

不同湿度和氨水平对肉仔鸡抗氧化性能及肉品质的影响

魏凤仙^{1,2}, 徐彬², 萨仁娜³, 李绍钰^{2*}, 刘福柱^{1*}, 孙全友²

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100; 2. 河南省农业科学院畜牧兽医研究所, 郑州 450008; 3. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 动物营养学国家重点试验室, 北京 100193)

摘要: 本研究旨在探讨鸡舍内不同湿度和氨浓度对肉仔鸡机体抗氧化性能和肉品质的影响。试验选用健康、体质量相近的 21 日龄 AA 雄性肉仔鸡 192 只, 随机分为 2 组。一组为高氨组(暴露于 $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨气, H), 另一组是低氨组(暴露于 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨气, L)。其中每一组的一半分别置于 60% 湿度(对照组, C), 另一半置于 35% 湿度(处理组, T), 这样组成 4 个试验组, 对照 1: 60% 湿度 + $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨水平组(C+L)、对照 2: 60% 湿度 + $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨水平组(C+H)、处理 1: 35% 湿度 + $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨水平组(T+L), 以及处理 2: 35% 湿度 + $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨水平组(T+H), 试验期 21 d。试验结束时测定肉仔鸡生产性能, 血液及肌肉抗氧化性能和肉品质相关指标。试验结果表明, 高氨($70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)水平显著降低肉仔鸡结束体质量, 平均日采食量, 日增体质量, 血液及肌肉中总抗氧化力及肉仔鸡宰后 45 min 时的胸肌 a^* 值($P < 0.05$); 增加了胸肌存放 5 d 时硫代巴比妥酸反应物水平(TBARS)含量, 胸肌滴水损失率, 宰后 45 min 时的胸肌 b^* 值($P < 0.05$)和 L^* 值($P = 0.054$)及肌肉剪切力($P = 0.075$)。低湿(35% 相对湿度)处理降低了肉仔鸡试验结束体质量($P < 0.05$), 平均日采食量($P < 0.05$)及平均日增体质量($P = 0.072$), 胸肌中超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶活性($P < 0.05$)及宰后 45 min 时的胸肌 L^* 值($P = 0.053$); 增加了肌肉剪切力($P = 0.057$)和胸肌存放 5 及 7 d 时的 TBARS 含量($P < 0.05$)。与低氨对照组(C+L)相比, 高氨低湿组处理组(T+H)肉仔鸡的试验结束体质量、平均日采食量、平均日增体质量、血清总抗氧化力、胸肌中总超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶活性, 胸肌宰后 45 min a^* 值均显著降低($P < 0.05$), 而宰后 5 及 7 d 肌肉中 TBARS 含量、肌肉中滴水损失及肌肉剪切力均显著提高($P < 0.05$)。本研究结果揭示肉仔鸡舍内高氨($70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)及低湿度均显著降低了肉仔鸡生产性能、机体抗氧化能力及肌肉品质, 且低湿度环境加剧了高氨的不良影响。

关键词: 氨; 相对湿度; 抗氧化机能; 肉品质; 肉仔鸡

中图分类号: S831.4

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2012)10-1573-09

The Effect of Ambient Relative Humidity and Ammonia on Antioxidant Capacity and Meat Quality of Broiler Chickens

WEI Feng-xian^{1, 2}, XU Bin², SA Ren-na³, LI Shao-yu^{2*}, LIU Fu-zhu^{1*}, SUN Quan-you²

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450008, China; 3. State Key Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate the effect of ambient ammonia and humidity on antioxidant capacity and meat quality of broiler chickens. One hundred and ninety-two 21-day-old AA male broiler chicks were randomly allotted to two equal groups exposed to a high ambient ammonia ($70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, H) and a low ambient ammonia ($30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, L). Half of the broilers from each group were treated with relative humidity 60% (Control, C) and 35%

收稿日期: 2012-04-18

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-42); 河南省重点科技攻关项目(102102110017)

作者简介: 魏凤仙(1973-), 女, 河南南阳人, 博士生, 主要从事动物营养方面的研究, E-mail: wei_fx@163.com

* 通讯作者: 李绍钰, Tel: 0371-65738173, E-mail: lsy9617@yahoo.com.cn; 刘福柱, E-mail: lfz811@163.com

