

# 苏尼特羊和小尾寒羊的屠宰性能、肉品质、脂肪酸和挥发性风味物质比较

罗玉龙, 王柏辉, 赵丽华, 苏琳, 苏日娜, 侯艳茹, 杨蕾, 靳焱\*  
(内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘要:** 选择5月龄苏尼特羊、小尾寒羊各10只, 测定其屠宰性能, 再分别取背最长肌测肉品质、脂肪酸含量以及挥发性成分并进行比较。结果表明: 苏尼特羊的净肉率和肉骨比显著大于小尾寒羊 ( $P < 0.05$ )。苏尼特羊的色泽 ( $a^*$ 、 $b^*$ )、嫩度优于小尾寒羊 ( $P < 0.05$ ), 熟肉率和pH值没有显著差异; 从脂肪酸含量分析发现, 苏尼特羊肉中饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸含量均高于小尾寒羊, 其中 $C_{16:0}$ 和 $C_{18:0}$ 含量显著高于小尾寒羊 ( $P < 0.05$ ), 但含量比较丰富的不饱和脂肪酸 ( $C_{18:1}$ 、 $C_{18:2n6c}$ 和 $C_{20:4n6}$ ) 在2种羊之间没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。羊肉的挥发性成分主要由羰基化合物和醇类化合物组成, 不同品种对挥发性成分的相对含量和构成影响很大, 苏尼特羊的醛类和酮类化合物含量高于小尾寒羊, 但醇类化合物含量低于小尾寒羊, 筛选主要风味化合物为己醛、辛醛、壬醛、1-辛烯-3-醇和2,3-辛二酮。

**关键词:** 苏尼特羊; 小尾寒羊; 屠宰性能; 肉品质; 脂肪酸; 挥发性物质

Slaughter Performance, Meat Quality, Fatty Acids and Volatile Components of Sunit Lambs and Small-Tailed Han Lambs

LUO Yulong, WANG Bohui, ZHAO Lihua, SU Lin, SU Rina, HOU Yanru, YANG Lei, JIN Ye\*  
(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

**Abstract:** The slaughter performance of Sunit sheep and Small-Tailed Han sheep (5-month-old, 10 animals for each breed) was investigated. The quality, fatty acid composition and volatile compounds of *Longissimus dorsi* muscles from these lambs were comparatively evaluated. The results showed that the meat percentage and bone to meat ratio of Sunit lambs were significantly greater than those of Small-Tailed Han lambs ( $P < 0.05$ ). In addition, in terms of meat color parameters ( $a^*$  and  $b^*$ ) and tenderness Sunit lambs were better than Small-Tailed Han lambs ( $P < 0.05$ ). There was, however, no significant difference in cooked meat percentage or pH between the two breeds. Fatty acid analysis showed that the contents of saturated fatty acids (SFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) in Sunit lambs were higher than in Small-Tailed Han lamb. The contents of palmitic acid ( $C_{16:0}$ ) and stearic acid ( $C_{18:0}$ ) in Sunit lambs were significantly higher than in Small-Tailed Han lambs ( $P < 0.05$ ), but no significant differences in the dominant unsaturated fatty acids ( $C_{18:1}$ ,  $C_{18:2n6c}$  and  $C_{20:4n6}$ ) were present between both breeds. The main volatile compounds identified in lamb meat were carbonyl and alcohol compounds and the contents and composition of these compounds were largely affected by breeds with aldehydes and acetones being more abundant and alcohols being less abundant in Sunit lambs than in Small-Tailed Han lambs. Hexanal, octanal nonanal, 1-octen-3-ol and 2, 3-octanedione may be mainly responsible for the formation of meat flavor.

**Keywords:** Sunit lamb; Small-Tailed Han lamb; slaughter performance; meat quality; fatty acids; volatile components

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201808017

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 08-0103-05

引文格式:

罗玉龙, 王柏辉, 赵丽华, 等. 苏尼特羊和小尾寒羊的屠宰性能、肉品质、脂肪酸和挥发性风味物质比较[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 103-107. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201808017. <http://www.spkx.net.cn>

LUO Yulong, WANG Bohui, ZHAO Lihua, et al. Slaughter performance, meat quality, fatty acids and volatile components of Sunit lambs and Small-Tailed Han lambs[J]. Food Science, 2018, 39(8): 103-107. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201808017. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2017-03-16

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31660439); “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFE0106200); 内蒙古自治区高等学校科学研究项目 (NJZY16060)

第一作者简介: 罗玉龙 (1988—), 男, 博士研究生, 研究方向为食品安全。E-mail: 18247120609@163.com

\*通信作者简介: 靳焱 (1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工安全。E-mail: jinyeyc@sohu.com

