

# 新疆舍饲湖羊不同部位肌肉品质对比分析

俞彭欣, 斯叶青, 刘阳, 王禹赫, 苏比努尔·图尼亚孜, 巴吐尔·阿不力克木\*

(新疆农业大学食品科学与药学学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 为了明确新疆舍饲湖羊不同部位肌肉食用特性、营养品质和风味的差异, 该实验以 6 月龄的湖羊为研究对象, 对食用品质及部分营养指标进行测定和对比分析, 并采用气相色谱-质谱联用技术对湖羊不同部位肌肉中风味物质进行测定分析。在湖羊三个部位肌肉的检测中, 臀肌 pH 值正常, 嫩度为 69.03 N, 蒸煮损失适中, 脂肪含量 17.87%; 背最长肌蛋白质含量最高 24.99%, 胆固醇含量低。利用 GC-MS 共检测出 83 种有效挥发性成分, 主要包括醇类、醛类、酸类等 7 大类。背最长肌中醇类物质含量较高, 约占 40%~50%, 醛类物质种类丰富; 肩肌中醇类物质含量较多, 挥发性风味较优; 酸类物质整体差别不大。综上, 臀肌中水分含量最高, 嫩度更好, 脂肪含量低, 加工性能更好。背最长肌蛋白质含量丰富, 且风味品质相对较好且膻味轻。该研究为湖羊肉的加工和销售提供一定的科学依据, 为湖羊的合理开发利用提供理论指导和技术支持。

**关键词:** 湖羊; 食用品质; 风味物质; 背最长肌; 肩肌; 臀肌

文章编号: 1673-9078(2022)05-235-243

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.5.0968

## Comparative Analysis of Different Muscle Parts from House-fed Hu Sheep in Southern Xinjiang

YU Pengxin, SI Yeqing, LIU Yang, WANG Yuhe, SUBINUER Tuniyazi, BATUER Abulikemu\*

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** Herein, the differences in the edible characteristics, nutritional quality, and flavor of muscles from different parts of Hu sheep fed in houses in southern Xinjiang were investigated. The edible quality and some nutritional indexes were measured in 6-month-old Hu sheep and compared, and the flavor compounds in different muscle body-parts were analyzed by headspace solid-phase microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry chromatography. The pH value of the gluteal muscle was normal and its tenderness was 69.03 N. The cooking loss of this muscle was moderate, and its fat content was of approximately 17.87%. Noteworthy, the protein content of the longissimus dorsi muscle was the highest, reaching up to 24.99%, with a low cholesterol content. A total of 83 effective volatile components were detected, mainly including seven categories (such as alcohols, aldehydes, and acids). The alcohol content in the longissimus dorsi muscle was high (40%~50%), and had various aldehydes. Furthermore, the alcohol content in the shoulder muscle was relatively high, and its volatile flavor was better as compared with the other muscle samples. Few differences were observed between the samples concerning acids. In conclusion, the gluteal muscle has the highest moisture content, better tenderness, and a low fat content; thus, it is relatively suitable for subsequent processing. In turn, the longissimus dorsi muscle is protein rich, with relatively good flavor quality and light mutton flavor. This study provides a scientific basis for the processing and sales of Hu sheep meat, as well as theoretical guidance and technical support for the production and utilization of Hu sheep.

**Key words:** Hu sheep, edible quality, flavor compounds, longissimus dorsi, shoulder muscle, gluteal muscle

引文格式:

俞彭欣, 斯叶青, 刘阳, 等. 新疆舍饲湖羊不同部位肌肉品质对比分析[J]. 现代食品科技, 2022, 38(5): 235-243

YU Pengxin, SI Yeqing, LIU Yang, et al. Comparative analysis of different muscle parts from house-fed Hu sheep in southern Xinjiang [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(5): 235-243

收稿日期: 2021-08-28

基金项目: 新疆维吾尔自治区农业农村厅畜禽种业提升项目 (xjnqny-g-2008)

作者简介: 俞彭欣 (1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 肉品加工, E-mail: 1434377025@qq.com

通讯作者: 巴吐尔·阿不力克木 (1968-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 肉品加工与质量控制, E-mail: batur6805@126.com

新疆作为我国五大牧业基地之一,有着独特的地理位置,良好的自然环境,所生产羊肉的肉质也有其独特优势,所产羊肉具有质地细腻紧实,风味口感鲜嫩,不膻不腻的特点<sup>[1]</sup>。因此,新疆肉羊产业发展迅速,远远超过了猪、牛、马和禽类。近年来南疆地区肉羊养殖业快速发展,肉羊品种繁多,湖羊多引进于浙江、江苏等地,长势良好,繁殖速度快,生产性能高,适应性强,作为优秀的母本加以引进。同时湖羊肉也具有良好食用特性,其肉质细腻、膻味小,有良好的产肉性能<sup>[2]</sup>,也是众多品种中唯一具有夜食习性的绵羊品种,也具有较好的舍饲性能,是我国一级地方保护品种。上世纪七八十年代,湖羊作为我国出口创汇的重要的畜牧产品,为我国贸易方面做出了重要贡献。

肉羊是我国畜牧业重要品种同时也是“菜篮子”工程的重要组成部分,也是国家大力推进乡村振兴、保障边疆稳定的重要民生产业。随着人们对饮食观念的改变,不仅对羊肉的需求量越来越大,同时对肉品质要求也越来越高,因此生产优质的羊肉仍具有广阔前景。羊肉已成为新疆人民餐桌上独特的美食,为人类提供了丰富的营养物质,羊肉中所含有的多种氨基酸是人体所必需的,能够给人体提供优质的动物蛋白质。羊肉中蛋白质的含量丰富,每100g羊肉中约含26g蛋白质,其蛋白质含量比牛肉多5%<sup>[6]</sup>,且消化率较高,易于被人体吸收。据文献,目前,国内专家学者对多浪羊<sup>[3]</sup>、小尾寒羊<sup>[4]</sup>、宁夏滩羊<sup>[5]</sup>等多种肉羊品种的研究较多,但南疆地区不少肉羊肉质和风味相关的研究鲜少。国内外专家学者对绵羊的产肉性、水分含量、肉品质和营养成分进行了深入的研究,一系列的研究为我国肉羊产业发展提供了大量的理论指导和技术支持<sup>[6]</sup>,但缺少对湖羊的系统研究。

