

# 致昏电压对兔肉品质的影响研究

熊国远<sup>1</sup>, 朱秀柏<sup>1</sup>, 徐幸莲<sup>2</sup>, 施 帅<sup>2</sup>, 汤祥明<sup>3</sup>

(1. 安徽省农科院畜牧兽医研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 南京农业大学 农业部畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095; 3. 南京师范大学食品与营养系, 江苏 南京 210097)

**摘 要:** 采用 100、75、65、55V 和人工致昏(对照组)的宰杀方式, 研究其对兔肉品质的影响, 结果表明: 不同致昏电压对兔肉 pH 值的影响差异不显著( $p > 0.05$ ), 只有 75V 致昏组与 100V 致昏组间宰后 1h 的背最长肌 pH 值差异显著( $p < 0.05$ ); 宰后 1h, 不同致昏电压对兔背最长肌的肉色亮度 L\* 值、红度 a\* 值、黄度 b\* 值和后腿肉的 L\* 值、a\* 值的影响差异不显著( $p > 0.05$ ); 宰后 24h, 75V 致昏组的肌肉颜色鲜红, 而人工致昏组和 100V 致昏组的肌肉颜色较苍白; 100V 致昏组的滴水损失最大, 为 3.738%, 而 75V 致昏组的最小, 为 2.420%; 蒸煮损失最大的为 100V 致昏组, 最小的为 55V 致昏组, 其次是 75V 组; 肌肉嫩度最好的是 75V 致昏组, 最差的是人工致昏组。

**关键词:** 致昏电压; 獭兔肉; 食用品质

## Effects of Stunning Voltages on Meat Quality of Rabbit

XIONG Guo-yuan<sup>1</sup>, ZHU Xiu-bai<sup>1</sup>, XU Xing-lian<sup>2</sup>, SHI Shuai<sup>2</sup>, TANG Xiang-ming<sup>3</sup>

(1. Animal Science and Veterinary Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China  
2. Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. Department of Food and Nutrition, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

**Abstract:** The meat quality was studied after rabbit stunned in 100V (voltage) or 75, 65, 55V electrical stunning voltage and manual stunning (stick stunning as control group). The results showed: There is not significant difference between the effects of meat pH with different stunning voltages ( $p > 0.05$ ), but the rabbit pH<sub>1</sub> (the rabbit longissimus lumborum muscle pH for 1 hour after slaughter) is of significant difference between 75V and 100V electrically stunned groups. The difference is not significant about the effects of different stunning voltages on rabbit LD muscle of color L\* value (lightness), a\* value, b\* value and rabbit BF (biceps femoris) muscle of color L\* value or a\* value for 1 hour after slaughter. 24 hours after slaughter, the muscle color of 75V electrically stunned group is fresh red, but 100V electrically stunned and manual stunned groups are pale. The drip loss of 100V electrically stunned group is the highest (3.738%), while the drip loss of 75V electrically stunned group is the lowest (2.420%). The cooking loss of 100V electrically stunned group is the highest, while that of 55V electrically stunned group is the lowest and 75V electrically stunned group is in-between. The tenderness of 75V electrically stunned group is best, while that of manually stunned group is the worst.

**Key words** stunning voltages; rabbit meat; eating quality

中图分类号: TS251.54

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)03-0050-05

兔肉由于具有低脂肪和低胆固醇的特点, 因此它与牛肉、羊肉和猪肉相比更瘦、对人更健康<sup>[1-3]</sup>。而獭兔因具有易饲养、皮肉兼用等优点, 国内越来越多养殖户开始大量饲养獭兔, 但獭兔养殖者往往更侧重的是利用兔皮, 从而忽视了对大量宰杀后獭兔肉的充分研究和利用。过去, 在兔只宰杀过程中最喜欢采用人工致昏的方式<sup>[4]</sup>。现在采用电击对兔只进行宰前致昏已成为首选的方法<sup>[5]</sup>。Dalle Zotte<sup>[6]</sup>认为兔在宰杀前的电致昏参数

