

赖氨酸和其他必需氨基酸对 1~18 日龄中速型黄羽肉鸡屠宰性能、肉品质和屠体外观的影响

施寿荣^{1*} 梁明振² 刘勇强^{1,3} 张珊¹ 朱沛霖⁴ 贺喜^{3*}

(1.中国农业科学院家禽研究所,扬州 225125;2.广西大学,南宁 530004;3.湖南农业大学,长沙 410128;

4.江苏立华牧业股份有限公司,常州 213100)

摘要: 本试验旨在研究赖氨酸和其他必需氨基酸对 1~18 日龄黄羽肉鸡屠宰性能、肉品质和屠体外观的影响。选取 810 只 1 日龄健康雄性肉鸡,随机分为 9 组,每组 6 个重复,每个重复 15 只鸡。试验设置 3 个赖氨酸水平(0.89%、1.05%、1.20%)和 3 个其他必需氨基酸(蛋氨酸+苏氨酸+色氨酸)水平(低水平:0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸;中水平:0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸;高水平:0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸)。试验期为 18 d。试验结束后每个重复随机选取 2 只鸡进行屠宰试验,测定屠宰性能、肉品质和屠体外观等指标。结果表明:1)赖氨酸对腹脂重具有显著影响($P<0.05$),1.05%赖氨酸水平组的腹脂重显著低于 0.89%和 1.20%赖氨酸水平组($P<0.05$)。其他必需氨基酸对腹脂重具有显著影响($P<0.05$),中、高其他必需氨基酸水平组的腹脂重显著低于低其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对胸大肌重、鸡翅重以及胸大肌比重具有显著影响($P<0.05$),赖氨酸水平为 1.05%,蛋氨酸水平为 0.78%,苏氨酸水平为 0.68%,色氨酸水平为 0.19%时,胸大肌比重最大。2)1.05%和 1.20%赖氨酸水平组的胸肌剪切力显著低于 0.89%赖氨酸水平组($P<0.05$)。其他必需氨基酸对肉色的黄色(b^*)值具有显著影响($P<0.05$),低其他必需氨基酸水平组肉色的 b^* 值显著高于中、高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对胸肌 pH 具有显著影响($P<0.05$)。3)赖氨酸对胸肌水分含量具有显著影响($P<0.05$),0.89%和 1.05%赖氨酸水平组的胸肌水分含量显著高于 1.20%赖氨酸水平组($P<0.05$)。赖氨酸和其他必需氨基酸及二者交互作用对毛孔密度无显著影响($P>0.05$)。4)赖氨酸对鸡冠长度和重量具有显著影响($P<0.05$),1.05%赖氨酸水平组的鸡冠长度和重量显著高于 0.89%赖氨酸水平组($P<0.05$)。其他必需氨基酸对鸡冠厚度、长度、高度和重量无显著影响($P>0.05$)。由此可见,综合屠宰性能和屠体外观指标,适合 1~18 日龄黄羽肉鸡的饲料氨基酸水平为:1.05%赖氨酸、0.78%蛋氨酸、0.68%苏氨酸、0.19%色氨酸。

关键词: 中速型黄羽肉鸡;赖氨酸;蛋氨酸;苏氨酸;色氨酸

中图分类号:S831

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)03-1372-14

2020 年初新冠肺炎疫情对我国畜牧业造成诸多影响,其中肉鸡产业受疫情影响最为严重。随着全国范围逐步取消活禽交易,黄羽肉鸡产业发

展面临着系统性风险和公共卫生安全的巨大压力,屠宰上市也将成为黄羽肉鸡产业发展的主流方向^[1]。黄羽肉鸡的屠宰性能、肉色、屠体外观等

收稿日期:2020-09-22

基金项目:农业农村部部门业务项目(16190302);江苏现代农业(肉鸡)产业技术体系建设项目(JATS[2019]379)

作者简介:施寿荣(1981—),男,江苏扬州人,副研究员,博士,主要从事家禽饲料营养研究。E-mail: ssr236@163.com

* 通信作者:施寿荣,副研究员,硕士生导师,E-mail:ssr236@163.com;贺喜,教授,博士生导师,E-mail: hexi11@126.com

将成为影响消费者购买黄羽肉鸡的重要因素,同时也给研究学者带来新的思考。肉鸡的胴体组成、蛋白质和脂肪沉积、胸肌发育等受饲料必需氨基酸水平的影响,合适的必需氨基酸添加量可使肉鸡获得良好的生长性能,增加蛋白质沉积,改善肉品质^[2-5]。赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸是家禽的限制性氨基酸^[6-7],保持合适的氨基酸添加量对家禽的生长发育有着重要影响。黄羽肉鸡占据我国肉鸡行业“半壁江山”,但关于黄羽肉鸡营养需要量的研究不尽相同^[8-9]。我们思考是否可以通过合理的必需氨基酸添加量来改善黄羽肉鸡的屠宰性能、肉色、屠体外观等影响消费者购买欲的相关指标,从而满足消费者的购买需求,逐步适应黄羽肉鸡屠宰上市的主流方式。因此,本试验旨在研究赖氨酸和其他必需氨基酸对1~18日龄黄羽肉鸡屠宰性能、肉品质和屠体外观的影响,为黄羽肉鸡的营养需要量以及顺应屠宰上市的主流方式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与试验动物

本试验采用双因素试验设计,设置3个赖氨酸水平(0.89%、1.05%、1.20%)和3个其他必需氨基酸(蛋氨酸+苏氨酸+色氨酸)水平(低水平:0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸;中水平:0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸;高水平:0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸)。氨基酸的添加量以《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004)中黄羽肉鸡仔鸡营养需要中的氨基酸推荐添加量为基础,结合江苏立华牧业股份有限公司中速型黄羽肉鸡的前期研究数据,确定本试验的中氨基酸水平,即赖氨酸水平为1.05%、蛋氨酸水平为0.78%、苏氨酸水平为0.68%、色氨酸水平为0.19%;以中水平氨基酸为基础,依次设置85%基础、100%基础、115%基础。试验设计见表1。

表1 试验设计

Table 1 Experiment design

项目 Items	赖氨酸水平 Lys level/%	其他必需氨基酸水平 Other EAA level	蛋氨酸水平 Met level/%	苏氨酸水平 Thr level/%	色氨酸水平 Try level/%
I组 Group I		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
II组 Group II	0.89	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
III组 Group III		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22
IV组 Group IV		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
V组 Group V	1.05	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
VI组 Group VI		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22
VII组 Group VII		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
VIII组 Group VIII	1.20	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
IX组 Group IX		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22

选用中速型“优麻”黄羽肉鸡作为试验鸡,购于江苏立华牧业股份有限公司。选取810只1日龄健康雄性肉仔鸡,随机分为9组,每组6个重

复,每个重复15只鸡。试验饲料按照《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004),选用玉米、豆粕、玉米蛋白粉等配制而成,试验饲料组成及营养水平见表2。

