



不同屠宰方式对蒙古羊应激及羊肉食用品质的影响

王德宝, 王晓冬, 郭天龙, 王莉梅, 纳 钦, 张园园, 李 慧, 梁俊芳, 翟 琇*
(内蒙古农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

摘 要: 以内蒙古蒙古羊为研究对象, 对比分析抹脖子屠宰、掏心式屠宰及电击晕屠宰对蒙古羊应激及羊肉食用品质的影响, 利用生化分析仪等仪器对蒙古羊血液指标及食用品质进行测定。结果表明: 经电击晕后屠宰, 肉羊血液中乳酸含量、皮质醇含量、乳酸脱氢酶活性及肌酸激酶活性显著低于其他2种方式, 肉羊在屠宰过程中应激反应也最小; 相比于抹脖子及掏心式屠宰2组, 电击晕组羊肉的蒸煮损失率较低, 而嫩度高于抹脖子组, 且与掏心组差异不显著, 红度值 (a^*) 高于上述2组, 且电击晕组羊肉的硫代巴比妥酸反应物值最低; 营养方面, 电击晕及掏心式屠宰可提高羊肉中不饱和脂肪酸的含量。因此, 从肉羊屠宰食用品质及经济效益等方面比较, 电击晕屠宰方式可以减小肉羊应激反应, 提高肉羊屠宰企业的经济效益, 符合动物福利屠宰要求。

关键词: 蒙古羊; 屠宰方式; 血液指标; 应激; 食用品质

Effects of Different Slaughter Methods on Stress Reactions and Eating Quality in Mongolian Sheep

WANG Debao, WANG Xiaodong, GUO Tianlong, WANG Limei, NA Qin, ZHANG Yuanyuan, LI Hui, LIANG Junfang, ZHAI Xiu*
(Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China)

Abstract: A comparative study was done to investigate the effect of three different slaughter methods: neck-breaking, pulling the heart out of the chest of live animals and electrical stunning followed by ensanguination on stress reactions and eating quality in Mongolian sheep. The results showed that the concentrations of lactic acid and cortisol, and the activities of lactate dehydrogenase and creatine kinase in the blood of sheep slaughtered by the third method were significantly lower than in the blood of sheep slaughtered by the other two traditional slaughter methods, and the stress response at slaughter was also weaker. Compared with the other groups, the cooking loss of meat in the third group was lower whereas meat tenderness was better than that of the first group but did not significantly differ from that of the second group. In addition, redness value (a^*) of the third group was higher and thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) value was lower than that of the other groups. From a nutritional viewpoint, the latter two slaughter methods could elevate the content of unsaturated fatty acids in mutton. Taking into consideration both the eating quality of mutton and economic benefits, electrical stunning followed by ensanguination can reduce stress reactions in sheep, improve the economic benefits of meat sheep slaughtering enterprises and meet the animal welfare requirements for slaughtering.

Keywords: Mongolian sheep; slaughter methods; blood parameters; stress; eating quality

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190329-071

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 07-0025-05

引文格式:

王德宝, 王晓冬, 郭天龙, 等. 不同屠宰方式对蒙古羊应激及羊肉食用品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(7): 25-29.
DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190329-071. <http://www.rlyj.net.cn>

WANG Debao, WANG Xiaodong, GUO Tianlong, et al. Effects of different slaughter methods on stress reactions and eating quality in Mongolian sheep[J]. Meat Research, 2019, 33(7): 25-29. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190329-071.
<http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2019-03-29

基金项目: 内蒙古自治区人民政府专项 (2016-2020); 内蒙古农牧业科学院青年创新基金项目 (2017QNJJM10); 内蒙古农牧业创新基金项目 (2019CXJJM12)

第一作者简介: 王德宝 (1989—) (ORCID: 0000-0002-1978-2714), 男, 助理研究员, 博士研究生, 研究方向为畜产品质量与安全。E-mail: 1184693714@qq.com

*通信作者简介: 翟琇 (1963—) (ORCID: 0000-0002-1524-5495), 男, 研究员, 博士, 研究方向为牧场动物福利。
E-mail: nmytzx@163.com

