

肉仔鸡维持氨基酸模式和需要量的研究

田亚东<sup>1</sup>,蔡辉益<sup>2</sup>,陈宝江<sup>2</sup>,刘国华<sup>2</sup>,康相涛<sup>1</sup>

(1 河南农业大学 牧医工程学院,河南 郑州 450002;2 中国农业科学院 饲料研究所,北京 100081)

【摘 要】 【目的】确立肉仔鸡的维持氨基酸需要模式,并依此估测肉仔鸡用于维持的氨基酸需要量。【方法】以体重基本一致的 6 周龄 AA 肉鸡为供试动物,设计无氮和低氮 2 种饲料进行氮平衡试验,以无氮饲料来估测内源氮排泄量,以低氮饲料来估测肌酐排泄总量和羽毛、皮屑等体表氮损失量(沉积氮量),合计不同途径的氮损失量估算蛋白质维持需要量。通过屠宰试验分析胴体和羽毛的氨基酸组成,并将胴体蛋白质和羽毛蛋白质的氨基酸组成模式,分别作为内源氮中非氨态氮和体表损失氮的氨基酸组成模式,肌酐形式的氨基酸损失以等物质质量的甘氨酸、精氨酸和蛋氨酸替代,综合内源氨基酸排泄量和体表氨基酸损失量,确定肉仔鸡的维持氨基酸模式,并根据蛋白质维持需要量和氨基酸组成模式计算维持氨基酸的需要量。【结果】肉仔鸡采食低氮饲料时的沉积氮量为 509.27 mg/d,肌酐排泄量为 12.22 mg/d,采食无氮饲料时内源氮排泄总量为 510.71 mg/d。肉仔鸡蛋白质维持需要量(mg/d)为 3 414.38×体重<sup>0.75</sup>。【结论】肉仔鸡维持氨基酸模式(质量分数,%):天冬氨酸 7.68,苏氨酸 4.52,丝氨酸 6.75,谷氨酸 10.42,甘氨酸 8.20,丙氨酸 5.18,胱氨酸 4.16,缬氨酸 6.30,蛋氨酸 1.64,异亮氨酸 4.59,亮氨酸 7.77,酪氨酸 3.17,苯丙氨酸 4.16,赖氨酸 4.37,组氨酸 2.04,精氨酸 6.86,脯氨酸 7.65,色氨酸 0.76。肉仔鸡维持氨基酸需要量(mg/(kg<sup>0.75</sup>·d))为:天冬氨酸 262.22,苏氨酸 154.33,丝氨酸 230.47,谷氨酸 355.78,甘氨酸 279.97,丙氨酸 176.86,胱氨酸 142.04,缬氨酸 215.11,蛋氨酸 56.00,异亮氨酸 156.72,亮氨酸 265.30,酪氨酸 108.24,苯丙氨酸 142.04,赖氨酸 149.21,组氨酸 69.65,精氨酸 234.23,脯氨酸 261.20,色氨酸 25.95。

【关键词】 肉仔鸡;蛋白质维持需要量;氨基酸维持模式;氨基酸维持需要量

【中图分类号】 S831;S815.1                      【文献标识码】 A                      【文章编号】 1671-9387(2008)03-0018-07

Amino acid profile and requirements for maintenance  
in broiler chickens

TIAN Ya-dong<sup>1</sup>,CAI Hui-yi<sup>2</sup>,CHEN Bao-jiang<sup>2</sup>,LIU Guo-hua<sup>2</sup>,KANG Xiang-tao<sup>1</sup>

(1 College of Animal Husbandry and Veterinary, He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China;  
2 Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** 【Objective】 The study was to establish maintenance amino acid profile for broiler chickens using the factorial approach and to estimate amino acid requirements for maintenance according to the profile. 【Method】 Parameters used to calculate protein requirement for maintenance were obtained from two balance trials with 6-week broilers. The N-low diet was formulated to estimate skin protein loss and creatinine loss and the N-free diet to estimate endogenous protein and amino acid excretion. The protein requirement for maintenance was calculated by summing up the different losses. Protein and amino acid analyses of nude carcass and feather in the comparative slaughter experiment were used to obtain their own amino acid patterns which were regarded as amino acid composition of non-amino nitrogen in endogenous nitrogen and skin integuments nitrogen respectively. Creatinine excretion was replaced by equivalent mol of glycine, argi-

\* 【收稿日期】 2007-03-14  
【基金项目】 国家“十五”科技攻关项目(2002BA514A13)  
【作者简介】 田亚东(1971—),男,河南上蔡人,副教授,博士,主要从事家禽营养研究。E-mail: ydtian111@163.com.

nine and methionine. Amino acid profile and requirements for maintenance were calculated by summing the endogenous amino acid excretion and losses of the skin integuments. 【Result】 Nitrogen retention and creatinine excretion were determined at 509.27 and 12.22 mg/d in protein-fed birds. Birds fed on N-free diet excreted 510.71 mg/d nitrogen as a result of endogenous losses. The protein requirement for maintenance was 3 418.38 BW<sup>0.75</sup>. 【Conclusion】 Amino acid profile(%) and requirements for maintenance were listed as follows: profile, Asp 7.68, Thr 4.52, Ser 6.75, Glu 10.42, Gly 8.20, Ala 5.18, Cys 4.16, Val 6.30, Met 1.64, Ile 4.59, Leu 7.77, Tyr 3.17, Phe 4.16, Lys 4.37, His 2.04, Arg 6.86, Pro 7.65, Trp 0.76; requirement, Asp 262.22, Thr 154.33, Ser 230.47, Glu 355.78, Gly 279.97, Ala 176.86, Cys 142.04, Val 215.11, Met 56.00, Ile 156.72, Leu 265.30, Tyr 108.24, Phe 142.04, Lys 149.21, His 69.65, Arg 234.23, Pro 261.20, Trp 25.95.