表2 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

项目 Items	组别 Groups								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
原料 Ingredients									
玉米 Corn	65.24	65.59	66.09	65.30	66.09	66.47	65.72	66.47	66.85

续表 2

项目 Items	组别 Groups								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
豆油 Soybean oil	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34
豆粕 Soybean meal (43%)	23.05	26.95	26.44	23.54	26.44	26.06	23.44	26.06	25.68
玉米蛋白粉 Corn protein powder	4.39	1.35	1.33	3.83	1.33	1.31	3.50	1.31	1.29
石粉 Limestone	1.26	1.24	1.24	1.26	1.24	1.24	1.25	1.24	1.24
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.84	1.82	1.83	1.84	1.83	1.83	1.85	1.83	1.84
氯化钠 NaCl	0.16	0.18	0.18	0.13	0.14	0.14	0.09	0.10	0.10
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
多矿 Multi-mineral ¹⁾	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
多维 Multi-vitamin ²⁾	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
赖氨酸盐酸盐 Lys · HCl (98%)	0.19	0.09	0.11	0.39	0.32	0.33	0.59	0.52	0.53
蛋氨酸 Met	0.13	0.27	0.40	0.14	0.28	0.40	0.14	0.28	0.40
色氨酸 Try		0.01	0.04		0.01	0.05		0.02	0.05
苏氨酸 Thr	0.02	0.12	0.22	0.03	0.12	0.23	0.03	0.13	0.23
碳酸氢钠 NaHCO ₃	0.04	0.02	0.02	0.07	0.06	0.06	0.11	0.10	0.10
水洗砂 Washed-out sand	2.91	1.59	1.33	2.70	1.37	1.11	2.51	1.17	0.91
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾									
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.97	11.97	11.97	11.92	11.97	12.01	11.97	12.01	12.01
粗蛋白质 CP	18.00	18.17	18.25	18.07	18.16	18.28	18.03	18.18	18.29
钙 Ca	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
有效磷 AP	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
可消化赖氨酸 DLys	0.89	0.89	0.89	1.05	1.05	1.05	1.20	1.20	1.20
可消化蛋氨酸 DMet	0.66	0.78	0.90	0.66	0.78	0.90	0.66	0.78	0.90
可消化苏氨酸 DThr	0.58	0.68	0.78	0.58	0.68	0.78	0.58	0.68	0.78
可消化色氨酸 DTry	0.16	0.19	0.22	0.16	0.19	0.22	0.16	0.19	0.22

1) 多矿为每千克饲料提供 Multi-mineral provided the following per kg of diets: Cu 8.00 mg, Zn 75.00 mg, Fe 100.00 mg, Mn 100.00 mg, Se 0.15 mg, I 0.35 mg。

2) 多维为每千克饲料提供 Multi-vitamin provided the following per kg of diets: VA 12 500 IU, VD₃ 2 500 IU, VK₃ 2.65 mg, VB₁ 2.00 mg, VB₂ 6.00 mg, VB₁₂ 0.025 mg, VE 30 IU, 生物素 biotin 0.032 5 mg, 叶酸 folic acid 1.25 mg, 泛酸 pantothenic acid 12.00 mg, 烟酸 nicotinic acid 50.00 mg。

3) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 饲养管理

试验在中国农业科学院家禽研究所仪征试验基地开展。采用网上平养(长×宽=1.2 m×0.9 m),按照黄羽肉鸡饲养标准饲养,试验期间鸡只自由采食、饮水,按试验基地的常规免疫程序进行免疫。育雏温度前3天为32~35℃,随后每天降低0.5~1.0℃,直至常温。育雏第1周每天光照24 h,随后每周递减1~2 h光照时长。试验期18 d,即1~18日龄(江苏立华牧业股份有限公司确定的中速型黄羽肉鸡的第1生长阶段)。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 屠宰性能

试验结束时每个重复选取接近该重复平均体重的2只鸡进行屠宰试验,称活重,放血、去毛后称屠体重,宰杀后称胸大肌重、胸小肌重、大腿部肌肉重、小腿肌肉重、鸡翅重、鸡爪重、腹脂重,并计算占屠体重的比例。

$$\begin{aligned} \text{胸大肌比重}(\%) &= 100 \times [\text{单侧} \\ &\text{胸大肌重}(\text{g}) \times 2] / \text{屠体重}(\text{g}); \\ \text{胸小肌比重}(\%) &= 100 \times [\text{单侧} \\ &\text{胸小肌重}(\text{g}) \times 2] / \text{屠体重}(\text{g}); \end{aligned}$$

大腿部肌肉比重 (%) = $100 \times [\text{单侧}$

大腿部肌肉重 (g) $\times 2] / \text{屠体重 (g)}$;

小腿部肌肉比重 (%) = $100 \times [\text{单侧}$

小腿部肌肉重 (g) $\times 2] / \text{屠体重 (g)}$;

鸡翅比重 (%) = $100 \times [\text{单侧鸡翅重 (g)} \times 2] / \text{屠体重 (g)}$;

鸡爪比重 (%) = $100 \times [\text{单侧鸡爪重 (g)} \times 2] / \text{屠体重 (g)}$;

腹脂比重 (%) = $100 \times \text{腹脂重 (g)} / \text{屠体重 (g)}$ 。

1.3.2 肉品质

在屠宰试验后将分离的胸肌于 4 ℃ 保存,待测肉品质。

肉色:除去肉样表面的筋膜,摆放平整,用美能达色彩色差计 CR-400 (柯尼卡美能达控股公司,日本)测定亮度 (L^*)、红度 (a^*) 和黄度 (b^*) 值。其中, L^* 值越接近 100 表示越亮,越接近 0 表示越暗, L^* 值越大,色泽越白; a^* 值 > 0 代表红色程度, a^* 值 < 0 代表绿色程度; b^* 值 > 0 表示黄色程度, b^* 值 < 0 代表蓝色程度。

pH:用解剖刀在肌肉表面划一小裂口,用雷磁 PHS-2F 型数字 pH 仪 (上海仪电科学仪器股份有限公司)测定胸肌 pH,每份肉样上取 2 个测试点求平均值。

失水率:参考 Farouk 等^[10]方法检测失水率,称取 1 g 左右的样品 (m_1),在样品上、下各垫 16 层滤纸,在滤纸最上层、最下层各加 1 层塑料板,用 YYW-2 型应变控制式无侧压力仪 (天津盛科威科技有限公司)测定,持续 5 min,取下肉样称重 (m_2),计算失水率:

失水率 (%) = $100 \times (m_1 - m_2) / m_1$ 。

剪切力:参考 Chen 等^[11]方法检测剪切力,将肉样沿着肌纤维方向修剪成宽 1.0 cm、厚 0.5 cm 的长条,去除筋腱、肌膜和脂肪,用 C-LM4 型肌肉嫩度仪 (北京朋利驰科技有限公司)测定剪切力,每个样品剪切 3 次取平均值。