随着社会发展,人民生活水平日益提高,对肉制品的需求由数量逐渐向符合动物福利要求的质量型转变。动物福利的出发点是使动物在舒适的状态下生存,在无恐惧、无痛苦的状态下死去^[1]。选择适合肉羊的屠宰致晕方式成为保护动物福利的关键,不同屠宰方式使羊肉应激程度不同,较小的应激可改善肉质、降低汁液与熟肉损失率,一定程度上还可提高屠宰企业的经济效益。常见的屠宰方式包括机械致晕、电致晕及气体致晕^[2]。研究表明,较机械致晕和CO₂致晕,电击晕方式方便并相对安全^[3-4],电击晕技术在畜禽等屠宰过程被广泛应用,也是欧盟法律规定的强制性致晕方式^[5]。闫祥林等^[6]研究传统抹脖子屠宰与电击晕屠宰方式对新疆多浪羊肉品质的影响,结果表明,127 V电击晕条件下屠宰的肉羊较抹脖子屠宰应激反应小,且肉品质也优于传统屠宰方式。赵慧等^[7]研究比较不击晕、电击晕及CO₂致晕对生猪应激及猪肉品质的影响,结果表明,电击晕与CO₂致晕屠宰对生猪应激反应与猪肉品质的影响小于不击晕屠宰。李卫华^[8]研究表明,采用传统直接抹脖子方式屠宰会增加肉羊的应激反应和痛苦,既违背动物福利也降低肉制品品质。

在我国大部分地区,肉羊屠宰均采用传统抹脖子屠宰法,也采用作坊式掏心式屠宰,但对其研究及报道较少。本研究以血液指标和肉品质作为评价指标,针对抹脖子、掏心式及电击晕3种不同屠宰方式对蒙古羊的应激进行研究,以此为屠宰行业确定屠宰方式提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

肉羊选取于达茂旗那仁满都拉联合合作社体质量(43±2) kg、无疫病的健康蒙古羊18只,随机分为3组,每组6只,进行不同方式屠宰处理。

三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA)、乙二胺四乙酸(elthylene diamine tetraacetic acid, EDTA)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)(均为分析纯) 国药(上海)国际医药卫生有限公司;乳酸脱氢酶(lactic dehydrogenase, LDH)和肌酸激酶(creatine kinase, CK)含量测定试剂盒 北京科美生物技术公司。

1.2 仪器与设备

DFM-96 10管放射免疫γ计数器 合肥众成机电技术开发有限责任公司;TBA-120FR全自动生化分析仪 日本东芝公司;TCP2全自动测色色差计 北京奥依克光电仪器有限公司;TU-1810紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

屠宰方式包括传统抹脖子屠宰、传统掏心式屠宰及电击晕抹脖子屠宰,电击晕抹脖子屠宰在下文简述为电击晕屠宰。电击晕采用头部电麻,电压100 V,电击晕时间3 s。屠宰同时采集新鲜血液,屠宰后45 min取背最长肌测定理化指标,部分样品置于4℃条件下保存24 h后测定蒸煮损失、嫩度、滴水损失等指标,部分样品先于4℃预冷45 min后保存于-80℃,待后续测定其他营养品质指标。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 血液指标测定

取宰后新鲜血液20 mL,立即测定血液温度,然后低温离心(4℃, 3 000 r/min) 10 min后取上清,分装于1.5 mL离心管中并保存在-20℃冰箱,用于血液应激指标测定。采用东芝120FR全自动生化分析仪检测血糖(glucose, GLU)含量和乳酸(lactate, LAC)含量;采用放射免疫γ计数器测定促肾上腺皮质激素(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)和皮质醇(cortisol, COR)含量;使用北京科美生物技术公司生产的试剂盒测定LDH和CK含量。

1.3.2.2 肉品质指标测定

选取肉羊左半胴体的背最长肌用于测定羊肉pH值、色泽、蒸煮损失、滴水损失、剪切力、硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance, TBARS)值及总氨基酸含量等指标。