(Treatment, T). Thus, four treatment groups named C+L, C+H, T+L and T+H, respectively. Growth performance of birds was recorded from 21 d to 42 d; The antioxidant capacity of blood and meat, meat quality were also determined. The results showed that average final BW, ADG, ADFI, T-AOC of blood and pectoralis muscle, and a^* value in pectoralis muscle at postmortem 45 min were significantly lower ($P < 0.05$), while TBARS at postmortem 5 days, drip loss ratio, b^* value ($P < 0.05$) and L^* value ($P = 0.054$) at postmortem 45 min and shear force of pectoralis muscle ($P = 0.075$) were increased when birds exposed to high level of ambient ammonia ($70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Average final BW, ADFI ($P < 0.05$), and ADG ($P = 0.072$) as well as activity of SOD and GSH-Px in pectoralis muscle ($P < 0.05$) and L^* value 45 min after slaughtering ($P = 0.053$) were declined, while TBARS at postmortem 5 and 7 days and shear force of pectoralis muscle ($P = 0.057$) were increased when birds exposed to low RH (35%). Compared with C+L, the average final BW, ADG, ADFI, T-AOC of blood, activity of SOD and GSH-Px in pectoralis muscle, a^* value at postmortem 45 min were significantly lower ($P < 0.05$), while TBARS at postmortem 5 and 7 days, drip loss ratio and shear force of pectoralis muscle were increased ($P < 0.05$) when birds exposed to T+H. The results of this research suggested that high level of ammonia and low relative humidity in poultry house had adversely effects on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of broilers, and the adversely effects of high level of ammonia could be enhanced under low relative humidity.

Key words: ammonia; relative humidity; antioxidant capacity; meat quality; broilers

随着现代肉仔鸡早期生长速度的不断提高,源于环境与生理等内外应激因素对肉仔鸡健康状况和生产性能的影响日渐显著,从而导致肉仔鸡发病死亡率增高、生产性能下降、肉质变劣,这一方面会给生产者造成巨大的经济损失,另一方面上市的劣质鸡肉对消费者的健康也极为不利。目前我国肉仔鸡生产由于饲养条件比较落后,这方面的问题尤为突出。因此有关研究已引起国内学者的高度重视。鸡舍内有害气体包括氨气、硫化氢、二氧化碳浓度及其与湿度组合是影响鸡舍内环境的主要因素。据调查,许多养殖场鸡舍内氨气浓度经常出现超标现象,尤其是肉仔鸡养殖后期^[1]。近年来,全球持续变暖,有研究表明:全球变暖会导致地表蒸发的增加,引发全球干旱化的发展和加剧^[2],干旱半干旱情况在我国的许多地方也比较严重,尤其是北方的春、秋季,外界气候干燥,空气中较低的相对湿度会加剧有害气体的危害,进而引起动物的强烈应激反应,导致生长性能显著下降^[3-5]。湿度对肉仔鸡生长性能的影响各报道结果还不尽一致^[6],而对肉仔鸡肌肉品质的影响还未见报道。研究表明:高浓度氨气会使动物生产性能下降,但对肉品质影响的报道很少^[7-12]。此外,就目前的有关研究现状而言,多数为评估鸡舍单一环境因素对肉仔鸡的影响,多因素组

合效应研究鲜见。在实际生产中,湿度和氨气对养殖动物的影响是同时存在的,不同的湿度条件下,氨气水平对肉仔鸡机体抗氧化性能和肉品质的影响到底有多大,还未见文献报道。因此,研究不同湿度和氨水平条件对肉仔鸡抗氧化性能和肉品质的影响,可为鸡舍环境控制和生产优质鸡肉产品提供重要的理论依据。

本研究利用智能人工气候舱控制设施,通过评估不同湿度和氨气浓度对生长后期肉仔鸡生长性能、抗氧化特性和肉品质的影响,旨在为改善肉仔鸡生产福利,生产优质鸡肉产品提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验动物及饲养管理

1.1.1 实验动物 试验选择体质量相近的 21 日龄健康 AA 雄性肉仔鸡 192 只(雏鸡苗购自北京华都肉仔鸡公司,普通鸡舍饲养至 21 日龄),随机分为 4 组,每组 6 个重复,每个重复 8 只鸡,各处理组肉仔鸡体质量差异不显著($P > 0.05$)。

1.1.2 试验处理 试验采用双因素, 2×2 因子设计,试验处理见表 1。试验期 3 周(22~42 日龄)。

表 1 试验处理

Table 1 Treatments of experiment

处理 Treatment	相对湿度/% Relative humidity	氨浓度/(mg·kg ⁻¹) Level of ammonia
对照 1(C+L)	60	30
对照 2(C+H)	60	70
处理 1(T+L)	35	30
处理 2(T+H)	35	70

1.1.3 程式人工气候实验舱 本试验在动物营养学国家重点实验室程式人工气候实验舱进行。4 个处理的试验肉仔鸡分别饲养在 4 个程式人工气候舱内,试验期间通过计算机程序设定分别