肉成分:将肉样剔除肌腱和肌膜后,将其剪成碎块,之后用粉碎机将其绞成肉泥,用铲子将肉泥平铺满样品杯,然后用 Foodscan 型食品成分快速分析仪 (福斯分析仪器公司,丹麦)来测定肌肉中的蛋白质、脂肪、水分以及胶原蛋白含量。

1.3.3 屠体外观

1.3.3.1 黄羽肉鸡背部及腿部毛孔密度

在肉鸡的背部和腿部各选取 2 cm \times 2 cm 面积的正方形,保证每只鸡选取部位相同,记录毛孔数量并计算毛孔密度。

1.3.3.2 黄羽肉鸡鸡冠发育程度

用手术刀将肉鸡鸡冠取下,称重,用游标卡尺量取其厚度、长度、高度,鸡冠厚度取 3 个测试点求平均值,冠基前后两端的距离作为鸡冠长度,最高冠尖到冠基的垂直距离作为鸡冠高度。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据使用 Excel 2016 软件进行初步的处理后,应用 SPSS 19.0 软件一般线性模型 (GLM) 对各个测定指标进行赖氨酸和其他必需氨基酸的二因素方差分析 (含交互作用),采用 Duncan 氏法进行多重比较,结果用平均值和均值标准误 (SEM) 表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠宰性能的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠宰性能的影响见表 3 和表 4。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡胸大肌重、鸡翅重以及胸大肌比重具有显著影响 ($P < 0.05$),表现为 I 组、IV 组、V 组、VI 组、VIII 组的胸大肌重显著高于 II 组、III 组、VII 组 ($P < 0.05$),其中 IV 组、V 组、VI 组的赖氨酸水平为 1.05%; IV 组鸡翅重显著高于 V 组 ($P < 0.05$),但与 VI 组差异不显著 ($P > 0.05$); V 组胸大肌比重最大,显著高于 II 组、III 组、VII 组 ($P < 0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡的腹脂重具有显著影响 ($P < 0.05$),表现为 1.05% 赖氨酸水平组的腹脂重显著低于 0.89% 和 1.20% 赖氨酸水平组 ($P < 0.05$),而 0.89% 和 1.20% 赖氨酸水平组之间的腹脂重差异不显著 ($P > 0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡的腹脂重具有显著影响 ($P < 0.05$),表现为中、高其他必需氨基酸水平组的腹脂重显著低于低其他必需氨基酸水平组 ($P < 0.05$)。

2.2 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉品质的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉品质的影响见表 5。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡胸肌 pH 具有显著影响 ($P <$

0.05),表现为IX组与I组的pH差异不显著($P>0.05$),但显著高于其他各组($P<0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡的胸肌剪切力具有显著影响($P<0.05$),表现为1.05%和1.20%赖氨酸水平组的胸肌剪切力显著低于0.89%赖氨酸水平组($P<0.05$);赖氨酸对黄羽肉鸡肉色的L*、a*、b*值和失水率无显

著影响($P>0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡肉色的b*值具有显著影响($P<0.05$),表现为低其他必需氨基酸水平组肉色的b*值显著高于中、高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡肉色的L*、a*值及失水率和剪切力无显著影响($P>0.05$)。

表3 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠宰性能的影响(绝对重量)

Table 3 Effects of lysine and other essential amino acids on slaughter performance of medium-speed yellow broilers (absolute weight)

项目 Items	屠宰率 Slaughter percentage/ %	胸大肌重 Pectoralis major weight/g	胸小肌重 Pectoralis minor weight/g	大腿部 肌肉重 Thigh muscle weight/g	小腿部 肌肉重 Calf muscle weight/g	鸡翅重 Wing weight/g	鸡爪重 Claw weight/g	腹脂重 Abdominal fat weight/ g	
I组 Group I	90.57	13.91 ^a	4.09	19.19	17.01	14.96 ^b	9.42	4.62	
II组 Group II	90.04	12.93 ^b	3.92	19.14	16.10	15.38 ^{ab}	9.28	3.91	
III组 Group III	89.72	12.73 ^b	4.03	18.99	16.81	15.29 ^{ab}	9.73	4.05	
IV组 Group IV	90.09	13.58 ^a	3.86	19.81	16.21	15.95 ^a	9.21	3.65	
V组 Group V	90.59	13.65 ^a	3.96	18.36	17.39	14.95 ^b	9.43	3.46	
VI组 Group VI	89.81	13.72 ^a	4.05	18.73	17.74	15.55 ^{ab}	9.78	3.51	
VII组 Group VII	90.97	12.24 ^c	3.91	18.27	16.08	15.29 ^{ab}	9.18	4.85	
VIII组 Group VIII	90.07	13.65 ^a	3.91	18.50	16.83	15.83 ^a	9.01	3.87	
IX组 Group IX	90.51	13.44 ^{ab}	3.81	18.65	15.90	14.60 ^b	9.26	3.67	
SEM	0.12	0.13	0.04	0.24	0.21	0.11	0.07	0.09	
主效应 Main effects									
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	13.19	4.01	19.11	16.64	15.21	9.48	4.19 ^a	
	1.05	13.65	3.96	18.97	17.11	15.48	9.47	3.54 ^b	
	1.20	13.11	3.88	18.47	16.27	15.24	9.15	4.13 ^a	
SEM	0.20	0.22	0.07	0.42	0.36	0.19	0.11	0.15	
其他必需氨 基酸水平 Other EAA level	L	13.24	3.95	19.09	16.43	15.40	9.27	4.37 ^a	
	M	13.41	3.93	18.67	16.77	15.39	9.24	3.75 ^b	
	H	13.30	3.97	18.79	16.82	15.15	9.59	3.74 ^b	
SEM	0.20	0.22	0.07	0.41	0.36	0.19	0.12	0.15	
P值 P-value	赖氨酸 Lys	0.312	0.196	0.416	0.532	0.276	0.556	0.091	0.011
	其他必需氨基酸 Other EAA	0.179	0.871	0.935	0.765	0.717	0.584	0.065	0.008
	赖氨酸×其他 必需氨基酸 Lys×other EAA	0.280	0.027	0.661	0.769	0.301	0.046	0.756	0.391

L:低水平(0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸);M:中水平(0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸);H:高水平(0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸)。同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

L: low-level (0.66% methionine+0.58% threonine+0.16% tryptophan); M: medium-level (0.78% methionine+0.68% threonine+0.19% tryptophan); H: high-level (0.90% methionine+0.78% threonine+0.22% tryptophan). In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

表 4 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠宰性能的影响(相对重量)