**Key words:** broiler chicken; protein requirement for maintenance; amino acid profile for maintenance; amino acid requirement for maintenance

研究不同动物的营养需要,对于探索具有普遍意义的营养需要规律,比较不同种动物或同一种动物在不同条件下的营养需要特点具有重要意义。根据营养剖分模型,通常将幼龄动物的营养需要分为维持需要和生长需要2部分。但对于家禽而言,由于羽毛和胴体在氨基酸组成上有很大差异,因此常将家禽的氨基酸需要分为维持需要、羽毛生长需要和胴体生长需要3部分。许多学者对家禽的氨基酸维持需要进行了研究,其中一部分研究是通过成年公鸡<sup>[1-4]</sup>或肉仔鸡<sup>[5-9]</sup>氮平衡试验或生长模型<sup>[10]</sup>来评价的;另一部分研究是通过肉仔鸡全身体蛋白沉积量和某种氨基酸沉积量对该种氨基酸的进食量的回归分析来确定的<sup>[11-15]</sup>。尽管 Hurwitz 等<sup>[16]</sup>、贺建华等<sup>[17]</sup>和 Li 等<sup>[18]</sup>都曾利用析因法分别研究了火鸡、肉鸭和泰和乌骨鸡的维持氨基酸需要,但利用析因法探讨肉仔鸡维持氨基酸需求的研究较少。本研究利用析因法确立了肉仔鸡的维持氨基酸需要模式,并依此估测了肉仔鸡用于维持的氨基酸需要量,以期建立动态的肉鸡营养需要预测模型提供理论参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验原理

研究肉仔鸡用于维持的氨基酸需要量时,应考虑以下氨基酸的净损失。

(1)内源氮排泄引起的氨基酸损失。包括氨基酸形式的氮排泄、非氨基酸形式的氮排泄以及肌酐形式的氮排泄。

(2)羽毛、皮屑等皮肤覆盖物脱落引起的体表氨基酸损失。设计无氮和低氮2种饲料,以无氮饲料来估测内源氮排泄量,以低氮饲料来估测肌酐排泄

总量和羽毛、皮屑等体表氮损失量(假设肉仔鸡采食低氮饲料时体重(BW)不发生变化,即认为其处于维持状态,将沉积的氮量看作是体表损失的氮量)<sup>[16-18]</sup>。

### 1.2 氮平衡试验

1.2.1 试禽与分组 选取体重基本一致的6周龄雄性和雌性AA肉鸡各24只,分为2个处理,每处理6个重复。每重复公鸡、母鸡各1只,于一个单元笼中饲养。

1.2.2 饲料配制 根据试验需要配制低氮和无氮的半纯合饲料,饲料配方见表1,其中低氮日粮和无氮日粮的代谢能计算值均为12.19 MJ/kg,粗蛋白质含量实测值分别为53.4和2.70 g/kg。

1.2.3 饲养管理 试验鸡采用连续光照,于20~25℃室温下进行氮平衡试验。试验进程分为预试期和正试期,预试期3 d,正试期4 d,正试期内自由采食,限制饮水量(为正量的70%),记录采食量。

1.2.4 排泄物的收集与处理 正试期开始后即用粪盘收集4 d的排泄物,每天用饱和硼酸喷洒2次,防止氨气挥发。正试期结束后拣去盘中遗落的饲料、羽毛和皮屑等杂物,称其质量后加水匀浆并定容,取样以备分析。

### 1.3 比较屠宰试验

氮平衡试验结束后,从饲喂低氮饲料的肉仔鸡中选取公鸡、母鸡各6只,颈椎错位法致死后浸入75℃左右的热水中烫30 s,拔去羽毛。湿羽收集在棉布袋中,置于25℃的鼓风干燥箱中干燥24 h,空气中充分回潮后用剪刀剪碎,再用万能粉碎机粉碎,取样备检。去羽胴体用干毛巾拭去表面水分后于-20℃下速冻。速冻后的胴体除去消化道内容物后切成小块,用绞肉机连绞3遍,充分搅拌均匀后取