表 2 基础日粮组成和营养水平

Table 2 Composition of the basal diet and nutrient levels

原料 Ingredients	4~6 周龄 4-6 week	营养水平 Nutrient levels	4~6 周龄 4-6 week
玉米 Corn	61.19	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	12.60
豆粕 Soybean meal	31.80	粗蛋白质 CP	19.96
豆油 Soybean oil	3.27	钙 Ca	0.90
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.65	有效磷 Available P	0.40
石粉 Limestone	1.13	赖氨酸 Lys	1.00
赖氨酸 L-Lysine	0.08	蛋氨酸 Met	0.45
蛋氨酸 DL-methionine	0.15	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.78
食盐 NaCl	0.35		
50%氯化胆碱 Choline chloride	0.15		
维生素预混料 ¹⁾ Vitamin premix	0.02		
微量元素预混料 ²⁾ Mineral premix	0.20		
合计 Total	100.00		

¹⁾ 多维预混料为每千克日粮提供:VA 125 000 IU,VD₃ 2 500 IU,VE 18.75 mg,VK₃ 2.65 mg,VB₁ 2 mg,VB₂ 6 mg,VB₆ 2 mg,VB₁₂ 0.025 mg,生物素 0.032 5 mg,叶酸 1.25 mg,泛酸 12 mg,烟酸 50 mg。²⁾ 微量元素预混料为每千克日粮提供:I 10.35 mg,Se 0.15 mg,Zn 75 mg,Cu 8 mg,Fe 80 mg,Mn 100 mg

¹⁾ Vitamin premix provided for per kilogram of diet:VA 125 000 IU,VD₃ 2 500 IU,VE 18.75 mg,VK₃ 2.65 mg,VB₁ 2 mg,VB₂ 6 mg,VB₆ 2 mg,VB₁₂ 0.025 mg,biotin 0.032 5 mg,folic acid 1.25 mg,pantothenic acid 12 mg,niacin 50 mg. ²⁾ Mineral premix provided for per kilogram of diet:I 10.35 mg,Se 0.15 mg,Zn 75 mg,Cu 8 mg,Fe 80 mg,Mn 100 mg

1.3 样品的采集与制备

42 日龄时,每处理取 6 只鸡,翅静脉采血,制备血清,测定血清中超氧化物歧化酶(SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)值。

控制人工气候舱内相对湿度和氨浓度至试验要求。各人工气候舱内氨气浓度用德国多气体检测仪、相对湿度用湿度计,每隔 4 h 检测 1 次与计算机控制显示系统校对。其他环境参数基本相同,试验期间各试验舱内温度为 25~26 ℃。

1.1.4 饲养管理及免疫 试验采用 3 层笼养,日喂 3 次,自由采食、饮水。24 h 人工光照。7 日龄新支二联苗滴鼻点眼,14 日龄法氏囊饮水免疫,19 日龄法氏囊饮水免疫,26 日龄新支二联苗饮水免疫。

1.2 试验日粮组成和营养水平

试验采用玉米-豆粕型日粮,基础日粮的组成和营养水平见表 2。各处理组饲喂完全相同基础日粮。

42 日龄时,每处理抽取接近本处理平均体质量的 6 只鸡,宰杀后取胸肌,测定 pH,滴水损失率。取左侧胸肌 10 g 左右,置于塑料袋中,封口,4 ℃ 存放,测硫代巴比妥酸反应物水平(TBARS)含量;另取左侧胸肌-20 ℃ 保存,测谷胱甘肽过氧化物酶

(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)值。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 生长性能指标 以重复为单位,记录每天喂料量,试验结束时空腹 12 h 称重,计算日采食量(ADFI)、日增体质量(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 抗氧化指标 超氧化物歧化酶(SOD)、总抗氧化能力(T-AOC)值和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)值均采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。

SOD 活性测定:采用黄嘌呤氧化酶法。SOD 活性定义为在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个 SOD 活力单位。

T-AOC 活性测定:测定的是反应体系中将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} 的能力。1 个单位的 T-AOC 代表着反应体系每分钟吸光度值增加 0.01。

GSH-Px 活性测定:通过比色法,GSH-Px 活性定义为每 1 mL 反应液中每分钟使谷胱甘肽浓度降低 $1 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时所需的酶量。

TBARS 含量测定:分别在宰后 1、3、5 和 7 天采用荧光法测定肌肉中硫代巴比妥酸反应物^[13]。

1.4.3 肉质感官指标 肌肉 pH 分别在宰后 45 min ($\text{pH}_{45 \text{ min}}$) 和 24 h ($\text{pH}_{24 \text{ h}}$),采用日立直插式酸度计直接插入肌肉中进行测定。

肌肉颜色分别在宰后 45 min 和 24 h,用 TC-PIIG 型全自动测色色差计测定胸肌的 L^* 值(亮

值)、 a^* (红值)和 b^* (黄值)。

滴水损失在肉仔鸡屠宰后取下左侧胸大肌称重(W1),置于封口塑料中,在 4 ℃ 冰箱悬挂放置 24 h 后,用滤纸揩干并称重(W2)。则滴水损失:

$$\text{滴水损失} = 100\% \times (\text{W1} - \text{W2}) / \text{W1}$$

测定完滴水损失后的胸肌用于剪切力的测定。测定时,将温度计探针插到肌肉的中心部位,放置于 80 ℃ 恒温水浴锅中进行加热,当肌肉中心温度达 74 ℃ 时,将肌肉取出,冷却至室温。然后将每块肌肉沿肌纤维方向修成 5 块 $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ 的长条,用 TMS-Pro 型嫩度仪进行测定,取其平均值作为该肌肉的剪切力值。

