

# 甘南藏羊和海北藏羊肉品质比较研究

中拉毛草<sup>1</sup>, 周佳<sup>2</sup>, 江春德<sup>2</sup>, 杨耀<sup>1,\*</sup>

(1.甘南州动物疫病预防控制中心, 甘肃 甘南藏族自治州 747000; 2.甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为比较甘南藏羊和海北藏羊肉品质特性, 对8月龄育肥后羊后腿尾龙扒肉质、营养和挥发性成分及有害物质残留量等进行分析。结果表明: 甘南藏羊肉的亮度( $L^*$ )、红度( $a^*$ )、黄度值( $b^*$ )显著高于海北藏羊肉( $P < 0.05$ ), 两个品种藏羊肉pH值、失水率、熟肉率和剪切力差异不显著; 甘南藏羊肉的蛋白质含量显著高于海北藏羊肉( $P < 0.05$ ), 而脂肪、水分和灰分含量则差异不显著; 甘南和海北藏羊肉中的氨基酸仅甘氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、丙氨酸和精氨酸含量存在显著差异, 甘南藏羊肉的缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、丙氨酸和精氨酸含量显著低于海北藏羊肉( $P < 0.05$ ), 甘氨酸则相反, 其他种类的氨基酸含量差异不显著; 两个品种藏羊肉的风味有所不同, 甘南藏羊风味好于海北藏羊; 甘南和海北藏羊肉均检出铅、汞和铬, 海北藏羊肉汞含量显著高于甘南藏羊; 甘南藏羊还检出镉含量为0.006 mg/kg, 其他有害物质均未检出。甘南藏羊肉的加工性能和风味较好, 蛋白质含量高, 在生产中应考虑其不同用途从而选择不同品种藏羊肉。

**关键词:** 肉品质; 甘南藏羊; 营养物质; 挥发性风味物质; 有害物质残留量

## Comparison of Meat Quality between Tibetan Sheep from Gannan and Haibei

ZHONGLA Maocao<sup>1</sup>, ZHOU Jia<sup>2</sup>, JIANG Chunde<sup>2</sup>, YANG Yao<sup>1,\*</sup>

(1. Gannan Animal Disease Prevention and Control Centre, Gannan Tibetan Autonomous Prefecture 747000, China;

2. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** To compare the meat quality characteristics of Tibetan sheep from Gannan and Haibei, this study analyzed the meat quality, nutrient and volatile components and harmful substance residues in rump off from eight-month-old fattened lambs. The results showed that the  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of Gannan Tibetan lamb meat were significantly higher than those of Haibei Tibetan lamb meat ( $P < 0.05$ ), but there were no significant differences in pH, water loss, cooked meat yield or shear force between the two breeds of Tibetan lamb. The protein content of Gannan Tibetan lamb meat was significantly higher than that of Haibei Tibetan lamb meat ( $P < 0.05$ ), while there were no significant differences in the contents of fat, moisture and ash between them. The contents of glycine, valine, methionine, isoleucine, alanine and arginine were significantly different between the two breeds; the contents of valine, methionine, isoleucine, alanine and arginine were significantly lower in Gannan than those in Haibei Tibetan lamb meat ( $P < 0.05$ ), while glycine was the opposite and the other amino acids were not significantly different ( $P > 0.05$ ). The meat flavor of Gannan Tibetan lambs was better than that of Haibei Tibetan lambs. Lead, mercury and chromium were detected in both Gannan and Haibei Tibetan sheep meat; the mercury content in Haibei Tibetan lamb meat was significantly higher than that in Gannan Tibetan lamb meat. Cadmium was also detected in Gannan Tibetan lamb meat at 0.006 mg/kg, while other harmful substances were not detected. In summary, the meat of Gannan Tibetan lambs has better processing properties and high protein content, and different Tibetan sheep breeds should be chosen according to different purposes in production.

**Keywords:** meat quality; Gannan Tibetan sheep; nutrients; volatile flavoring substances; residues of harmful substances

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230711-069

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 09-0014-07

收稿日期: 2023-07-11

基金项目: 甘南州科技计划项目(2022JY1NZ010); 甘肃省高等学校产业支撑计划项目(2020C-18)

第一作者简介: 中拉毛草(1980—)(ORCID: 0009-0003-2372-5629), 女, 高级兽医师, 学士, 研究方向为动物疫病防治及防控。E-mail: 739200450@qq.com

\*通信作者简介: 杨耀(1988—)(ORCID: 0009-0004-1607-5266), 女, 高级兽医师, 学士, 研究方向为畜禽养殖及动物疫病防治。E-mail: 407219620@qq.com

引文格式:

中拉毛草, 周佳, 江春德, 等. 甘南藏羊和海北藏羊肉品质比较研究[J]. 肉类研究, 2023, 37(9): 14-20. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230711-069. <http://www.rlyj.net.cn>

ZHONGLA Maocao, ZHOU Jia, JIANG Chunde, et al. Comparison of meat quality between Tibetan sheep from Gannan and Haibei[J]. Meat Research, 2023, 37(9): 14-20. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230711-069. <http://www.rlyj.net.cn>

甘南藏羊主要分布在甘南藏族自治州的夏河县、玛曲县、碌曲县等地, 现存栏量约为180.50万只, 占各类牲畜的53%。甘南藏羊是指在甘南藏族自治州域内遗传性状稳定的甘加羊、欧拉羊、乔科羊等品种资源, 甘加羊是甘南独有的草地型藏羊品种, 属优良地方类群<sup>[1]</sup>, 其特点是对海拔3 000 m以上的高寒生态环境有良好的适应能力, 肉质营养丰富、味道鲜美, 在当地享有盛名<sup>[2]</sup>。海北藏羊主要分布在青藏高原, 其胴体肉色鲜红、有光泽, 肌纤维致密, 富有韧性、弹性好, 脂肪呈白色<sup>[3]</sup>。在煮沸后, 没有任何膻味, 味道鲜美纯正、口感好, 而且肥瘦相间、香味浓郁。海北藏羊肉质富含18种氨基酸, 以及铁、锌、硒等人体必需的微量元素和丰富的维生素, 高蛋白、低脂肪, 氨基酸种类齐全, 在羊肉中独具特色<sup>[4]</sup>。