本研究针对南疆舍饲的湖羊进行营养品质、食用品质中多个因素进行研究对比分析,采用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用技术检测湖羊不同部位肌肉中挥发性物质含量及种类,并进行主成分分析,找出湖羊不同部位肌肉中挥发性风味物质的差异,分析湖羊肉品质特性,反应出不同的生产特性和优势,以期对湖羊肉的加工和销售提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

肉样采自新疆和田地区墨玉县碧邦羊业发展有限公司,随机选取9只6月龄的舍饲湖羊,屠宰后选取

背最长肌、肩肌、臀肌,按实验要求进行预处理,每份2kg,真空包装,放入冰箱冷冻备用。

### 1.2 仪器与设备

水分测定仪,上海菁海仪器有限公司;数显式肌肉嫩度仪,东北农业大学工程学院;PHS-2F型pH计,上海仪电科学仪器股份有限公司;色差仪,深圳市金准仪器设备有限公司;HH-S4恒温水浴锅,金坛市医疗仪器厂;凯氏定氮装置,德州润昕实验仪器有限公司;JA2003电子天平,上海浦春仪器计量有限公司;FSH-2A可调高速匀浆机,常州天瑞仪器有限公司;7890B-5977B GC-MS联用仪、20 mL顶空钳口样品瓶、65 μm PDMS/DVB SPME萃取头,安捷伦科技(中国)有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 食用品质指标测定

色泽:取1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm的肉块,在肉块的新鲜切面上覆盖一层透氧膜,在0~4℃条件下静置1h后开始测定。每个样品取3个点,取平均值。

pH值:取10g肉样剪成碎末,置于小烧杯中,加入等量的蒸馏水混匀,于室温中静置10min,开始测定,每个样品重复3~5次取平均值。

剪切力:取肉样为2×2×2 cm的小块,注意避开筋膜,物性测定仪对每个剪切样本垂直于肌纤维方向进行横切,每个样品测3次取平均值。

蒸煮损失:取10g左右的肉样,去除肉样表面的皮下脂肪和筋膜,称量记录重量 $m_0$ ,装入密封袋,在80℃的水浴锅中加热1h,水浴完成后取出,用滤纸吸干肉块表面多余水分,称重记为 $m_1$ ,计算蒸煮损失。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

式中:

$m_0$ ——蒸煮之前肉样质量, g;

$m_1$ ——蒸煮之后肉样质量, g。

#### 1.3.2 营养品质测定

水分:依据GB 5009.3-2016《食品中水分的测定》中直接干燥法对水分进行测定<sup>[7]</sup>。

蛋白质:根据GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法对蛋白质进行测定<sup>[8]</sup>。

粗脂肪:依据GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》中索氏抽提法对脂肪进行测定<sup>[9]</sup>。

胆固醇:参照GB 5009.128-2016《食品中胆固醇的测定》<sup>[10]</sup>,采用面积归一法测定。

#### 1.3.3 风味物质的萃取

将不同部位的肉样分别切碎,进行匀浆,取 10 mL 于 SPME 采样瓶中,经对不同萃取头、不同平衡时间和吸附时间及温度、内标物浓度和加入量进行预实验选取,最后确定萃取条件为:萃取头 65  $\mu\text{m}$  PDMS/DVB,老化温度 250  $^{\circ}\text{C}$ ,老化时间 30 min,样品称样量 10 g,加盐量为样品量的 20%,样品平衡时间 15 min,吸附温度 90  $^{\circ}\text{C}$ ,吸附时间 45 min,脱附时间 10 min,内标物浓度 4.38 mg/mL 及加入量 2  $\mu\text{L}$ 。对样品的风味物质做 GC-MS 全分析和内标定量。

### 1.3.4 GC-MS 分析

根据丁晔等<sup>[11]</sup>、徐薇薇等<sup>[12]</sup>的方法进行调整。

(1) 气谱:毛细管柱采用 DB-5MS (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.5  $\mu\text{m}$ ) 柱,以 He 为载气,恒定流速 3.7 mL/min;进样口及 FID 检测器温度均为 250  $^{\circ}\text{C}$ ,柱箱采用持续升温模式,起始温度为 50  $^{\circ}\text{C}$ ,运行 2 min,以 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速度上升至 100  $^{\circ}\text{C}$ ,随后以 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速度升温至 220  $^{\circ}\text{C}$ ,持续 10 min,继续以 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  上升到 260  $^{\circ}\text{C}$ ,最后以 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升温到 280  $^{\circ}\text{C}$ ,此过程结束。

(2) 质谱:色谱、质谱间接口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ ,质量范围为 20~450 u。

### 1.3.5 挥发性风味物质的定性定量

利用气相色谱-质谱联用进行分析定性。采用内标法定量,在顶空固相萃取前向样品加入 2  $\mu\text{L}$  浓度为 4.377 mg/mL 的 2-甲基-3-庚酮。

### 1.3.6 风味物质的主成分分析

将不同部位取样的样本进行固相微萃取,提取香气成分,随后进行 GC-MS 结果分析。对检测的各种有效成分进行主成分分析。

### 1.3.7 数据处理

利用 SPSS 22.0 软件对数据结果进行统计分析,采用 Duncan 法对均值进行显著性检验, $p<0.05$  为差异显著。利用 Origin 2018 软件,绘制图表并对风味物质进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 湖羊不同部位肌肉食用品质比较