Table 4 Effects of lysine and other essential amino acids on slaughter performance of medium-speed yellow broilers (relative weight)

项目 Items	% 腹脂比重 Abdominal fat proportion							
	胸大肌比重 Pectoralis major proportion	胸小肌比重 Pectoralis minor proportion	大腿部肌肉比重 Thigh muscle proportion	小腿肌肉比重 Calf muscle proportion	鸡翅比重 Wing proportion	鸡爪比重 Claw proportion	腹脂比重 Abdominal fat proportion	
I 组 Group I	8.19 ^{ab}	2.50	10.92	10.14	9.15	5.63	1.28	
II 组 Group II	7.75 ^{bc}	2.31	11.47	9.68	9.23	5.57	1.10	
III 组 Group III	7.72 ^{bc}	2.45	11.58	10.17	9.29	5.92	1.27	
IV 组 Group IV	8.17 ^{ab}	2.39	11.88	9.75	9.38	5.42	1.08	
V 组 Group V	8.46 ^a	2.40	11.84	9.24	9.16	5.82	1.16	
VI 组 Group VI	8.04 ^{ab}	2.34	10.82	10.29	9.32	5.61	0.99	
VII 组 Group VII	7.31 ^c	2.31	10.64	9.78	8.96	5.57	1.33	
VIII 组 Group VIII	8.25 ^{ab}	2.39	11.35	10.53	9.48	5.68	1.14	
IX 组 Group IX	8.14 ^{ab}	2.31	11.37	9.88	9.14	5.55	1.12	
SEM	0.06	0.02	0.16	0.13	0.08	0.04	0.03	
主效应 Main effects								
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	7.89	2.42	11.32	10.00	9.22	5.71	1.21
	1.05	8.22	2.38	11.51	9.76	9.29	5.61	1.08
	1.20	7.90	2.34	11.12	10.07	9.19	5.60	1.20
SEM	0.11	0.03	0.27	0.22	0.13	0.07	0.06	
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	7.89	2.40	11.14	9.89	9.16	5.54	1.23
	M	8.16	2.37	11.55	9.81	9.29	5.69	1.13
	H	7.97	2.37	11.25	10.12	9.25	5.69	1.13
SEM	0.11	0.03	0.27	0.22	0.13	0.07	0.06	
P 值 P-value	赖氨酸 Lys	0.068	0.255	0.598	0.584	0.879	0.514	0.182
	其他必需氨基酸 Other EAA	0.230	0.716	0.561	0.605	0.776	0.254	0.368
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.005	0.144	0.319	0.228	0.570	0.140	0.355

表 5 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉品质的影响

Table 5 Effects of lysine and other essential amino acids on muscle quality of medium-speed yellow broilers

项目 Items	亮度 L*	红度 a*	黄度 b*	pH	失水率 Water loss rate/%	剪切力 Shear force/kgf
I 组 Group I	51.90	1.17	11.20	6.10 ^{ab}	27.62	0.83
II 组 Group II	51.06	1.70	9.90	5.86 ^b	28.96	1.09
III 组 Group III	51.54	1.37	10.62	5.77 ^b	29.76	1.04
IV 组 Group IV	50.66	1.20	11.22	5.93 ^b	27.12	0.93
V 组 Group V	51.67	1.08	10.38	4.80 ^c	30.24	0.83
VI 组 Group VI	50.93	1.26	10.27	5.13 ^{bc}	29.35	0.87
VII 组 Group VII	51.27	1.47	11.86	5.53 ^{bc}	29.78	0.82

续表 5

项目 Items		亮度 L*	红度 a*	黄度 b*	pH	失水率 Water loss rate/%	剪切力 Shear force/kgf
VIII组 Group VIII		52.00	1.07	10.29	5.91 ^b	29.28	0.91
IX组 Group IX		51.19	1.35	10.00	6.21 ^a	29.08	0.85
SEM		0.18	0.06	0.16	0.03	0.37	0.02
主效应 Main effects							
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	51.50	1.41	10.57	5.91	28.78	0.99 ^a
	1.05	51.09	1.18	10.62	5.29	28.90	0.87 ^b
	1.20	51.48	1.30	10.72	5.88	29.38	0.86 ^b
SEM		0.32	0.11	0.28	0.06	0.65	0.04
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	51.28	1.28	11.43 ^a	5.85	28.17	0.86
	M	51.58	1.28	10.19 ^b	5.52	29.49	0.94
	H	51.22	1.32	10.29 ^b	5.70	29.40	0.92
SEM		0.31	0.11	0.27	0.06	0.61	0.04
P 值 P-value	赖氨酸 Lys	0.598	0.351	0.931	<0.001	0.790	0.043
	其他必需氨基酸 Other EAA	0.698	0.949	0.004	0.002	0.276	0.272
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.443	0.157	0.640	<0.001	0.461	0.096

赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉成分的影响见表 6。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡胸肌蛋白质、脂肪、水分以及胶原蛋白含量无显著影响 ($P>0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡胸肌水分含量具有显著影响 ($P<0.05$)，表

现为 0.89% 和 1.05% 赖氨酸水平组的胸肌水分含量显著高于 1.20% 赖氨酸水平组 ($P<0.05$)；赖氨酸对黄羽肉鸡胸肌蛋白质、脂肪、胶原蛋白含量无显著影响 ($P>0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡肉成分无显著影响 ($P>0.05$)。

表 6 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉成分的影响

Table 6 Effects of lysine and other essential amino acids on meat composition of medium-speed yellow broilers %

项目 Items		蛋白质 Protein	脂肪 Fat	水分 Moisture	胶原蛋白 Collagen
I 组 Group I		23.10	0.72	75.33	1.70
II 组 Group II		23.17	0.83	75.22	1.50
III 组 Group III		22.93	0.90	75.66	1.62
IV 组 Group IV		22.80	0.75	75.15	1.90
V 组 Group V		23.11	0.76	75.20	1.75
VI 组 Group VI		23.06	0.99	75.20	1.52
VII 组 Group VII		23.22	0.80	74.70	1.89
VIII 组 Group VIII		23.40	0.92	75.07	1.54
IX 组 Group IX		22.92	0.57	75.18	1.91
SEM		0.09	0.04	0.05	0.05
主效应 Main effects					
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	23.07	0.82	75.40 ^a	1.61
	1.05	22.99	0.83	75.18 ^a	1.72
	1.20	23.18	0.76	74.98 ^b	1.78

续表 6

项目 Items		蛋白质 Protein	脂肪 Fat	水分 Moisture	胶原蛋白 Collagen
SEM		0.15	0.06	0.09	0.08
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	23.04	0.76	75.06	1.83
	M	23.23	0.83	75.16	1.60
	H	22.97	0.82	75.35	1.68
SEM		0.16	0.06	0.09	0.08
	赖氨酸 Lys	0.657	0.703	0.018	0.323
<i>P</i> 值	其他必需氨基酸 Other EAA	0.497	0.657	0.120	0.133
<i>P</i> -value	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.823	0.080	0.377	0.299