随着生活水平的日益提高, 消费者对藏羊肉品质的要求更加丰富。刘长英等<sup>[5]</sup>在甘南藏羊品质研究中得出, 甘南藏羊肉与当地蒙古羊肉相比, 具有高蛋白质、低脂肪、高矿物质、维生素丰富等特点。王贵印等<sup>[6]</sup>分析乌拉特地区白绒山羊肉品质发现, 乌拉特地区羊肉氨基酸含量较高, 风味较好, 但硬脂酸含量较低。郭万春等<sup>[7]</sup>研究青海藏羊公、母羊肉品质特性, 结果表明, 藏羊肉蛋白质含量高, 脂肪含量低, 矿物质丰富, 氨基酸种类齐全, 必需氨基酸含量和非必需氨基酸含量高于小尾寒羊, 揭示了青海藏羊肉品质优良的特点。也有研究表明羊肉品质及风味主要与其蛋白质、脂肪含量有关<sup>[8-10]</sup>。已有的研究报道中关于藏羊肉品质是否存在地域差异或其他因素有关的研究还较少。

本研究以甘南藏羊为研究对象, 与海北藏羊进行对比分析, 明确甘南藏羊食用品质, 常规营养成分、氨基酸、挥发性风味物质及有害物质残留量的变化情况, 旨在为评价其品质提供理论依据, 也为今后藏羊的养殖、屠宰加工企业提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

甘南藏羊肉和海北藏羊肉分别采自甘肃夏河县桑科种羊场有限公司和青海海北藏族自治州畜牧兽医科学研究所健康无病8月龄胴体。

### 1.2 仪器与设备

NR60CP型色差仪 淄博迪烨仪器设备有限公司; PHS-ZF数字酸度计 武汉提沃克科技有限公司; C-LM3嫩度仪 北京布拉德科技发展有限公司; RH-1000型肉品系水力测定仪 北京金洋万达科技有限公司; AL104型电子天平 上海花潮实业有限公司; TGL-16M高速台式冷冻离心机 上海卢湘仪离心机仪器有限公司; UV-1700紫外分光光度计 上海美析仪器公司; KDN-08C消化炉 浙江托普云农科技股份有限公司; 835-50型氨自动分析仪 日本岛津公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

随机选取20头甘南藏羊、20头海北藏羊。宰前禁食24 h, 禁水2 h, 宰后采集胴体后腿尾龙扒肌肉进行食用品质和营养品质分析, 将肌肉分割为100 g左右小块装入洁净保鲜袋中, 迅速冷置于-18℃冰箱冷冻保藏, 待测。

#### 1.3.2 食用品质指标测定

##### 1.3.2.1 色度

使用便携式色差仪评估肉表面颜色变化, 测定亮度( $L^*$ )、红度( $a^*$ )、黄度值( $b^*$ )。在测定前, 用校准板( $L^*=94.0$ 、 $a^*=0.315$ 、 $b^*=0.323$ )进行校正。每个样品不同位置重复测定3次, 结果取平均值。按式(1)计算色差( $\Delta E$ )。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (1)$$

式中:  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 表示甘南藏羊肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ;  $L_0^*$ 、 $a_0^*$ 、 $b_0^*$ 表示海北藏羊肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 。

##### 1.3.2.2 剪切力

按照Biffin等<sup>[11]</sup>的方法, 使用嫩度仪自带的“V”型剪切刀测定, 每个肌肉块重复测定6次, 结果取平均值。

##### 1.3.2.3 pH值

参考Zuo Huixin等<sup>[12]</sup>的方法, 将约3 g不含筋膜和脂肪的肉样置于50 mL离心管中, 加入30 mL去离子水, 匀浆器均质30 s, 使用pH计测定样品匀浆pH值。测定前使用标准液进行校准。每个样品测定6次, 结果取平均值。

##### 1.3.2.4 熟肉率

称量蒸煮前( $m_1$ , g)和蒸煮后( $m_2$ , g)肉块质量, 按式(2)计算熟肉率。

$$\text{熟肉率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

### 1.3.2.5 失水率

将样品切割为2 cm×2.5 cm×1 cm,称质量( $m_3$ , g),采用失水率仪施加121 N后,再次称质量( $m_4$ , g),失水率按式(3)计算。

$$\text{失水率}/\% = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100 \quad (3)$$

### 1.3.3 基础营养成分测定

水分含量按照GB/T 5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》进行测定;蛋白质含量按照GB 50095—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》进行测定;脂肪含量按照GB/T 50096—2003《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》进行测定;灰分含量按照GB 50094—2010《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》进行测定。

### 1.3.4 氨基酸测定

按照GB/T 5009.124—2003《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》进行测定。

### 1.3.5 矿物质测定

采用原子吸收分光光度计测定钾、钠、铜、锌、铁、钙、锰、镁含量,紫外分光光度法测定磷含量,以上元素均按照国家相关检测标准进行。

### 1.3.6 挥发性风味物质测定

参考Zuo Huixin等<sup>[12]</sup>的方法,略作修改。先将萃取头置于气相色谱-质谱联用(gas chromatography mass spectrometry, GC-MS)仪进样口进行老化;称取肉糜状样品2 g于15 mL进样瓶中,加入20% NaCl,然后加入10  $\mu$ L内标物溶液(0.168 mg/mL 2-甲基-3-庚酮),萃取头插入进样瓶距离肉样1 cm处,于90  $^{\circ}$ C吸附45 min,萃取结束后,取出萃取头并插入GC-MS进样口,在260  $^{\circ}$ C条件下解吸附5 min。