足量的样品在高速组织捣碎器中捣碎,然后低温干燥制成风干样品备检。

表 1 肉仔鸡氮平衡试验的饲料配方

| Table 1 Dietary composition of the nitrogen balance experiment in broiler chickens |                    |                     | g/kg                     |                    |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|
| 原料组成<br>Ingredient                                                                 | 低氮日粮<br>N-low diet | 无氮日粮<br>N-free diet | 原料组成<br>Ingredient       | 低氮日粮<br>N-low diet | 无氮日粮<br>N-free diet |
| 玉米淀粉 Corn starch                                                                   | 390                | 450                 | 玉米芯粉 Corn core           | 38                 | 40                  |
| 葡萄糖 Glucose                                                                        | 388                | 444                 | 蛋氨酸 Methionine           | 1                  | —                   |
| 蔗糖 Sucrose                                                                         | 10                 | 10                  | 石粉 Limestone             | 8                  | 7                   |
| 豆粕 Soybean meal                                                                    | 120                | —                   | 磷酸氢钙 Dicalcium phosphate | 18                 | 20                  |
| 豆油 Soybean oil                                                                     | 20                 | 10                  | 食盐 Salt                  | 3                  | 3                   |
| 复合维生素 Vitamin mixture                                                              | 1                  | 1                   | 碳酸钾 Potassium carbonate  | —                  | 7                   |
| 复合微量元素 Trace mineral mixture                                                       | 1                  | 1                   | 碳酸镁 Magnesium carbonate  | —                  | 5                   |
| 氯化胆碱 Choline chloride                                                              | 2                  | 2                   |                          |                    |                     |

注:每 kg 复合维生素含有  $V_A$  10 000 000 IU,  $V_{D_3}$  2 500 000 IU,  $V_E$  15 000 mg,  $V_{K_3}$  3 000 mg,  $V_{B_1}$  3 000 mg,  $V_{B_2}$  5 500 mg,  $V_{B_6}$  1 000 mg,  $V_{B_{12}}$  10 mg, 烟酸 34 000 mg, 泛酸钙 12 000 mg, 叶酸 500 mg, 生物素 200 mg; 每 kg 复合微量元素含有 Fe 22 500 mg, Cu 60 000 mg, Zn 48 750 mg, Mn 75 000 mg, I 750 mg, Se 100 mg。

Note: Per kg of vitamin premix provided  $V_A$  10 000 000 IU,  $V_{D_3}$  2 500 000 IU,  $V_E$  15 000 mg,  $V_{K_3}$  3 000 mg,  $V_{B_1}$  3 000 mg,  $V_{B_2}$  5 500 mg,  $V_{B_6}$  1 000 mg,  $V_{B_{12}}$  10 mg, niaciamide 34 000 mg, Ca-pantothenate 12 000 mg, folic acid 500 mg, biotin 200 mg. Per kg of trace mineral premix provided Fe 22 500 mg, Cu 60 000 mg, Zn 48 750 mg, Mn 75 000 mg, I 750 mg, Se 100 mg.

1.4 测定指标及其方法

饲料、羽毛、胴体和排泄物样品的氮含量用凯式自动定氮仪(美国 Fisher 公司 kjeltext-2300)测定;羽毛、胴体和无氮饲料组排泄物样品中的色氨酸含量采用分光光度计(岛津分光光度计 RF-1501)(GB/T15400-1994)测定。含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸)含量测定时,样品先采用甲酸处理,再用盐酸水解,最后上氨基酸自动分析仪(日立 L-8500)测定;其他 15 种氨基酸含量测定时,样品先在真空状态下盐酸水解后,再上氨基酸自动分析仪测定。肌酐总量的测定方法为:取匀浆后的低氮日粮组排泄物样品 50.0 g,放入 150 mL 三角瓶中,加高氯酸处理(高氯酸的最终体积分数为 7.5%),3 000 r/min 离心 15 min,上清液用 2 mol/L 碳酸氢钾中和,冷却 20 min,离心(3 000 r/min,20 min)除去高氯酸钾,冷却至 4℃,过滤,除去脂肪和少量高氯酸钾。滤液定容至 100 mL,然后用血、尿肌酐试剂盒(南京建成生物工程研究所生产)测定。

1.5 参数估计方法

家禽的蛋白质维持需要量( $PR_m$ )通常用代谢体重( $BW^{0.75}$ )的线性函数来估计,即:

$$PR_m = aBW^{0.75}; \tag{1}$$

氨基酸维持需要量( $AAR_m$ )可表示为:

$$AAR_m = PR_m \times AA_m = aBW^{0.75} \times AA_m. \tag{2}$$

式中: $a$  为待定参数; $BW^{0.75}$  为代谢体重; $AA_m$  为用于维持的氨基酸组成模式。以无氮饲料组估测肉仔鸡每日总内源氮排泄量和各种氨基酸排泄量,

内源排泄的非氨基酸氮(即尿氮)的氨基酸组成可看作是胴体蛋白质的氨基酸组成(因为尿氮为体蛋白氧化分解而来)。以低氮饲料组估测肉仔鸡每日的沉积氮量和排泄的肌酐总量,沉积氮量可视为羽毛皮屑等体表氮损失,其氨基酸组成以羽毛的氨基酸组成表示;肌酐氨基酸组成以等物质的量的甘氨酸、精氨酸和蛋氨酸表示;每日内源损失和羽毛、皮屑等皮肤覆盖物损失的粗蛋白质总量与平均代谢体重之比值即为  $a$  值;各种氨基酸每日损失量分别占每日蛋白质损失量的百分比即为维持氨基酸的模式( $AA_m$ ); $a$  值与  $AA_m$  的乘积即为各种氨基酸每日每单位代谢体重的需要量。