湖羊不同部位肌肉食用品质指标的测定结果,如表 1 所示。

由表 1 可看出,湖羊背最长肌、肩肌和臀肌的 pH 值分别为 5.76、5.98、5.84,背最长肌 pH 值最小,且肩肌与背最长肌和臀肌有显著差异 ( $p<0.05$ ),说明不同部位与羊肉 pH 有显著关系。pH 值是肉羊屠宰后肌糖原降解速率的表观值<sup>[13]</sup>,作为判断肉品品质的重要

指标之一。肉羊屠宰后,肌肉会继续新陈代谢,在缺氧环境下,肌糖原会糖酵解生成乳酸,导致肌肉 pH 值下降<sup>[14,15]</sup>。

肉品的色泽是影响消费者购买欲最直观的因素之一,也是判断肉制品新鲜程度的最便捷的方法,不同部位的肌肉由于运动量不同,导致肌内肌红蛋白和血红蛋白的数量有所不同<sup>[16]</sup>,色泽也有所差异。背最长肌、肩肌和臀肌的 L\* 分别为 42.25、39.73、36.64,没有显著差异 ( $p>0.05$ )。不同部位的 a\* 分别为背最长肌 (8.14) > 臀肌 (8.03) > 肩肌 (5.34),肩肌的 a\* 最小,且显著低于背最长肌和臀肌 ( $p<0.05$ ),可能是由于不同部位间氧合肌红蛋白数量不同,导致 a\* 值差异明显。三个部位的 b\* 值无显著差异。

剪切力是嫩度最主要的表达方式,嫩度是影响羊肉品质的重要因素之一,也是肌肉多汁性的评价指标<sup>[17]</sup>,剪切力越小,肉品的嫩度越好。Yang Huijuan 等<sup>[18]</sup>研究表明,牛肉嫩度与肌原纤维间所含的水分含量呈正相关。背最长肌、肩肌、臀肌的剪切力为 99.11 N、101.66 N、69.03 N,臀肌的剪切力显著小于背最长肌和肩肌 ( $p<0.05$ ),说明臀肌的嫩度最好,口感最佳,符合消费者对于肉品适口性的要求。

蒸煮损失则与蛋白质的状态密切相关,蛋白变性,肌肉结构收缩,导致水分流失。肉品的蒸煮损失越低,肉的保水性越好<sup>[19]</sup>,产品的出品率更高,加工品质也更好。背最长肌、肩肌、臀肌中蒸煮损失分别是 39.31%、43.78%、45.75%,背最长肌的蒸煮损失显著低于肩肌和臀肌 ( $p<0.05$ ),说明背最长肌的水分流失最少,保水性相较更好,肉质更嫩,口感更好,更适合产品加工生产。

表 1 食用品质指标分析结果

项目	背最长肌	肩肌	臀肌
pH	5.76 $\pm$ 0.05 <sup>B</sup>	5.98 $\pm$ 0.04 <sup>A</sup>	5.84 $\pm$ 0.02 <sup>B</sup>
L*	45.25 $\pm$ 4.21 <sup>A</sup>	39.73 $\pm$ 2.58 <sup>A</sup>	36.64 $\pm$ 1.17 <sup>A</sup>
a*	8.14 $\pm$ 0.65 <sup>A</sup>	5.34 $\pm$ 0.74 <sup>B</sup>	8.03 $\pm$ 0.93 <sup>A</sup>
b*	10.93 $\pm$ 1.02 <sup>A</sup>	8.92 $\pm$ 1.47 <sup>A</sup>	8.24 $\pm$ 0.10 <sup>A</sup>
剪切力/N	91.11 $\pm$ 4.95 <sup>A</sup>	101.66 $\pm$ 10.74 <sup>A</sup>	69.03 $\pm$ 10.70 <sup>B</sup>
蒸煮损失/%	39.31 $\pm$ 0.43 <sup>B</sup>	43.78 $\pm$ 1.75 <sup>A</sup>	45.75 $\pm$ 0.67 <sup>A</sup>

注:(1)同行数据肩标不同大写字母表示差异显著 ( $p<0.05$ );(2)L\*:表示亮度,L\*=100为白,L\*=0为暗;a\*:表示红色,a\*>0表示颜色偏红,a\*越大,表示颜色越红;b\*:表示黄色,b\*>0表示颜色偏黄,b\*越大,表示肉色越偏黄,b\*<0表示颜色偏蓝。

### 2.2 不同部位湖羊营养成分分析

湖羊不同部位肌肉营养品质指标的测定结果,如表2所示。

表2 湖羊不同部位营养成分差异

Table 2 Differences of nutritional components in different parts of Hu sheep

项目	背最长肌	肩肌	臀肌
水分含量/%	69.09±0.88 <sup>B</sup>	70.81±2.59 <sup>AB</sup>	75.05±0.81 <sup>A</sup>
脂肪含量/%	24.70±2.61 <sup>A</sup>	24.53±3.20 <sup>A</sup>	17.87±0.61 <sup>B</sup>
蛋白质含量/%	24.99±2.48 <sup>A</sup>	22.98±2.74 <sup>A</sup>	21.57±1.30 <sup>A</sup>
胆固醇含量/(mg/100 g)	62.20±0.35 <sup>B</sup>	79.83±3.84 <sup>A</sup>	79.90±9.28 <sup>A</sup>

注:同行数据肩标不同大写字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

由表2可看出,水分含量分别为背最长肌69.09%、肩肌70.81%、臀肌75.05%,臀肌与背最长肌水分含量差异显著,肩肌与其他两个部位均无显著差异。脂肪含量能够增加肉品的可口程度,但过多的脂肪也会降低肉的口感,并且产生油腻感<sup>[20]</sup>,臀肌的脂肪含量与背最长肌和肩肌差异显著 ( $p < 0.05$ ),背最长肌和肩肌中脂肪含量在24.60%左右。脂肪含量与肌肉运动量有关,运动量大的部位脂肪含量较少,臀肌脂肪含量少可能是由于运动量大。蛋白质含量均在20%以上,