是影响兔肉品质的主要因素, Gregory<sup>[7]</sup>也认为致昏可能影响肉的质量。尽管早在 1952 年 Croft 就研究了电致昏对兔的影响, 但包括后来大量研究都主要集中在对其生理指标和致昏后对兔的脑知觉影响的研究<sup>[8-10]</sup>, 国内外对兔宰杀方式对兔肉质的影响研究还很少。国内很多资料指出宰杀兔只的电压为 40~70V 之间, 而没有很好的进行研究。为今后科学的宰杀兔子以生产优质獭兔肉提供科学依据, 并能充分利用獭兔的肉, 同时也为更好

收稿日期: 2006-03-30

基金项目: 合肥市重点科技计划(2005-1020)

作者简介: 熊国远(1975-), 男, 助理研究员, 硕士研究生, 从事食品加工和畜牧科研。

地控制和预测兔肉肉质,本研究参照国内外对兔只宰杀所采用的电压,从其对肉质的影响加以探讨,为兔肉加工和生产者提供科学的宰杀依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验兔的选择和处理

实验兔全部来自合肥市哈多多食品科技有限公司兔场,品种均为美系獭兔,全部采用舍饲,在同一饲养环境下饲养,饲料配方一样,饲养约120d,平均体重2.0kg左右。

实验分5组,每组5只,实验分组时随机选择兔只,在宰前禁食12~18h、不禁水,用RJ-500型电击昏机(南京明瑞机械设备有限公司)把兔只致昏,各组致昏电压分别为100、75、65、55V和采取人工致昏的宰杀方式,致昏时间3~5s,致昏后1min内用刀割开颈部动脉,后腿掉挂,充分放血。然后剥皮、分割胴体,按要求分别测量兔肉的pH、肉色、滴水损失、蒸煮损失、嫩度、肌内脂肪等指标。

### 1.2 测定指标和方法

#### 1.2.1 pH值测定

取样:采取兔左背最长肌第5腰椎处和左后腿肉(股二头肌)中段。

主要仪器:便携式可插入pH计(HANNA-HI9025 microcomputer) 葡萄牙。

方法:根据西班牙A Blasco等<sup>[11]</sup>(1992)的方法,在兔宰后1、24h,均采用便携式可插入pH计测定,插入左背最长肌第五腰椎处和左后腿肉处深3mm,各测3次求平均值得pH。背最长肌的pH值用pH<sub>LD</sub>表示,后腿肉pH值用pH<sub>BF</sub>表示。

#### 1.2.2 肉颜色(CIEL\*a\*b\*)的测定

取样:采取兔左背最长肌第5腰椎处和右后腿肉,即用测过pH后的肉。

主要仪器:SC-1智能式测色色差计 温州仪器仪表有限公司。

方法:在兔宰后1、24h用色差计分别在左背最长肌第五腰椎处横断面和左后腿肉表面各测三次,然后分别求平均值,得出L\*值(lightness亮度)、a\*值(redness红色度)和b\*值(yellowness黄色度)值。背最长肌用LD表示,后腿肉用BF表示。

#### 1.2.3 滴水损失的测定

取样:采取兔第4腰椎处的肉。

主要仪器:FA2104N型万分之一电子天平 上海精密仪器科学有限公司;BCD-186N美菱电冰箱 合肥美菱股份有限公司。

方法:采用Honikel(1987)法<sup>[12]</sup>。采取兔背最长肌

并剥去其外膜和附着的脂肪称重约20g,切成正方体。将肉样用丝线吊起,外套一个塑料袋,袋口系紧将肉样封在袋内。袋内留有足够空间接纳肉样渗出的水滴。然后在4℃中悬挂24h后去掉塑料袋,用滤纸吸去肉样表面水分再称重。计算滴水损失(drip loss),滴水损失表示为:

$$\text{肉样滴水损失(\%)} = \frac{\text{肉样挂前重} - \text{肉样挂后重}}{\text{肉样挂前重}} \times 100$$

#### 1.2.4 蒸煮损失的测定

取样:采取兔第9腰椎背最长肌。

主要仪器:FA2104N型万分之一电子天平 上海精密仪器科学有限公司;HH-6电热数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;LRH-250A生化培养箱 广东省医疗器械厂;BCD-186N美菱电冰箱 合肥美菱股份有限公司。