色泽测定:将排酸24 h后的背最长肌样品去除可见脂肪及结缔组织,利用色差计测定3个不同位点的亮度值(L*)、红度值(a*)和黄度值(b*),取平均值。

pH值测定:利用便携式胴体pH计测定屠宰后45 min及24 h pH值(pH_{45 min}、pH_{24 h}),每只羊重复测定3次,取平均值。

蒸煮损失测定:将去除皮下脂肪及结缔组织的肉块称质量(m₁)后装入真空包装袋,于80℃水浴锅中加热至中心温度为75℃,保持20 min,室温冷却后打开包装取出肉块,用滤纸吸干肉块表面的汁液,此时质量记为m₂。按照公式(1)计算蒸煮损失率。

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

滴水损失测定:称取屠宰45 min后肉块质量(m₃)后置于敞口真空包装袋,置于4℃冰箱中,保持24 h后用滤纸轻轻吸干表面汁液,此时质量记为m₄。按照公式(2)计算滴水损失率。

$$\text{滴水损失率}/\% = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100 \quad (2)$$

剪切力测定:用测定完蒸煮损失所得肉样测定剪切力值。沿肌纤维方向切取3 cm×1 cm×1 cm的长方体肉

块,用沃布式剪切力仪测定。每个肉样测定6~8个平行样,去除最大、最小值,取其平均值。

总氨基酸含量测定:利用南京建成生物工程研究所公司生产的总氨基酸测定试剂盒测定3组不同羊背最长肌的总氨基酸含量。

TBARS值测定:取10 g肉样研细(最好成糊状),加入50 mL 7.5% TCA(含0.1% EDTA),振摇30 min,双层滤纸过滤2次,取5 mL上清液加入5 mL 0.02 mol/L的TBA溶液,沸水浴中保温40 min,取出冷却1 h后离心5 min(16 000 r/min),上清液中加5 mL氯仿摇匀,静置分层后取上清液分别在532、600 nm波长处比色,记录吸光度(A)。按照公式(3)计算TBARS值。

$$\text{TBARS值}/(\text{mg}/100\text{ g}) = \frac{A_{532\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}}{155 \times 10} \times 72.6 \times 100 \quad (3)$$

1.4 数据处理

实验数据采用Excel及SPSS 19.0统计软件进行数据统计及单因素方差分析,数值以平均值±标准差表示,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 屠宰方式对肉羊血液应激指标的影响

血液生化值是反映肉羊等畜禽动物对外界应激表现的重要指标^[9-10],其中COR含量、CK和LDH活性是反映肉羊经历应激的程度和能量代谢强度的重要生化指标^[7,11]。肉羊在经历外界拉伸、惊吓等条件下产生应激反应,随之提高肉羊血液中LDH和CK活性及COR含量,下丘脑-垂体前叶-肾上腺活动加剧,机体神经内分泌系统快速应答,致使血液中这3种生化指标与肉羊受到应激的强度呈正比,即应激越强,COR含量与CK、LDH活性越高^[12-13]。

表1 屠宰方式对肉羊血液应激指标的影响

Table 1 Effect of slaughter methods on blood parameters of sheep

指标	屠宰方式		
	抹脖子	掏心	电击晕
血液温度/℃	33.43±0.38 ^a	33.10±0.40 ^a	32.58±0.25 ^a
GLU含量/(mmol/L)	5.34±0.10 ^a	6.23±0.25 ^b	7.63±0.36 ^c
LAC含量/(mmol/L)	17.75±2.35 ^b	17.56±1.42 ^b	14.32±0.56 ^a
LDH活力/(U/L)	678.34±20.43 ^b	435.28±16.28 ^a	410.12±23.12 ^a
ACTH含量/(pg/mL)	7.25±0.36 ^c	6.46±0.45 ^b	5.78±0.23 ^a
COR含量/(ng/mL)	180.85±1.52 ^c	135.24±2.45 ^b	120.12±3.26 ^a
CK活力/(U/L)	1 945.34±40.18 ^c	1 800.45±57.00 ^b	1 000.76±25.82 ^a