1.5 数据处理

采用 SPSS 16.0 统计软件 ANOVA 模块进行方差分析,有交互作用的指标用 Duncan 氏法进行多重比较,结果以平均值表示,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果

2.1 生长性能

湿度和氨水平对肉仔鸡生产性能的影响见表 3。高氨($70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)水平降低肉仔鸡的生长性能。显著降低肉仔鸡结束体质量、平均日采食量及日增体质量($P < 0.05$),而对肉仔鸡饲料转化率影响不显著($P > 0.05$)。

表 3 肉仔鸡生产性能

Table 3 Performance of broiler chickens

处理 Treatment	21 日龄体质量/g	42 日龄体质量/g	日采食量/g	日增体质量/(g · d ⁻¹)	料重比	
	21-day-old BW	42-day-old BW	ADFI	ADG		
对照 1(C+L)	715.88	2 927.13 ^a	181.69 ^b	104.98 ^b	1.72	
对照 2(C+H)	721.40	2 862.13 ^{ab}	173.62 ^a	101.52 ^{ab}	1.71	
处理 1(T+L)	718.50	2 866.50 ^{ab}	175.11 ^{ab}	102.38 ^{ab}	1.71	
处理 2(T+H)	717.63	2 813.93 ^b	169.74 ^a	99.39 ^a	1.71	
SEM	3.80	12.18	1.13	0.61	0.01	
	氨水平	0.763	0.028	0.009	0.018	0.186
P-value	湿度	0.941	0.04	0.035	0.072	0.792
	交互	0.679	0.802	0.559	0.853	0.978

同列有不同字母者差异显著($P < 0.05$)。下同

In the same column, values with different small letter superscripts differ significantly ($P < 0.05$). The same as below

湿度显著影响肉仔鸡的生产性能。低湿(35%)处理降低了肉仔鸡试验结束体质量($P<0.05$),平均日采食量($P<0.05$)及平均日增体质量($P=0.072$),而对肉仔鸡饲料转化率影响不显著($P>0.05$)。

与低氨对照组(C+L)相比,高氨低湿处理组(T+H)肉仔鸡的试验结束体质量、平均日采食量、平均日增体质量均显著降低($P<0.05$)。

2.2 机体抗氧化性能

由表 4,5 结果可见:高浓度氨气降低了肉仔鸡

血液($P<0.01$)和肌肉的总抗氧化力(T-AOC)($P<0.05$),血液中的超氧化物歧化酶(SOD)活性也有降低的趋势。低湿处理降低了肉仔鸡胸肌中超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-P_x)活性($P<0.05$),血液中谷胱甘肽过氧化物酶活性也有降低的趋势。湿度和氨气浓度对肉仔鸡胸肌 GSH-P_x 活性影响具有显著交互作用($P<0.05$),高氨低湿处理组胸肌 GSH-P_x 活性显著低于低氨对照组($P<0.05$)。

表 4 肉仔鸡血清 SOD、T-AOC 和 GSH-P_x 活性

Table 4 SOD, T-AOC and GSH-P_x in serum of broilers

处理 Treatment	SOD/(U · mL ⁻¹)	T-AOC/(U · mL ⁻¹)	GSH-P _x /(U · mL ⁻¹)
对照 1(C+L)	142.57	29.29 ^a	394.64
对照 2(C+H)	134.23	23.00 ^b	392.69
处理 1(T+L)	137.34	27.44 ^{ab}	364.67
处理 2(T+H)	132.61	21.97 ^b	361.23
SEM	2.55	0.95	9.81
	氨水平	0.215	0.892
P-value	湿度	0.510	0.133
	交互	0.727	0.970

表 5 肉仔鸡胸肌 SOD 活性、T-AOC 和 GSH-P_x

Table 5 SOD, T-AOC and GSH-P_x in pectoralis muscle of broilers

处理 Treatment	SOD/(U · mg ⁻¹ prot)	T-AOC/(U · mg ⁻¹ prot)	GSH-P _x /(U · mg ⁻¹ prot)
对照 1(C+L)	17.66 ^a	0.31	41.48 ^a
对照 2(C+H)	17.32 ^{ab}	0.30	29.98 ^b
处理 1(T+L)	15.64 ^{ab}	0.30	32.80 ^b
处理 2(T+H)	15.11 ^b	0.28	29.61 ^b
SEM	0.46	0.02	0.89
	氨水平	0.637	0.001
P-value	湿度	0.033	0.019
	交互	0.917	0.030