气相色谱:DB-5 MS毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25  $\mu$ m),载气为氦气,流速1 mL/min;进样口和传输线温度为260  $^{\circ}$ C;起始温度为35  $^{\circ}$ C,保持1 min,以10  $^{\circ}$ C/min升温到200  $^{\circ}$ C并保持3 min,再以20  $^{\circ}$ C/min升到250  $^{\circ}$ C并保持15 min。

质谱:离子源温度230  $^{\circ}$ C,电离方式为电轰击电离,电子能量70 eV,质量扫描范围 $m/z$  30~400。

质谱图经系统自带的数据库NIST Library检索定性,匹配度大于700作为鉴定依据。选择2-甲基-3-庚酮(0.168 mg/mL)作为内标物,按内标物峰面积对各挥发性风味物质进行定量分析。

### 1.3.6 有害物质残留量测定

无机砷含量的测定参照GB 5009.11—2014《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》中的方法;土霉素、四环素和金霉素含量的测定参照GB/T 5009.116—2003《畜、禽肉中土霉素、四环素、金霉素残留量的测定 高

效液相色谱法》中的方法;其他重金属、抗生素以及农药、化肥和污染物残留量的测定及限量标准均参照NY/T 2799—2015《绿色食品 畜肉》中的方法。

### 1.4 数据处理

采用SPSS 19.0统计软件进行统计分析,结果表示为平均值±标准差,采用 $t$ 检验进行差异显著性分析,差异显著水平为 $P=0.05$ ,极显著水平为 $P=0.01$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地区藏羊肉质分析

肉色是决定肉类呈现性、可接受性和外观的关键因素。肉色主要取决于肌肉中色素物质肌红蛋白和血红蛋白的含量<sup>[13]</sup>。由表1可知,甘南和海拔藏羊肉在颜色方面存在显著差异,甘南藏羊肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 显著高于海拔藏羊肉( $P<0.05$ )。这主要因为甘南藏羊生长在高海拔、空气稀薄地区,使决定肉色的肌红蛋白和血红蛋白含量明显较高,从而导致色泽较深<sup>[14]</sup>。两种藏羊肉pH值均接近6.4,差异不显著。两种藏羊肉的失水率和熟肉率也差异不显著。剪切力表征肉的嫩度,剪切力越高,嫩度越差<sup>[15]</sup>,与海拔藏羊相比,甘南藏羊的剪切力显著降低了17.67%( $P<0.05$ )。因此,与海拔藏羊肉相比,甘南藏羊肉色泽鲜红、嫩度高、肉品多汁且具有较好的加工性能。

表1 不同地区藏羊肉质分析

| Table 1 Meat quality analysis of Tibetan sheep lambs from different regions |                        |                         |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 项目                                                                          | 甘南藏羊肉                  | 海拔藏羊肉                   |                         |
| 肉色                                                                          | $L^*$                  | 49.13±0.67 <sup>A</sup> | 32.74±2.84 <sup>B</sup> |
|                                                                             | $a^*$                  | 20.82±0.25 <sup>A</sup> | 18.85±1.41 <sup>B</sup> |
|                                                                             | $b^*$                  | 5.73±0.61 <sup>A</sup>  | 3.18±0.21 <sup>B</sup>  |
|                                                                             | $\Delta E$             | 16.72                   |                         |
| pH                                                                          | 6.47±0.23              | 6.34±0.19               |                         |
| 失水率/%                                                                       | 15.91±2.42             | 15.39±3.51              |                         |
| 熟肉率/%                                                                       | 17.04±3.38             | 18.22±3.25              |                         |
| 剪切力/kg                                                                      | 7.13±1.41 <sup>B</sup> | 8.39±0.85 <sup>A</sup>  |                         |

注:同行大写字母不同,表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

### 2.2 不同地区藏羊肉营养指标分析

水分含量在很大程度上影响羊肉嫩度,而蛋白质和脂肪含量影响羊肉品质,其含量越高说明羊肉越有营养<sup>[16]</sup>。由表2可知,甘南藏羊和海拔藏羊水分含量差异不显著。甘南藏羊肉蛋白质含量为22.17%,比海拔藏羊肉高2.36%( $P<0.05$ );说明甘南藏羊肉相比于海拔藏羊肉,具有更高的蛋白质含量,这可能是因为甘南藏羊采食的天然牧草中含有更丰富的蛋白质<sup>[17]</sup>。脂肪含量比海拔藏羊肉略低,这可能与藏羊所处的生态环境、终年放牧有关。高原气温相对很低,周围环境较恶劣,藏羊需要消耗较多脂肪,产生热量抵御外界低温<sup>[18]</sup>。甘南藏羊肉灰分含量比海拔藏羊肉高0.02%,但差异均不显著。

因此,与海北藏羊肉相比,甘南藏羊肉具有蛋白质含量丰富、低脂肪,无机盐含量相对丰富的特点,羊肉基本营养品质良好,是理想的高蛋白动物性食品。

表2 不同藏羊肉常规营养成分含量

| 指标    | 甘南藏羊肉                   | 海北藏羊肉                   |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 水分含量  | 72.53±2.04              | 73.23±1.56              |
| 蛋白质含量 | 22.17±1.03 <sup>A</sup> | 19.81±1.36 <sup>B</sup> |
| 脂肪含量  | 2.15±0.60               | 2.53±0.50               |
| 灰分含量  | 0.69±0.05               | 0.67±0.04               |