背最长肌、肩肌、臀肌分别为24.99%、22.98%、21.57%,三个部位无显著差异。胆固醇在肉品中普遍存在,但是由于肉品种类、部位和生长环境等差别,胆固醇的含量也有一定差异。例如瘦肉的胆固醇含量较肥肉少,兽肉胆固醇含量比禽肉多。通常认为“红肉”是食品胆固醇的主要来源<sup>[21,22]</sup>,胆固醇具有形成胆酸、构成细胞膜、合成激素等功能。人长期食用胆固醇含量高的食物,有导致动脉粥样硬化的风险<sup>[23]</sup>。营养学上一般将胆固醇含量低于100 mg/100 g的食物定义为低胆固醇食物<sup>[24]</sup>。背最长肌中的胆固醇含量显著低于肩肌和臀肌,为62.20 mg/100 g,肩肌、臀肌中都为79.85 mg/100 g。综上,臀肌水分含量丰富,脂肪含量少,口感更嫩;同时也说明湖羊是一种水分、蛋白质含量丰富,脂肪含量适中胆固醇含量低的优质肉羊。

### 2.3 不同部位湖羊挥发性风味物质组成

由表3可知,在湖羊三个部位肌肉中共检测出挥发性风味物质83种,主要包括醇类、醛类、酸类、酮类、酯类、炔类及其他类化合物等7大类。

表3 湖羊三种部位肌肉挥发性风味物质种类及含量

Table 3 Types and contents of volatile flavor substances in muscle of three parts of southern Hu sheep

化合物类别	序号	化合物名称	保留时间/min	物质含量/(mg/kg)			
				背最长肌	肩肌	臀肌	
醇类	1	(R)-(-)-2-氨基-1-丙醇	(R)-(-)-2-Amino-1-propanol	1.48	1.34±0.05 <sup>a</sup>	1.70±0.02 <sup>a</sup>	0.91±0.38 <sup>a</sup>
	2	乙醇	Ethanol	1.63	2.66±1.61 <sup>a</sup>	3.60±1.4 <sup>a</sup>	2.58±1.44 <sup>a</sup>
	3	二甲基硅丙二醇	Silanediol, dimethyl-	3.25	0.12±0.07 <sup>a</sup>	1.26±0.54 <sup>a</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>
	4	1-戊醇	1-Pentanol	4.63	0.01±0.00	-	-
	5	3-甲基-2-己醇	2-Hexanol, 3-methyl-	9.03	-	0.20±0.05	-
	6	1-庚醇	1-Heptanol	11.45	0.07±0.04	-	-
	7	1-辛烯-3-醇	1-Octen-3-ol	11.79	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	-
	8	1,3-丙二醇	1,3-Propanediol	11.86	0.03±0.00	-	-
	9	1-辛醇	1-Octanol	15.29	0.07±0.03 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
	10	1-十六醇	1-Hexadecanol	36.27	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.08±0.04 <sup>a</sup>	-
	11	2-甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 2-methyl-	36.27	-	-	0.04±0.00
酸类	1	L-乳酸	L-Lactic acid	9.18	-	0.12±0.00	-
	2	乙酸	Acetic acid	2.28	0.05±0.03 <sup>a</sup>	0.07±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>
	3	丙二酸	Propanedioic acid	3.47	-	-	0.04±0.00
	4	3-羟基苯甲酸	3-Hydroxybenzoic acid	17.15	0.06±0.04 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
	5	辛酸	Octanoic acid	19.32	0.08±0.00	-	-
	6	壬酸	Nonanoic acid	22.64	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.13±0.00 <sup>a</sup>	-
	7	癸酸	n-Decanoic acid	25.61	0.07±0.05 <sup>b</sup>	0.26±0.04 <sup>a</sup>	0.07±0.04 <sup>b</sup>
	8	月桂酸	Dodecanoic acid	30.32	0.06±0.02 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>
	9	肉豆蔻酸	Tetradecanoic acid	34.24	0.10±0.03 <sup>b</sup>	0.30±0.09 <sup>a</sup>	0.08±0.04 <sup>b</sup>
	10	棕榈酸	n-Hexadecanoic acid	37.70	0.11±0.03 <sup>b</sup>	0.54±0.21 <sup>a</sup>	0.10±0.04 <sup>b</sup>

续表 3

化合物类别	序号	化合物名称	保留时间/min	物质含量/(mg/kg)			
				背最长肌	肩肌	臀肌	
	11	反式-13-十八烯酸	trans-13-Octadecenoic acid	39.91	-	0.04±0.02	-
	12	9-油酸	9-Octadecenoic acid	39.55	-	-	0.03±0.01
	13	Z-11- 十六烯酸	Hexadecenoic acid, Z-11-	40.41	-	0.04±0.01	-
	14	(E)-9-十八烯酸	9-Octadecenoic acid, (E)-	40.48	-	0.06±0.00	-
	15	2,5-二羟基苯甲酸	2,5-Dihydroxybenzoic acid	49.70	-	0.36±0.21 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>
醛类	1	戊醛	Pentanal	3.19	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	-
	2	3-甲基丁醛	Butanal, 3-methyl-	3.23	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>a</sup>
	3	己醛	Hexanal	5.44	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.28±0.11 <sup>a</sup>	0.17±0.06 <sup>a</sup>
	4	庚醛	Heptanal	8.79	0.16±0.07 <sup>a</sup>	0.11±0.06 <sup>a</sup>	0.10±0.02 <sup>a</sup>
	5	(Z)-2-庚烯醛	2-Heptenal, (Z)-	10.85	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>
	6	香草醛	Vanillin	11.14	-	0.09±0.02 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>
	7	(E)-2-辛烯醛	2-Octenal, (E)-	14.74	0.09±0.03 <sup>a</sup>	0.11±0.04 <sup>a</sup>	0.07±0.05 <sup>a</sup>
	8	壬醛	Nonanal	16.51	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.31±0.16 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>
	9	(E)-2-壬烯醛	2-Nonenal, (E)-	18.55	0.30±0.00	-	-
	10	癸醛	Decanal	20.22	0.05±0.03 <sup>a</sup>	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	11	(E,E)-2,4-壬二烯醛	2,4-Nonadienal, (E,E)-	20.49	0.01±0.00	-	-
	12	(E)-2-癸烯醛	2-Decenal, (E)-	22.18	0.38±0.02 <sup>a</sup>	0.46±0.21 <sup>a</sup>	0.37±0.07 <sup>a</sup>
	13	2,4-癸二烯醛	2,4-Decadienal,	23.27	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>
	14	十一醛	Undecanal	23.72	0.05±0.00	-	-
	15	(E,E)-2,4 癸二烯醛	2,4-Decadienal, (E,E)-	23.99	0.12±0.00	-	-
	16	2-甲基-辛-2-烯二醛	2-Methyl-oct-2-enedial	24.81	0.02±0.00	-	-
	17	2-十一烯醛	2-Undecenal	25.41	0.22±0.16 <sup>a</sup>	0.28±0.12 <sup>a</sup>	0.26±0.03 <sup>a</sup>
	18	月桂醛	Dodecanal	26.65	-	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	19	E-15-七烯醛	E-15-Heptadecenal	39.55	-	0.05±0.02	-