注:同行小写字母不同,表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

机体受到一定程度的应激反应,导致其心率及呼吸频率增加,可能破坏机体内环境的相对稳定,促使体温上升。由表1可知,相比掏心式与电击晕屠宰,传统抹脖子屠宰后肉羊血液温度最高,而电击晕组肉羊血液温度

低于掏心式屠宰,说明传统屠宰方式引起的肉羊应激反应高于电击晕。随着应激变化,激活下丘脑-垂体-肾上腺轴系统,进一步引起血液中皮质类激素的变化,血浆中ACTH和COR含量均随着应激强度增加呈现不同程度的上升。3种屠宰方式下,ACTH和COR含量差异显著($P < 0.05$),掏心式和抹脖子屠宰组显著高于电击晕组($P < 0.05$),说明电击晕致晕屠宰显著降低了肉羊屠宰时的应激强度。当动物心肌与骨骼肌等组织遭到破坏时,胞内的LDH与CK将会渗透到胞外^[14],因此胞外LDH、CK的活力高低常被用作监测动物受应激强度的指标^[12]。抹脖子组LDH活力显著高于掏心式与电击晕组($P < 0.05$),掏心式组高于电击晕组,但差异不显著($P > 0.05$),且电击晕组CK活力显著低于其他2组。以上实验数据表明,传统抹脖子屠宰方式对肉羊的惊吓及应激伤害远高于电击晕组,采用电击晕屠宰方式可减少肉羊应激反应,符合动物福利要求。龙定彪等^[11]研究发现,电击晕屠宰方式使猪血清中的CK和LDH活力分别降低28.7%和9.9%,这均与本研究结论一致。

GLU与LAC作为体内代谢过程中的重要物质,其含量高低可反应机体能量变化及受应激程度。本研究结果表明,3组肉羊的血糖含量变化为抹脖子组<掏心组<电击晕组,血清中LAC含量变化恰与GLU含量相反,表现为抹脖子组>掏心组>电击晕组。分析原因可能是肉羊在屠宰时由于紧张、惊吓、拉拽等应激反应加速糖酵解,肌肉无氧呼吸致使GLU酵解为LAC,促使LAC含量快速增加,且抹脖子造成的肉羊应激反应最大,电击晕组的应激反应在3组中最小。Vergara等^[15]研究发现,采用合理的电压对肉羊进行宰前击晕可以减小其应激反应,减缓肌肉糖酵解速率,减少LAC的生成。

2.2 屠宰方式对羊肉食用品质的影响

已有研究表明,动物屠宰前肌糖原含量及屠宰后糖酵解速率和程度决定鸡肉中LAC含量及pH值的变化,最终对肉品蒸煮损失、滴水损失、嫩度、色泽、蛋白质降解及脂肪氧化造成影响^[16-18]。

表2 屠宰方式对羊肉食用品质的影响

Table 2 Effect of slaughter methods on meat quality

指标	屠宰方式		
	抹脖子	掏心	电击晕
pH _{45 min}	7.11±0.02 ^a	7.04±0.01 ^a	7.18±0.10 ^{ab}
pH _{24 h}	5.84±0.02 ^b	5.75±0.03 ^a	5.85±0.01 ^b
蒸煮损失率/%	58.95±1.98 ^a	60.52±1.11 ^a	58.50±0.99 ^a
滴水损失率/%	2.26±0.94 ^b	2.03±0.60 ^a	2.63±0.83 ^c
剪切力/N	114.10±6.65 ^b	97.37±2.59 ^a	103.31±15.13 ^{ab}
L*	36.90±1.10 ^a	35.11±0.90 ^a	35.95±2.62 ^a
a*	17.84±1.03 ^a	17.56±0.84 ^a	18.45±1.41 ^a
b*	4.17±0.70 ^b	3.77±0.55 ^a	3.66±0.64 ^a
TBARS值/(mg/100 g)	0.19±0.03 ^a	0.21±0.08 ^a	0.17±0.03 ^a
总氨基酸含量/(μmol/mg pro)	3.30±1.11 ^a	3.89±0.82 ^a	4.07±1.46 ^a