## 2.3 不同地区藏羊肉氨基酸分析

表3 不同藏羊肉氨基酸含量分析

| 氨基酸           | 甘南藏羊肉                  | 海北藏羊肉                  |
|---------------|------------------------|------------------------|
| 天冬氨酸 (Asp) *  | 6.19±0.39              | 6.49±0.41              |
| 苏氨酸 (Thr) **  | 5.19±0.30              | 5.32±0.29              |
| 丝氨酸 (Ser) *   | 13.06±0.91             | 13.31±0.81             |
| 谷氨酸 (Glu) *   | 10.41±1.36             | 8.51±4.04              |
| 甘氨酸 (Gly) *   | 4.47±2.11 <sup>A</sup> | 0.46±1.58 <sup>C</sup> |
| 半胱氨酸 (Cys)    | 0.02±0.05              | ND                     |
| 缬氨酸 (Val) **  | 5.83±0.32 <sup>B</sup> | 6.37±0.47 <sup>A</sup> |
| 甲硫氨酸 (Met) #  | 1.78±0.35 <sup>B</sup> | 2.19±0.44 <sup>A</sup> |
| 异亮氨酸 (Ile) ** | 5.78±0.41 <sup>B</sup> | 6.43±0.42 <sup>A</sup> |
| 亮氨酸 (Leu) **  | 13.80±0.83             | 14.51±1.00             |
| 酪氨酸 (Tyr) *   | 4.50±0.31              | 4.73±0.31              |
| 苯丙氨酸 (Phe) #  | 4.97±0.30              | 5.18±0.36              |
| 赖氨酸 (Lys) **  | 9.42±0.61              | 9.90±0.68              |
| 组氨酸 (His) *   | 3.42±0.26              | 3.32±0.29              |
| 精氨酸 (Arg) *   | 8.17±0.49 <sup>B</sup> | 8.62±0.55 <sup>A</sup> |
| EAA           | 46.77                  | 49.90                  |
| NAA           | 50.24                  | 45.44                  |
| TAA           | 97.01                  | 95.34                  |
| EAA/TAA       | 0.482                  | 0.523                  |
| EAA/NAA       | 0.931                  | 1.10                   |
| 鲜味氨基酸总量       | 16.60                  | 15.00                  |
| 甜味氨基酸总量       | 22.72                  | 19.09                  |
| 苦味氨基酸总量       | 55.89                  | 59.06                  |

注: #.必需氨基酸; EAA.必需氨基酸 (essential amino acids); NAA.非必需氨基酸 (non-essential amino acids); TAA.总氨基酸 (total amino acids); \*.呈味氨基酸,其中鲜味氨基酸包括天冬氨酸、谷氨酸,甜味氨基酸包括甘氨酸、丝氨酸、苏氨酸,苦味氨基酸包括缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸。

氨基酸是构成蛋白质的基本单元,肉中氨基酸组成和含量比例是影响肉品质的重要因素,也是评价肉中营养价值的重要指标<sup>[19]</sup>。由表3可知,甘南藏羊肉的EAA含量为46.77%,比海北藏羊肉低3.13%;NEAA含量为50.24%,比海北藏羊肉高4.8%。其中具有抗氧化作用的支链氨基酸组氨酸、酪氨酸和甲硫氨酸总量为9.70%,显著低于海北藏羊肉 ( $P<0.05$ )。肉香味的必需前体氨基酸甘氨酸含量为4.47%,显著高于海北藏羊肉 ( $P<0.05$ )。按照世界卫生组织/联合国粮农组织

(World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations, WHO/FAO)氨基酸模式要求,EAA/TAA的标准值为0.4,EAA/NAA的标准值为0.6,比值越接近标准值说明蛋白质组成越优质,更有营养价值。甘南藏羊肉的EAA/TAA和EAA/NAA分别为0.482和0.931,较海北藏羊肉更接近标准值。这说明甘南藏羊肉相比与海北藏羊肉,更加符合WHO/FAO氨基酸模式标准,是更优质的蛋白质来源。

将呈味氨基酸按照鲜味、甜味和苦味进行分类,由表3可知,甘南藏羊肉中呈现滋味较好的鲜味和甜味氨基酸总含量为39.32%,高出海北藏羊肉15.34%。甘南藏羊肉鲜味氨基酸含量为16.6%,比海北藏羊肉高出1.6%;甜味氨基酸含量为22.72%,比海北藏羊肉高出3.63%;尤其是甘南藏羊肉的甘氨酸含量为4.47%,显著高于海北藏羊肉8倍以上。甘氨酸是羊肉呈现甜味的重要物质,同时甘氨酸是内源性抗氧化剂还原型谷胱甘肽的组成氨基酸,机体发生严重应激时常外源补充<sup>[20]</sup>。此外,鲜味和甜味氨基酸还可以消除肉中的不良滋味(苦味)。而在呈现滋味较差的苦味氨基酸方面,甘南藏羊肉的苦味氨基酸含量为55.89%,低于海北藏羊肉。尤其是甘南藏羊肉中缬氨酸、异亮氨酸和精氨酸含量分别为5.83%、5.78%和8.17%,均显著低于海北藏羊肉 ( $P<0.05$ ),所以甘南藏羊肉的苦味比海北藏羊肉更淡。