苏尼特羊和小尾寒羊属于我国优良的绵羊品种。苏尼特羊体格大,产肉性能好,含蛋白高,膻味轻,具有很高的营养价值<sup>[1]</sup>;小尾寒羊产羔率高,可裘、肉兼用,具有耐粗饲、抗病性强等特点<sup>[2]</sup>。羊肉的品质有一些重要指标如pH值、色差、蒸煮损失率、嫩度等;肉的pH值能影响肉的色泽、系水力、多汁性等指标,蒸煮损失率则反映了肉在蒸煮过程中的损失,与肉的吸水性相关<sup>[3-4]</sup>。同时,脂肪酸含量和挥发性成分也是影响肉质的重要指标<sup>[5]</sup>。

近年来,本团队对苏尼特羊和小尾寒羊作了大量研究。华晓青等<sup>[6]</sup>对小尾寒羊的肌纤维进行研究,并对比3种肌纤维类型的横截面积;张宏博等<sup>[7]</sup>对比了3个品种肉羊的肉品质,分析了巴美肉羊与小尾寒羊、苏尼特羊的不同品种之间的肉品质指标,确定了最佳的屠宰月龄,但未结合对肉品质有显著影响的脂肪酸和挥发性成分;苏琳等<sup>[8]</sup>对苏尼特羊的肌纤维特性进一步分析,将肌纤维与肉品质建立了相关性;罗玉龙等<sup>[9]</sup>对苏尼特羊不同部位肌肉的脂肪酸和挥发性成分进行研究,分析了肌肉的脂肪酸含量分布,筛选影响风味的物质。经过以上学者的综合评价,苏尼特羊肉有高蛋白、富含不饱和脂肪酸等特点,肉品质较佳,属于优质的肉类资源,但苏尼特羊和小尾寒羊的生产性能、肉品质、脂肪酸、挥发性成分的比较分析尚鲜有系统、全面的研究。因此,本实验通过系统对苏尼特羊和小尾寒羊的屠宰性能、肉品质指标、肌肉脂肪酸含量以及挥发性成分的测定和对比,旨在客观评价苏尼特羊和小尾寒羊肉,并促进其肉类资源的开发,为实现肉羊的改良育种提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

从乌拉特中旗畜牧业育种园区内选取相同舍饲条件下5月龄的苏尼特羊和小尾寒羊各10只,公母各半,以饲草料为主(玉米秸秆、葵盘粉等,并补充玉米精料及育肥饲料)。现场屠宰,宰前禁食24 h,停水2 h,屠宰后分别从羊的背最长肌部位各取约150 g肌肉,其中100 g测定肉品质的相关指标,其余50 g在冷库冷冻,并在冷藏条件下运回实验室后-20℃保藏,进行后续脂肪酸、挥发性风味物质的测定。

甲醇、正己烷(均为色谱纯),三氯甲烷、三氟化硼-乙醚络合物、无水硫酸钠(均为分析纯),37种脂肪酸甲酯混标样 北京世纪奥科生物技术有限公司;2-甲基-3-庚酮标准品 美国Sigma公司。

### 1.2 仪器与设备

pH-10型pH计 北京赛多利斯科学仪器有限公司;  
TCP2全自动测色色差计 北京奥依克光电仪器有限公司;

C-LM3B嫩度仪 东北农业大学工程学院;GC-2014C型气相色谱仪、氢火焰离子化检测器 日本岛津公司;Trace 1300、ISQ型气相色谱-质谱联用仪、PC-420D型磁力加热搅拌装置、固相微萃取手柄 美国赛默飞世尔科技公司;固相微萃取装置 上海安谱实验科技公司;固相微萃取头 美国Supelco公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 屠宰性能测定

按照GB/T 9961—2008《鲜、冻胴体羊肉》进行胴体分割与各项指标分析,测定胴体质量、骨质量、净肉质量,计算屠宰率、净肉率、肉骨比等。

#### 1.3.2 肉品质测定

羊屠宰45 min后,依次测定背最长肌的pH值和色差。然后将羊肉放置在排酸库排酸24 h后测pH值、嫩度及熟肉率<sup>[7]</sup>。

#### 1.3.3 样品预处理

将肉样在4℃条件下解冻后,去除筋膜后切丁,再用液氮速冻,倒入粉碎机中进行粉碎,收集粉碎肉样待用。

#### 1.3.4 脂肪酸提取

称取5 g粉碎肉样,参照Folch等<sup>[10]</sup>的方法提取肉中的总脂肪,加入5 mL 0.5 mol/L的NaOH-CH<sub>3</sub>OH溶液进行脂肪皂化(70℃、5 min),再加入5 mL的BF<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH(1:3, V/V)溶液进行脂肪的甲酯化(70℃、2 min),最后加入3 mL C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>萃取(70℃、1 min),加入5 mL饱和NaCl溶液后静置10 min,分层后吸1 mL正己烷层于进样瓶中进行气相色谱分析。