注：(1) -为未检出；(2) 同行数据肩标不同大写字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

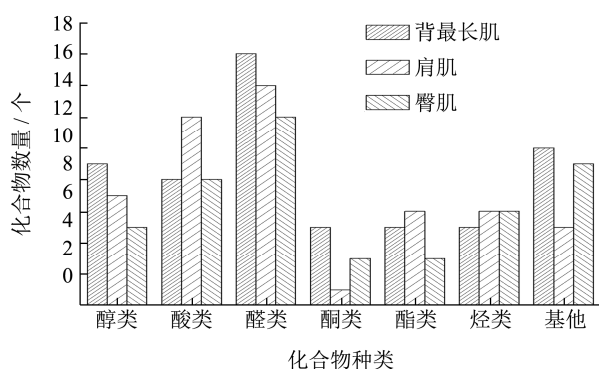


图 1 湖羊不同部位肌肉主要风味物质种类及数量

Fig.1 The types and quantities of main flavor substances in muscle of different parts of Hu sheep

由图 1、图 2 可知，在背最长肌和肩肌中醛类物质种类较为丰富。在三个部位中醇类物质所含比例相对较高，是 6 类物质中含量最多的一种物质；肩肌中酸类含量相对丰富，背最长肌和臀肌中仅有 6% 和 7%；醛类在三个部位中占比约在 15%~20%。有研究发现

[25]，在不同饲养条件下相同部位的风味物质进行比较，舍饲条件下羊群运动量较少[26]，以及在精料饲养时人工添加了各种有益添加剂及益生菌，这可能是导致精料舍饲的羊群宰后膻味更小的主要原因。

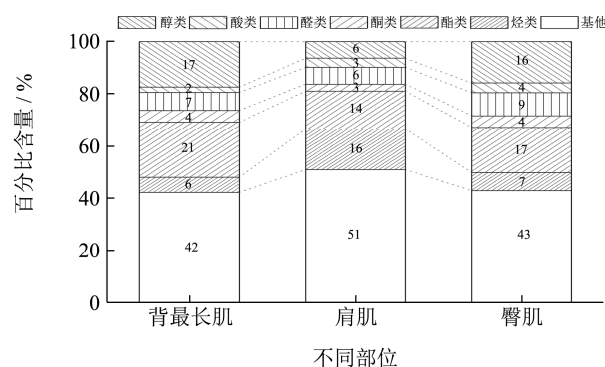


图 2 湖羊不同部位主要风味物质相对含量

Fig.2 Relative contents of main flavor substances in different parts of Hu sheep

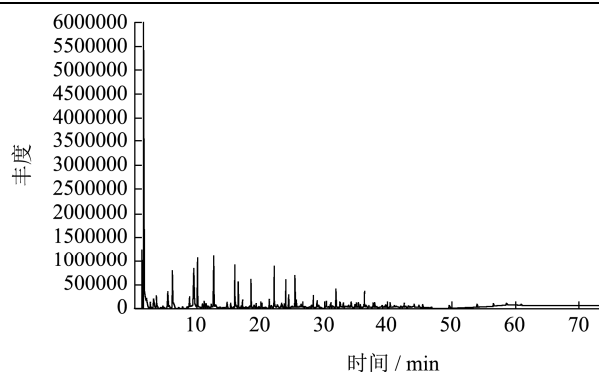


图3 湖羊背最长肌挥发性风味物质总离子流图

Fig.3 Total ion flow diagram of volatile flavor compounds in longissimus dorsi muscle of Hu Sheep

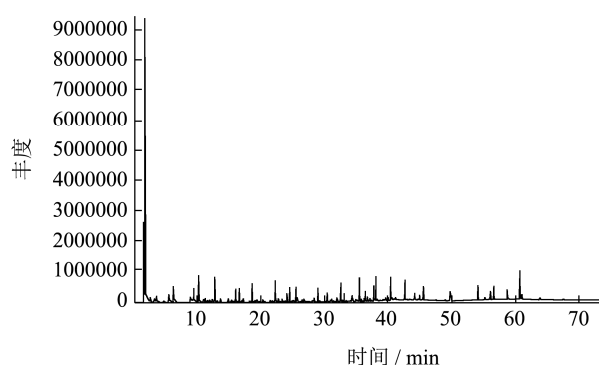


图4 湖羊肩部挥发性风味物质总离子流图

Fig.4 Total ion flow diagram of volatile flavor compounds in shoulder muscle of Hu Sheep