2.3 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠体外观的影响

2.3.1 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡毛孔密度的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡

毛孔密度的影响见表 7。赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡背部和腿部毛孔密度均无显著影响 ($P>0.05$), 二者交互作用对黄羽肉鸡背部和腿部毛孔密度也无显著影响 ($P>0.05$)。

表 7 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡毛孔密度的影响

Table 7 Effects of lysine and other essential amino acids on pore density of medium-speed yellow broilers

项目 Items		背部毛孔密度 Pore density of back	腿部毛孔密度 Pore density of leg
I 组 Group I		17.02	8.28
II 组 Group II		19.02	8.86
III 组 Group III		18.11	8.57
IV 组 Group IV		18.21	8.50
V 组 Group V		17.60	7.42
VI 组 Group VI		17.84	8.09
VII 组 Group VII		18.15	7.85
VIII 组 Group VIII		18.23	8.13
IX 组 Group IX		17.13	7.28
SEM		0.21	0.21
主效应 Main effects			
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	18.05	8.57
	1.05	17.88	8.00
	1.20	17.84	7.75
SEM		0.36	0.35
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	17.80	8.21
	M	18.28	8.13
	H	17.69	7.98
SEM		0.37	0.35
<i>P</i> 值	赖氨酸 Lys	0.907	0.275
<i>P</i> -value	其他必需氨基酸 Other EAA	0.491	0.901
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.228	0.589

个/cm²

2.3.2 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡鸡冠发育的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡鸡冠发育的影响见表8。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡鸡冠厚度、长度、高度和重量无显著影响($P>0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡的鸡

冠长度和重量具有显著影响($P<0.05$),表现为1.05%赖氨酸水平组的鸡冠长度和重量显著高于0.89%赖氨酸水平组($P<0.05$),但与1.20%赖氨酸水平组差异不显著($P>0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡鸡冠厚度、长度、高度和重量无显著影响($P>0.05$)。

表8 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡鸡冠发育的影响

Table 8 Effects of lysine and other essential amino acids on comb development of medium-speed yellow broilers

项目 Items		厚度 Thickness/mm	长度 Length/mm	高度 Height/mm	重量 Weight/g
I组 Group I		7.56	22.14	12.38	0.73
II组 Group II		8.07	23.11	12.90	0.77
III组 Group III		7.40	23.42	13.25	0.72
IV组 Group IV		7.91	23.46	13.65	0.99
V组 Group V		7.77	24.49	13.11	1.03
VI组 Group VI		7.68	23.84	12.96	0.88
VII组 Group VII		7.72	23.67	13.56	1.00
VIII组 Group VIII		7.40	23.27	12.35	0.82
IX组 Group IX		8.11	22.66	12.94	0.82
SEM		0.11	0.16	0.18	0.03
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	7.68	22.89 ^b	12.84	0.74 ^b
	1.05	7.79	23.93 ^a	13.24	0.97 ^a
	1.20	7.74	23.20 ^{ab}	12.95	0.88 ^{ab}
SEM		0.19	0.28	0.31	0.05
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	7.73	23.09	13.20	0.91
	M	7.75	23.62	12.78	0.87
	H	7.73	23.31	13.05	0.81
SEM		0.19	0.30	0.30	0.05
P值 P-value	赖氨酸 Lys	0.924	0.041	0.651	0.022
	其他必需氨基酸 Other EAA	0.996	0.435	0.624	0.451
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.377	0.159	0.430	0.702

3 讨论

3.1 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠宰性能的影响

赖氨酸是家禽饲料中的第二限制性氨基酸,参与机体蛋白质合成、能量代谢等。饲料中赖氨酸水平过高或者过低会对机体组成造成影响,屠宰性能可以直接反映动物机体各部分的生长发育情况以及利用价值^[3]。Cemin等^[12]研究表明,提高饲料赖氨酸水平可提高肉鸡屠宰性能。刘升军等^[13]研究表明,随着艾维茵母鸡饲料中赖氨酸水平的提高,肉鸡全净膛率和胸肌率均可提高,同时

也可降低腹脂率,从而改善肉鸡屠宰性能。周桂莲等^[14]研究表明,饲料中赖氨酸水平在0.90%~1.00%时,黄羽肉鸡的屠宰性能可以显著提高。陈志敏^[15]研究发现,随着饲料赖氨酸水平的提高,肉鸡胸肌率显著提高,赖氨酸水平由0.65%按梯度增至1.40%时,胸肌率显著提高。Han等^[16]研究表明,以最佳生长性能为指标所需得到的赖氨酸需要量为1.01%,而以腹脂率为指标得到的赖氨酸需要量为1.06%。这与本试验研究结果接近,本试验结果表明,饲料赖氨酸水平为1.05%时肉鸡获得最低腹脂重,但赖氨酸对其他屠宰性能无显著影响;不过赖氨酸和其他必需氨基酸交互作

用会显著影响黄羽肉鸡胸大肌比重,说明赖氨酸和其他必需氨基酸的合理配比仍会影响黄羽肉鸡生长前期的肌肉发育。蛋氨酸作为禽类饲料的第一限制性氨基酸,对肉鸡的屠宰性能有着显著影响^[17]。Chamruspollert等^[18]研究表明,饲料中蛋氨酸缺乏会显著降低肉鸡的胴体品质,从而降低肉鸡肌肉蛋白质沉积率,提高腹脂沉积率,而肉鸡饲料中蛋氨酸水平的适当提高能够增加肉鸡的屠宰率和胸肌率等屠宰性能指标,并减少腹脂的沉积^[19]。Barkley等^[20]研究表明,提高饲料中苏氨酸水平可以降低肉鸡脂肪含量。王红梅^[21]研究表明,饲料苏氨酸水平为0.61%~0.64%时,1~6周龄肉仔鸡的屠宰性能最佳。席鹏彬等^[22]研究表明,1~21日龄黄羽肉鸡饲喂缺乏色氨酸的基础饲料,肉鸡的屠宰性能受到抑制,而在基础饲料中添加合成的色氨酸之后肉鸡胴体品质得到明显提升。本试验研究发现,随着其他必需氨基酸水平的增加,当蛋氨酸水平为0.78%~0.90%、苏氨酸水平为0.68%~0.78%、色氨酸水平为0.19%~0.22%时,肉鸡腹脂重下降,但对其他屠宰性能无显著影响。其中,苏氨酸水平略高于王红梅^[21]的研究,可能是由于肉鸡品种以及划分日龄不同导致的。不过赖氨酸和其他必需氨基酸的交互作用会显著影响黄羽肉鸡胸大肌重以及胸大肌比重,当赖氨酸水平为1.05%、蛋氨酸水平为0.78%、苏氨酸水平为0.68%、色氨酸水平为0.19%时,黄羽肉鸡胸大肌比重最大,说明赖氨酸和其他必需氨基酸的合理配比仍会影响黄羽肉鸡生长前期的肌肉发育。