#### 1.3.5 挥发性成分提取<sup>[9]</sup>

在20 mL样品瓶中加入5 g粉碎肉样,再加入5 mL饱和NaCl溶液和1 μL的2-甲基-3-庚酮溶液(0.168 μg/mL),放入转子后置于磁力搅拌器上,将老化的萃取头插入样品瓶使石英纤维头暴露于样品上部空间,在60℃条件下吸附45 min后拔出,萃取头在气相色谱进样口,250℃解吸附4 min。

#### 1.3.6 气相色谱与气相色谱-质谱联用分析条件

脂肪酸的气相色谱条件:Rt-2560石英毛细管柱(100 m×0.25 mm, 0.20 μm);进样口温度250℃;检测器温度280℃;分流比20:1;进样量1.0 μL;氢气发生器流速40 mL/min;恒定柱流速1.1 mL/min;程序升温:初始温度120℃,保持5 min,以4℃/min的速率升至250℃,保持28 min。

挥发性风味成分的气相色谱-质谱条件:TR-5毛细色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);载气He;载气流速1.0 mL/min;传输线温度250℃;不分流进样;进样时间1 min;升温程序:40℃保持3 min,以4℃/min升温到150℃,保持1 min,再以5℃/min升温到200℃,最后以20℃/min升至230℃,保持5 min。离子源温度250℃;

进样口温度250℃；质量扫描范围 $m/z$  30~400；溶剂延迟时间1.0 min。

### 1.3.7 定性定量分析

质谱数据经与Meanlib、NISTDemo和Wiley Library检索定性，将匹配度大于800作为鉴定依据。按已知浓度的2-甲基-3-庚酮的峰面积进行定量，用总离子流色谱图总峰面积表示苏尼特羊样品挥发性风味成分总量；脂肪酸按照已知浓度的37种脂肪酸甲酯混标的峰面积定量，数据用SPSS 19.0统计软件进行方差分析，利用Excel将数据制成表格进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 屠宰性能分析

**表1 苏尼特羊和小尾寒羊屠宰性能比较 ( $n=10$ )**  
**Table 1 Slaughter performance of Sunit lambs and Small-Tailed lambs ( $n=10$ )**

指标	苏尼特羊	小尾寒羊
活体质量/kg	35.00±3.78 <sup>a</sup>	33.90±6.22 <sup>a</sup>
胴体质量/kg	14.23±1.21 <sup>a</sup>	14.20±1.85 <sup>a</sup>
净肉质量/kg	10.40±1.50 <sup>a</sup>	9.95±1.28 <sup>a</sup>
骨质量/kg	3.20±0.35 <sup>b</sup>	4.09±0.43 <sup>a</sup>
屠宰率/%	40.97±3.34 <sup>a</sup>	41.96±2.39 <sup>a</sup>
肉骨比	3.33±0.31 <sup>a</sup>	2.48±0.23 <sup>b</sup>
净肉率/%	75.83±1.72 <sup>a</sup>	69.76±3.34 <sup>b</sup>

注：同行不同小写字母代表差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。

肉羊的产肉性能直接决定羊的经济效益。由表1可知，2种羊的活体质量均在35 kg左右，胴体质量可达到14 kg，净肉质量均在10 kg左右。小尾寒羊的骨质量（4.09 kg）显著高于苏尼特羊（3.20 kg） ( $P<0.05$ )，苏尼特羊的净肉率和肉骨比均显著高于小尾寒羊 ( $P<0.05$ )。因此，5月龄苏尼特羊与小尾寒羊相比，在屠宰性能上有一定的优势。

### 2.2 羊肉品质分析

**表2 小尾寒羊和苏尼特羊肉品质比较 ( $n=10$ )**  
**Table 2 Meat quality of Sunit lambs and Small-Tailed lambs ( $n=10$ )**

指标	苏尼特羊	小尾寒羊
pH <sub>0h</sub>	6.52±0.17 <sup>a</sup>	6.41±0.90 <sup>a</sup>
pH <sub>24h</sub>	5.84±0.58 <sup>a</sup>	5.83±0.94 <sup>a</sup>
$L^*$	29.40±2.13 <sup>a</sup>	30.24±1.49 <sup>a</sup>
$a^*$	14.27±1.60 <sup>a</sup>	12.28±1.61 <sup>b</sup>
$b^*$	5.37±0.53 <sup>a</sup>	3.53±0.90 <sup>b</sup>
剪切力/N	47.98±4.67 <sup>b</sup>	64.77±5.96 <sup>a</sup>
熟肉率/%	66.82±1.50 <sup>a</sup>	67.90±1.97 <sup>a</sup>