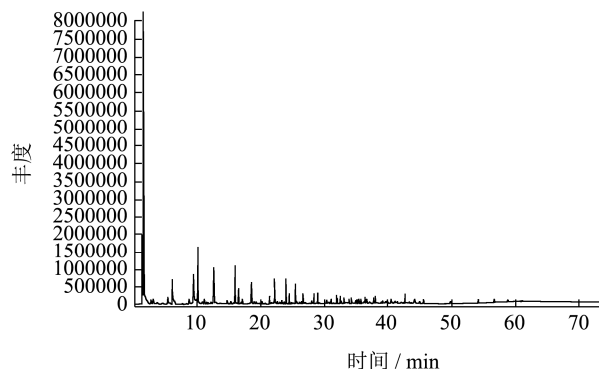


图5 湖羊臀肌挥发性风味物质总离子流图

Fig.5 Total ion flow diagram of volatile flavor compounds in gluteal muscle of Hu Sheep

## 2.4 不同部位新疆湖羊挥发性风味物质成分分析

### 2.4.1 醛类物质

检测得到, 醛类物质含量最高, 对肉品风味物质影响较大、贡献最大。醛类物质的种类与含量多少与脂质的含量有关, 短链的醛类物质具有令人难以接受的刺鼻气味<sup>[27]</sup>, 中长链醛类物质具有淡淡的青草香和

脂肪香气<sup>[28,29]</sup>。本次实验样品中, 含量最多的醛类物质是壬醛, 能给肉品带来脂肪香气; 己醛、(Z)-2-庚烯醛等物质能赋予肉品可口的青草香<sup>[30]</sup>, 壬醛和 2-十一烯醛则能给肉带来脂肪香气<sup>[31,32]</sup>。在三个部位所含的 19 种醛类物质中, (E)-2-壬烯醛、(E,E)-2,4-壬二烯醛、(E,E)-2,4 癸二烯醛、十一醛及 2-甲基-辛-2-烯二醛几种醛类物质只存在于背最长肌中, 背最长肌中所含的醛类物质较肩肌和臀肌丰富。背最长肌中含有的 (E,E)-2,4 癸二烯醛能为肉品带来脂肪香气和油炸香味<sup>[33]</sup>。不同部位肌肉组织结构不同可能是醛类物质含量不同的主要原因, 综上得出, 背最长肌和臀肌醛类物质相对含量较高, 品质相对肩肌较好。

### 2.4.2 酸类物质

脂肪酸甘油酯和磷脂酶解或加热氧化都能使肌肉产生酸类物质, 且往往带来不愉快的气味, 严重的会有酸味和尿味<sup>[34]</sup>, 尤其是碳原子在 8~10 的支链脂肪酸, 含有 4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸两种酸类物质的羊肉膻味更加明显<sup>[35,36]</sup>, 但在湖羊三个部位的检测中并未发现这两种物质, 壬酸也是能赋予有肉独特膻味的一种物质, 三个部位中在背最长肌和肩肌中测得少量, 平均含量在 0.10 mg/kg 左右。由表 1 可知, 本次实验中不同部位的羊肉样品中共含有 3-羟基苯甲酸、癸酸、月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸等 15 种, 肩肌中所含种类较为多样。肉豆蔻酸含量丰富且在三个部位中都有, 在肩肌中含量较多为 0.30 mg/kg, 该物质具有强烈的奶香味, 使羊肉散发独有的香气。总体上, 酸类物质含量低, 阈值高, 对羊肉风味影响不大, 不含膻味酸类物质也说明在南疆地区饲养的湖羊肉膻味更小, 消费者的满意度更好, 适口性更高。

### 2.4.3 醇类物质

醇类物质的产生是由于脂肪氧化酶和过氧化酶降解肌肉中的共轭亚油酸<sup>[37]</sup>, 该类物质阈值较高。由图 1、2 和表 3 可知, 本实验三个部位中共检测出 11 中醇类化合物, 1-戊醇、1-庚醇和 1,3-丙二醇都仅存在在背最长肌中, 虽然三种物质分子量并不丰富, 但都能赋予肉品油脂香气; (R)-(-)-2-氨基-1-丙醇、乙醇、二甲基硅丙二醇及 1-辛醇四种物质均在三个部位中检测到, 物质含量相对丰富, 能为肉品香气起到加和作用; 乙醇含量较为丰富可能是因为肉样屠宰过后没有及时排酸, 在酸形成过程中有乙醇未消耗完全。肩肌和臀肌中检测到 1-辛烯-3-醇能给羊肉带来淡淡的蘑菇香气, 是一种非常重要的风味物质。由此得出, 湖羊肉的三个不同部位中背最长肌和肩肌的醇类挥发性风味优于臀肌。

## 2.5 湖羊肉风味物质主成分分析及关键成分对比

表 4 主成分特征值方差贡献率

Table 4 Contribution rate of variance of principal component

eigenvalues			
主成分	特征值	方差百分比/%	累积/%
1	2.88749	96.25	96.25
2	0.09593	3.20	99.45
3	0.01658	0.55	100.00

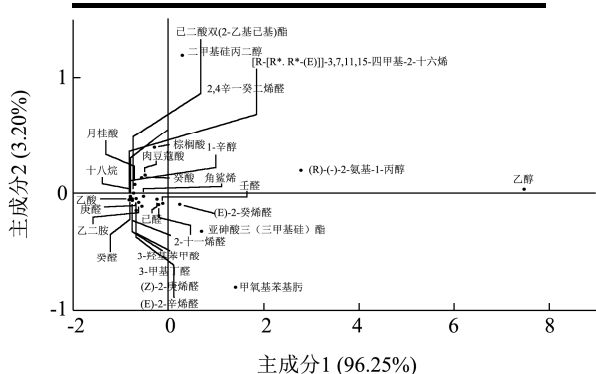


图 6 不同部位湖羊肌肉中风味物质主成分分析

Fig.6 Principal component analysis of flavor substances in muscle of different parts of Hu sheep

