仔鸡饲料中的饲喂水平分别为1672.64、2888.10和1885.01 mg/kg时,肉仔鸡的生长性能、胴体性状和肌肉品质整体较好。

参 考 文 献

- [1] 丛玉艳,张建勋.矿物质影响鸡肉品质的研究进展[J].中国家禽,2005,27(14):52-53.
- [2] 陈常秀,李永洙.硒源对肉鸡肉质和组织硒含量及血液谷胱甘肽过氧化酶活性的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(4):715-719.
- [3] 黄进,陈宏生,高玉时,等.改善鸡肉品质的途径[J].中国家禽,2010(2):42-44.
- [4] MORRISSEY P A, SHEEHY P J A. Lipid stability in meat and meat products[J]. Meat Science, 1998, 49:73-86.

- [5] DALLE Z A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality[J]. *Live-stock Production Science*, 2002, 75: 11-32.
- [6] O'NEILL L M, GALVIN K, MORRISSEY P A, et al. Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat[J]. *Meat Science*, 1999, 52: 89-94.
- [7] HIGGS J D. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, 11: 85-95.
- [8] WANG Y Z, XU Z R, FENG J. The effect of betaine and dl-methionine on growth performance and carcass characteristics in meat ducks[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2004, 116: 151-159.
- [9] 袁志发, 周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 366-385.
- [10] 扬宁, 单崇浩, 朱元照. 现代化养鸡讲义[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995: 620-621.
- [11] 陈润生. 优质猪肉的指标及其度量方法[J]. *养猪业*, 2002(3): 10-13.
- [12] 中国预防医学科学院. 食品卫生国家标准汇编: 理化检验[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [13] 彭祖赠, 孙韞玉. 模糊(fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002: 122-131.
- [14] 陈代文. 猪肉品质的营养调控研究进展[C]// 中国畜牧兽医学学会. 2005 中国畜牧兽医学学会第一届中国养猪生产和疾病控制技术大会论文集. 北京: [出版者不详], 2005: 82-93.
- [15] 张克英, 陈代文, 胡祖禹. 次黄嘌呤核苷酸和胶原蛋白与猪肉品质的关系研究[J]. *四川农业大学学报*, 2002, 20(1): 56-59.

Effects of compound additives on growth performance, carcass traits and meat quality in broilers

WANG Xiao-ming¹ QIAN Hui-yue² YANG Dong¹

1. *College of Life Sciences, Jiangnan University, Wuhan 430056, China;*

2. *College of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

Abstract In order to study the effects of different combination of regulating facts on growth performance, carcass traits and meat quality in broilers, 630 one-day-old healthy avian broilers were randomly assigned into 21 groups (including one control treatment), the control treatment was fed by normal diet, and the rest 20 treatments were fed by fifteen kinds of experimental diets. Each of three experimental factors (compound vitamins, compound trace elements and compound active additives) was designed to 5 levels. After 49-days' growth trail, the mean weight of broilers, the feed efficiency of broilers, breast muscle/live weight of broilers, and the abdominal fat rate, the pH value, the water holding capacity, intramuscular fat, crude protein of meat in each treatment were better than those of the control treatment ($P < 0.01$). The multi-parameters comprehensive evaluation and optimization of mathematical models showed that the carcass and meat quality of broiler were the best when three compound additives in the diet was 1 672.64 mg/kg compound vitamins (V_E 254.91, V_C 283.23, V_A 4 248.51, V_H 0.43), 2 888.10 mg/kg compound trace elements (Fe 77.84, Cu 90.81, Mn 116.75, Cr 0.78, Zn 142.70, Se 0.193), and 1 885.01 mg/kg compound active additives (betaine 1 767.53, allitridum 81.40), respectively. These results indicated that the optimal ratio of basic nutritional factors and regulatory factors could improve carcass traits and the meat quality of broiler.

Key words compound additives; broilers; growth performance; carcass traits; meat quality; comprehensive selection index