

电击晕处理对肉鸽屠宰应激及宰后鸽肉品质的影响

张远红^{1,2}, 董华发³, 李 滢¹, 林少梅¹, 白卫东^{1,2}, 肖更生^{1,2}, 陈伟波⁴, 曾晓房^{1,2,*}

(1.仲恺农业工程学院 农业农村部岭南特色食品绿色加工与智能制造重点实验室, 广东 广州 510225;

2.仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东省岭南特色食品科学与技术重点实验室, 广东 广州 510225;

3.广东温氏佳味食品有限公司, 广东 云浮 510507; 4.梅州市金绿现代农业发展有限公司, 广东 梅州 514500)

摘 要:为探究电击晕处理对肉鸽屠宰应激和宰后鸽肉品质的影响, 本实验选取相同饲养条件下日龄为28 d的肉鸽, 以击晕电压0 V为对照组, 通过测定血液生化指标和肌肉理化指标, 分析不同击晕电压(50~90 V)对肉鸽应激反应和宰后胴体品质的变化。结果表明: 电击晕处理组肉鸽屠宰后血液中肌酸激酶(creatine kinase, CK)、促肾上腺皮质激素(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)和乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)水平与对照组相比整体上均有一定程度的下降, 在击晕电压60 V时总体达到最低水平; 血液中皮质酮激素质量浓度随着击晕电压(0~90 V)的增大先降低后增加, 在电压超过70 V时高于对照组, 说明70 V以上的电击晕处理会增加肉鸽的屠宰应激水平; 电击晕处理对宰后鸽胸肉的pH值影响不显著, 与对照组相比, 宰后24 h鸽胸肉亮度(L^* 值)略有降低而红度(a^* 值)增大, 60~70 V电压处理组鸽肉的滴水损失率、蒸煮损失率及剪切力均保持在较低水平, 此时鸽肉的保水性和嫩度相对较好。综上, 60~70 V的电击晕处理可有效降低肉鸽的宰前应激行为, 提升宰后鸽肉的品质, 有利于肉鸽的福利屠宰。

关键词: 肉鸽; 电击晕; 屠宰应激; 血液指标; 肉品质

Effect of Electrical Stunning on Slaughter Stress and Meat Quality in Pigeons

ZHANG Yuanhong^{1,2}, DONG Huafa³, LI Ying¹, LIN Shaomei¹, BAI Weidong^{1,2}, XIAO Gengsheng^{1,2}, CHEN Weibo⁴, ZENG Xiaofang^{1,2,*}

(1. Key Laboratory of Green Processing and Intelligent Manufacturing of Lingnan Specialty Food, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Lingnan Specialty Food Science and Technology, College of Food Science and Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 3. Guangdong Wen's Delicious Food Co. Ltd., Yunfu 510507, China; 4. Meizhou Golden Green Modern Agriculture Development Co. Ltd., Meizhou 514500, China)

Abstract: In order to investigate the effects of electrical stunning on slaughter stress and post-slaughter meat quality in pigeons, meat-type pigeons aged 28 days under the same feeding conditions were chosen and subjected to electrical stunning with different voltages (50–90 V) before slaughter (0 V as control), and blood biochemical indexes and meat quality indexes were determined after slaughter. Results showed that the postmortem blood levels of creatine kinase (CK), adrenocorticotrophic hormone (ACTH) and lactate dehydrogenase (LDH) in pigeons with electrical stunning decreased compared with those in the control group without electrical stunning, and reached the lowest value at an electrical voltage of 60 V. The blood corticosterone (CORT) concentration firstly decreased and then increased with the increase in stunning voltage, and was significantly higher at voltages greater than 70 V than in the control group, indicating increased stress levels at slaughter. Electrical stunning had no significant impact on the postmortem pH of breast meat. Compared with the control group, the brightness value (L^*) of pigeon breast meat at 24 h after slaughter slightly decreased while the redness value (a^*) increased. The drip loss, cooking loss and shear force of pigeon breast meat were relatively low at voltages of 60–70 V,

收稿日期: 2022-04-19

基金项目: 广东省岭南特色食品科学与技术重点实验室项目(2021B1212040013);

广东省重点领域研发计划项目(2020B0202080002)

第一作者简介: 张远红(1989—)(ORCID: 0000-0003-1623-4701), 女, 副教授, 博士, 研究方向为农副产品精深加工。

E-mail: zyh5801307075@163.com

*通信作者简介: 曾晓房(1979—)(ORCID: 0000-0002-9512-7009), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品加工和质量控制。

E-mail: 59592743@qq.com

suggesting good water-holding capacity and tenderness. In conclusion, electrical stunning at 60–70 V can effectively reduce the slaughter stress and improve the meat quality of pigeons after slaughter, which is beneficial for the welfare slaughter of meat-type pigeons.