表4 不同地区藏羊肉的氨基酸评分

| 氨基酸                   | FAO模式<br>含量/<br>(mg/g) | 甘南藏羊肉            |        |      | 海北藏羊肉            |        |      |
|-----------------------|------------------------|------------------|--------|------|------------------|--------|------|
|                       |                        | 氨基酸含量/<br>(mg/g) | RAA    | RCAA | 氨基酸含量/<br>(mg/g) | RAA    | RCAA |
| 苏氨酸 (Thr)             | 40                     | 51.95            | 129.88 | 0.85 | 53.20            | 133.00 | 0.82 |
| 缬氨酸 (Val)             | 50                     | 58.32            | 116.64 | 0.76 | 63.66            | 127.32 | 0.78 |
| 异亮氨酸 (Ile)            | 40                     | 57.79            | 144.48 | 0.95 | 64.30            | 160.75 | 0.99 |
| 亮氨酸 (Leu)             | 70                     | 138.05           | 197.21 | 1.29 | 145.08           | 207.26 | 1.28 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸<br>(Phe+Tyr) | 60                     | 94.70            | 157.83 | 1.03 | 99.08            | 165.13 | 1.02 |
| 赖氨酸 (Lys)             | 55                     | 94.21            | 171.29 | 1.12 | 98.98            | 179.96 | 1.11 |
| EAAI                  |                        |                  | 150.61 |      |                  | 159.98 |      |

注: RAA.氨基酸比值 (ratio of amino acid); RCAA.氨基酸比值系数分 (score of ratio coefficient of amino acids); EAAI.必需氨基酸指数 (essential amino acid index)。

由表4可知,甘南藏羊肉和海北藏羊肉中均含有3种限制性氨基酸,按照RCAA值从小到大排列依次为缬氨酸、苏氨酸和异亮氨酸。甘南、海北藏羊肉缬氨酸RCAA值分别为0.76、0.78,为第1限制性氨基酸;苏氨酸RCAA值分别为0.85、0.82,为第2限制性氨基酸;异亮氨酸RCAA值分别为0.95、0.99,为第3限制性氨基酸;亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、赖氨酸的RCAA值均超过1.00。氨基酸既可以发生美拉德反应参与香味的形成,又可作为呈味物质增强肉的滋味刺激消费者的味觉<sup>[19]</sup>。甘南藏羊肉IEAA值达到150.61,海北藏羊肉为

150.98, 均为优质蛋白质来源。综上所述, 甘南藏羊肉的IEAA值超过100%, 具备成为优质蛋白质来源的基础条件, 同时甘南藏羊肉相较于海北藏羊肉, 甜味与鲜味更加明显, 且苦味较淡, 更易于制作香味浓郁的肉制品。

#### 2.4 不同地区藏羊肉矿物质分析

矿物质是指一些元素和无机盐类, 人体不能自身合成, 必需通过食物来补充。这些无机物在肉中有些以单独游离态存在, 有些与糖蛋白和酯结合存在。它们虽然含量都不高, 但是机体新陈代谢和神经系统、维持生命活动、构成机制不可缺少的因子, 一旦哪种元素供应不足, 都会引起生命正常活动的不良表现, 甚至缺乏症<sup>[21]</sup>。肉类的矿物质含量与其生长环境及饲料有关, 当地环境中矿物质含量较高, 羊食饲的牧草矿物质含量也相应较高, 羊肉中的矿物元素也会较高, 除此之外, 还与肉的种类有关<sup>[22]</sup>。由表5可知, 两种藏羊肉中K、Fe、Cu、Na、P的含量基本相同, 没有显著差异。而甘南藏羊肉中的Ca、Mg、Mn含量分别为36.7 mg/100 g和306、0.192 mg/kg, 显著低于海北藏羊肉 ( $P<0.05$ ); Zn是人体多种酶的成分, 也是蛋白质合成和正常代谢所必需的成分, 参与碳水化合物代谢, 对人体极为有益<sup>[23]</sup>。Zn可以促进青少年的智力与身体发育, 同时还有维持视力发育和预防老年痴呆的作用<sup>[24]</sup>。甘南藏羊肉中Zn含量为24.4 mg/kg, 显著高于海北藏羊肉 ( $P<0.05$ )。这可能与饲养方式、饲养环境及地质构成等因素不同有关<sup>[25]</sup>。甘南藏羊肉相较于海北藏羊肉, 是更好的Zn来源。

表5 不同地区藏羊肉矿物质含量

Table 5 Mineral contents of Tibetan lamb meat from different regions

| 矿物质             | 甘南藏羊肉                  | 海北藏羊肉                  |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| K含量/(mg/100 g)  | 314.2±5.0              | 315.7±10.0             |
| Ca含量/(mg/100 g) | 36.7±0.5 <sup>B</sup>  | 77.9±3.0 <sup>A</sup>  |
| Na含量/(mg/100 g) | 48.6±1.3               | 57.9±3.7               |
| Mg含量/(mg/kg)    | 306.6±1.0 <sup>B</sup> | 312.3±1.0 <sup>A</sup> |
| Fe含量/(mg/kg)    | 24.7±0.1               | 18.3±0.8               |
| Mn含量/(mg/kg)    | 0.2±0.0 <sup>B</sup>   | 0.3±0.0 <sup>A</sup>   |
| Cu含量/(mg/kg)    | 0.6±0.03               | 0.7±0.05               |
| Zn含量/(mg/kg)    | 24.4±0.0 <sup>A</sup>  | 21.8±0.1 <sup>B</sup>  |
| P含量/(mg/100 g)  | 214.5±6.5              | 195.8±0.1              |

#### 2.5 不同地区藏羊肉挥发性风味

如表6所示, 甘南藏羊和海北藏羊肉中共检出挥发性风味物质93种, 其中醇类相对含量分别为36.76%、34.87%, 醛类分别为11.41%、11.23%, 酯类分别为4.64%、4.09%, 酮类分别为3.74%、3.24%, 烯类分别占3.07%、2.67%, 酸类分别为2.19%、1.99%, 其他类分别为38.19%、41.91%。