胴体pH值可反映羊屠宰后肌糖元的酵解速度和强度，能够影响肉的食用品质<sup>[11]</sup>。由表2可知，由于糖酵解，屠宰后羊肉中乳酸堆积，使得pH值从0 h到24 h下降到6以下，这与夏安琪等<sup>[12]</sup>的研究一致。0 h和24 h苏尼

特羊和小尾寒羊的pH值差异均不显著 ( $P>0.05$ )。肉色是用来衡量肉品品质和新鲜度的重要指标，并且色泽的变化能反映肉的抗氧化能力<sup>[13]</sup>；苏尼特羊的 $a^*$ 值和 $b^*$ 值均显著高于小尾寒羊 ( $P<0.05$ )，其肉色较红，色泽优于小尾寒羊。剪切力值的大小可反映羊肉的嫩度，当剪切力超过52.72 N时，肉较韧；当剪切力小于42.72 N时，肉较嫩<sup>[14]</sup>；苏尼特羊的剪切力值显著小于小尾寒羊 ( $P<0.05$ )，可知苏尼特羊的肉较嫩。熟肉率主要反映肌肉在蒸煮过程中的损失，与肉的系水力有很大关系<sup>[15]</sup>；苏尼特羊和小尾寒羊的熟肉率差异不显著 ( $P>0.05$ )，但均能达到65%以上。

### 2.3 肉中脂肪酸分析

**表3 苏尼特羊和小尾寒羊脂肪酸含量 ( $n=10$ )**  
**Table 3 Fatty acid contents of Sunit lamb and Small-Tailed Han lamb ( $n=10$ )**

类别	脂肪酸	含量/(mg/kg)	
		苏尼特羊	小尾寒羊
SFA	C <sub>10:0</sub>	24.07±1.07 <sup>a</sup>	10.90±2.10 <sup>b</sup>
	C <sub>12:0</sub>	24.38±1.61 <sup>a</sup>	15.30±0.69 <sup>b</sup>
	C <sub>14:0</sub>	123.20±10.91 <sup>a</sup>	111.03±15.74 <sup>a</sup>
	C <sub>15:0</sub>	37.52±5.98 <sup>a</sup>	16.22±3.23 <sup>b</sup>
	C <sub>16:0</sub>	1 978.41±268.38 <sup>a</sup>	1 247.51±124.00 <sup>b</sup>
	C <sub>17:0</sub>	71.93±7.33 <sup>b</sup>	165.87±15.79 <sup>a</sup>
	C <sub>18:0</sub>	2 529.39±92.85 <sup>a</sup>	1 323.22±187.38 <sup>b</sup>
	C <sub>24:0</sub>	45.09±2.24 <sup>a</sup>	19.52±2.56 <sup>b</sup>
	C <sub>14:1</sub>	32.37±5.21	ND
	C <sub>15:1</sub>	53.72±7.75 <sup>a</sup>	35.58±2.36 <sup>b</sup>
MUFA	C <sub>16:1</sub>	153.09±28.60 <sup>a</sup>	118.22±16.62 <sup>b</sup>
	C <sub>17:1</sub>	65.82±5.42 <sup>b</sup>	143.01±41.96 <sup>a</sup>
	C <sub>18:1n9t</sub>	128.33±17.33 <sup>a</sup>	149.54±36.34 <sup>a</sup>
	C <sub>18:1n9c</sub>	4 667.58±828.43 <sup>a</sup>	4 863.04±1 419.36 <sup>a</sup>
	C <sub>20:1</sub>	54.16±9.46 <sup>a</sup>	17.29±5.53 <sup>b</sup>
PUFA	C <sub>18:2n6t</sub>	23.84±3.72 <sup>b</sup>	50.57±15.94 <sup>a</sup>
	C <sub>18:2n6c</sub>	2 153.15±176.97 <sup>a</sup>	1 842.99±532.51 <sup>a</sup>
	C <sub>18:3n3</sub>	85.46±8.97 <sup>a</sup>	25.69±5.53 <sup>b</sup>
	C <sub>18:3n6</sub>	46.46±7.43 <sup>a</sup>	26.33±2.37 <sup>b</sup>
	C <sub>20:4n6</sub>	1 091.92±232.43 <sup>a</sup>	1 290.04±222.27 <sup>a</sup>
	C <sub>22:3n6</sub>	23.84±3.72 <sup>b</sup>	67.13±11.63 <sup>a</sup>