Keywords: pigeon; electrical stunning; slaughter stress; blood indexes; meat quality

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220419-236

中图分类号: TS251.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2023) 05-0062-06

引文格式:

张远红, 董华发, 李滢, 等. 电击晕处理对肉鸽屠宰应激及宰后鸽肉品质的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(5): 62-67.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220419-236. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Yuanhong, DONG Huafa, LI Ying, et al. Effect of electrical stunning on slaughter stress and meat quality in pigeons[J]. Food Science, 2023, 44(5): 62-67. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20220419-236. <http://www.spkx.net.cn>

随着经济的高速发展,近年来我国肉鸽业发展迅速,各地鸽场频繁新建或者扩建,种鸽存栏量持续上升^[1]。肉鸽业在产能和技术上走向规模化、产业化、集约化的道路。与此同时,消费者对动物蛋白消费需求的升级,使人们对肉鸽产品的需求量与日俱增,大幅促进了我国肉鸽的规模化养殖。目前肉鸽已经成为继鸡、鸭、鹅之后的第四大家禽类型。但随着养殖规模的逐渐加大,禽类屠宰方式问题逐渐暴露,主要原因是在肉鸽运输屠宰过程中,受到宰前环境不科学、不人道的屠宰方式等因素的影响,造成动物宰前恐惧,产生应激反应,从而降低了肉制品品质,导致宰后肉色灰白、松软、渗出物较多等的PSE (pale, soft and exudative) 和DFD (dark, firm and dry) 肉的出现,造成一定经济损失。因此,科学应用动物宰前福利技术可大幅度降低屠宰过程对肉质的影响,福利屠宰技术迫在眉睫^[2-4]。

宰前击晕是福利屠宰的手段之一,通过击晕使禽畜昏迷,降低其恐惧感,使其在没有知觉的情况下被宰杀放血,有效地减缓机体应激反应,降低动物宰后PSE肉的发生率^[5-6]。目前,常见的宰前击晕包括电击晕、机械击晕和气体击晕3种方式。电击晕是目前使用最为广泛的一种致晕方式,电击晕处理时,电流通过动物脑部造成瞬时刺激导致昏厥^[7]。调查显示,高达92%的畜禽屠宰企业采用电击的方式使动物致晕^[8-9]。然而,电击参数如击晕电压、电流和电击时间等对致晕效果和肉的品质会造成一定的影响。击晕电压过低会导致动物晕厥不彻底,引起更严重的应激反应从而增加PSE肉的发生率;而击晕电压过高易导致动物心脏骤停,毛细血管破裂,引起胴体出现肌肉血斑,降低胴体品质^[10-13]。因此,选择合适的击晕电压尤为重要。近年来,国内外学者对电击晕参数对禽畜肉食用品质(色泽、pH值、保水性和嫩度等)的影响进行了大量的研究^[14-18]。闫祥林等^[14]研究了不同击晕电压(90、127 V和220 V)对新疆浪羊宰后品质的影响,发现127 V处理组羊肉持水力与嫩度最优,羊应激反应最小,肉质最好。Ali等^[15]研究发现,肉鸡的最合适击晕

电压为53~63 V,此时肉鸡的出血量较大,食用品质较好。闵辉辉等^[16]研究得出随着击晕电压(60~120 V)的升高,肉鸡食用品质指标如持水力、嫩度等并不会持续升高或降低,而是会出现一个“拐点”,采用“拐点”电压击晕肉鸡,其鸡胸肉的pH值下降速率最慢,持水性最佳。