食用羊肉既可补充人体所需营养,也可降低人体血液中乳酸、尿素等酸性物质的含量。由表2可知,羊肉的 $\text{pH}_{45\text{ min}}$ 均高于7.0,偏碱性。比较3种屠宰方式,电击晕组 $\text{pH}_{45\text{ min}}$ 为7.18,高于传统抹脖子及掏心式屠宰的7.11和7.04,原因可能是电击晕屠宰对肉羊瞬间致晕,相比传统屠宰方式,降低了肉羊在屠宰过程中遭受应激的程度,从而降低肌肉糖原的降解速率。电击晕组羊肉的 pH 值下降缓慢, $\text{pH}_{45\text{ min}}$ 高于其他2组($P>0.05$), $\text{pH}_{24\text{ h}}$ 3组差异不显著,表现为电击晕组>抹脖子组>掏心组。

Otto等^[19]研究表明,动物宰后45 min的 pH 值与滴水损失显著相关,滴水损失是衡量肌肉品质的重要理化指标,值越小则肌肉系水性就越高,肉质的蒸煮损失及嫩度也越高^[20]。对比3组羊肉的滴水损失,表现为电击晕组(2.63%)>抹脖子组(2.26%)>掏心组(2.03%),且差异显著($P<0.05$),电击作用导致肌肉纤维蛋白质性质发生较为激烈的变化,这与Linares等^[21]研究结果相一致。原因可能是掏心式与抹脖子屠宰使得肉羊肌肉处于紧张状态,肌肉蛋白网状结构相对稳定,致使水分不易流出,因此羊肉滴水损失较小^[22]。较高的滴水损失表明羊肉对水分的束缚能力较小,因而其蒸煮损失也会随之发生变化,滴水损失越高其蒸煮损失将越低,这与表2中的结果相呼应,蒸煮损失表现为掏心组>抹脖子组>电击晕组。

肉的嫩度是消费者关注的重要品质指标之一,肌肉剪切力与嫩度呈负相关,其变化反映肉的嫩度。抹脖子组羊肉的剪切力高于电击晕组,与掏心组差异显著($P<0.05$),而掏心组与电击晕组差异不显著。闫祥林等^[6]对不同屠宰方式对新疆多浪羊品质影响进行研究,结果表明,电击晕处理能够使成熟7d后的羊肉嫩度有所改善。

由于肌肉中渗出的水分分布于表面,导致表面游离水增多,从而反射光加强、肉的 L^* 增大,且滴水损失增加会造成肉色发白^[23]。比较3组羊肉的色差变化(L^* 、 a^* 、 b^*),抹脖子组与电击晕组 L^* 高于掏心组,这与抹脖子组和电击晕组滴水损失较高呈正相关。电击晕组 a^* 高于其他2组,但差异不显著($P>0.05$)。 b^* 一定程度上反应脂肪黄度,也可作为脂质氧化的指标,抹脖子组 b^* 显著高于其他2组($P<0.05$),可能表明排酸过程后2组肉羊抗氧化酶活性高于抹脖子组。

脂肪氧化是导致肉品质下降的因素之一,肉类食品中脂肪氧化多发生在细胞膜水平上^[24],TBARs值处于0.6~2.8时被认为是正常值^[25]。3组羊肉的TBARs值差异不显著($P>0.05$),电击晕组(0.17 mg/100 g)低于掏心组(0.21 mg/100 g)及抹脖子组(0.19 mg/100 g),因此屠宰方式对羊肉脂质氧化影响不显著。对比3组肉羊宰后总氨基酸含量变化可知,电击晕组含量最高,但与其他2组