2 结果与分析

2.1 氮平衡试验结果

饲喂低氮饲料和无氮饲料时肉仔鸡的氮平衡试验结果见表 2。表 2 显示,肉仔鸡采食无氮饲料时,内源氮排泄量为(510.71±12.43) mg/d,处于维持状态下;肉仔鸡采食低氮饲料时,羽毛、皮屑等皮肤覆盖物损失的氮量(即沉积氮量)为(509.27±9.49) mg/d,这里未计体重变化的氮需要量,因为体重变化被认为是饮水量的影响所致<sup>[1]</sup>。肌酐排泄量为(12.22±0.19) mg/d,这样以等物质的量换算由肌酐排泄而损耗的氮、甘氨酸、蛋氨酸和精氨酸分别为 4.54,8.10,16.10 和 18.80 mg/d。肉仔鸡蛋白质维持需要系数  $a = (510.71 + 509.27) \times 6.25 / ((2\ 281.33 + 2\ 316.75) / 2 / 100\ 0) \times 0.75 =$

3 414. 38 mg/(kg<sup>0.75</sup> · d),由此可知,肉仔鸡的蛋白质维持需要量  $PR_m(\text{mg/d})=3\ 414.38\ \text{BW}^{0.75}$ 。

表 2 肉仔鸡的氮平衡试验结果

Table 2 Results of nitrogen balance trials of broiler chickens

| 处理<br>Treatment     | 初始体重/g<br>Initial body weight | 结束体重/g<br>Final body weight | 饲料采食量/<br>(g · d <sup>-1</sup> )<br>Feed intake | 氮采食量/<br>(mg · d <sup>-1</sup> )<br>N intake | 内源氮排泄量/<br>(mg · d <sup>-1</sup> )<br>N excretion | 沉积氮量/<br>(mg · d <sup>-1</sup> )<br>N retention | 肌酐排泄量/<br>(mg · d <sup>-1</sup> )<br>Creatinine excretion |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 低氮饲料<br>N-low diet  | 2 281.33±25.73                | 2 316.75±17.25              | 147.09±3.26                                     | 1 256.00±27.85                               | 746.73±32.04                                      | 509.27±9.49                                     | 12.22±0.19                                                |
| 无氮饲料<br>N-free diet | 2 268.75±30.41                | 2 152.08±24.88              | 90.61±3.71                                      | 39.96±1.69                                   | 510.71±12.43                                      | -470.75±13.88                                   | —                                                         |

2.2 比较屠宰试验结果

对肉仔鸡的风干胴体样品和羽毛样品进行粗蛋白质和各种氨基酸含量的测定,并以氨基酸含量占粗蛋白质含量百分比的形式描述胴体和羽毛的氨基酸组成模式。由表 3 可以看出,肉仔鸡胴体和羽毛蛋白的氨基酸组成模式明显不同。胴体蛋白中,谷氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、组氨酸和色氨酸含量约是羽

毛中的 2 倍;羽毛蛋白中,丝氨酸、胱氨酸、缬氨酸和脯氨酸含量较高,这充分反映了肌蛋白与角蛋白的组成特性。公鸡胴体和羽毛氨基酸含量与母鸡差异均不显著( $P>0.05$ ),表明性别对胴体和羽毛氨基酸组成模式并没有影响。因此,本研究分别取公、母鸡的平均值作为胴体和羽毛的氨基酸组成模式。

表 3 肉仔鸡胴体和羽毛蛋白的氨基酸组成模式

Table 3 Amino acid profiles of carcass and feather protein of broiler chickens

| 氨基酸<br>Amino acid | 胴体 Carcass |            |            | 羽毛 Feather |           |           |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
|                   | 公鸡 Male    | 母鸡 Female  | 平均 Mean    | 公鸡 Male    | 母鸡 Female | 平均 Mean   |
| 天冬氨酸 Asp          | 8.09±0.04  | 8.09±0.06  | 8.09±0.04  | 7.00±0.09  | 6.85±0.12 | 6.92±0.07 |
| 苏氨酸 Thr           | 3.88±0.03  | 3.87±0.03  | 3.88±0.02  | 4.67±0.02  | 4.69±0.01 | 4.68±0.01 |
| 丝氨酸 Ser           | 3.49±0.04  | 3.52±0.04  | 3.51±0.03  | 9.41±0.11  | 9.33±0.06 | 9.37±0.06 |
| 谷氨酸 Glu           | 12.72±0.10 | 12.71±0.09 | 12.71±0.07 | 8.71±0.07  | 8.73±0.07 | 8.72±0.05 |
| 甘氨酸 Gly           | 7.71±0.06  | 7.56±0.08  | 7.64±0.05  | 6.58±0.05  | 6.57±0.05 | 6.58±0.03 |
| 丙氨酸 Ala           | 6.43±0.04  | 6.44±0.05  | 6.43±0.03  | 4.43±0.05  | 4.37±0.06 | 4.40±0.04 |
| 胱氨酸 Cys           | 1.01±0.01  | 1.01±0.01  | 1.01±0.01  | 6.72±0.01  | 6.73±0.02 | 6.73±0.01 |
| 缬氨酸 Val           | 4.74±0.13  | 4.70±0.12  | 4.72±0.09  | 7.42±0.10  | 7.44±0.09 | 7.43±0.06 |
| 蛋氨酸 Met           | 2.24±0.02  | 2.26±0.02  | 2.25±0.01  | 0.64±0.04  | 0.63±0.03 | 0.63±0.02 |
| 异亮氨酸 Ile          | 4.07±0.08  | 4.14±0.06  | 4.11±0.05  | 5.12±0.03  | 5.14±0.03 | 5.13±0.02 |
| 亮氨酸 Leu           | 7.43±0.02  | 7.40±0.01  | 7.42±0.01  | 8.45±0.06  | 8.50±0.08 | 8.48±0.05 |
| 酪氨酸 Tyr           | 2.59±0.02  | 2.58±0.02  | 2.59±0.02  | 3.23±0.03  | 3.23±0.03 | 3.23±0.02 |
| 苯丙氨酸 Phe          | 3.71±0.04  | 3.73±0.04  | 3.72±0.03  | 4.30±0.05  | 4.31±0.03 | 4.30±0.03 |
| 赖氨酸 Lys           | 6.86±0.04  | 6.82±0.05  | 6.84±0.03  | 2.34±0.04  | 2.34±0.05 | 2.34±0.03 |
| 组氨酸 His           | 2.64±0.02  | 2.66±0.03  | 2.65±0.02  | 1.11±0.08  | 1.13±0.08 | 1.12±0.06 |
| 精氨酸 Arg           | 6.17±0.03  | 6.16±0.03  | 6.16±0.02  | 7.23±0.02  | 7.22±0.02 | 7.23±0.01 |
| 脯氨酸 Pro           | 5.87±0.07  | 5.90±0.14  | 5.89±0.08  | 8.69±0.09  | 8.82±0.07 | 8.76±0.06 |
| 色氨酸 Trp           | 0.92±0.01  | 0.94±0.02  | 0.93±0.01  | 0.42±0.04  | 0.41±0.04 | 0.41±0.03 |