然而针对电击晕处理对肉鸽屠宰应激和食用品质的影响,目前鲜有相关系统研究^[19]。因此,本研究以相同饲养条件下日龄为28 d的肉鸽为研究对象,采用0、50、60、70、80、90 V的电压对肉鸽进行电击晕处理,通过分析宰后肉鸽血液生化指标、肌肉指标、鸽胸肌肉中肌苷酸(inosine monophosphate, IMP)与ATP含量的比值及剪切力等指标的变化情况,探究不同击晕电压对肉鸽应激反应和宰后鸽肉品质的影响,以期获得肉鸽福利屠宰的最适击晕电压,最大程度保障肉鸽宰后食用品质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

相同饲养条件下日龄为28 d的肉鸽由广东省广州市良田鸽业有限公司提供。

血浆皮质酮激素(corticosterone, CORT)试剂盒、促肾上腺皮质激素(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)试剂盒、肌酸激酶(creatine kinase, CK)试剂盒、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)试剂盒等均购自南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

NS800便携式分光测色仪 深圳三思驰科技有限公司; Testo205便携式pH计 德国Testo公司; UV-1780紫外-可见分光光度计 日本岛津仪器有限公司; TMS-PRO质构仪 美国FTC公司; SUNRISE酶标仪 瑞士帝肯贸易有限公司。

1.3 方法

1.3.1 肉鸽处理

将待宰肉鸽运输至电击晕生产线上,悬挂在电击装置中,

分别调整电压为50、60、70、80、90 V, 击晕后割喉放血, 以电压0 V作为对照组, 不经处理, 直接割喉放血。

肉鸽经割喉刺杀放血后, 用肝素钠抗凝管收集血液, 缓慢摇匀, 于4 ℃环境下5 000 r/min离心5 min, 分离血浆并分装于抗冻管中, 于-80 ℃液氮中保存, 用于测定血液生化指标。肉鸽宰后经过脱毛、掏膛、冰水预冷等工序之后, 完整分离鸽胸肉, 取其中约3 g鸽胸肉于抗冻管中, 于-80 ℃液氮中保存, 用于测定糖原等指标; 剩余部分分装于封口袋中, 置于4 ℃冰箱内, 用于测定鸽肉pH值、肉色、保水性等指标。

1.3.2 血液生化指标测定

血浆CORT、ACTH质量浓度均采用酶联免疫双抗夹心试剂盒测定, CK和LDH活力均采用相应的试剂盒测定, 实验严格按照试剂盒的操作步骤进行。

1.3.3 肌肉pH值测定

肌肉pH值测定参考Szerman等^[20]的实验方法稍作修改, 分别在宰后1 h与24 h测定, 将便携式pH计的探头插入鸽胸肉1 cm深处, 每个样品测定3次, 取平均值。

1.3.4 肉色测定

鸽胸肉肉色测定参考徐玉婷等^[21]的方法, 采用便携式分光测色仪进行测定, 将分光测色仪自带的黑板与白板分别盖扣到测定区域进行校正, 宰后鸽胸肉在4 ℃下保存, 分别保存1 h和宰后24 h后将肉样放入测定区域盖上密封盖进行肉色测定, 测定其亮度(L^* 值)、红度(a^* 值)、黄度(b^* 值), 每个肉样平行测定3次, 取平均值。

1.3.5 滴水损失率测定

滴水损失率的测定综合朱学申^[22]和徐玉婷^[23]的实验方法略作修改, 将鸽胸肉置于4 ℃冰箱24 h后, 去除表面的脂肪与肌膜, 切成1 cm×1 cm×3 cm的长方体, 准确称质量(m_1 /g); 将铁丝制作成“M”型, 用铁丝穿过肉块, 悬挂在纸杯中, 防止其触碰纸杯内壁, 用封口袋密封纸杯, 置于4 ℃冰箱内, 24 h后取出准确称取其质量(m_2 /g)。滴水损失率按式(1)计算。

$$\text{滴水损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

1.3.6 蒸煮损失率测定

蒸煮损失率测定参考徐玉婷^[23]的方法稍作修改。鸽胸肉置于4 ℃冰箱内, 24 h后去除表面的脂肪与肌膜, 切成3 cm×3 cm×1 cm的形状, 于分析天平中准确称质量(m_1 /g), 密封在封口袋中, 80 ℃水浴加热至鸽胸肉中心温度为75 ℃, 流水冷却后用吸水纸把肉表面擦干, 准确称质量(m_2 /g)。蒸煮损失率按式(2)计算。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