注：ND.未检出。下表同。

如表3所示，苏尼特羊和小尾寒羊分别检测出21、20种脂肪酸，饱和脂肪酸（saturated fatty acid, SFA）均为8种，主要包括棕榈酸（C<sub>16:0</sub>）和硬脂酸（C<sub>18:0</sub>）；单不饱和脂肪酸（monounsaturated fatty acid, MUFA）分别为7种和6种，以油酸（C<sub>18:1</sub>）为主，其含量达到4 000 mg/kg以上；多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acid, PUFA）均检出6种，以亚油酸（C<sub>18:2n6c</sub>）和花生四烯酸（C<sub>20:4n6</sub>）为主，其总量占总脂肪酸含量的90%左右，是羊肌肉脂肪酸的主要组成<sup>[16]</sup>。

在SFA中，苏尼特羊的C<sub>16:0</sub>和C<sub>18:0</sub>含量显著高于小尾寒羊 ( $P<0.05$ )，但C<sub>17:0</sub>含量显著低于小尾寒羊



( $P<0.05$ )。研究表明,  $C_{16:0}$ 和 $C_{18:0}$ 可能参与羊体内脂  
肪酸代谢, 与羊肉的膻味形成有关<sup>[17]</sup>。在MUFA中,  
小尾寒羊肉银杏酸( $C_{17:1}$ )的含量显著高于苏尼特羊  
( $P<0.05$ ), 但油酸( $C_{18:1n9c}$ )的含量没有显著差异,  
其含量分别可达到4 667.58 mg/kg和4 863.04 mg/kg。在  
PUFA中,  $C_{18:2n6c}$ 和 $C_{20:4n6}$ 在羊肉中含量较高, 其具有降  
血脂、血压, 防止动脉硬化等保健作用<sup>[18]</sup>。2种羊中  
 $C_{20:4n6}$ 和 $C_{18:2n6c}$ 的含量均没有显著差异( $P>0.05$ ), 但苏  
尼特羊肉中亚麻酸( $C_{18:3n3}$ )的含量显著大于小尾寒羊  
( $P<0.05$ ), 亚麻酸是 $\omega$ -3系脂肪酸, 在体内可生成有  
生理活性的二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸<sup>[19]</sup>; 这说明  
苏尼特羊有一定的营养优势。不饱和脂肪酸不仅是一种  
独特的生物活性物质, 在羊肉中的含量也在一定程度上  
决定了肉的营养价值, 而且其易氧化, 氧化产物直接影  
响风味物质的组成<sup>[9]</sup>。

2.4 肉中挥发性风味物质分析

羊肉的风味是前体物经过一系列变化(如脂氧化反  
应、美拉德反应等), 产生了多种化合物共同作用形成  
的<sup>[20]</sup>。由表4可知, 苏尼特羊和小尾寒羊肌肉中共检测到  
34种挥发性风味物质, 包括醛类、醇类、酮类、酸类、  
烃类等化合物。

由表4可知, 羊肉中检出醛类化合物种类、含量最  
多, 可达到15种。决定香气浓郁的因素包括香气物质  
的阈值和浓度, 实验中检出的大多醛类阈值较低, 且己  
醛、庚醛、辛醛和壬醛的含量较高, 是羊肉中主要的挥  
发性风味化合物, 己醛有青草味, 而庚醛、辛醛具有油  
脂氧化味<sup>[21]</sup>。其中, 苏尼特羊肉中己醛、辛醛和壬醛含量  
显著高于小尾寒羊( $P<0.05$ ), 而庚醛含量显著低于小  
尾寒羊( $P<0.05$ )。这些高含量的醛能影响羊肉中香气  
的形成, 研究表明己醛来源于亚油酸和花生四烯酸的氧  
化<sup>[22]</sup>; 而苏尼特羊肉中辛醛、壬醛的含量高也与其肉中  
油酸含量高有关, 油酸的氧化可产生辛醛、壬醛等<sup>[23]</sup>,  
这与实验的结果一致。羊肉中的主要芳香醛为苯甲醛,  
苏尼特羊与小尾寒羊中的苯甲醛含量无显著性差异  
( $P>0.05$ )。苏尼特羊肉中醛类物质的含量高于小尾寒  
羊, 这可能与苏尼特羊肉含有丰富的脂肪酸有关<sup>[24]</sup>。综  
上得出, 小尾寒羊醛类挥发性风味不及苏尼特羊。

羊肉中检出醇类化合物共有9种, 1-辛烯-3-醇、辛  
醇、戊醇的含量较高。醇类具有较高的阈值, 但在羊  
肉的香味中有加和作用<sup>[25]</sup>。饱和醇中, 戊醇具有油脂气  
味, 而辛醇则带有柑橘、玫瑰气味, 小尾寒羊肉中辛醇  
和戊醇的含量均显著高于苏尼特羊( $P<0.05$ )。在不饱  
和醇中, 1-辛烯-3-醇阈值较低, 其具有蘑菇香, 是花生  
四烯酸经脂肪氧化酶氧化的产物, 对羊肉风味的形成有  
一定作用<sup>[26]</sup>。小尾寒羊中1-辛烯-3-醇和反-2-辛烯醇的含  
量均显著高于苏尼特羊( $P<0.05$ )。由此可知, 小尾寒  
羊的醇类挥发性成分高于苏尼特羊。