差异不显著($P>0.05$),说明3种屠宰方式对宰后羊肉蛋白质降解无明显影响,这与张德权等^[26]研究结果相一致。

2.3 屠宰方式对肉羊脂肪酸组成的影响

肉中脂肪酸组成及含量与肉品质密切相关,适宜的饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)含量可以提高肌肉的多汁性、嫩度及风味;摄入适量单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)(n -6脂肪酸及 n -3脂肪酸)可以有效预防心血管、中风等疾病,因而不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, UFA)具有重要的营养保健价值^[27-28]。闵辉辉等^[29]研究不同电击晕电压对肉鸡蛋白质分解的影响,结果表明,不同电压处理下蛋白质溶解度不同。目前,对不同屠宰方式下羊肉脂肪酸组成的研究报道甚少。

表3 屠宰方式对羊肉脂肪酸组成的影响
Table 3 Effect of slaughter methods on the eating quality

		mg/100 g		
脂肪酸		屠宰方式		
		抹脖子	掏心	电击晕
SFA	$\text{C}_{10:0}$	1.01 ± 0.23^a	0.80 ± 0.21^a	1.08 ± 0.64^a
	$\text{C}_{12:0}$	1.62 ± 0.39^b	0.85 ± 0.26^a	1.72 ± 0.49^b
	$\text{C}_{14:0}$	16.02 ± 3.97^b	9.74 ± 2.59^a	22.21 ± 6.30^b
	$\text{C}_{15:0}$	2.20 ± 0.39^b	1.56 ± 0.32^a	2.90 ± 0.46^c
	$\text{C}_{16:0}$	110.87 ± 24.73^a	89.34 ± 18.17^a	156.20 ± 81.33^a
	$\text{C}_{17:0}$	9.45 ± 2.23^a	7.05 ± 1.18^a	14.39 ± 9.71^a
	$\text{C}_{18:0}$	72.73 ± 14.74^b	57.97 ± 11.30^a	94.61 ± 51.74^c
	$\text{C}_{21:0}$	2.79 ± 0.84^a	2.88 ± 0.29^a	2.81 ± 1.35^a
	$\text{C}_{22:0}$	22.53 ± 5.00^a	24.53 ± 4.82^a	20.89 ± 6.46^a
	$\text{C}_{24:0}$	1.26 ± 0.23^a	1.50 ± 0.43^a	1.29 ± 0.39^a
MUFA	$\text{C}_{15:1}$	18.14 ± 3.73^b	17.99 ± 2.52^b	13.97 ± 4.50^a
	$\text{C}_{16:1}$	6.64 ± 3.35^b	3.40 ± 0.60^a	6.57 ± 4.79^b
	$\text{C}_{17:1}$	11.03 ± 1.02^b	12.81 ± 2.18^b	8.21 ± 2.40^a
	$\text{C}_{18:1}$	9.01 ± 6.17^a	5.44 ± 0.20^a	51.84 ± 10.56^b
PUFA	$\text{t}9\text{C}_{18:1}$	174.61 ± 113.33^a	212.95 ± 97.39^a	159.84 ± 93.96^a
	$\text{C}_{18:2\text{ n-6}}$	3.08 ± 0.76^b	2.28 ± 0.80^a	4.53 ± 1.77^c
	$\text{t}9,\text{c}12\text{C}_{18:2\text{ n-6}}$	42.83 ± 2.77^a	43.83 ± 4.71^a	38.30 ± 17.80^a
	$\text{C}_{18:3\text{ n-3}}$	10.66 ± 3.52^a	8.97 ± 4.66^a	9.14 ± 3.63^a
	$\text{C}_{20:2\text{ n-6}}$	3.48 ± 0.21^a	3.82 ± 0.49^a	3.33 ± 0.82^a
	$\text{C}_{20:5\text{ n-3}}$	0.85 ± 0.15^a	0.71 ± 0.17^a	0.84 ± 0.24^a
SFA		240.47 ± 37.52^{ab}	196.24 ± 30.28^a	318.10 ± 52.06^b
MUFA		219.43 ± 73.20^a	252.60 ± 90.99^a	240.07 ± 65.15^a
PUFA		60.92 ± 17.53^a	59.60 ± 18.11^a	56.14 ± 15.43^a
总脂肪酸		$1\ 022.98 \pm 44.67^a$	$1\ 005.48 \pm 49.78^a$	$1\ 203.63 \pm 49.06^b$