1.3.7 鸽胸肉剪切力测定

鸽胸肉剪切力的测定参照徐玉婷^[23]的实验方法略作

修改。取经过蒸煮损失率测定后的肉样, 用自封袋密封, 置于4 ℃冰箱24 h, 测定剪切力前用刀沿肌纤维走向垂直方向修整成2 cm×2 cm×1 cm的肉块。使用质构仪测定其剪切力, 感应元1 000 N、测试速率1 mm/s、位移30 mm、触发力5.0 g, 探头型号: FTC Heavy Blade Set标准直板探头, 垂直肌肉条纹进行剪切。每个样品测定5~6次, 记录并计算平均值。

1.3.8 鸽胸肉R值的测定

R值的测定在Thompson等^[24]的实验方法上略作修改, 取1 g于液氮中保存的肉样, 在5 mL的1 mol/L高氯酸溶液中匀浆提取30 s, 转速为15 000 r/min, 匀浆通过滤纸过滤, 取0.1 mL滤液与4.9 mL的0.1 mol/L磷酸盐缓冲液(pH 7.0)混合, 轻轻振荡摇匀。随后分别于250 nm和260 nm波长处测定其吸光度(A), 按式(3)计算R值。

$$R = \frac{A_{250 \text{ nm}}}{A_{260 \text{ nm}}} \quad (3)$$

1.4 数据处理与分析

所有数据至少平行测定3次, 结果以平均值±标准差表示, 采用Excel软件作图。使用SPSS 20.0软件对实验数据进行方差分析以及Duncan's多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 电击晕对肉鸽血液生化指标的影响

血液生化指标变化是动物对外界应激程度的直接反映, 包括ACTH、CORT、CK和LDH水平。动物受到外界应激时, 下丘脑-垂体前叶-肾上腺活动增强, 引起机体神经内分泌系统快速应答, 表现为动物血液中ATCH和CORT质量浓度的上升。应激程度越大, ATCH和CORT质量浓度越高^[25]。CK和LDH作为细胞内酶存在于动物肌肉组织中, 当动物剧烈运动、肌肉损伤或疲劳时, 这些酶系才由细胞内渗透到细胞外, 使得胞外CK和LDH活力上升^[26]。由表1可知, 电击组的CK活力与对照组相比整体上显著降低($P < 0.05$), 不同击晕电压对CK活力的影响总体差异不显著($P > 0.05$); 当击晕电压为50 V时, 血液中LDH活力与对照组差异不显著($P > 0.05$), 击晕电压增大到60 V时, LDH活力显著降低($P < 0.05$), 电压进一步增大, LDH活力变化不显著($P > 0.05$); 施加电压也会导致ACTH质量浓度降低, 击晕电晕为60 V时, ACTH质量浓度最低; 随着电压的增大, CORT质量浓度呈现先下降后上升的趋势, 当击晕电压超过70 V时, 血液指标中CORT质量显著升高, 说明70 V以上的电击处理会导致肉鸽的应激程度有一定的升高。以上结果表明, 60~70 V的电击晕处理可以显著降低肉鸽的宰前应激反应, 随着电压的进一步增大, 肉鸽应激反应有一定程度的增加。

表1 击晕电压对肉鸽血液生化指标的影响

击晕电压/V	CK活力/(U/mL)	ACTH质量浓度/(ng/L)	CORT质量浓度/(ng/L)	LDH活力/(U/L)
0	2.53±0.61 ^a	25.68±4.46 ^a	26.17±4.30 ^b	1 486.78±109.51 ^a
50	2.34±0.52 ^{ab}	20.13±3.68 ^{ab}	21.75±3.64 ^c	1 537.26±90.31 ^a
60	2.05±0.51 ^b	18.07±3.75 ^b	22.17±4.41 ^c	1 126.92±122.60 ^b
70	2.14±0.41 ^{ab}	20.47±3.38 ^{ab}	22.91±5.32 ^c	1 167.07±45.79 ^b
80	1.95±0.47 ^b	21.71±3.80 ^{ab}	32.11±5.36 ^b	1 131.81±82.92 ^b
90	1.97±0.61 ^b	23.10±1.53 ^a	39.77±6.80 ^a	1 164.26±102.02 ^b