3.2 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡肉品质的影响

肉色作为肉品质的一个重要衡量指标,是体现肌肉生理、生物学和微生物变化的综合呈现,与消费者的购买意愿紧密连接^[23],肌肉中的红肌纤维和白肌纤维共同决定肉色。对于不同的动物品种以及同种动物的不同部位均会表现不同。消费者常根据肉色来判断肉质优劣,相比较正常的肉色,肉色较亮或者较暗消费者都不易接受^[24-25]。pH可以作为鉴定肉质好坏的重要依据,能够反应屠宰后肌糖原的降解速度,也会影响肉的保质期^[26]。肉刚屠宰后的pH在6~7,随着肌糖原的降解以及ATP的水解,产生的酸性物质导致pH降低,但较高pH会导致保质期缩短,可能与微生物

生长有关^[27],所以pH是一个中性指标。系水力表示肌肉在外力作用时能够保持水分的能力。系水力对肉的质地、保水性、营养成分以及风味都有很大影响。常用失水率来反映肌肉的系水力:肌肉的失水率越大则说明系水力越小。肌肉的嫩度可以用剪切力的大小来衡量,剪切力能反映肌肉中胶原蛋白含量以及肌纤维结构对嫩度的作用^[28]。鸡肉中包含多种营养成分,包括蛋白质、维生素、脂肪、水分、矿物质等。这些常规营养成分与肉的风味品质也紧密相关^[29]。这些成分对于不同的动物品种、性别、生长部位以及动物年龄之间都有显著差异^[30]。

王月超等^[31]研究发现,增加饲料赖氨酸水平可以降低42日龄爱拔益加(AA)肉公鸡的胸肌L*、b*值和滴水损失,但不影响a*值和剪切力,可以增加胸肌pH。Jiao等^[32]研究报道,饲料蛋氨酸水平为NRC(1994)推荐水平的120%时可以改善AA肉鸡胸肌肉色,并且有降低剪切力的趋势。蒋雪樱等^[33]研究发现,低水平蛋氨酸饲料降低了肉鸡胸肌L*值,提高了胸肌pH,但对滴水损失和肌肉常规营养成分无显著影响。Zhai等^[34]研究表明,饲料中蛋氨酸水平的增加可以提高肌肉pH。本试验研究发现,赖氨酸对黄羽肉鸡肉色的L*、a*、b*值无显著影响,其他必需氨基酸显著影响黄羽肉鸡肉色的b*值。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用显著影响黄羽肉鸡胸肌pH,其中IX组和I组的pH相对较高。赖氨酸水平为1.05%和1.20%时,胸肌剪切力较低,可获得较好的嫩度,而0.89%和1.05%赖氨酸水平组水分含量较高。本试验结果与前人研究结果不尽相同,一方面是研究鸡只的品种不同,另一方面是氨基酸添加比例不同。此外,肌肉的肉色、pH、嫩度等受影响的因素比较多,比如动物年龄、肌肉部位以及营养状况等。

3.3 赖氨酸和其他必需氨基酸对中速型黄羽肉鸡屠体外观的影响

随着全国范围逐步取消活禽交易市场,黄羽肉鸡逐步转向屠宰上市,肉鸡毛孔密度与大小、皮肤厚度、紧实度以及鸡冠发育等屠体外观也将影响消费者的认可度和购买欲。赵振华等^[35]的试验测量得到优质鸡背侧中线的中间部位毛孔密度为7.81个/cm²。鲁伟等^[36]测得80日龄雪山黄公鸡背部毛孔密度为5.76个/cm²,100日龄雪山黄母鸡背部毛孔密度为4.61个/cm²。本试验结果高于

前人研究结果,这可能是由于肉鸡品种以及生长日龄不同而导致的,本试验肉鸡处于幼仔生长阶段,单位平方厘米测得的毛孔数相对中鸡的毛孔数要多。不过本试验各组肉鸡的毛孔密度没有显著差异,说明本试验条件下氨基酸添加水平并未影响黄羽肉鸡的毛孔密度。

鸡冠发育是鸡只第二性征中最重要的特征,较大鸡冠容易获得消费者的青睐。季从亮等^[37]研究发现,早期的鸡冠高度和性成熟有一定的相关性。我国研究学者对鸡冠发育的研究主要集中在遗传育种上,以及外部环境如光照时间、光照强度对鸡冠的影响等^[38-39],很少从氨基酸营养角度探讨对鸡冠发育的影响。本试验研究发现,赖氨酸水平为 1.05% 时,黄羽肉鸡鸡冠长度最长,重量也最重,鸡冠发育程度最佳,而其他必需氨基酸对鸡冠发育没有显著影响,说明改变氨基酸水平也会影响鸡冠发育。

4 结 论

综合屠宰性能和屠体外观指标,适合 1~18 日龄黄羽肉鸡的饲料氨基酸水平为:1.05% 赖氨酸、0.78% 蛋氨酸、0.68% 苏氨酸、0.19% 色氨酸。

参考文献:

- [1] 文杰.新冠肺炎疫情对我国肉鸡产业的影响[J].北方牧业,2020(5):22.
WEN J.Impact of 2019-nCoV on China's broiler industry[J].BeiFang MuYe,2020(5):22.(in Chinese)
- [2] ACAR N, MORAN E T, Jr, BILGILI S F. Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strain crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirement between six and eight weeks of age[J].Poultry Science,1991,70(11):2315-2321.
- [3] SI J, FRITTS C A, BURNHAM D J, et al. Relationship of dietary lysine level to the concentration of all essential amino acids in broiler diets[J].Poultry Science,2001,80(10):1472-1479.
- [4] STERLING K G, PESTI G M, BAKALLI R I. Performance of different broiler genotypes fed diets with varying levels of dietary crude protein and lysine[J].Poultry Science,2006,85(6):1045-1054.
- [5] CONDE-AGUILERA J A, COBO-ORTEGA C, TES-SERAUD S, et al. Changes in body composition in broilers by a sulfur amino acid deficiency during

growth[J].Poultry Science,2013,92(5):1266-1275.