与低氨对照组(C+L)相比,高氨低湿组(T+H)肉仔鸡血清总抗氧化力、肌肉中 SOD 及 GSH-P_x 均显著降低($P<0.05$)。

表 6 结果表明:高氨处理有使肌肉中 TBARS 升高的趋势,但对存放 1、3、7 d 的胸肌中 TBARS 影响不显著($P>0.05$),显著影响存放 5 d 时胸肌中的 TBARS($P<0.05$)。湿度影响胸肌中 TBARS,低湿度处理升高胸肌存放 5($P<0.01$)及 7 d($P<0.05$)时的 TBARS。在肌肉存放的第 5 和第 7 天,低氨对照组(C+L)肉仔鸡的 TBARS 含量均低于

高氨低湿组($P<0.05$)。随存放时间的延长,各试验组肉仔鸡胸肌 TBARS 含量升高。

2.3 肉品质

表 7 结果显示,氨气浓度对肉仔鸡胸肌 pH 无显著影响($P>0.05$),但高氨增加了胸肌滴水损失率($P<0.01$)和肌肉剪切力($P=0.075$)。低湿度增加了胸肌的剪切力($P=0.057$),有降低 24 h 胸肌 pH₂₄ 的趋势及增加滴水损失的趋势。与低氨对照组(C+L)相比,高氨低湿组肉仔鸡滴水损失及剪切力显著增加($P<0.05$)。

表 6 肉仔鸡胸肌中硫代巴比妥酸反应物水平 (TBARS)

Table 6 TBARS in pectoralis muscle of broilers

处理 Treatment	硫代巴比妥酸反应物水平 TBARS/(mg · kg ⁻¹)				
	1 d	3 d	5 d	7 d	
对照 1(C+L)	0.14	0.28	0.42 ^a	0.60 ^a	
对照 2(C+H)	0.14	0.28	0.46 ^b	0.64 ^{ab}	
处理 1(T+L)	0.14	0.28	0.47 ^b	0.66 ^{ab}	
处理 2(T+H)	0.15	0.28	0.49 ^c	0.70 ^b	
SEM	0.002	0.003	0.005	0.013	
	氨水平	0.353	0.818	0.003	0.147
P-value	湿度	0.616	0.774	0.004	0.039
	交互	0.959	0.790	0.888	0.875

表 7 肉仔鸡胸肌 pH 和滴水损失

Table 7 pH and drip loss ratio of pectoralis muscle of broilers

处理 Treatment	胸肌 45 min	胸肌 24 h	滴水损失 / %	剪切力 / N	
	pH _{45 min}	pH _{24 h}	Drip loss ratio	Shear force	
对照 1(C+L)	5.68 ^{ab}	5.61	1.95 ^a	48.64 ^a	
对照 2(C+H)	5.64 ^{ab}	5.56	2.25 ^a	59.13 ^{ab}	
处理 1(T+L)	5.48 ^a	5.49	1.61 ^a	59.78 ^{ab}	
处理 2(T+H)	5.71 ^b	5.49	3.33 ^b	67.28 ^b	
SEM	0.037	0.029	0.169	2.390	
	氨水平	0.205	0.651	0.009	0.075
P-value	湿度	0.374	0.128	0.29	0.057
	交互	0.068	0.747	0.052	0.757

表 8 结果表明:舍内氨浓度对肉仔鸡肉色有影响。高氨增加了肉仔鸡宰后 45 min 时的胸肌 L* 值 ($P=0.054$) 和 b* 值 ($P<0.05$), 而降低了 a* 值 ($P<0.01$)。低湿降低了肉仔鸡胸肌中 L* 值 ($P=0.053$)。和 C+L 组相比, T+H 组 a* 值极显著降低 ($P<0.01$)。氨气和湿度对宰后 24 h 的肌肉肉色均无显著影响。

3 讨论

3.1 氨气和湿度对生长性能的影响

本研究中, 初始体质量差异不显著的鸡只, 分别置于 30 及 70 mg · kg⁻¹ 浓度的氨气环控仓中。经 21 d 的试验期后, 70 mg · kg⁻¹ 氨气组比 30 mg · kg⁻¹ 氨气组肉仔鸡日采食量、日增体质量及试验结束体质量显著降低, 而二者的耗料增重比差异不显著。这一结果和前人的结果基本一致^[10,12,14]。Quarles 等把 4 周龄肉仔鸡分别饲养于 25、50 mg · kg⁻¹ 氨气的环控室内, 结果 8 周龄时, 50