方法:取宰后24h的兔第9腰椎背最长肌,放入-20℃的冰箱中冷冻保存备用。测量时将肉放4℃生化培养箱中解冻24h,将解冻后的肉块修去外边脂肪和结缔组织,切成2.5cm左右厚,称重后装袋,将温度计插入肉的中心位置,扎紧袋口,然后将肉块放入80℃水浴中加热,肉块中心温度达70℃时取出,在空气中冷却至中心温度为室温,用吸水纸吸干表面水分,称重。

$$\text{蒸煮损失(\%)} = \frac{\text{蒸煮前肉重} - \text{蒸煮后肉重}}{\text{蒸煮前肉重}} \times 100$$

#### 1.2.5 剪切力值的测定

取样:采取兔第9腰椎背最长肌。

主要仪器:HH-6电热数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;C-LM3型数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学工程学院;BCD-186N美菱电冰箱 合肥美菱股份有限公司;LRH-250A生化培养箱 广东省医疗器械厂。

方法:取宰后24h第9腰椎背最长肌,去所有脂肪和结缔组织,在-20℃下冷冻以备随后进行的肌肉嫩度测试。测量时,把肉在4℃下解冻24h,从每块肉样中顺肌纤维方向切取长×宽×高=2cm×1cm×1cm的肉块3块,把切得的每块肉样各用塑料薄膜袋装好系紧,然后将系好的肉块放入80℃水浴中加热30min,取出,在空气中冷却至中心温度为室温,用吸水纸吸干表面水分。用嫩度仪测剪切力值,测时使切刀与肉样垂直,将肉样切断,最大用力值即为剪切值,单位kg·f。

#### 1.2.6 肌内脂肪含量的测定

采样:宰后2h以内,采取兔右背肉50g装入保鲜袋中放入-20℃冰箱中保存备用。

主要仪器:SZF-06A脂肪测定仪 上海新嘉电子有

限公司; DHG-9140 电热恒温鼓风干燥箱 上海一恒科技有限公司; LRH-250A 生化培养箱 广东医疗器械厂; FA2104N 电子天平 上海精密科学仪器有限公司。

试剂: 无水乙醚(HG3-1002), 沸点 34.4℃。

方法: 采用索氏抽提法, 参照国标 GB/T5009.6-2003<sup>[13]</sup>。

肉样从冰箱取出后, 放入生化培养箱中 4℃ 解冻 12h, 剁成肉末, 称取 15g 左右肉末置于 102℃ 烘箱中脱水至恒重, 冷却粉碎。精确称取 2g 左右的研细干燥的样品 W, 无损的移入滤纸筒内, 将滤纸筒放在索氏提取器的提取筒内, 连接已经恒重的接收瓶 W<sub>1</sub>, 由冷凝管的上端加入无水乙醚, 至接受器内的无水乙醚量为瓶体积的 2/3, 于水浴上加热, 进行回流提取 6h。取下接受器, 回收无水乙醚, 至接收瓶内无水乙醚剩 1~2ml 时, 在水浴上蒸干, 于 100℃ 干燥至恒重, 冷却称重 W<sub>2</sub>。

$$\text{脂肪含量}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

### 1.3 数据的统计处理

采用 SPSS 13.0 for windows 软件系统进行统计分析。不同处理组间显著性检验采用 Duncan 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 致昏电压对兔肉 pH 值的影响

图 1 为致昏电压对兔肉背最长肌和后腿肉 pH 的影响。在采用 4 种不同电压致昏和人工致昏对兔在宰后 1h 背最长肌 pH (pH<sub>LD<sub>1</sub></sub>) 的影响中, 只有用 75V 电压致昏组与用 100V 和人工致昏组的 pH 值差异显著 (p < 0.05), 其它之间差异均不显著 (p > 0.05)。不同致昏对宰后 1h 的后腿肉 (pH<sub>BF<sub>1</sub></sub>) 和宰后 24h 的背最长肌 (pH<sub>LD<sub>24</sub></sub>) 与后腿肉 pH (pH<sub>BF<sub>24</sub></sub>) 的影响差异也均不显著 (p > 0.05)。