表4 苏尼特羊和小尾寒羊的挥发性成分( $n=10$ )  
Table 4 Volatile composition in Sunit lamb and Small-Tailed Han  
lamb ( $n=10$ )

类别	名称	气味阈值/ ( $\mu\text{g/kg}$ )	含量/ ( $\mu\text{g/kg}$ )	
			苏尼特羊	小尾寒羊
醛类	戊醛 pentanal	12	20.52 $\pm$ 5.26 <sup>a</sup>	13.78 $\pm$ 4.51 <sup>b</sup>
	己醛 hexanal	4.5	851.90 $\pm$ 149.03 <sup>a</sup>	612.40 $\pm$ 128.62 <sup>b</sup>
	庚醛 heptanal	3	47.34 $\pm$ 9.95 <sup>b</sup>	69.55 $\pm$ 15.21 <sup>a</sup>
	辛醛 octanal	0.7	91.10 $\pm$ 22.55 <sup>a</sup>	47.49 $\pm$ 16.38 <sup>b</sup>
	(E)-2-庚烯醛 2-heptenal, (E)-	13	2.31 $\pm$ 1.10 <sup>a</sup>	3.20 $\pm$ 0.88 <sup>a</sup>
	壬醛 nonanal	1	360.22 $\pm$ 82.57 <sup>a</sup>	155.51 $\pm$ 6.10 <sup>b</sup>
	(E)-2-辛烯醛 2-octenal, (E)-	3	11.39 $\pm$ 2.86 <sup>b</sup>	19.03 $\pm$ 5.06 <sup>a</sup>
	癸醛 decanal	0.1	2.53 $\pm$ 0.50 <sup>b</sup>	4.47 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>
	苯甲醛 benzaldehyde	350	14.77 $\pm$ 6.83 <sup>a</sup>	15.33 $\pm$ 2.45 <sup>a</sup>
	(E)-壬烯醛 2-nonenal, (E)-	0.08	10.25 $\pm$ 2.37 <sup>b</sup>	17.38 $\pm$ 5.60 <sup>a</sup>
	(E)-癸烯醛 2-decenal, (E)-	0.3	8.97 $\pm$ 2.31 <sup>a</sup>	10.57 $\pm$ 1.31 <sup>a</sup>
	(E)-十一烯醛 2-undecenal, (E)-	—	2.71 $\pm$ 0.72 <sup>b</sup>	5.19 $\pm$ 1.36 <sup>a</sup>
	(E,E)-2,4-十二碳二烯醛 (E,E)-2,4-dodecadienal	0.07	4.26 $\pm$ 1.57 <sup>b</sup>	7.49 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>
	十四醛 tetradecanal	—	3.18 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>	4.06 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>
	十六醛 hexadecanal	—	2.62 $\pm$ 0.44 <sup>a</sup>	3.27 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>
醇类	戊醇 1-pentanol	4 000	21.70 $\pm$ 6.17 <sup>b</sup>	72.58 $\pm$ 8.50 <sup>a</sup>
	己醇 1-hexanol	2 500	8.76 $\pm$ 2.46 <sup>a</sup>	11.47 $\pm$ 4.11 <sup>a</sup>
	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	1	96.18 $\pm$ 23.52 <sup>b</sup>	186.46 $\pm$ 49.92 <sup>a</sup>
	庚醇 1-heptanol	3	8.24 $\pm$ 1.89 <sup>a</sup>	10.72 $\pm$ 2.95 <sup>a</sup>
	2-乙基己醇 1-hexanol, 2-ethyl-	270 000	ND	4.11 $\pm$ 0.89
酮类	辛醇 1-octanol	110	24.33 $\pm$ 4.31 <sup>b</sup>	39.75 $\pm$ 8.03 <sup>a</sup>
	反-2-辛烯醇 2-octen-1-ol, (E)-	40	14.10 $\pm$ 3.75 <sup>b</sup>	29.45 $\pm$ 6.40 <sup>a</sup>
	1-十二烯-3-醇 1-dodecen-3-ol	—	2.31 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	2.90 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>
	苯甲醇 benzyl alcohol	—	2.51 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	3.01 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>
	2,3-辛二酮 2,3-octanedione	—	501.99 $\pm$ 99.50 <sup>a</sup>	183.84 $\pm$ 28.65 <sup>b</sup>
酸类	4-十二酮 4-dodecanone	—	9.91 $\pm$ 2.82 <sup>a</sup>	12.83 $\pm$ 2.78 <sup>a</sup>
	丁酸 butanoic acid	—	ND	3.00 $\pm$ 0.64
	己酸 hexanoic acid	—	5.61 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	5.26 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>
烃类	乙苯 ethylbenzene	—	2.81 $\pm$ 0.98 <sup>b</sup>	4.42 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>
	对二甲苯 p-xylene	—	ND	10.63 $\pm$ 0.98
	十三烷 tridecane	—	2.38 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>	9.66 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>
其他	2-乙基丁酸烯丙酯 allyl 2-ethyl butyrate	—	5.82 $\pm$ 1.69 <sup>a</sup>	6.51 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup>
	甲氧基苯基肟 oxime-, methoxy-phenyl-	—	2.29 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>	6.84 $\pm$ 1.32 <sup>a</sup>
	茴香脑 anethole	—	1.65 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	3.54 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>