mg · kg⁻¹ 组肉仔鸡体质量显著低于 25 mg · kg⁻¹ 组, 而 2 组的饲料效率无显著差异^[12]。Reece 等研究也表明, 1 日龄肉仔鸡放置于 25 及 50 mg · kg⁻¹ 氨气中 28 d, 50 mg · kg⁻¹ 组中肉仔鸡体质量显著低于 25 mg · kg⁻¹ 组, 但料肉比没有显著差异^[10]。Miles 等研究发现, 暴露于不同浓度氨气中, 经过 28 d 后, 50 及 75 mg · kg⁻¹ 组的肉仔鸡体质量显著低于 0 和 25 mg · kg⁻¹ 组, 而 0 和 25 mg · kg⁻¹ 组的鸡只无差异, 且 4 组的饲料效率无显著差异^[14]。采食量降低可能是由于氨气损伤鸡只的眼睛, 导致其觅食困难^[15] 或者氨气渗入血液, 从而改变了血液中的 pH, 从而抑制呼吸, 使呼吸率下降, 能量需求降低, 引起采食量的降低^[7]。耗料体增质量比不受影响可能说明肉仔鸡结束体质量(或日增体质量)降低主要是由于采食量降低引起的, 而不是由代谢改变引起的^[7]。而且, 研究也证明处于 30 和 60 mg · kg⁻¹ 氨气浓度下的肉仔鸡血液中尿酸及血浆尿酸氮差异不显著^[16]。而动物血液尿素氮及家禽血液中尿酸含量反映蛋白质的

代谢情况,饲喂常规日粮的动物,动物体内代谢改变 会导致血浆尿素氮或尿酸含量增加^[17]。

表 8 肉仔鸡屠宰后 45 min 和 24 h 胸肌肉色

Table 8 The pectoralis muscle color of broilers 45 min and 24 hours after slaughtering

处理 Treatment	45 min 肉色 45 min muscle color			24 h 肉色 24 h muscle color		
	L* 值	a* 值	b* 值	L* 值	a* 值	b* 值
对照 1(C+L)	38.41	10.32 ^b	8.10	47.88	9.30	16.15
对照 2(C+H)	39.47	7.32 ^a	9.33	49.12	8.44	17.22
处理 1(T+L)	37.02	8.16 ^a	8.37	48.26	7.93	16.13
处理 2(T+H)	38.41	8.08 ^a	8.70	49.31	7.87	18.73
SEM	0.298	0.202	0.170	0.468	0.342	0.532
氨水平	0.054	0.001	0.033	0.236	0.512	0.1
P-value 湿度	0.053	0.098	0.599	0.761	0.172	0.491
交互	0.788	0.002	0.197	0.915	0.56	0.482

湿度对肉仔鸡生产性能的影响一直没有得到足够的重视,肉仔鸡的适宜相对湿度是 55%~60%。非适宜湿度不利于肉仔鸡的生长。本研究中,与 60%湿度相比,35%湿度降低了肉仔鸡日采食量、日增体质量及试验结束体质量,而饲料效率没有改变。这一结果和他人研究结果基本一致^[18-19]。研究表明,低湿度降低了家禽体内的甲状腺素含量,而甲状腺素浓度与采食量高度正相关^[18-19]。家禽采食量是根据维持和生长能量需要而定,而且 2 种能量需要没有交叉^[20]。常温下,60%的相对湿度时,家禽维持能量需求最低;低于该湿度时,维持能量需求增加,因此低湿度下家禽生长性能降低^[19]。而且,高氨浓度和低湿度对肉仔鸡生产性能的不良影响具有加性效应。

3.2 氨气和湿度对机体抗氧化性能的影响

家禽正常生命活动中,机体会产生氧自由基,该物质攻击机体生物膜,形成脂质过氧化物,损伤动物组织。评定机体氧化损伤的方法是测定硫代巴比妥酸反应产物(TBARS)或者丙二醛(MDA)。统计资料表明肉品中的 TBARS 含量比过氧化物的测定更能反映肉品中的酸败程度^[21],是肉品脂质过氧化程度的间接量化指标^[22]。机体也存在抗氧化机制,通过血液或肌肉中 SOD、GSH-Px、T-AOC 来增强机体抗氧化能力,减少氧自由基对机体毒害,提高机体的免疫力。本研究中高氨浓度降低了肉仔鸡血液及肌肉中 T-AOC 水平,血液中 SOD 也有降低的趋势。低湿度处理降低了肉仔鸡胸肌中超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶活性,血液中谷胱甘肽过氧化物酶活性也有降低的趋势。高氨浓度组鸡胸肌

肉中的 TBARS 含量比低氨浓度组有升高趋势,尤其是在肌肉存放第 5 天,高氨浓度组的 TBARS 含量显著升高。35%的湿度比 60%的湿度提高了肌肉中 TBARS 含量势,尤其在第 5 和 7 天达到显著水平。而且随着时间的延长肌肉中 TBARS 含量逐渐升高。目前,还没有见到有关氨气浓度或湿度对肉仔鸡抗氧化能力影响的报道。对鱼类的研究中发现,高浓度的环境氨气降低了南美白对虾及中华绒螯蟹幼体血液中 SOD 含量^[23-24]。鸡舍氨气浓度及湿度作为应激源^[16]和其他应激对家禽抗氧化能力的影响基本一致。氧化应激降低了肉仔鸡血液中 GSH-Px、SOD 及 T-AOC 活性,提高了 MDA 含量,而且氧化应激对抗氧化酶活性的影响有时间效应^[25]。