2.3 肉仔鸡的维持氨基酸模式及其需要量

根据试验鸡每天的内源氮排泄量、体表损失的氮量和氨基酸肠道排泄量及去羽胴体、羽毛和肌酐的氨基酸组成模式,参照 1.5 中参数的估计方法,计算肉鸡不同形式的氨基酸损失量(某种形式损失的氮量×6.25×其氨基酸组成模式),进而计算用于维

持的氨基酸模式及需要量,结果见表 4。表 4 显示,以氨基酸形式排泄的氮大约占内源氮的 1/5 稍多,以非氨基酸形式排泄的氮占绝大部分,说明在体蛋白周转过程中有大量的氨基酸不能用于蛋白合成,而被氧化分解以尿氮的形式排出。

表 4 肉仔鸡维持氨基酸的分配及模式

Table 4 Partitioning and profile of Amino acid for maintenance of broiler chickens

| 项目<br>Item | 内源氨基酸排量/(mg·d <sup>-1</sup> ) Endogen AA excretion |                       |                         | 皮肤覆盖物损失<br>氨基酸量/<br>(mg·d <sup>-1</sup> ) | 损失氨基酸<br>总量/(mg·d <sup>-1</sup> ) | 氨基酸维<br>持模式/%<br>AA profile<br>for<br>maintenance | 氨基酸维持需要/<br>(mg·kg <sup>-0.75</sup><br>·d <sup>-1</sup> ) |
|------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|            | 氨基酸形式<br>AA form                                   | 非氨基酸形式<br>Non-AA form | 肌酐形式<br>Creatinine form | Loss of skin<br>integument                | Gross loss                        |                                                   | AA requirements<br>for maintenance                        |
| 氮 Nitrogen | 103.26±4.44                                        | 402.91±9.32           | 4.54±0.07               | 509.27±9.49                               | 1019.98                           | —                                                 | —                                                         |
| 天冬氨酸 Asp   | 65.72±2.81                                         | 203.72±4.71           | —                       | 220.33±4.11                               | 489.77                            | 7.68                                              | 262.22                                                    |
| 苏氨酸 Thr    | 43.11±1.71                                         | 97.61±2.26            | —                       | 147.54±2.21                               | 288.27                            | 4.52                                              | 154.33                                                    |
| 丝氨酸 Ser    | 46.87±2.30                                         | 88.32±2.04            | —                       | 295.35±4.43                               | 430.53                            | 6.75                                              | 230.47                                                    |
| 谷氨酸 Glu    | 69.19±3.07                                         | 320.18±7.40           | —                       | 274.87±4.12                               | 664.25                            | 10.42                                             | 355.78                                                    |
| 甘氨酸 Gly    | 115.02±8.26                                        | 192.28±4.44           | 8.10±0.13               | 207.39±3.11                               | 522.79                            | 8.20                                              | 297.97                                                    |
| 丙氨酸 Ala    | 29.34±1.49                                         | 162.00±3.75           | —                       | 138.56±2.08                               | 329.90                            | 5.18                                              | 176.86                                                    |
| 胱氨酸 Cys    | 27.94±0.82                                         | 25.41±0.59            | —                       | 212.06±3.18                               | 265.41                            | 4.16                                              | 142.04                                                    |
| 缬氨酸 Val    | 48.85±3.00                                         | 118.86±2.75           | —                       | 234.20±3.51                               | 401.92                            | 6.30                                              | 215.11                                                    |
| 蛋氨酸 Met    | 12.05±0.86                                         | 56.59±1.31            | 16.10±0.27              | 19.98±0.30                                | 104.72                            | 1.64                                              | 56.00                                                     |
| 异亮氨酸 Ile   | 27.39±1.05                                         | 103.41±2.39           | —                       | 161.86±2.42                               | 292.67                            | 4.59                                              | 156.72                                                    |
| 亮氨酸 Leu    | 41.59±3.02                                         | 186.74±4.32           | —                       | 267.19±4.00                               | 495.51                            | 7.77                                              | 265.30                                                    |
| 酪氨酸 Tyr    | 35.44±1.11                                         | 65.10±1.51            | —                       | 101.74±1.53                               | 202.27                            | 3.17                                              | 108.24                                                    |
| 苯丙氨酸 Phe   | 35.86±1.68                                         | 93.70±2.17            | —                       | 135.65±2.03                               | 265.20                            | 4.16                                              | 142.04                                                    |
| 赖氨酸 Lys    | 32.85±2.11                                         | 172.17±3.98           | —                       | 73.76±1.11                                | 278.78                            | 4.37                                              | 149.21                                                    |
| 组氨酸 His    | 27.98±2.96                                         | 66.79±1.54            | —                       | 35.32±0.53                                | 130.10                            | 2.04                                              | 69.65                                                     |
| 精氨酸 Arg    | 35.60±1.41                                         | 155.24±3.59           | 18.80±0.30              | 227.81±3.42                               | 437.44                            | 6.86                                              | 234.23                                                    |
| 脯氨酸 Pro    | 63.00±2.64                                         | 148.32±3.45           | —                       | 276.04±4.14                               | 487.36                            | 7.65                                              | 261.20                                                    |
| 色氨酸 Trp    | 12.19±0.19                                         | 23.50±0.54            | —                       | 13.06±0.20                                | 48.75                             | 0.76                                              | 25.95                                                     |