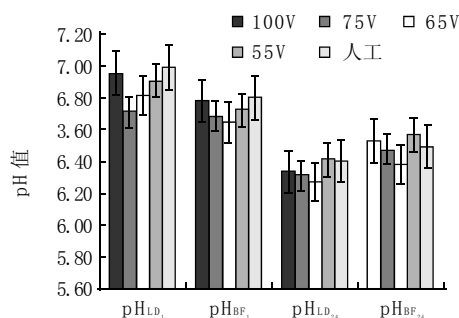


图 1 致昏电压对兔肉 pH 值的影响

Fig.1 Effects of stunning voltages on pH of rabbit meat

由图 1 可见, 兔在不同致昏处理组间 pH<sub>LD<sub>1</sub></sub> 和 pH<sub>BF<sub>1</sub></sub> 相比, pH<sub>BF<sub>1</sub></sub> 均比 pH<sub>LD<sub>1</sub></sub> 低, 而到了宰后 24h 情况就相反, pH<sub>LD<sub>24</sub></sub> 均比 pH<sub>BF<sub>24</sub></sub> 低, 即宰后 1h 兔肉背最长肌的 pH 值比后腿肉的 pH 值高, 而到了 24h 后, 兔肉背最长肌的 pH 值却比后腿肉的 pH 值低。从图 1 中还可看出, 在不同

致昏处理组间兔肉的 pH 值, 75V 致昏的宰杀方式背最长肌的 pH 值从 1h 到 24h 成熟过程中下降程度最小, 而 100V 和人工致昏的宰杀方式 pH 下降程度最大, 后腿肉的 pH 值是人工致昏方式的下降程度最大, 其它接近。

### 2.2 致昏电压对肉色 L\*、a\*、b\* 值的影响

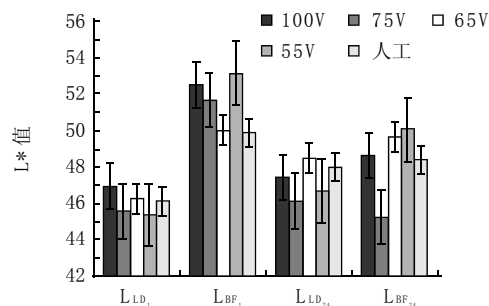


图 2 致昏电压对兔肉颜色 L\* 值的影响

Fig.2 Effects of stunning voltages on L\* value of rabbit meat

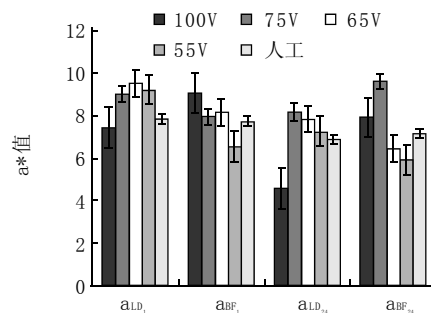


图 3 致昏电压对兔肉颜色 a\* 值的影响

Fig.3 Effects of stunning voltages on a\* value of rabbit meat

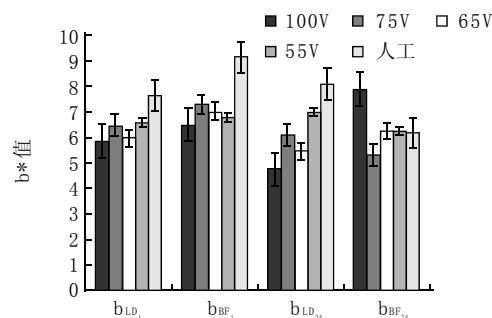


图 4 致昏电压对兔肉颜色 b\* 值的影响

Fig.4 Effects of stunning voltages on b\* value of rabbit meat

图 1、2 和 3 分别为致昏电压对兔肉颜色 L\*、a\*、b\* 值的影响结果。宰后 1h 的兔肉背最长肌的肉色在不同致昏处理组间的 L\*、a\*、b\* 值之间差异均不显著 (p > 0.05), 而在对后腿肉肉色的影响中, 人工致昏与其它致昏电压相比对后腿肉肉色的 b\* 值影响差异显著 (p < 0.05), 人工致昏的后腿肉 b\* 值为 9.15, 而其它四种致昏电压的 b\* 值都小于 8。宰后 24h 兔肉背最长肌的 L\* 值各组间差异不显著 (p > 0.05), 100V 致昏组与 75V 和