如表 4 所示，主成分 1 的方差贡献为 96.25%，主成分 1 和 2 的累积贡献率达到 99.45%。图 6 中可以看出，在被检测的三个不同部位肌肉中，二甲基硅丙二醇、(R)-(-)-2-氨基-1-丙醇、乙醇、亚砷酸三(三甲基硅)酯、甲氧基苯基胍、棕榈酸、肉豆蔻酸、月桂酸、3-甲基丁醛、癸烯醛、己二酸双(2-乙基己基)酯等物质分布在四个象限的最外围，这类物质对肉制品风味的增强或减弱影响能力较强，但对物质风味影响较大，是构成湖羊风味物质的主要成分，对湖羊肉品的风味有决定性作用。

## 3 结论

3.1 从食用品质分析，湖羊三个部位的 pH 都在正常范围内；色泽无显著差异；嫩度最好的部位是臀肌，其次被最长肌，肩肌嫩度最差；臀肌的蒸煮损失>肩肌>背最长肌。从营养成分来看，水分含量臀肌>肩肌>背最长肌；脂肪含量背最长肌、肩肌>臀肌；蛋白质含量在三个部位间无显著差异，背最长肌中含量略高；背最长肌中的胆固醇含量最低。臀肌中水分含量最高，嫩度更好，更具有高蛋白低脂肪低胆固醇的特征。

3.2 通过检测发现不同部位肌肉中含有 83 种有效物质，主要是醛类、酸类、醇类、酮类、酯类以及杂环

和其他类物质，三个部位中醛类物质种类丰富，但醇类物质含量相对较多。背最长肌中醛类挥发性风味物质种类含量丰富，品质优于肩肌、臀肌；背最长肌和肩肌的醇类挥发性风味优于臀肌，1-辛烯-3-醇能赋予肉品蘑菇香、青香、蔬菜香。酸类物质整体差别不大，对羊肉风味影响小，极少量的壬酸也说明湖羊肉膻味小，适口性较好。在不同部位中酮类物质的含量和种类都最少，对羊肉风味的影响不明显。基于湖羊肉中风味物质的研究结果表明，背最长肌中醛类、醇类物质含量高于肩肌和臀肌，品质更佳。

3.3 通过风味物质的主成分分析，发现二甲基硅丙二醇、(R)-(-)-2-氨基-1-丙醇、棕榈酸、肉豆蔻酸等物质是构成湖羊肉风味物质的主体物质，其中 3-甲基丁醛、(E)-2-癸烯醛、2-十一烯醛、(E)-2-癸烯醛等物质对羊肉香气影响最为强烈，影响不同部位羊肉的挥发性物质主要是醛类和醇类。

## 参考文献

[1] 孟新涛,乔雪,潘俨,等.新疆不同产区羊肉特征风味成分离子迁移色谱指纹谱的构建[J].食品科学,2020,41(16):218-225  
MENG Xintao, QIAO Xue, PAN Yan, et al. Construction of ion mobility chromatographic fingerprints of characteristic flavor components in mutton from different regions of Xinjiang [J]. Food Science, 2020, 41(16): 218-225

[2] 樊懿萱,王锋,王强,等.发酵木薯渣替代部分玉米对湖羊生长性能、血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J].草业学报,2017,26(3):91-99  
FAN Yixuan, WANG Feng, WANG Qiang, et al. Effects of fermented cassava residue replacing part of corn on growth performance, serum biochemical indexes, slaughter performance and meat quality of Hu sheep [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(3): 91-99

[3] 闫祥林.新疆多浪羊肉质特性及品质控制研究[D].南京:南京农业大学,2018  
YAN Xianglin. Study on meat quality characteristics and quality control of Xinjiang Duolang sheep [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018

[4] 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,2008,10:143-147  
GUO Yuan, LI Bo. Comparison of physicochemical properties and meat quality of mutton from different parts of small-tailed Han sheep [J]. Food Science, 2008, 10: 143-147

[5] 尤丽琴,罗瑞明,苑昱东,等.液相色谱-质谱法揭示滩羊宰后成熟过程中风味前体物质的变化[J].食品科学,2020,41(8):