表6 甘南藏羊和海北藏羊肉挥发性成分  
Table 6 Volatile components of Gannan and Haibei Tibetan lamb meat

| 挥发性风味物质 |                         | 相对含量/% |       |
|---------|-------------------------|--------|-------|
|         |                         | 甘南藏羊肉  | 海北藏羊肉 |
| 酸类      | 甘氨酸                     | 1.50   | 0.10  |
|         | 2-羟基-乙氧基甘氨酸             | 0.31   | —     |
|         | 2-辛烯酸                   | 0.31   | 0.30  |
|         | 1-丙氧基-2-丙醇              | 11.22  | 3.95  |
|         | 2-己烯醇                   | 0.59   | —     |
|         | 十二醇                     | 0.09   | —     |
|         | 2, 4-二甲基三戊醇             | 0.19   | 0.91  |
|         | 1-丙烯-1,2-二己烷醇           | 0.04   | 1.47  |
|         | 2-癸烯醇                   | 0.79   | 1.25  |
|         | 2-丁基辛醇                  | 0.37   | —     |
|         | 2,10,13-三甲基十四醇          | 5.78   | —     |
|         | 3,7,11,15-四甲基-2-十六烯-1-醇 | 0.12   | 2.06  |
|         | 9-十五醇                   | 0.73   | 1.44  |
|         | 2,5-二甲基-3,4-己二醇         | 0.28   | 7.80  |
|         | 2-乙基十二醇                 | 4.00   | —     |
| 醇类      | 5,10-十五二烯醇              | 0.25   | 1.88  |
|         | 2-烯基辛醇                  | 0.80   | —     |
|         | 十七醇                     | 2.86   | 6.54  |
|         | 5-甲基-2-(1-甲基乙基)环己醇      | 1.92   | 1.63  |
|         | 3,7-二甲基辛醇               | 0.65   | 2.10  |
|         | 2-丁基辛醇                  | 5.39   | 3.72  |
|         | 2-十三烯-1-醇               | 0.68   | 0.13  |
|         | 2-丁酮                    | 1.03   | —     |
|         | 2,3-己二酮                 | 0.07   | 0.70  |
|         | 2-十一酮                   | 1.91   | 5.21  |
|         | 4,6,8-十三甲基-1-壬酮         | 0.72   | 0.08  |
|         | 3-甲基-丁醛                 | 0.03   | —     |
|         | 己醛                      | 0.24   | 1.18  |
|         | 庚醛                      | 0.14   | 0.47  |
|         | 苯甲醛                     | 1.35   | 6.83  |
| 醛类      | 辛醛                      | 0.98   | 2.32  |
|         | 壬醛                      | 0.11   | 1.79  |
|         | 2-癸烯醛                   | 2.36   | 0.71  |
|         | 反-2-十一烯醛                | 0.22   | 2.73  |
|         | 7,11-十六二烯醛              | 1.18   | 3.73  |
|         | 十七醛                     | 1.98   | 0.01  |
|         | 丙基乙基醚                   | 1.20   | 7.74  |
|         | 乙烯-(2,2,4-三甲基)戊基醚       | 0.21   | 6.53  |
|         | 丙烯戊基醚                   | 0.22   | 3.94  |
|         | 乙酸-2-丙烯酯                | 2.86   | —     |
|         | 乙酸乙烯酯                   | 0.54   | 0.55  |
|         | 甲酸乙烯酯                   | 0.75   | 0.10  |
|         | 甲酸乙酯                    | 0.06   | 8.70  |
|         | 2-酮基-十三烷酸甲酯             | 0.14   | 0.61  |
|         | 1,2-苯甲酸二乙酯              | 0.29   | 0.12  |
| 酯类      | 1,5-己二炔                 | 0.29   | 0.30  |
|         | 1-丙醛-2-环戊烯              | 0.15   | 3.23  |
|         | 3-炔基-1,2-庚二烯            | 0.04   | 1.07  |
|         | 反-3-甲基-3-壬烯             | 0.16   | 0.29  |
|         | 3-十四烯                   | 0.05   | 0.95  |
|         | 4-甲基-2,4-辛二烯            | 0.69   | 4.41  |
|         | 2,4,6,9-十九四烯            | 0.13   | 5.62  |
|         | 2,6,10,14-四甲基-2-十六烯     | 1.13   | 6.34  |
|         | 2-十三烯                   | 0.72   | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
| 烷烃类     | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |
|         | —                       | —      | —     |

注: —, 未检出。

构成羊肉气味和风味的主要来源是脂肪氧化, 脂肪氧化的主要产物有烷烃、醛、酮、醇和内酯; 羰基化合物是构成羊肉气味的主要原因<sup>[26]</sup>。某些特殊气味, 如羊肉的膻味来源存在于脂肪中挥发性低级脂肪酸, 如4-甲基辛酸、壬酸、癸酸等<sup>[27]</sup>。本实验在甘南藏羊肉中检出1-丙氧基-2-丙醇、2-丁酮、3-甲基-丁醛、3-甲基丁醛、己醛、庚醛、2,3-己二酮、2-己烯醇、苯甲醛、辛醛、壬醛、十二醇、辛醛、2,4-二甲基三戊醇、1-丙烯-1,2-二环己烷醇、2-酮基-十三烷酸甲酯、2-癸烯醛、2-十一酮、2-癸烯醇、反-2-十一烯醛、2-丁基辛醇、2,10,13-三甲基十四醇、3,7,11,15-四甲基-2-十六烯-1-醇、7,11-十六二烯醛、9-十五醇、2,5-二甲基-3,4-己二醇、2-乙基十二醇、5,10-十五二烯醇、2-烯基辛醇、十七醇、5-甲基-2-(1-甲基乙基)环己醇、3,7-二甲基辛醇、2-丁基辛醇、十七醛、6,8-十三甲基-1-壬酮、2-十三烯-1-醇、1,2-苯甲酸二乙酯等, 这些物质含量在甘南藏羊总风味物质中占比超过50%, 在羊肉中具有增香作用, 其余的烯烃、炔烃物质以及醚类物质分别对羊肉的风味形成具有不同作用。两种羊肉的风味有所不同, 甘南藏羊风味好于海北藏羊, 这可能与藏羊天然放牧环境及品种差异有关<sup>[28]</sup>。不同品种羊肉的物质组成以及不同物质含量存在差异, 在加热过程中, 经过一系列复杂的化学反应, 生成的挥发性风味物质的含量不同<sup>[29]</sup>。