65V 致昏组间  $a^*$  值差异显著 ( $p < 0.05$ ), 75V 致昏组具有最大的  $a^*$  值, 为 8.15, 100V 致昏组的  $a^*$  值最小, 人工致昏与 100V 和 65V 致昏组间  $b^*$  值差异显著 ( $p < 0.05$ ), 其它组间差异不显著 ( $p > 0.05$ ); 宰后 24h 兔后腿肉的  $L^*$  值和  $b^*$  值各组间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 而  $a^*$  值则是 75V 致昏组与 65V 和 55V 组间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 75V 致昏组具有最大的  $a^*$  值, 为 9.58, 其它组间差异不显著 ( $p > 0.05$ )。可见 75V 致昏组的肉颜色较鲜红。

从图 2~4 可以看出, 宰后 24h 各组间背最长肌的亮度  $L^*$  值比宰后 1h 的  $L^*$  值都有所上升, 肉的红色  $a^*$  值却有所下降, 其中 75V 致昏组的  $a^*$  值下降程度最小, 而  $b^*$  值只有人工致昏组和 55V 致昏组有所上升, 其它三组都有所下降。宰后 24h 各组间后腿肉的  $L^*$  值比宰后 1h 的  $L^*$  值相比都有上升,  $a^*$  值除 75V 致昏组从 7.90 上升到 9.58 外, 其它组都有降低,  $b^*$  值则都降低。

### 2.3 致昏电压对兔肉滴水损失的影响

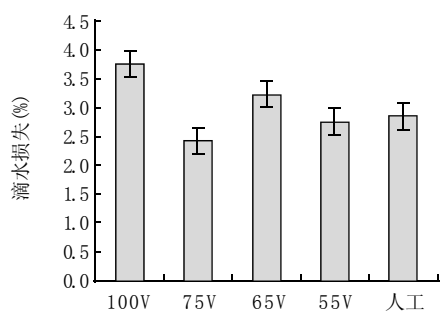


图5 致昏电压对兔肉滴水损失的影响

Fig.5 Effects of stunning voltages on drip loss of rabbit meat

如图 5 所示, 100V 致昏组的滴水损失与 75V 致昏组间差异极显著 ( $p < 0.01$ ), 与 55V 和人工致昏组间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 与 65V 致昏组间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 75V 致昏组与 65V 致昏组间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 其它组间差异不显著。其中 100V 致昏组的滴水损失最大, 为 3.738%, 而 75V 致昏组最小, 为 2.420%。因此, 用 75V 电压对兔只致昏宰杀, 对兔肉有较好的保水性。

### 2.4 致昏电压对兔肉蒸煮损失的影响

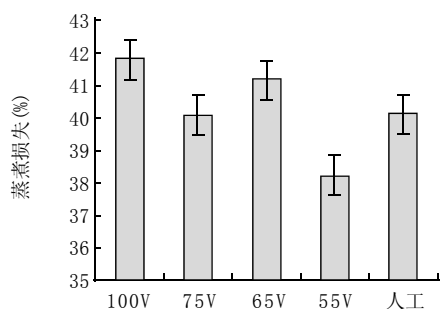


图6 致昏电压对兔肉蒸煮损失的影响

Fig.6 Effects of stunning voltages on cooking loss of rabbit meat

如图 6 所示, 除 55V 致昏组与其它致昏组间差异显著 ( $p < 0.05$ ) 外, 其它组间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 其中蒸煮损失最小的是 55V 致昏组, 为 38.225%, 其次是 75V 组, 为 40.091%, 最大的是 100V 致昏组, 为 41.820%。