3 讨 论

维持状态是假定健康动物体重不增不减,不进行生产,体内各种养分处于收支平衡的状态。在维持状态下,体内的代谢过程没有停止,一部分含氮物质从体内损失,需要通过饲料蛋白质进行补充。Moughan<sup>[19]</sup>把这些氮代谢损失概括为 6 项:皮肤覆盖物脱落引起的体表氮损失,反映体蛋白周转无效性的尿氮损失,肠道黏膜、细胞脱落和胆汁、消化酶分泌引起的氮损失,强制性合成必需的非蛋白含氮物(如肌酐)引起的损失,不可逆的氨基酸化学变化(如赖氨酸变成羟基赖氨酸)引起的损失,尿中游离氨基酸的损失。其中后 3 项损失通常认为在维持需要中所占的比例较小,但前 3 项非常重要,建立蛋白质或氨基酸需要模型时必须考虑<sup>[20]</sup>。Hurwitz 等<sup>[16]</sup>在研究火鸡氨基酸维持需要时,将氨基酸的净损失分为 3 种:以消化道分泌液、黏膜上皮脱落为主的肠道损失;以羽毛、皮屑脱落为主的体表损失;强制性合成肌酐引起的蛋氨酸、甘氨酸和精氨酸损失。其假定除了几种特殊的氨基酸不可逆代谢(如脯氨酸羟基化、组氨酸甲基化等)外,组织更新未引起任何氨基酸净损失。实质上,体蛋白周转过程中不同的氨基酸周转率不同,合成代谢对不同氨基酸的利用率也有差异。另外,与不同氨基酸代谢相关

的酶活性也不同,导致部分氨基酸氧化分解并最终  
以尿氮形式排出。贺建华等<sup>[17]</sup>和 Li 等<sup>[18]</sup>在研究肉  
鸭和泰和乌骨鸡的氨基酸需要量时,曾将粪、尿中氨  
基酸组成作为尿氮的氨基酸组成,但粪尿排泄物中的  
氨基酸主要来自于消化道分泌物及脱落的黏膜和  
上皮。在体蛋白周转中参与合成蛋白质的氨基酸  
80%来源于体组织蛋白的降解。本研究若将胴体蛋  
白的氨基酸组成看作是以尿氮形式损失的蛋白质的  
氨基酸组成,试验结果也许更接近实际状况。

Hurwitz 等<sup>[21]</sup>利用 Leveille 等<sup>[3]</sup>公布的数据建  
立了肉仔鸡氨基酸维持需要模式,与本研究所获模  
式差异很大,除精氨酸、亮氨酸、苏氨酸和异亮氨酸  
与本研究接近外,其他必需氨基酸比例均明显低于  
本研究。Muramatsu 等<sup>[22-23]</sup>和 Webel 等<sup>[24]</sup>报道,向  
鸡的无氮饲料中添加蛋氨酸或胱氨酸有节省氮的作  
用,能显著降低体重损失和内源氮排泄,提高氮平衡  
和蛋白质合成。Leveille 等<sup>[1-3]</sup>向成年的白来航公鸡  
提供 280 mg/kg 氨基酸形式的氮(各种氨基酸含氮  
总和),当氮排泄量达恒定时,最低氨基酸供给水平  
即为鸡维持需要。由于 Leveille 等在试验日粮中补  
充了多种氨基酸,因此试验鸡的内源排泄量相对较  
低,并且没有考虑羽毛、皮屑等体表氮损失,这可能  
是导致其模式中部分氨基酸比例较低的原因。Li  
等<sup>[18]</sup>研究了泰和乌骨鸡的维持氨基酸组成模式,与

本研究结果相比,氨基酸组成模式有的偏高,有的偏低,其原因在于鸡的品种、饲料组成不同,羽毛及肠道排泄的氨基酸组成有差异,并且计算内源尿氮部分的氨基酸排泄量时依据的氨基酸模式也不相同。