注：同列肩标小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.2 电击晕对肉鸽肌肉指标的影响

2.2.1 电击晕对宰后鸽胸肉pH值的影响

肉品pH值可以反映动物宰后体内肌糖原的酵解速率，宰前动物肌肉的pH值为7.2~7.4，应激时动物体内肌糖原酵解为乳酸，pH值下降^[12,27]。宰后动物肌肉pH值下降速度和程度会影响肌肉蛋白的特性进而影响肌肉品质^[28]。电击晕电压对宰后鸽胸肉pH值的影响如图1所示。在宰后1 h，90 V电击晕处理的鸽肉pH值略低于其他处理组，而其他电压处理组差异不显著 ($P>0.05$)；宰后24 h，电击晕处理组与未处理组pH值差异不显著 ($P>0.05$)，60 V和70 V电击晕处理后的pH值略低于其他组，这与赵慧^[8]和胥雷^[13]等研究发现电击晕处理对宰后肌肉pH值影响不显著的结果类似，说明电击晕处理对宰后肌肉糖酵解速率影响并不显著。相同电击晕电压下，相比宰后1 h，宰后24 h的pH值稍有下降，变化不显著，说明肉鸽宰后pH值下降主要发生在1 h内，1~24 h内下降较为缓慢，糖原酵解主要发生在肉鸽宰后较短时间内。

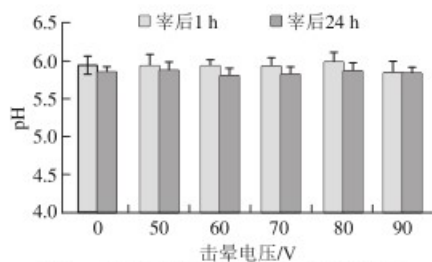


图1 电击晕电压对宰后鸽胸肉pH值的影响

Fig. 1 Effect of stunning voltage on the pH of pigeon breast meat

2.2.2 电击晕对宰后鸽胸肉色泽的影响

肉色是禽畜宰后肉质外观评定的重要指标，该指标直接影响着消费者的购买欲望。电击晕处理对宰后鸽胸肉亮度 (L^* 值)、红度 (a^* 值) 和黄度 (b^* 值) 的影响如表2所示。当电击晕电压为50 V时，鸽胸肉的 L^*_{1h} 和 L^*_{24h} 均显著低于对照组 ($P<0.05$)；当电击晕电压为70 V时，其 a^*_{1h} 显著低于其他实验组 ($P<0.05$)；而经过电击处理的肉鸽，其 a^*_{24h} 均显著高于对照组 ($P<0.05$)，且组间差异不显著 ($P>0.05$)；电击处理实验组鸽胸肉的 b^*_{1h} 低于对照组；而当电击电压为60 V时， b^*_{24h} 最低。说明经过电击处理，鸽胸肉的 a^* 值增大，

L^* 值减小，可能的原因是经过电击处理，肌肉收缩，从而使肌肉的状态相对紧密，在一定程度上提高了肌肉的系水力，而肌红蛋白是一种亲水性的蛋白，置于低温环境中呈现紫红色，因此亮度下降而红度上升，这与李小珍等^[29]的研究结果类似。

表2 电击晕电压对宰后鸽胸肉色泽的影响

击晕电压/V	L^*_{1h}	L^*_{24h}	a^*_{1h}	a^*_{24h}	b^*_{1h}	b^*_{24h}
0	34.12±1.59 ^a	35.81±2.01 ^a	13.07±1.54 ^b	12.17±1.55 ^a	13.76±1.19 ^a	14.40±1.71 ^a
50	30.67±2.37 ^b	32.87±3.28 ^b	13.19±2.18 ^b	15.16±2.10 ^b	12.53±1.75 ^{ab}	15.19±2.18 ^a
60	32.86±2.98 ^{ab}	32.56±3.63 ^b	13.60±1.61 ^b	14.96±2.76 ^b	12.58±1.30 ^{ab}	13.12±2.08 ^b
70	33.73±3.03 ^a	34.93±3.02 ^a	11.46±2.51 ^c	14.46±1.22 ^b	12.53±2.33 ^{ab}	15.24±2.12 ^a
80	32.88±2.48 ^{ab}	33.60±2.71 ^{ab}	14.57±2.50 ^a	15.21±1.75 ^b	13.12±2.18 ^{ab}	14.46±2.35 ^{ab}
90	32.66±3.11 ^{ab}	33.67±3.28 ^{ab}	13.46±2.48 ^b	14.38±1.46 ^b	11.88±2.24 ^a	13.92±2.36 ^{ab}