3.3 氨气和湿度对肉品质影响

肌肉 pH、系水力(滴水损失),剪切力及肉色等是客观评价肌肉质量的常用指标。肌肉 pH 不仅是肌肉酸度的直观表现,还对肉的嫩度、滴水损失、肉色等有直接影响。系水力是指肌肉组织保持水分的能力,常用滴水损失或失水率来衡量肌肉的系水力,它直接影响肉的滋味、多汁性、嫩度、色泽、营养成分及香气等食用品质,同时对加工肉的产量、结构和肉色等有较大的影响。肉的嫩度可以用剪切力值(Shear value)来表示,剪切力值是表示嫩度的一个指标,它是肉品内部结构的反映,在一定程度上反映了肌肉中肌原纤维、结缔组织及肌肉脂肪的含量、分布和化学结构的状态。正常肉剪切力值与嫩度成反比关系。肉品颜色是肌肉本身的生理学、生物化学和微生物学复杂变化的一种易于识别的外部表现。

在红肌中, a^* 值是非常重要的指标。在白肌中, L^* 值较重要, 它与滴水损失、pH 等存在相关^[21]。

在本研究中, 氨浓度对肉仔鸡胸肌 pH 影响不显著, 高氨浓度增加了肉仔鸡胸肌的滴水损失率, 这与前人的报道不一致。Sackett 等报道, 25 及 75 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨气浓度对胸肌滴水损失无影响, 但前者的 pH 低于后者^[26]。出现这种情况可能是因为应激类型及家禽种类对应激造成的肌肉品质变化不尽相同^[27-30]。其应激破坏了胸肌膜的完整性, 引发糖酵解加强, 使胸肌 pH 降低^[31], 而胸肌 pH 与滴水损失呈负相关^[32]。低湿处理组有降低胸肌 24 h pH 趋势, 因此滴水损失有升高趋势, 前人的研究也证明不同形式的应激使肉仔鸡肌肉滴水损失增加^[28, 30-31]。本研究中高氨及低湿处理均提高了胸肌剪切力, 这和其他形式应激造成的肉仔鸡肌肉剪切力增加基本一致^[25, 32-33]。本研究中高氨低湿组(T+H)的滴水损失显著高于低氨对照组(C+L), 说明氨气浓度与湿度对肉仔鸡胸肌滴水损失的不良影响有加性效应, 差异接近显著($P=0.052$)。

本研究中, 高氨浓度提高了屠宰 45 min 时的胸肌 L^* 值及 b^* 值, 降低了 a^* 值, 低湿度降低了 L^* 值, 而降低了 a^* 值, 2 种应激源的结果并不一致。前人研究报道也不尽相同。Qiao 等认为, 胸肌 L^* 与 a^* 负相关^[29]; Aksit 等报道, 高温应激使肉仔鸡胸肌 L^* 值、 a^* 值及 a^* 值与 b^* 值之比均提高^[30]; Yue 等报道, 长途运输应激提高了 a^* 值^[31]。这些结果说明, 应激类型及家禽种类对应激造成的肌肉品质变化不尽相同^[32-33]。

在本研究中虽然从统计学角度未观察到舍内湿度与氨气对肉仔鸡主要测试参数有显著互作效应, 但本研究结果显示湿度影响氨气的毒性发挥。低湿度环境加剧了高氨的不良影响效应, 可能原因是在低湿度环境条件下, 鸡舍内一些液态氨转化为气态氨的比例增高所致, 而提高湿度则可降低鸡舍内液态氨转化为气态氨的比例或使气态氨转化液态氨, 缓减氨气的负面影响。有关湿度缓减氨气的毒性尚需进一步深入研究。

4 结 论

本研究结果表明: 鸡舍内 $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氨气水平导致生长后期肉仔鸡生产性能降低, 机体及肌肉抗氧化能力下降、产生氧化应激从而导致肌肉品质降低; 鸡舍内 35% 的相对湿度降低了生长后期肉仔

鸡生产性能, 降低了血液及肌肉抗氧化能力, 肌肉品质降低; 低湿度环境加剧了高氨的不良影响效应, 而适宜高湿度环境可在一定程度上缓解高氨的不良影响效应。

参考文献:

- [1] 周风珍. 鸡舍氨浓度对肉仔鸡免疫性能和肉品质影响的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2003.
- [2] 靳英华, 廉士欢, 周道玮, 等. 全球气候变化下的半干旱区相对湿度变化研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2009, 41(4): 134-138.
- [3] MASHALY M M, HENDRICKS G L, KALAMA M A. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens[J]. *Poult Sci*, 2004, 83: 889-894.
- [4] BOTTJE W G, HARRISON P C. The effect of tap water carbonated[J]. *Poult Sci*, 1985, 64: 107.
- [5] LOWLINDER M A R, ROSE S P. Rearing temperature and meat yield of broiler[J]. *Br Poult Sci*, 1989, 30: 9-25.
- [6] JONES T A, DONNELLY C A, STAMP DAWKINS M. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the united kingdom and denmark stocked at five densities [J]. *Poult Sci*, 2005, 84: 1155-1165.
- [7] CHARLES D R, PAYNE C G. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on the respiration and on the performance of the broilers and replacement growing stock [J]. *Br Poult Sci*, 1966, 7(3): 177-187.
- [8] KLING H F, QUARLES C L. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males[J]. *Poult Sci*, 1974, 53: 1161-1165.
- [9] REECE FN, LOTT B D, DEATON J W. Ammonia in the atmosphere during brooding affects performance of broiler chickens[J]. *Poult Sci*, 1980, 59: 486-488.
- [10] REECE F N, LOTT B D, DEATON J W. Low concentrations of ammonia during brooding decrease broiler weight[J]. *Poult Sci*, 1981, 60: 937-940.
- [11] CAVENY D D, QUARLES C L, GREATHOUSE G A. Atmospheric ammonia and broiler cockerel performance[J]. *Poult Sci*, 1981, 60(3): 513-516.
- [12] QUARLES C L, KLING H F. Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality[J]. *Poult*

- Sci, 1974, 53: 1592-1596.
- [13] JO C, AHN D U. Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey[J]. *Poult Sci*, 1998, 77: 475-480.
- [14] MILES D M, BRANTON S L, LOTT B D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers[J]. *Poult Sci*, 2004, 83: 1650-1654.
- [15] RITZ C W, FAIRCHILD B D, LACY M P. Implications of ammonia production and emissions from commercial poultry facilities; A review[J]. *J Appl Poult Res*, 2004, 13: 684-692.
- [16] BEKER A, VANHOOSER S L, SWARTZLANDER J H, et al. Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance[J]. *J Appl Poult Res*, 2004, 13: 5-9.
- [17] 佟建明, 萨仁娜. 持续、低剂量金霉素对肉仔鸡肠道微生物、血氨、尿酸和生产性能的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2001, 32(5): 403-409.
- [18] YAHAV S, GOLDFELD S, PLAVNIK I, et al. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature[J]. *J Ther Biol*, 1995, 20: 245-253.
- [19] YAHAV S. Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys[J]. *Br Poult Sci*, 2000, 41: 94-100.
- [20] HURWITZ S, WEISELBERG M, EISNER U, et al. The energy requirements and performance of growing chickens and turkeys, as affected by environmental temperature[J]. *Poult Sci*, 1980, 59: 2290-2299.
- [21] BARBUT S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens [J]. *Br Poult Sci*, 1997, 38: 355-358.
- [22] 李绍钰. 热应激对肉仔鸡生产性能和产品品质的影响及核黄素抗应激效果的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 1999.
- [23] LIU C H, CHEN J C. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2004, 16: 321-334.
- [24] HONG M L, CHEN L Q, SUN X J, et al. Metabolic and immune responses in Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles exposed to elevated ambient ammonia [J]. *Comp Biochem Physiol, Part C*, 2007, 145: 363-369.
- [25] 武书庚. 肉仔鸡氧化应激模型的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [26] SACKETT B A M, FRONING G W, DESHAZER J A, et al. Effect of gaseous preslaughter environment on chicken broiler meat quality[J]. *Poult Sci*, 1986, 65: 511-519.
- [27] DEBUT M, BERRI C, BAÉZAZA E, et al. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions [J]. *Poult Sci*, 2003, 82: 1829-1838.
- [28] SANDERCOCK D A, HUNTER R R, NUTE G R, et al. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality[J]. *Poult Sci*, 2001, 80: 418-425.
- [29] QIAO M, FLETCHER D L, SMITH D P, et al. The Effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity [J]. *Poult Sci*, 2001, 80: 676-680.
- [30] AKSIT M, YALCIN S, ÖZKAN S, et al. Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers[J]. *Poult Sci*, 2006, 85: 1867-1874.
- [31] YUE H Y, ZHANG L, WU S G, et al. Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens[J]. *Poult Sci*, 2010, 89: 413-419.
- [32] LIPPENS M, ROOM G, DE GROOTE G, et al. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 1. Effects on performance characteristics, mortality and meat quality [J]. *Br Poult Sci*, 2000, 41: 343-354.
- [33] 胡晓飞, 魏凤仙, 昝于明. 脂多糖(LPS)刺激对肉仔鸡生产性能及肌肉品质影响[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(1): 60-65.

(编辑 郭云雁)