### 2.5 致昏电压对兔肉嫩度的影响

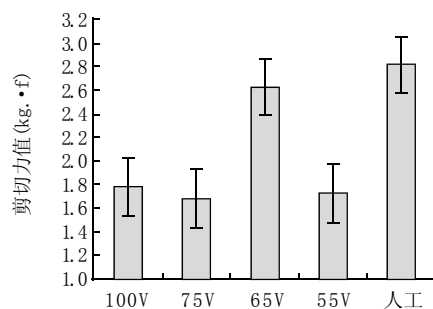


图7 致昏电压对兔肉剪切力值的影响

Fig.7 Effects of stunning voltages on WBSF of rabbit meat

如图 7 所示, 65V 和人工致昏这两组与其它 3 组间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 其它各组间差异不显著, 其中剪切力值最小的是 75V 致昏组, 为 1.684 kg·f, 最大的是人工致昏组, 为 2.811 kg·f。在所有 5 组中, 75V 致昏组的兔肉嫩度最好, 而人工致昏组嫩度最差, 嫩度由好变差依次是 55、100 和 65V 致昏组。

### 2.6 致昏电压对兔肉肌内脂肪含量的影响

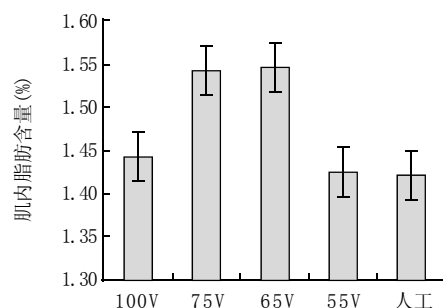


图8 致昏电压对兔肉肌内脂肪含量的影响

Fig.8 Effects of stunning voltages on IMF of rabbit meat

如图 8 可知, 致昏电压对兔肉肌内脂肪的含量没有影响, 组间差异不显著。很多研究报道肌内脂肪的含量与品种、体重、饲养日龄有关, 从肌内脂肪含量来看, 差异不显著, 说明不同致昏电压不会影响兔肉肌内脂肪的含量。肌内脂肪的含量可以影响肌肉的保水性、嫩度和颜色等, 本试验证实兔肉肌内脂肪组间差异不显著, 就可以排除其对其他肉质指标影响的可能。

## 3 讨论

致昏的目的就是让动物无意识, 以便能让动物无痛苦的被宰杀放血<sup>[7]</sup>。致昏很可能是通过应激来影响肉质, 能减少肌糖原的贮备, 致昏可能导致肉质的最终 pH

值变高<sup>[14]</sup>。Papinaho 等<sup>[15]</sup>研究表明,致昏通过减少临死前的挣扎而影响早期肌肉僵直的发生,不直接影响死后肌肉的生化特性。另一些研究表明致昏和放血时肌肉的活性能加快 pH 的下降速度<sup>[16-18]</sup>。

本研究发现宰前不同的致昏电压对兔肉 pH<sub>24</sub> 影响不大,各组之间差异不显著。这与 Dalle Zotte A<sup>[6]</sup>和 Ouhayoun 等<sup>[19]</sup>的报道基本一致。到 24h 后,后腿肉比兔背最长肌的 pH 值高,Ouhayoun 等<sup>[19]</sup>认为是因为后腿肉更易氧化造成的。用不同的致昏电压对兔肉 a\* 值影响较大,75V 致昏组有较大的 a\* 值,同时通过感官观察结果显示 75V 致昏组的颜色较鲜红,说明合理的致昏电压可以改善兔肉的颜色。一些研究表明 pH 值下降速度越快,滴水损失就越大<sup>[20]</sup>,这和我们的研究结果一致。同颈部错位的人工致昏方式相比,电击致昏有利于肌肉能量的释放(如 ATP、PC 和 glycogen),并引起肌节变短,具有改善兔肉品质的作用<sup>[19]</sup>,即不同的致昏电压可以改善兔肉的嫩度。