注: —, 无法查到。

酮类化合物是脂肪氧化的另一产物, 对羊肉的肉香  
味形成有不可忽视的作用<sup>[27]</sup>。2种羊肉共检测出2种酮  
类化合物, 含量最高的是2,3-辛二酮, 它是脂类物质氧  
化过程中烷氧基被另一个烷游离基氧化从而生成的<sup>[28]</sup>;  
苏尼特羊肉中2,3-辛二酮的含量显著高于小尾寒羊  
( $P<0.05$ ), 而4-十二酮相对含量在2种羊中没有显著  
差异( $P>0.05$ )。

酸类在羊肉在含量较低, 阈值较高对羊肉的香气贡  
献较小, 仅检测出了2种酸, 分别为丁酸和己酸, 这2种  
酸是羊肉中典型的致膻物质, 但在苏尼特羊中未检测到  
丁酸。

烃类化合物香味阈值较高,其中烷烃类主要由脂肪酸烷氧自由基的均裂产生,而一些含苯的芳香烃类来源于饲料在动物脂肪中的沉积<sup>[29]</sup>。烃类化合物对肉的风味贡献小,但能提高肉制品的整体风味<sup>[30]</sup>。由表3可知,羊肉中共检测出3种烃,在苏尼特羊中未检测到对二甲苯,小尾寒羊中乙苯和十三烷的含量均显著高于苏尼特羊( $P<0.05$ )。

### 3 结 论

苏尼特羊的净肉率和肉骨比均显著高于小尾寒羊( $P<0.05$ ),在屠宰性能上有一定的优势;苏尼特羊的色泽( $a^*$ 、 $b^*$ )显著高于小尾寒羊( $P<0.05$ ),剪切力值显著低于小尾寒羊( $P<0.05$ ),整体上苏尼特羊肉肉质较嫩,且色泽优于小尾寒羊。

从脂肪酸含量分析发现,苏尼特羊肉中SFA与PUFA含量均高于小尾寒羊,其中 $C_{16:0}$ 和 $C_{18:0}$ 含量显著高于小尾寒羊( $P<0.05$ )。羊肉中含量比较丰富的不饱和脂肪酸如 $C_{18:1}$ 、 $C_{18:2n6c}$ 和 $C_{20:4n6}$ ,在2种羊之间没有显著差异( $P>0.05$ )。整体上苏尼特羊肉的脂肪酸含量丰富,有一定的优势。

羊肉的挥发性成分主要由羰基化合物和醇类化合物组成,苏尼特羊的醛类和酮类化合物含量高于小尾寒羊,但醇类化合物低于小尾寒羊,整体上,苏尼特羊肉的挥发性成分较小尾寒羊高。筛选主要风味化合物为己醛、辛醛、壬醛、1-辛烯-3-醇和2,3-辛二酮,而这些挥发性成分多来源于脂氧化,且不同品种对挥发性成分的对含量和构成影响很大。