- [6] BOOMGAARDT J, BAKER D H. Sequence of limiting amino acids in gelatin for the growing chick[J].Poultry Science,1972,51(5):1650-1655.
- [7] BAGHEL R P S, PRADHAN K. Effect of energy, protein and limiting amino acid levels on retention of lysine, methionine and cystine and weight gains in broilers during hot season[J].Indian Journal of Animal Nutrition,1988,5(2):127-132.
- [8] 林厦菁,蒋守群,丁发源,等.1~21 日龄快大型黄羽肉鸡低蛋白质饲料氨基酸平衡模式[J].动物营养学报,2014,26(9):2542-2552.
LIN X J, JIANG S Q, DING F Y, et al. Amino acid balance pattern of a low protein diet in fast-growing yellow-feathered broilers aged from 1 to 21 days[J].Chinese Journal of Animal Nutrition,2014,26(9):2542-2552.(in Chinese)
- [9] 宁淑芳.银香麻鸡赖氨酸、蛋氨酸及苏氨酸适宜需要量的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2007.
NING S F. The Study of appropriate dietary lysine, methionine and threonine for *Yinxiang* chickens[D]. Master's Thesis. Nanning: Guangxi University, 2007.(in Chinese)
- [10] FAROUK M M, WIELICZKO K J, MERTS I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef[J].Meat Science,2004,66(1):171-179.
- [11] CHEN X D, MA Q G, TANG M Y, et al. Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, *Jingxing* 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens[J].Meat Science,2007,77(2):220-227.
- [12] CEMIN H S, VIEIRA S L, STEFANELLO C, et al. Digestible lysine requirements of male broilers from 1 to 42 days of age reassessed[J].PLoS One,2017,12(6):e0179665.
- [13] 刘升军, 吕于明.日粮蛋氨酸及赖氨酸水平对雌性肉仔鸡胴体组成的影响[J].中国畜牧杂志,2001,37(2):5-8.
LIU S J, GUO Y M. Effects of lysine and methionine levels on carcass quality of female broiler chicks[J].Chinese Journal of Animal Science,2001,37(2):5-8.(in Chinese)
- [14] 周桂莲,蒋守群,蒋宗勇,等.43~63 日龄黄羽肉鸡饲料赖氨酸需要量的研究[C]//动物营养与饲料研

- 究——第五届全国饲料营养学术研讨会论文集.珠海:中国农业科学技术出版社,2006:56.
- ZHOU G L,JIANG S Q,JIANG Z Y,et al.Study on dietary lysine requirement of yellow feathered broilers aged 43-63 days [C]//Animal nutrition and feed research:proceedings of the fifth national symposium on feed nutrition.Beijing:China Agricultural Science and Technology Press,2006:56. (in Chinese)
- [15] 陈志敏.肉鸡动态生长模型的建立及相关参数的研究 [D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2004.
- CHEN Z M.Establishment of dynamic growth model for broilers and Study on related parameters [D].Ph. D.Thesis.Beijing:Chinese Academy of Agricultural Sciences,2004. (in Chinese)
- [16] HAN Y M,BAKER D H.Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching [J].Poultry Science,1994,73(11):1739-1745.
- [17] 蒋雪樱,张相伦,陆鹏,等.蛋氨酸对肉鸡屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化的影响 [J].食品科学,2016,37(21):114-118.
- JIANG X Y,ZHANG X L,LU P,et al.Effect of dietary methionine on slaughter performance,meat quality and antioxidant capacity of breast muscle from broilers [J].Food Science,2016,37(21):114-118. (in Chinese)
- [18] CHAMRUSPOLLERT M,PESTI G M,BAKALLI R I.Influence of temperature on the arginine and methionine requirements of young broiler chicks [J].Journal of Applied Poultry Research,2004,13(4):628-638.
- [19] KALINOWSKI A,MORAN E T,Jr,WYATT C L.Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering broiler males from three to six weeks of age [J].Poultry Science,2003,82(9):1428-1437.
- [20] BARKLEY G R,WALLIS I R.Threonine requirements of broiler chickens: why do published values differ? [J].British Poultry Science,2014,42(5):610-615.
- [21] 王红梅.0~6 周龄肉仔鸡苏氨酸需要量的研究 [D].硕士学位论文.西安:西北农林科技大学,2005.
- WANG H M.Study on threonine requirement of broilers aged 0 to 6 weeks [D].Master's Thesis.Xi'an:Northwest A&F University,2005. (in Chinese)
- [22] 席鹏彬,蒋宗勇,林映才,等.饲粮色氨酸水平对 22~42 日龄黄羽肉鸡生长性能、胴体品质和体成分沉积的影响 [C]//中国畜牧兽医学动物营养学会第十次学术研讨会论文集.杭州:中国农业科学技术出版社,2008.
- XI P B,JIANG Z Y,LIN Y C,et al.Effects of dietary tryptophan levels on growth performance, carcass quality and body composition deposition of yellow feathered broilers aged 22 to 42 days [C]//Proceedings of the 10th Symposium of animal nutrition branch of Chinese animal husbandry and Veterinary Association.Hangzhou: China Agricultural Science and Technology Press,2008. (in Chinese)
- [23] 童海兵,王克华,陆俊贤,等.鸡种、日粮能量和日粮蛋白质对体尺性状的影响 [J].中国家禽,2004,8(增刊1):96-99.
- TONG H B,WANG K H,LU J X,et al.Effects of breed and feed levels on the stature of chicken [J].Chinese Poultry Science,2004,8(Suppl.1):96-99. (in Chinese)
- [24] GUIDI A,CASTIGLIEGO L.Poultry meat color [M]//GUERRERO-LEGARRETA I.Handbook of poultry science and technology. Volume 2. Hoboken NJ:John Wiley & Sons,Inc.,2010.
- [25] DEMIROK E,VELUZ G,STUYVENBERG W V,et al.Quality and safety of broiler meat in various chilling systems [J].Poultry Science,2013,92(4):1117-1126.
- [26] 王春青,李侠,张春晖,等.肌原纤维特性与鸡肉原料肉品质的关系 [J].中国农业科学,2014,47(10):2003-2012.
- WANG C C,LI C,ZHANG C H,et al.Study on relationship between myofibril characteristics and meat quality of chicken raw meat [J].Scientia Agricultura Sinica,2014,47(10):2003-2012. (in Chinese)
- [27] ABERLE E D,FORREST J C,GERRARD D E,et al.Principles of meat science [M].4th ed.Dubuque IA: Kendall/Hunt Publ,2001.
- [28] 席鹏彬,蒋守群,蒋宗勇,等.黄羽肉鸡肉质评定技术操作规程的建立 [J].中国畜牧杂志,2011,47(1):72-76.
- XI P B,JIAANG S Q,JIANG Z Y,et al.Establishment of technical regulation for evaluation of meat quality of yellow-feathered broilers [J].Chinese Journal of Animal Science,2011,47(1):72-76. (in Chinese)
- [29] 李德发.猪的营养 [M].2 版.北京:中国农业科学技术出版社,2003.
- LI D.Nutrition of pigs [M].2nd ed.Beijing:China Agricultural Science and Technology Press,2003.
- [30] 丁海标,许若军,陈广安.中国地方鸡与肉鸡的肉质