## 2.6 不同地区藏羊肉有害物质残留量

兽药残留是指动物使用兽用药物后造成动物机体以及动物产品蓄积和贮存在细胞, 组织和器官内的药物原形, 代谢产物和药物杂质<sup>[30]</sup>。兽药残留对人体的危害十分严重, 长期食用兽药残留超过最大残留限量标准的动物源性产品会在人体内产生毒素作用<sup>[31]</sup>, 严重会导致人体产生过敏反应<sup>[32]</sup>、对药物产生耐药性以及“三致”(致畸、致癌、致突变)作用<sup>[33]</sup>等。由表7、8可知, 甘南与海北藏羊肉中检测出的全部重金属指标均符合NY/T 2799—2015中相应要求。两种藏羊肉中均未检出As等其他的有害物质残留。

表7 不同地区藏羊肉兽药残留检测结果

Table 7 Results of veterinary drug residues in Tibetan lamb meat from different regions

| μg/kg |                        |       |           |
|-------|------------------------|-------|-----------|
| 兽药    | NY/T 2799—2015要求       | 甘南藏羊肉 | 海北藏羊肉     |
| 抗生素类  | 氯苯尼考                   | ≤100  | 未检出(<0.1) |
|       | 甲氧苄啶                   | ≤50   | 未检出(<0.1) |
|       | 氯霉素                    | 不得检出  | 未检出(<0.1) |
|       | 土霉素                    | ≤100  | 未检出(<50)  |
|       | 强力霉素                   | ≤100  | 未检出(<50)  |
|       | 伊维菌素                   | ≤10   | 未检出(<1.5) |
|       | 噻乙醇代谢物(以3-甲基噻恶啉-2-羧酸计) | 不得检出  | 未检出(<0.5) |
|       |                        |       |           |

续表7

| 兽药         | NY/T 2799—2015要求 | 甘南藏羊肉 | 海北藏羊肉      |
|------------|------------------|-------|------------|
| 硝基咪唑类药物代谢物 | 咪唑啉酮代谢物          | 不得检出  | 未检出(<0.5)  |
|            | 咪唑啉酮代谢物          | 不得检出  | 未检出(<0.5)  |
|            | 咪唑啉酮代谢物          | 不得检出  | 未检出(<0.5)  |
|            | 咪唑啉酮代谢物          | 不得检出  | 未检出(<0.5)  |
| 瘦肉精        | 盐酸克伦特罗           | 不得检出  | 未检出(<0.25) |
|            | 沙丁胺醇             | 不得检出  | 未检出(<0.25) |
|            | 西马特罗             | 不得检出  | 未检出(<0.25) |
| 磺胺类        | 磺胺嘧啶             | 不得检出  | 未检出(<50)   |
|            | 磺胺甲噁唑            | 不得检出  | 未检出(<50)   |
|            | 磺胺间甲氧嘧啶          | 不得检出  | 未检出(<50)   |
|            | 磺胺对甲氧嘧啶          | 不得检出  | 未检出(<50)   |

表8 不同地区藏羊肉重金属含量

Table 8 Heavy metal contents of Tibetan lamb meat from different regions mg/kg

| 重金属 | 甘南藏羊                         | 海北藏羊                         | 显著性P值 | NY/T 2799—2015限量 |
|-----|------------------------------|------------------------------|-------|------------------|
| As  | ND                           | ND                           |       | ≤0.5             |
| Pb  | 0.060±0.003                  | 0.047±0.001                  | 0.102 | ≤0.2             |
| Hg  | 0.001 9±0.000 1 <sup>B</sup> | 0.002 8±0.000 1 <sup>A</sup> | 0.005 | ≤0.05            |
| Cd  | 0.006±0.000                  | ND                           |       | ≤0.1             |
| Cr  | 0.28±0.00                    | 0.39±0.01                    | 0.149 | ≤1.0             |

## 3 结论

本研究结果显示甘南藏羊肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、蛋白质含量显著高于海北藏羊肉, 两种藏羊肉pH值、失水率、熟肉率、剪切力、脂肪、水分和灰分含量差异不显著; 甘南藏羊肉的缬氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、丙氨酸和精氨酸含量显著低于海北藏羊肉, 甘氨酸则相反; 两种羊肉的风味有所不同, 甘南藏羊风味好于海北藏羊; 两种藏羊肉均检出铅、汞和铬, 海北藏羊肉汞含量显著高于甘南藏羊; 甘南藏羊还检出镉, 其他有害物质均未检出。甘南藏羊肉的加工性能和风味较好, 蛋白质含量高。综上, 甘南藏羊肉具有较优的食用品质、营养品质及风味。此结果为甘南藏羊品质和营养的评价提供参考依据。

## 参考文献:

- [1] 郭嵘, 王淑芳, 王福财, 等. 妊娠后期补饲和早期育肥对藏羊生产性能的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2022, 52(11): 33-36. DOI:10.15979/j.cnki.cn62-1064/s.2022.11.021.
- [2] 师希雄, 张攀高, 赵瑞娜, 等. 冰温贮藏甘南藏羊肉色稳定性与线粒体MMb还原能力研究[J]. 农业机械学报, 2022(5): 53. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2022.05.043.
- [3] 马英, 韩丽娟, 张雪, 等. 不同屠宰体重下青海藏羊肉品质的分析[J]. 饲料研究, 2022, 45(6): 67-72. DOI:10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2022.06.016.
- [4] 周力, 侯生珍, 吴振岭, 等. 不同比例小麦颗粒饲料对青海藏羊屠宰性能和复胃发育的影响[J]. 草业科学, 2023, 40(4): 1048-1057. DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0336.
- [5] 刘长英, 韩玲, 常海军, 等. 甘南藏羊肉品质分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2008(2): 34-36. DOI:10.3969/j.issn.1003-4315.2008.02.008.