由表3可知,羊肉中脂肪酸主要由SFA及MUFA组成,而PUFA仅占脂肪酸总量的6%左右。3组羊肉所含的SFA中,棕榈酸($\text{C}_{16:0}$)和硬脂酸($\text{C}_{18:0}$)为影响羊肉SFA组成的主要脂肪酸,占到SFA的70%以上,抹脖子组与掏心组上述2种脂肪酸所占比例略低于电击晕组,而差异不显著,上述2种脂肪酸也是影响羊肉膻味的重要脂肪酸。Mottram^[30]研究表明,羊肉中棕榈油酸($\text{C}_{16:1}$)含量与肉风味存在显著正相关关系。



抹脖子组及电击晕组羊肉的MUFA含量显著低于SFA含量 ($P<0.05$), 而掏心组MUFA含量却高于SFA含量。3组MUFA含量表现为掏心组>电击晕组>抹脖子组。油酸 ($C_{18:1}$) 在MUFA中含量最高, 在MUFA总量中占比高达80%, 且油酸也是营养食物中不可或缺的营养素。

对于PUFA, 亚油酸 ($C_{18:2}$) 及亚麻酸 ($C_{18:3}$) 含量显著高于其他脂肪酸 ($P<0.05$), 且为 $n-3$ 和 $n-6$ 脂肪酸, 其含量及变化对羊肉营养价值具有重要影响。3组羊肉的PUFA含量表现为抹脖子组>掏心组>电击晕组, 而3组羊肉的亚油酸 ($C_{18:2}$) 含量与PUFA总量变化相一致。整体上, 抹脖子组羊肉中所含UFA含量显著低于掏心组和电击晕组 ($P<0.05$), 掏心组UFA含量最高且与电击晕组差异不显著 ($P>0.05$), 说明掏心式及电击晕屠宰方式有助于提高羊肉中UFA总含量。

3 结论

从血液应激及羊肉品质指标2个方面评价常用的3种不同屠宰方式对蒙古羊应激及羊肉品质的影响。结果表明: 经电击晕后屠宰的蒙古肉羊的激素应激指标数值均低于抹脖子屠宰及掏心式屠宰, 可知电击晕方式对肉羊造成的应激反应小于前2种方式, 较符合肉羊屠宰福利要求; 电击晕组羊肉滴水损失高于抹脖子组和掏心组, 蒸煮损失低于上述2组, 但差异不显著 ($P>0.05$); 电击晕组羊肉 a^* 高于抹脖子组和掏心组, 且TBARs值也低于上述2组; 掏心式与电击晕屠宰有利于提高羊肉中UFA含量, 比较屠宰经济效益, 电击晕屠宰更为省事、方便且安全。

相比前2种屠宰方式, 电击晕屠宰效率高, 对肉羊造成的应激反应小, 部分食用品质优于抹脖子屠宰。因此, 在一定程度上电击晕屠宰可以提高肉羊屠宰企业的经济效益, 满足动物福利要求。

参考文献:

- [1] 杨莲茹, 孔卫国, 杨晓野, 等. 动物福利法的历史起源、现状及意义[J]. 动物科学与动物医学, 2004, 21(6): 28-30.
- [2] 黄继超, 王鹏, 徐幸莲, 等. 肉鸡宰前电击晕研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 344-347. DOI:1002-6630 (2013) 11-0344-04.
- [3] ALVARADO C Z, SAMS A R. Rigor mortis development in turkey breast muscle and the effect of electrical stunning[J]. Poultry Science, 2000, 79(11): 1694-1698. DOI:10.1093/ps/79.11.1694.
- [4] GRANDIN T. Mechanical, electrical and anesthetic stunning methods for livestock[J]. International Journal for the Study of Animal Problems, 1980, 1(4): 242-263.
- [5] BÜYÜKÜNAL S K, NAZLI B. Effect of different electrical stunning methods on meat quality of marmara Kivircik breed lamb in Turkey Republic[J]. Veterinarni Glasnik, 2007, 61(3/4): 155-162.
- [6] 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.
- [7] 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:1002-6819 (2013) -04-0272-06.
- [8] 李卫华. 农场动物福利规范[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 213-236.