2.2.3 电击晕对鸽胸肉保水性的影响

汁液损失率是衡量肌肉品质的重要指标，能够间接反映肌肉的保水性。由表3可知，当电击晕电压为50 V时，鸽胸肉的滴水损失率与对照组差异不显著 ($P>0.05$)；当电压增大到60 V时，鸽胸肉的滴水损失率显著降低 ($P<0.05$)，进一步增大电压，滴水损失率变化不显著 ($P>0.05$)；当电击晕电压为70 V时，鸽胸肉的蒸煮损失率整体上显著低于其他实验组 ($P<0.05$)，而当电压达到80 V和90 V时，蒸煮损失率显著增大 ($P<0.05$)，这可能是因为电流经过肌肉时，肌肉蛋白发生一定程度上的变性，而当肌肉的中心温度达到75 ℃时，蛋白质对水的束缚力降低，从而导致蒸煮损失率增大^[30]。上述结果表明，经过一定电压的电击处理，鸽胸肉的保水性得到改善，其中70 V处理组的保水性较其他电压处理组处于较好的水平。

表3 电击晕电压对鸽胸肉保水性的影响

击晕电压/V	滴水损失率/%	蒸煮损失率/%
0	3.11±0.53 ^a	22.50±2.63 ^b
50	3.02±0.37 ^a	20.66±2.63 ^{bc}
60	2.25±0.50 ^b	23.09±2.38 ^b
70	2.57±0.29 ^b	19.94±4.15 ^c
80	2.15±0.67 ^b	26.02±3.03 ^a
90	2.38±0.82 ^b	26.88±3.80 ^a

2.2.4 电击晕对鸽胸肉R值和剪切力的影响

肌肉中的R值是IMP含量 ($A_{250\text{ nm}}$) 与ATP含量 ($A_{260\text{ nm}}$) 的比值，是反映肌肉中ATP降解速率的重要指标^[24,31-32]。剪切力是反映肌肉嫩度的指标，剪切力越大，肌肉嫩度越差^[33]。动物应激时会加速机体内ATP转化成ADP，ADP在磷酸激酶的作用下水解成AMP并最终脱氨形成IMP。因此，IMP与ATP的比值 (R值) 一定程度上能够反映动物的应激程度。

电击晕对鸽胸肉 R 值和剪切力的影响如表4所示, 击晕电压为50 V时, 鸽胸肉的 R 值最低, 但各电压处理组之间无显著差异($P>0.05$), 这与张舒翔等^[34]的研究结果类似。鸽胸肉的剪切力则随着击晕电压的增加先减小后增加, 在电压60 V和70 V时剪切力最小, 说明此时肌肉的嫩度最大。上述结果表明一定的电击晕处理有利于降低肉鸽宰前应激程度并提高宰后肉肉的嫩度, 其中60~70 V的电击晕处理对鸽肉嫩度的改善效果最佳, 可能的原因是在电击过程中, 肌肉细胞膜因为电刺激作用而发生变性, 导致细胞内的钙蛋白酶流出, 加快了后熟过程中肌原纤维蛋白的降解, 因此在经过蒸煮以后, 肌肉的剪切力减小, 从而使肌肉嫩度改善^[33,35]。

表4 击晕电压对鸽胸肉 R 值和剪切力的影响
Table 4 Effect of stunning voltage on R value and shear stress of pigeon breast meat

击晕电压/V	R	剪切力/N
0	1.28 ± 0.10^a	107.04 ± 30.42^a
50	1.19 ± 0.09^a	90.28 ± 30.82^{ab}
60	1.25 ± 0.03^a	80.51 ± 21.04^b
70	1.22 ± 0.14^a	86.62 ± 18.25^b
80	1.25 ± 0.03^a	92.69 ± 15.70^{ab}
90	1.26 ± 0.03^a	101.99 ± 15.48^a