#### 4 结 论

致昏电压对兔肉 pH 影响不大。

致昏电压显著影响宰后 24h 兔肉的 a\* 值。宰后 24h 75V 致昏组的兔肉颜色较鲜红,而人工致昏和 100V 致昏组的兔肉颜色较苍白。

100V 致昏组的滴水损失最大,为 3.738%,而 75V 致昏组的滴水损失最小,为 2.420%,说明 75V 致昏的宰杀电压对兔肉的保水性最好。

100V 致昏组对兔肉蒸煮损失影响最大,为 41.820%,55V 致昏组最小,为 38.225%,其次是 75V 致昏组,为 40.091%,说明用 75V 和 55V 致昏的兔肉具有较好的加工保水特性。

实验发现肌肉嫩度最好的是 75V 致昏组,最差的是人工致昏组。从对兔肉嫩度的影响来看,人工致昏不利于兔肉嫩度的改善。

#### 参考文献:

- [1] ENSER M, HALLER K, HEWITT B, et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail[J]. Meat Sci, 1996(4): 443-456.
- [2] LEE Y C, AHN H S. Studies on lipids and proteins of rabbit meat. I. Emphasis of lipid components of rabbit meat[J]. Korean Journal of Nutrition, 1977(10): 78-82.
- [3] LUKEFAHR S D, NWOSU C V, RAO D R. Cholesterol level of rabbit meat and trait relationships among growth, carcass and lean yield performances[J]. Journal of Animal Sci, 1989, 67: 2009-2017.
- [4] JONES T. A step by step guide to processing[J]. Commercial Rabbit, 1982(6): 8-12.
- [5] ANIL M H, RAJ A B M, MCKINSTY J L. Electrical stunning in commercial rabbits: effective currents, spontaneous physical activity and reflex behaviour[J]. Meat Sci, 1998, 48: 21-28.
- [6] DALLE Z A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality[J]. Livestock Production Science, 2002, 75: 11-32.
- [7] GREGORY N G. Animal welfare and meat science[M]. NY, USA: Cabi Publishing, 1998.
- [8] ANIL M H, RAJ A B M, MCKINSTY J L. Evaluation of electrical stunning in commercial rabbits: effect on brain function[J]. Meat Sci, 2000, 54: 217-220.
- [9] MARIA G, LOPEZ M, LAFUENTE R, et al. Evaluation of electrical stunning methods using alternative frequencies in commercial rabbits[J]. Meat Sci, 2001, 57: 139-143.
- [10] ANIL M H, RAJ A B, MCKINSTY J L. Electrical stunning in commercial rabbits: effective currents, spontaneous physical activity and reflex behaviour[J]. Meat Sci, 1998, 48: 21-28.
- [11] BLASCO A, OUHAYOUN J, MASOERO G. Status of rabbit meat and carcass: criteria and terminology[J]. Cihean-options Mediterranennes, 1992, 17: 105-120.
- [12] HONIKEL K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat[J]. Meat Sci, 2004, 82: 1195-1205.
- [13] 国家卫生部、国家标准化管理委员会. GB/T5009.6—2003[0]食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [14] DEVINE C E, GRAAFHUIS A E, MUIR P D, et al. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs[J]. Meat Science, 1993, 35(1): 63-77.
- [15] PAPINAHU P A, FLETCHER D L, BUHR R J. Effect of electrical stunning amperage and peri-mortem struggle on broiler breast rigor development and meat quality[J]. Poultry Science, 1995, 74: 1533-1539.
- [16] KHAN A W, NAKAMURA R. Effects of pre- and postmortem glycolysis on poultry tenderness[J]. Journal of Food Science, 1970, 35: 266-267.
- [17] NGOKA D A, FRONING G W. Effect of free struggle and preslaughter excitement on colour of turkey breast muscle[J]. Poultry Science, 1982, 61: 2291-2293.
- [18] RAJ A B M, 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: 725-733.
- [19] OUHAYOUN J, DELMAS D. Meat quality of rabbit: I. Differences between muscles in postmortem pH[C]//Proc. 4th World Rabbit Congress. Budapest, 1988(2): 412-418.
- [20] STOIER S, AASLYNG M D, OLSEN E V, et al. The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork[J]. Meat Science, 2001, 59: 127-131.