许多学者对氨基酸的维持需要量进行了研究,但由于采用的肉仔鸡品种、试验方法及计量单位不同,试验结果各不相同。与 Hruby 等<sup>[25]</sup>对 32~43 日龄肉仔鸡研究结果相比,除胱氨酸外,本研究测定的其他氨基酸维持需要量均偏低,原因在于本研究获得的数据为氨基酸的净需要量,未考虑饲料氨基酸消化率和利用率问题,而 Hruby 等得到的是可消化氨基酸的需要量。如果将本研究中维持氨基酸需要量的单位换算成  $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ ,则结果与 Leveille 等<sup>[3]</sup>在成年公鸡上得到的苏氨酸、总含硫氨基酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和精氨酸维持需要量均较接近,这是因为 Leveille 等的试验结果是在纯合日粮条件下得到的氮排泄量维持恒定时的最低氨基酸水平,而日粮中添加的均是晶体氨基酸,吸收率几乎接近 100%。而在 Owens 等<sup>[10]</sup>的研究中,由于使用的是总氨基酸基础,因此所有氨基酸的维持需要量均高于本研究结果。

## 4 结 论

1) 肉仔鸡蛋白质维持需要量 ( $\text{mg}/\text{d}$ ) 为 3 414.38  $\text{BW}^{0.75}$ 。

2) 维持氨基酸模式(质量分数,%)为:天冬氨酸 7.68,苏氨酸 4.52,丝氨酸 6.75,谷氨酸 10.42,甘氨酸 8.20,丙氨酸 5.18,胱氨酸 4.16,缬氨酸 6.30,蛋氨酸 1.64,异亮氨酸 4.59,亮氨酸 7.77,酪氨酸 3.17,苯丙氨酸 4.16,赖氨酸 4.37,组氨酸 2.04,精氨酸 6.86,脯氨酸 7.65,色氨酸 0.76;

3) 维持氨基酸需要量( $\text{mg}/(\text{kg}^{0.75} \cdot \text{d})$ )为:天冬氨酸 262.22,苏氨酸 154.33,丝氨酸 230.47,谷氨酸 355.78,甘氨酸 279.97,丙氨酸 176.86,胱氨酸 142.04,缬氨酸 215.11,蛋氨酸 56.00,异亮氨酸 156.72,亮氨酸 265.30,酪氨酸 108.24,苯丙氨酸 142.04,赖氨酸 149.21,组氨酸 69.65,精氨酸 234.23,脯氨酸 261.20,色氨酸 25.95。

## 【参考文献】

[1] Leveille G A, Fisher H. Amino acid requirements for maintenance in the adult rooster II. The requirements for glutamic acid, histidine, lysine and arginine[J]. Journal of Nutrition, 1959,69:289-294.

[2] Leveille G A, Fisher H. Amino acid requirements for maintenance

in the adult rooster III. The requirements for leucine, isoleucine, valine and threonine, with reference also to the isomers of valine, threonine, and isoleucine [J]. Journal of Nutrition, 1960,70:135-140.

[3] Leveille G A, Shapiro R, Fisher H. Amino acid requirements for maintenance in the adult rooster IV. The requirements for methionine, cystine, phenylalanine, tyrosine and tryptophan; the adequacy of the determined requirements [J]. Journal of Nutrition, 1960,72:8-15.

[4] Burnham D, Gous R M. Isoleucine requirements of the chicken: Requirements for maintenance [J]. British Poultry Science, 1992,33:59-69.

[5] Kim J H, Cho W T, Yang C J, et al. Partition of amino acids for maintenance and growth of broilers I. Lysine [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science, 1997,10(3):178-184.

[6] Kim J H, Cho W T, Yang C J, et al. Partition of amino acids for maintenance and growth of broilers II. Methionine [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science, 1997,10(3):277-283.

[7] Kim J H, Cho W T, Shin I S, et al. Partition of amino acids for maintenance and growth of broilers III. Tryptophan [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science, 1997,10(3):284-288.

[8] Bae S H, Kim J H, Shin I S, et al. Partition of amino acids requirements of broilers between maintenance and growth IV. Threonine and Glycine [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science, 1999a,12(3):381-387.

[9] Bae S H, Kim J H, Shin I S, et al. Partition of amino acids requirements of broilers between maintenance and growth VI. isoleucine and valine [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science, 1999b,12(3):381-387.

[10] Owens F N, Pettigrew J E, Cornelius S G, et al. Amino acid requirements for growth and maintenance of rats and chicks [J]. Journal of Animal Science, 1985,61(Suppl. 1):312.

[11] Baker D H, Fernandez S R, Parsons C M, et al. Maintenance requirement for valine and efficiency of its use above maintenance for accretion of whole-body valine and protein in young chicks [J]. Journal of Nutrition, 1996,126:1844-1851.

[12] Edwards III H M, Baker D H, Fernandez S R, et al. Maintenance threonine requirement and efficiency of its use for accretion of whole-body threonine and protein in young chicks [J]. British Journal of Nutrition, 1997,78:111-119.

[13] Edwards III H M, Fernandez S R, Baker D H. Maintenance lysine requirement of young chicks and efficiency of its use for accretion of whole-body lysine and protein [J]. Poultry Science, 1999,78:1412-1417.