- [9] LOFIEGO D P, COMELLINI M, IELO M C, et al. Effect of stunning voltage and scalding method on the incidence of the "red skin" defect of Parma ham[J]. Veterinary Research Communications, 2009, 33(1): 285-288. DOI:10.1007/s11259-009-9297-1.
- [10] LEBRET B, MEUNIER-SALAUN M C, FOURY A, et al. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality[J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(9): 2436-2447. DOI:10.2527/jas.2005-689.
- [11] 龙定彪, 杨飞云, 肖融, 等. 屠宰方式对育肥猪血液生化指标及肉品质的影响研究[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(11): 69-72.
- [12] 吴小伟, 李侠, 张春晖, 等. 屠宰应激对宰后猪肉保水性的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 205-211. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.034.
- [13] 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.
- [14] MARKKU H. Influence of porcine stress on blood composition and early postmortem meat quality in pigs of different halothane genotypes[J]. Meat Science, 1988, 24(1): 21-29. DOI:10.1016/0309-1740(89)90004-1.
- [15] VERGARA H, LINARES M B, BERRUGA M I, et al. Meat quality in suckling lambs: effect of pre-slaughter handling[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 473-478. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.09.002.
- [16] ROSENVOLD K, PETERSEN J S, LAERKE H N, et al. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(2): 382-391. DOI:10.1046/j.1439-0396.2001.00300.x.
- [17] BEE G, BIOLLEY C, GUÉX G, et al. Effects of available dietary carbohydrate and preslaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, and quality traits of pig muscles[J]. Journal of Animal Science, 2006, 84(1): 191-203. DOI:10.2527/2006.841191x.
- [18] HAMITON D N, MILLER K D, ELLIS M, et al. Relationships between *Longissimus* glycolytic potential and swine growth performance, carcass traits, and pork quality[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(9): 2206-2212. DOI:10.1051/gse:2003040.
- [19] OTTO G, ROEHE R, LOOFT H, et al. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs[J]. Meat Science, 2004, 68(3): 401-409. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.04.007.
- [20] 王德宝, 王晓冬, 郭天龙, 等. 不同混合饲料对杜蒙羊屠宰性能、食用品质及营养成分的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(6): 12-17. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201806003.
- [21] LINARES M B, BÓRNEZ R, VERGARA H. Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb[J]. Meat Science, 2007, 76(4): 675-681. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.02.007.
- [22] 张文红, 彭增超, 吉艳峰, 等. 不同电击昏方式对猪肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2006(5): 19-21.
- [23] PAGE J K, WULF D M, SCHWOTZER T R. A survey of beef muscle color and pH[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(3): 678-687. DOI:10.1080/713655025.
- [24] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, THONGKAEW C, et al. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage[J]. Food Research International, 2003, 36(8): 787-795. DOI:10.1016/S0963-9969(03)00073-5.
- [25] MARCO A, NAVARRO J L, FLORES M. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage[J]. Meat Science, 2006, 73: 660-673. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.03.011.
- [26] 张德权, 李铮, 李欣, 等. 羊肉加工品质学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2018: 33.
- [27] EFRON D T, BARBUL A. Role of arginine in immunonutrition[J]. Journal of Gastroenterology, 2000, 35(12): 20-23. DOI:10.1016/S0899-9007(98)00005-7.
- [28] HALLENSTVENDT E, REHNBERG A. Sensory quality of short and long-term frozen stored pork products: influence of diets varying in polyunsaturated fatty acid (PUFA) content and iodine value[J]. Meat Science, 2012, 90(1): 244-251. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.07.006.
- [29] 闵辉辉, 周光宏, 徐幸莲, 等. 不同电压电昏对鸡肉食用品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 180-185.
- [30] MOTTRAM S. Flavor formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424. DOI:10.1016/S0308-8146(98)00076-4.