### 参考文献:

- [1] 罗玉龙,杨晶,靳志敏,等.不同部位苏尼特羊食用品质与脂肪酸组成[J].食品工业,2015(9):294-297.
- [2] 郭元,李博.小尾寒羊不同部位羊肉理化特性及肉用品质的比较[J].食品科学,2008,29(10):143-147. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.10.028.
- [3] MANCINI R A, HUNT M C. Current research in meat color[J]. Meat Science, 2005, 71(1): 100-121. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
- [4] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲,等.肉嫩度决定因子及牛肉嫩化技术研究进展[J].中国农业科学,2007,40(12):2835-2841.
- [5] VASTA V, AOUADI D, BROGNA D M R, et al. Effect of the dietary supplementation of essential oils from rosemary and artemisia on muscle fatty acids and volatile compound profiles in Barbarine lambs[J]. Meat Science, 2013, 95(2): 235-241. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.12.021.
- [6] 华晓青,刘树军,史晓燕,等.巴美肉羊和小尾寒羊肌纤维特性的研究[J].食品工业,2012(10):105-108.
- [7] 张宏博,王贵印,袁倩,等.巴美肉羊的食用品质[J].食品科学,2013,34(19):19-22. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201319005.
- [8] 苏琳,林在琼,袁倩,等.苏尼特羊的肌纤维特性分析[J].食品工业科技,2014,35(6):98-101. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.06.020.
- [9] 罗玉龙,赵丽华,王柏辉,等.苏尼特羊不同部位肌肉挥发性风味成分和脂肪酸分析[J].食品科学,2017,38(4):165-169. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201704026.
- [10] FOLCH L M, SLOANE G H S. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [11] PERRE V V D, PERMENTIER L, BIE S D, et al. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork[J]. Meat Science, 2010, 86(4): 931-937. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.07.019.
- [12] 夏安琪,李欣,陈丽,等.不同宰前禁食时间对羊肉品质影响的研究[J].中国农业科学,2014,47(1):145-153. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.01.015.
- [13] SUMAN S P, HUNT M C, NAIR M N, et al. Improving beef color stability: practical strategies and underlying mechanisms[J]. Meat Science, 2014, 98(3): 490-504. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.06.032.
- [14] DESTEFANIS G, BRUGIAPAGLIA A, BARGE M T, et al. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force[J]. Meat Science, 2008, 78: 153-156. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.05.031.
- [15] 周玉青,李娜,谢鹏,等.不同饲养模式对青海藏羊肉食用品质和营养成分的影响[J].食品科学,2016,37(19):249-253. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201619042.
- [16] FRANCISCO A, DENTINHO M T, ALVES S P, et al. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils[J]. Meat Science, 2015, 100: 275-282. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.10.014.
- [17] 刘安军,杨书文.两种鱼中各部位脂肪酸的GC分析[J].粮油加工,2007(1):57-59.
- [18] FLEITH M, CLANDININ M T. Dietary PUFA for preterm and term infants: review of clinical studies[J]. Food Science, 2005, 45: 205-229. DOI:10.1080/10408690590956378.
- [19] SCOLLAN N D, DANNENBERGER D, NUERNBERG K, et al. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality[J]. Meat Science, 2014, 97(3): 384-394. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.02.015.
- [20] 郭冰.肉类风味形成及羊肉香精的风味研究[J].食品科学技术学报,2011,29(2):70-74.
- [21] 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.
- [22] VARLET V, KNOCKAERT C, PROST C, et al. Comparison of odorous volatile compounds of fresh and smoked salmon[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(9): 3391-3401. DOI:10.1021/jf053001p.
- [23] NIETO G, BANON S, GARRIDO M D. Effect of supplementing ewes' diet with thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves on the lipid oxidation of cooked lamb meat[J]. Food Chemistry, 2011, 125(4): 1147-1152. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.09.090.
- [24] OSORIO M T, ZUMALACARREGUI J M, CABEZA E A, et al. Effect of rearing system on some meat quality traits and volatile compounds of suckling lamb meat[J]. Small Ruminant Research, 2008, 78(1): 1-12. DOI:10.1016/j.smallrumres.2008.03.015.
- [25] SERKAN S, GONCA G C. Analysis of volatile compounds of wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by simultaneous distillation-extraction (SDE) and GC-MS[J]. Microchemical Journal, 2009, 93(2): 232-235. DOI:10.1016/j.microc.2009.07.010.
- [26] LEDUC F, TOURNAYRE P, KONDOYAN N, et al. Evolution of volatile odorous compounds during the storage of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Food Chemistry, 2012, 131(4): 1304-1311. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.09.123.
- [27] XIONG Y L, LOU X, WANG C, et al. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(1): 96-100. DOI:10.1111/j.1365-2621.2000.tb15962.x.
- [28] MART I N L, TIMON M L, PETRON M J, et al. Evolution of volatile aldehydes in Iberian ham matured under different processing conditions[J]. Meat Science, 2000, 54(4): 333-337. DOI:10.1016/S0309-1740(99)00107-2.
- [29] MEYNIER A, NOVELLI E, CHIZZOLINI R, et al. Volatile compounds of commercial Milano salami[J]. Meat Science, 1999, 51(2): 175-183. DOI:10.1016/S0309-1740(98)00122-3.
- [30] 李伟,罗瑞明,李亚蕾,等.宁夏滩羊肉的特征香气成分分析[J].现代食品科技,2013,29(5):1173-1177. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.05.010.