[14] Edwards III H M, Baker D H. Maintenance sulfur amino acid requirements of young chicks and efficiency of their use for accretion of whole-body sulfur amino acids and protein [J]. Poultry Science, 1999,78:1418-1423.

[15] Sklan D, Noy Y. Direct determination of optimal amino acid intake for maintenance and growth in broilers [J]. Poultry Science, 2005,84:412-418.

[16] Hurwitz S, Frisch Y, Bar A, et al. The amino acid require-

ments of growing turkeys [J]. Model construction and parameter estimation [J]. Poultry Science,1983,62:2208-2217.

[17] 贺建华,王康宁,陈可容,等. 肉鸭氨基酸需要量的研究[J]. 畜牧兽医学报,1996,27(2):105-123.

He J H,Wang K N,Chen K R,et al. A study on amino acid requirement for ducklings [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica,1996,27(2):105-123. (in Chinese)

[18] Li G H,Qu M R,Zhu N H,et al. Determination of the amino acid requirements and optimum dietary amino acid pattern for growing Chinese Taihe silky fowls in early stage [J]. Asian Australasian Journal of Animal Science,2003,12:1782-1788.

[19] Moughan P J. Simulating the partitioning of dietary amino acids;new directions [J]. Journal of Animal Science,2002,81(Suppl. 2):60-67.

[20] Moughan P J. Protein metabolism in the growing pig [M]//Kyriazakis I. A Quantitative Biology of the Pig. Wallingford, Oxon,UK:CABI Publishing,1999:299-331.

[21] Hurwitz S,Sklan D,Bartov I. New formal approaches to the determination of energy and amino acid requirements of chicks [J]. Poultry Science,1978,57:197-205.

[22] Muramatsu T,Okumura J. The nitrogen-sparing effect of methionine in chicks receiving a protein-free diet supplemented with arginine; effect of various methionine substitutes [J]. British Poultry Science,1980,19:273-280.

[23] Muramatsu T,Kato M,Tasaki I,et al. Enhanced whole-body protein synthesis by methionine and arginine supplementation in protein-starved chicks [J]. British Journal of Nutrition,1986,19:335-342.

[24] Webel D M,Baker D H. Cystine is the first limiting amino acid for utilization of endogenous amino acids in chicks fed a protein-free diet [J]. Nutrition Research,1999,19:569-577.

[25] Hruby M,Leske K,Kirby Y,et al. Digestible amino acid requirements for 10-21 and 35-43 day-old broilers [C]//Proceedings of the Maryland Nutrition Conference. College Park, M D,Baltimore:University of Maryland Publishing,1999:26-42.

(上接第 17 页)

[2] Raymond C S,Kettlewell J R,Hirsch B,et al. Expression of *Dmrt1* in the genital ridge of mouse and chicken embryos suggests a role in vertebrate sexual development [J]. Dev Biol,1999,215:208-220.

[3] Kim S,Kettlewell J R,Anderson R C,et al. Sexually dimorphic expression of multiple doublesex-related genes in the embryonic mouse gonad [J]. Gene Expression,2003,3:77-82.

[4] Moens P B,Kolas N K,Tarsounas M,et al. The time course and chromosomal localization of recombination-related proteins at meiosis in the mouse are compatible with models that can resolve the early. DNA-DNA interactions without reciprocal recombination [J]. J Cell Sci,2002,115:1611-1622.

[5] Dobson M J,Pearlman R E,Karaiskakin A,et al. Synaptonemal complex proteins occurrence,epitope mapping and chromosome disjunction [J]. J Cell Sci,1994,107:2749-6027.

[6] Raymond C S,Murphy M W,O'Sullivan M G,et al. *Dmrt1*, a gene related to worm and fly sexual regulators,is required for mammalian testis differentiation [J]. Gene Dev,2000,14:2587-2595.

[7] Seo K W,Wang Y,Kokubo H,et al. Targeted disruption of the DM domain containing transcription factor *Dmrt2* reveals an essential role in somite patterning[J]. Dev Biol,2006,290:200-210.

[8] 余劲聪,潘春,马正花,等. 牦牛远缘杂种雄性不育的研究现状[J]. 西南民族大学学报:自然科学版,2005,37(S1):16-19.

Yu J C,Pan C,Ma Z H,et al. The progress in study on sterility of males derived from yak crossing with cattle [J]. Journal of Southwest University for Nationalities; Natural Science Edition,2005,37(S1):16-19. (in Chinese)

[9] Sambrook J,Russell D W. Molecular Cloning; A Laboratory Manual [M]. 3rd ed. 北京:科学出版社,2001:516-532.

Sambrook J,Russell D W. Molecular Cloning; A Laboratory Manual [M]. 3rd ed. Beijing:Science Press,2001:516-532. (in Chinese)

[10] Foster P G,Hickey D A. Compositional bias may affect both DNA-based and protein-based phylogenetic reconstructions [J]. J Mol Evol,1999,48:284-290.

[11] Zhu L. Sexual dimorphism in diverse metazoans is regulated by a novel class of intertwined zinc fingers [J]. Genes Dev,2000,14:1750-1764.

[12] Narenda L,Zhu L,Biaoru J,et al. The doublesex DM motif is a bipartite DNA-binding domain [J]. J Biol Chem,2002,277:43463-43473.