3 结论

通过以上实验可知, 不同击晕电压对肉鸽的屠宰应激及宰后肉肉的品质有很大的影响, 与对照组相比, 电击晕处理组肉鸽血液中CK、ACTH和LDH水平整体上均有一定程度的下降, 在击晕电压60 V时总体达到较低水平; 血液中CORT质量浓度随着击晕电压的增大先降低后增加, 在电压超过70 V时, CORT质量浓度高于对照组, 说明70 V以上的电击晕处理会增加肉鸽的屠宰应激水平。电击晕处理对宰后肉肉pH值影响不显著; 与对照组相比, 各击晕电压处理组宰后24 h鸽胸肉 L^* 值略有降低, 而 a^* 值显著增大, 不同电压处理对鸽胸肉肉色整体上影响不显著; 肌肉的滴水损失率与蒸煮损失率在60、70 V电击晕处理时处于较低水平, 保水性较高, 此时鸽胸肉的剪切力较低, 鸽肉嫩度相对较好。因此, 60~70 V电击晕处理可有效降低肉鸽屠宰时的应激反应并提升宰后肉肉的品质。

参考文献:

- [1] 刘旭芳, 李华. 中国肉鸽产业发展现状与前景[J]. 农业展望, 2021, 17(6): 57-60. DOI:10.3969/j.issn.1673-3908.2021.06.009.
- [2] HOSSEINI E, SATTARI R, ARIAEENEJAD S, et al. The impact of slaughtering methods on physicochemical characterization of sheep myoglobin[J]. Journal of the Iranian Chemical Society, 2018, 16(2): 315-324. DOI:10.1007/s13738-018-1509-6.
- [3] 曲道峰, 周旭, 林湛椰, 等. 宰前应激对生猪血液生理生化指标和PSE肉的影响研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(7): 62-66. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707011.
- [4] 刘泽超, 罗欣, 张一敏, 等. 宰后成熟对生鲜肉品质影响的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(21): 202-212. DOI:11.2206.TS.20201203.0940.004.
- [5] 程莲, 郭春华, 张正帆. 屠宰前不同处理方式对羊肉品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(13): 198-202.
- [6] EFSA Panel on Animal Health and Animal Welfare (AHAW), MORE S, BICOUT D, et al. Guidance on the assessment criteria for applications for new or modified stunning methods regarding animal protection at the time of killing[J]. EFSA Journal, 2018, 16(7): e05343. DOI:10.2903/j.efsa.2018.5343.
- [7] 黄继超, 王鹏, 徐幸莲, 等. 肉鸡宰前击晕研究进展[J]. 食品科学, 2013, 45(11): 344-347. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201311072.
- [8] 赵慧, 甄少波, 任发政, 等. 待宰时间和致晕方式对生猪应激及猪肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 272-277. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2013.04.034.
- [9] 王晓香, 李兴艳, 张丹, 等. 宰前运输、休息、禁食和致晕方式对猪肉品质影响的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 321-325. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201415063.
- [10] 姜喃喃, 王鹏, 邢通, 等. 宰前与宰杀因素对禽肉品质的影响研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(3): 240-244. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201503046.
- [11] 李晓敏, 黎琪, 孙玉丽, 等. 宰前、屠宰及加工过程对冷鲜猪肉保水性影响研究进展[J]. 肉类研究, 2021, 35(4): 64-70. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210305-055.
- [12] 付晓燕, 熊光权, 吴文锦, 等. 电击晕对肉鸭屠宰品质的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 142-145.
- [13] 胥蕾, 张海军, 王志跃. 家禽宰前致晕的进展: II致晕方法[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(4): 120-126. DOI:10.19556/j.0258-7033.2017-04-120.
- [14] 闫祥林, 任晓璞, 刘瑞, 等. 不同屠宰方式对新疆多浪羊肉品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(17): 73-78. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201817012.
- [15] ALI A S A, LAWSON M A, TAUSON A H, et al. Influence of electrical stunning voltages on bleed out and carcass quality in slaughtered broiler chickens[J]. Archiv Fur Geflugelkunde, 2007, 71(1): 35-40.
- [16] 闵辉辉, 周光宏, 徐幸莲, 等. 不同电压击昏对鸡肉食用品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 180-185. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2010.10.035.
- [17] 王稳航, 徐倩倩, 刘婷, 等. 不同电压击晕对兔兔生理信号及宰后兔肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(1): 58-62. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.01.003.
- [18] 孟庆阳, 王继鹏, 孟少华, 等. 深度击晕对猪肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2016(2): 35-38. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2016.02.010.
- [19] 董华发, 徐玉婷, 曾晓房, 等. 肉鸽福利屠宰研究进展[J]. 中国家禽, 2018, 40(17): 45-48. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2018.17.010.
- [20] SZRMAN N, RAO W L, LI X, et al. Effects of the application of dense phase carbon dioxide treatments on technological parameters, physicochemical and textural properties and microbiological quality of lamb sausages[J]. Food Engineering Reviews, 2015, 7(2): 241-249. DOI:10.1007/s12393-014-9092-9.
- [21] 徐玉婷, 陈慧玲, 黄建恒, 等. 鸽肉肉色测定方法研究[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 326-329. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.01.056.
- [22] 朱学中. 家禽“类PSE肉”的品质特性及其改善因素研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011: 24. DOI:10.7666/d.Y2039001.
- [23] 徐玉婷. 鸽肉食用品质测定方法研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2018: 33. DOI:10.27700/d.cnki.gzcn.2018.000089.