- [6] 王贵印, 高爱琴, 达布希拉图, 等. 乌拉特羊肉品质特性分析报告[J]. 中国草食动物, 2010. DOI:10.3969/j.issn.2095-3887.2010.z1.134.
- [7] 郭万春, 郭占泽. 青海藏羊公母羊肉品质特性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医(下半月), 2014(12): 2.
- [8] 张玉珍, 杨树猛, 郭淑珍, 等. 甘南藏羊与滩羊等品种羊肉氨基酸含量对比试验(初报)[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2009, 39(3): 7-8. DOI:10.3969/j.issn.1003-7950.2009.03.004.
- [9] 陈韬, 李兴楼. 云南山羊肉质研究[J]. 畜牧与兽医, 1999, 31(5): 3.
- [10] 刘海珍, 焦小鹿, 范涛, 等. 青海藏羊肉的品质特性研究[J]. 中国草食动物科学, 2005, 25(4): 57-58. DOI:10.3969/j.issn.2095-3887.2005.04.032.
- [11] BIFFIN T E, SMITH M A, BUSH R D, et al. The effect of whole carcass medium voltage electrical stimulation, tenderstretching and *Longissimus* infusion with actinidin on alpaca meat quality[J]. Meat Science, 2020, 164: 108107. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108107
- [12] ZUO Huixin, HAN Ling, YU Qunli, et al. Proteome changes on water-holding capacity of yak *Longissimus lumborum* during postmortem aging[J]. Meat Science, 2016, 121: 409-419. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.07.010.
- [13] BEKHIT E, MORTON J D, BHAT Z F, et al. Meat color: factors affecting color stability[M]. Elsevier, 2018.
- [14] 石红梅, 李鹏霞, 杨勤, 等. 甘南去势牦牛和公牦牛肉用品质和营养品质对比分析[J]. 中国牛业科学, 2018, 44(1): 14-19. DOI:10.3969/j.issn.1001-9111.2018.01.005.
- [15] ZHANG J, LI M, YU Q, et al. Effects of lysosomal-mitochondrial apoptotic pathway on tenderness in post-mortem bovine *Longissimus* muscle[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2019, 67(16): 4578-4587. DOI:10.1021/acs.jafc.9b00894.
- [16] 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.
- [17] 余群力, 蒋玉梅, 王存堂, 等. 白牦牛肉成分分析及评价[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 124-127. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2005.04.024.
- [18] 刘长英. 甘南藏羊肉用品质及血液生化指标的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [19] 王晶, 王权锋, 刘黎, 等. 新疆和田地区10个不同品种羊肉品质特性差异性分析[J]. 肉类研究, 2023, 37(4): 7-12. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20221230-161.
- [20] 马龙, 尤汉宏, 党永庆, 等. 银川地区3种羊肉氨基酸组成及营养价值分析[J]. 农业科学研究, 2020, 41(1): 28-32. DOI:10.3969/j.issn.1673-0747.2020.01.006.
- [21] 张雪, 韩丽娟, 陈莉霞, 等. 黑藏羊骨营养价值分析及与湖羊骨营养价值对比[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(19): 87-95. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2022.19.011.
- [22] 王镜岩. 生物化学[M]. 上册. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [23] 弓宇, 贺喜格, 韩云飞, 等. 草原戈壁短尾羊肉营养成分分析[J]. 肉类研究, 2021, 35(1): 7-11. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20201222-295.
- [24] 王芳. 不同品种、月龄和部位绵羊肉品质的比较与分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021. DOI:10.27630/d.cnki.gznky.2021.000275.
- [25] 王倩. 内蒙古羊肉中稳定同位素与矿物质指纹特征研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021. DOI:10.27229/d.cnki.gnmnu.2021.000756.
- [26] 王伦兴, 张洪礼, 陈德琴, 等. 黔北麻羊不同部位肌肉挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2021, 35(1): 47-52. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20201215-290.
- [27] 张洪礼, 王伦兴, 陈德琴, 等. 不同黔北麻羊加工产品中挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2020, 34(7): 78-83. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200319-077.
- [28] 张志超, 段子渊, 张新华, 等. 羊肉肉质风味研究进展[J]. 肉类研究, 2018, 32(10): 61-65. DOI:CNKI:SUN:RLYJ.0.2018-10-015.
- [29] 刚虎军, 古扎力孜克·肉孜, 苑贝贝, 等. 南疆多浪羊不同部位脂肪组织中挥发性风味成分分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(8): 28-33. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201708006.
- [30] 任丽娟. 兽药残留在当前畜牧业生产中的危害及对策措施[J]. 兽医导刊, 2017(2): 55-55. DOI:10.3969/J.ISSN.1671-6027.2014.01.005.
- [31] BAYNES R E, DEDONDER K, KISSELL L, et al. Health concerns and management of select veterinary drug residues[J]. Food and Chemical Toxicology, 2016, 88: 112-122. DOI:10.1016/j.fct.2015.12.020
- [32] 董启武, 何明才, 刘和, 等. 浅谈兽药残留的危害及应对措施[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2014(3): 90-90. DOI:10.3969/j.issn.1671-6027.2011.09.097
- [33] 于海东. 牛羊肉产品兽药残留危害及对策[J]. 中国动物保健, 2022, 24(7): 1-2. DOI:10.3969/j.issn.1008-4754.2022.07.001.