- 比较[J].畜牧与兽医,2000,32(4):16-18.
- DING H B, XU R J. Comparison of meat quality between local Chinese chicken and the broilers[J]. Animal Husbandry & Veterinary Medical, 2000, 32(4): 16-18. (in Chinese)
- [31] 王月超,蔡辉益,闫海洁,等.L-肉碱和赖氨酸对爱拔益加肉公鸡生长性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2013,25(11):2591-2600.
- WANG Y C, CAI H Y, YAN H J, et al. Effects of dietary L-carnitine and lysine on growth performance and meat quality of arbor acres male broilers[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(11): 2591-2600. (in Chinese)
- [32] JIAO P, GUO Y M, YANG X, et al. Effects of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality[J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2010, 9(11): 1546-1551.
- [33] 蒋雪樱.蛋氨酸对青脚麻鸡生长、胸肌发育及肉品质的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学, 2016.
- JIANG X Y. Effects of methionine on growth, pectoral muscle development and meat quality of *Qingjiaoma* chicken[D]. Master's Thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [34] ZHAI W, PEEBLES E D, WANG X, et al. Effects of dietary lysine and methionine supplementation on Ross 708 male broilers from 21 to 42 d of age (III): serum metabolites, hormones, and their relationship with growth performance [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2016, 25(2): 223-231.
- [35] 赵振华,黎寿丰,黄华云,等.优质肉鸡胴体外观性状遗传力及相关性分析[J].四川农业大学学报, 2015, 33(1): 89-92.
- ZHAO Z H, LI S F, HUANG H Y, et al. Estimates of heritability and correlations for the carcass appearance performance of high-quality broiler chickens [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2015, 33(1): 89-92. (in Chinese)
- [36] 鲁伟,吴允,郭其新,等.雪山黄鸡屠宰性能与肉品质测定及相关分析[J].中国家禽,2016,38(22):53-55.
- LU W, WU Y, GUO Q X. et al. Determination and correlation analysis of slaughter performance and meat quality of *Xueshan* yellow chicken [J]. China Poultry, 2016, 38(22): 53-55. (in Chinese)
- [37] 季从亮,张德祥,张细权,等.性成熟对广西三黄鸡胸肌肌肉品质的影响[J].中国家禽,2008,30(7):12-14.
- JI C L, ZHANG D X, ZHANG X Q, et al. Effect of sex maturity on meat quality of breast muscle in *Guangxi Sanhuang* chickens [J]. China Poultry, 2008, 30(7): 12-14. (in Chinese)
- [38] 赵振华,黎寿丰,王钱保,等.肉鸡鸡冠发育对激素分泌及胴体性能的影响[J].四川农业大学学报, 2017, 35(2): 251-255.
- ZHAO Z H, LI S F, WANG Q B, et al. Effect of cockscomb development of broiler on hormone and carcass performance [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2017, 35(2): 251-255. (in Chinese)
- [39] 郑兰.光照时间和强度交互对肉鸡生产性能和鸡冠发育的影响[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学, 2014.
- ZHENG L. Effects of interaction of light time and intensity on growth performance and comb development of broilers [D]. Master's Thesis. Hangzhou: Zhejiang University, 2014. (in Chinese)

Effects of Lysine and Other Essential Amino Acids on Slaughter Performance, Muscle Quality and Carcass Appearance of Medium-Speed Yellow Broilers during 1 to 18 Days of Age

SHI Shourong^{1*} LIANG Mingzhen² LIU Yongqiang^{1,3} ZHANG Shan¹ ZHU Peiji⁴ HE Xi^{3*}

(1. Poultry Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Yangzhou 225125, China; 2. Guangxi University, Nanning 530004, China; 3. Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 4. Lihua Livestock Company of Jiangsu Province, Changzhou 213100, China)

Abstract: The aim of this experiment was to study the effects of lysine and other essential amino acids on slaughter performance, muscle quality and carcass appearance of medium-speed yellow broilers during 1 to 18 days of age. A total of 810 one-day-old male medium-speed yellow broilers were randomly divided into 9 groups with 6 replicates per group and 15 broilers per replicate. Each group and 15 broilers in each replicate. Three lysine levels (0.89%, 1.05% and 1.20%) and three other essential amino acids levels (low-level: 0.66% methionine + 0.58% threonine + 0.16% tryptophan; medium-level: 0.78% methionine + 0.68% threonine + 0.19% tryptophan; high-level: 0.90% methionine + 0.78% threonine + 0.22% tryptophan) were designed. The experimental period was 18 days. Two broilers were randomly selected from each replicate and slaughtered to determine the slaughter performance, meat quality and carcass appearance. The results showed as follows: 1) lysine had significant effect on the abdominal fat weight ($P < 0.05$), and the abdominal fat weight of 1.05% lysine level group was significantly lower than that of 0.89% and 1.20% lysine level groups ($P < 0.05$). Other essential amino acids had significant effect on the abdominal fat weight ($P < 0.05$), and the abdominal fat weight of medium and high other essential amino acids level groups was significantly lower than that of low other essential amino acids level group ($P < 0.05$). The interaction of lysine and other essential amino acids had significant effects on the pectoralis major weight, wing weight and pectoralis major proportion ($P < 0.05$), and the pectoralis major proportion got the highest when the lysine level was 1.05%, methionine level was 0.78%, threonine level was 0.68% and tryptophan level was 0.19%. 2) The shear force of 1.05% and 1.20% lysine level groups was significantly lower than that of 0.89% lysine level group ($P < 0.05$). Other essential amino acids had significant effect on meat color yellowness (b^*) value ($P < 0.05$), and the meat color b^* value of low other essential amino acids level group was significantly higher than that of medium and high other essential amino acids level groups ($P < 0.05$). The interaction of lysine and other essential amino acids had significant effect on the pH in breast muscle ($P < 0.05$). 3) Lysine had significant effect on the breast muscle moisture content ($P < 0.05$), and the breast muscle moisture content of 0.89% and 1.05% lysine level groups was significantly higher than that of 1.20% lysine level group ($P < 0.05$). Lysine and other essential amino acids and their interaction had no significant effect on the pore density ($P > 0.05$). 4) Lysine had significant effect on the length and weight of combs ($P < 0.05$), and the length and weight of combs of 1.05% lysine group level were significantly higher than those of 0.89% lysine level group ($P < 0.05$). Other essential amino acids had no significant effect on the thickness, length, height and weight of combs ($P > 0.05$). In conclusion, considering the slaughter performance and carcass appearance indexes, the suitable amino acid levels of medium-speed yellow broilers during 1 to 18 days of age are 1.05% lysine, 0.78% methionine, 0.68% threonine and 0.19% tryptophan. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(3):1372-1385]

Key words: medium-speed yellow broiler; lysine; methionine; threonine; tryptophan

* Corresponding authors: SHI Shourong, associate professor, E-mail: ssr236@163.com; HE Xi, professor, E-mail: hexi111@126.com