- [24] THOMPSON L D, JANKY D M, WOODWARD S A. Tenderness and physical characteristics of broiler breast fillets harvested at various times from post-mortem electrically stimulated carcasses[J]. Poultry Science, 1987, 66(7): 1158-1167. DOI:10.3382/ps.0661158.
- [25] ZHENG W, LIU B, HU W, et al. Effects of transport stress on pathological injury and main heat shock protein expression in the respiratory system of goats[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2021, 105(1): 1-13. DOI:10.1111/jpn.13430.
- [26] SABOW A B, ADEYEMI K D, IDRUS Z, et al. Carcase characteristics and meat quality assessments in goats subjected to slaughter without stunning and slaughter following different methods of electrical stunning[J]. Italian Journal of Animal Science, 2017, 16(3): 416-430. DOI:10.1080/1828051X.2017.1291287.
- [27] 杨玉莹, 张一敏, 董鹏程, 等. 不同品种牛肉品质特性概述[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 271-276. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.015719
- [28] 闵辉辉, 孙京新, 徐幸莲, 等. 不同电压击昏鸡肉微观结构及理化特性研究[J]. 中国食品学报, 2016, 16(1): 77-83. DOI:10.16429/j.1009-7848.2016.01.011.
- [29] 李小珍, 王建强, 雒林通, 等. 生猪屠宰中击昏电压对猪肉品质的影响[J]. 中国动物检疫, 2016, 33(8): 35-38. DOI:10.3969/j.issn.1005-944X.2016.08.009.
- [30] MOHAN R A B, GREY T C, AUDSELY A R, et al. Effect of electrical and gaseous stunning on the carcass and meat quality of broilers[J]. British Poultry Science, 1990, 31(4): 725-733. DOI:10.1080/00071669008417303.
- [31] DANSO A S, RICHARDSON R I, KHALID R. Assessment of the meat quality of lamb *M. longissimus thoracis et lumborum* and *M. triceps brachii* following three different Halal slaughter procedures[J]. Meat Science, 2017, 127: 6-12. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.12.014.
- [32] 于宙, 胡庆国, 李新林, 等. 低压高频电击晕对宰后黄羽鸡鸡肉品质影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 146-151. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020040264.
- [33] 王晓政, 王莉梅, 张园园, 等. 屠宰方式对肉羊血液生化指标、肌肉应激及食用品质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(11): 288-293. DOI:10.19556/j.0258-7033.20211118-01.
- [34] 张舒翔, 康大成, 张丽丽, 等. 运输时间对扬州鹅应激程度和肉品质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(6): 66-72. DOI:10.3969/j.issn.2095-6002.2018.06.010.
- [35] 杨致昊, 刘畅, 窦露, 等. 苏尼特羊宰后成熟过程中AMPK活性、糖酵解与肉品质指标的变化分析[J]. 食品科学, 2022, 43(11): 156-162. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210426-377.