- 172-175  
YOU Liqin, LUO Ruiming, YUAN Yudong, et al. Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) was used to study the changes of flavor precursors of Tan sheep during maturation after slaughter [J]. Food Science, 2020, 41(8): 172-175
- [6] 葛长荣,马美湖.肉与肉制品工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2002  
GE Changrong, MA Meihu. Meat and Meat Products Technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2002
- [7] GB 5009.3-2016,食品中水分的测定[S]  
GB 5009.3-2016, Determination of moisture in food [S]
- [8] GB 5009.5-2016,食品中蛋白质的测定[S]  
GB 5009.5-2016, Determination of protein in food [S]
- [9] GB 5009.6-2016,食品中脂肪的测定[S]  
GB 5009.6-2016, Determination of fat in food [S]
- [10] GB 5009.128-2016,食品中胆固醇的测定[S]  
GB 5009.128-2016, Determination of cholesterol in food [S]
- [11] 丁晔,刘敦华,雷建刚,等.不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J].食品与机械,2013,29(3):16-20,33  
DING Ye, LIU Dunhua, LEI Jiangang, et al. Comparison and principal component analysis of volatile flavor compounds in different treatments of lamb meat [J]. Food & Machinery, 2013, 29(3): 16-20, 33
- [12] 徐薇薇,姚瑞基,袁维新,等.宁夏滩羊后腿肉营养评价及挥发性风味物质分析[J].肉类研究,2017,31(10):41-45  
XU Weiwei, YAO Ruiji, YUAN Weixin, et al. Nutrition evaluation and volatile flavor compounds analysis of haw meat of Ningxia Tan sheep [J]. Meat Research, 2017, 31(10): 41-45
- [13] 吴非凡,茆建昱,丁洛阳,等.影响羊肉pH变化的因素及其糖原代谢通路机制的研究进展[J].动物营养学报,2020,32(2): 571-577  
WU Feifan, MAO Jianyu, DING Luoyang, et al. Research progress on the factors affecting the pH change of mutton and the mechanism of glycogen metabolism pathway [J]. Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(2): 571-577
- [14] 鲁蒙,巴吐尔·阿不力克木,欧阳宇恒,等.冻藏时间及pH值对宰后不同部位羊肉保水性变化的影响[J].肉类研究,2013, 27(9):26-30  
LU Meng, BATUER Abulikemu, OUYANG Yuheng, et al. Effects of frozen storage time and pH value on water retention of mutton in different parts after slaughter [J]. Meat Research, 2013, 27(9): 26-30
- [15] 刘莉敏,郭军,杨春雪,等.呼伦贝尔羊短尾品系不同部位肉营养成分的测定和评价[J].中国食物与营养,2016,22(8):63-67  
LIU Liming, GUO Jun, YANG Chunxue, et al. Determination and evaluation of nutritional components in different parts of Hulunbeier short tail sheep [J]. Food and Nutrition in China, 2016, 22(8): 63-67
- [16] 贾娜,张风雪,王乐田,等.槲皮素抑制冷藏猪肉糜氧化及改善其品质特性[J].食品科学,2019,40(21):196-202  
JIA Na, ZHANG Fengxue, WANG Letian, et al. Quercetin inhibits the oxidation of chilled pork surimi and improves its quality [J]. Food Science, 2019, 40(21): 196-202
- [17] 王琳琳,陈炼红,韩玲,等.茶多酚对宰后牦牛肉线粒体细胞凋亡和肌肉嫩度的影响[J].农业机械学报,2019,50(10):352-359,366  
WANG Linlin, CHEN Lianhong, HAN Ling, et al. Effects of tea polyphenols on apoptosis of mitochondrial cells and muscle tenderness of postmortem yak meat [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(10): 352-359, 366
- [18] YANG Huijuan, HAN Minyi, BAI Minyi, et al. High pressure processing alters water distribution enabling the production of reduced fat and reduced-salt pork sausages [J]. Meat Science, 2015, 102(6): 69-78
- [19] 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,2008,10:143-147  
GUO Yuan, LI Bo. Comparison of physicochemical properties and meat quality of different parts of small tail Han sheep [J]. Food Science, 2008, 10: 143-147
- [20] 孙远明,余群力.食品营养学[M].北京:中国农业大学出版社, 2002  
SUN Yuanming, YU Qunli. Food Nutrition [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2002
- [21] Dinh T T N, Thompson L D, Galyean M L, et al. Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry [J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2011, 10(5): 269-289
- [22] 李洋静.海门山羊肉品质指标特性的研究[D].扬州:扬州大学,2010  
LI Yangjin. Study on quality index characteristics of Haimen goat meat [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2010
- [23] 叶延平,王佐,尹小波,等.高效液相色谱检测高密度脂蛋白转运荷脂巨噬细胞内胆固醇的生物活性[J].中国现代医学杂志,2008,18(14):2013-2015  
YE Yanping, WANG Zuo, YIN Xiaobo, et al. Detection of cholesterol biological activity in lipid loaded macrophages



- transported by high density lipoprotein by high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Modern Medicine, 2008, 18(14): 2013-2015
- [24] 张庆波.气相色谱质谱法检测食品中胆固醇含量的研究[D].长春:吉林大学,2013  
ZHANG Qingbo. Determination of cholesterol in food by gas chromatography-mass spectrometry [D]. Changchun: Jilin University, 2013
- [25] 钱文熙,阎宏,崔慰贤.放牧、舍饲滩羊肌体风味物质研究[J].畜牧与兽医,2007,1:17-20  
QIAN Wenxi, YAN Hong, CUI Weixian. Study on body flavor of grazing and stage-feeding Tan sheep [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2007, 1: 17-20
- [26] 刘佳佳.湖羊饲养技术要点[N].新疆科技报(汉),2021-04-02(003)  
LIU Jiajia. Technical Points of Raising Hu Sheep [N]. Xinjiang Science and Technology News (Han), 2021-04-02(003)
- [27] 孙群.肉制品脂类氧化:硫代巴比妥酸试验测定醛类物质[J].食品科学,2002,8:331-334  
SUN Qun. Lipid oxidation of meat products: determination of aldehydes by the thiobarbituric acid test [J]. Food Science, 2002, 8: 331-334
- [28] XIE Jianchun, SUN Baoguo, ZHENG Fuping, et al. Volatile flavor constituents in roasted pork of mini-pig [J]. Food Chemistry, 2008, 109(3): 506-514
- [29] ZHU Xuan, WANG Ke, ZHU Jing, et al. Analysis of cooking oil fumes by ultraviolet spectrometry and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(10): 4790-4794
- [30] 刘源,周光宏,徐幸莲,等.南京盐水鸭挥发性风味化合物的研究[J].食品科学,2006,1:166-171  
LIU Yuan, ZHOU Guanghong, XU Xinlian, et al. Study on volatile flavor compounds of Nanjing salted duck [J]. Food Science, 2006, 1: 166-171
- [31] Nieto G, Banon S, Garrido M D, et al. 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
- [32] Purrinos J, Bermudez B, Franco Dosio, et al. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacon", a Spanish traditional meat product [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(1): 89-97
- [33] 张顺亮,赵冰,潘晓倩,等.哈萨克羊肉和市售普通羊肉营养品质与风味特性的对比分析研究[J].肉类研究,2017,31(3): 23-29  
ZHANG Shunliang, ZHAO Bing, PAN Xiaoqian, et al. Comparative analysis of nutritional quality and flavor characteristics of Kazakh mutton and common mutton on market [J]. Meat Research, 2017, 31(3): 23-29
- [34] 杨媛丽,沙坤,孙宝忠,等.不同养殖模式对牦牛背最长肌挥发性风味物质及脂肪酸组成的影响[J].肉类研究,2020,34(4):46-52  
YANG Yuanli, SHA Kun, SUN Baozhong, et al. Effects of different culture modes on volatile flavor substances and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle of yaks [J]. Meat Research, 2020, 34(4): 46-52
- [35] Kaffamik S, Preu S, Vetter W. Direct determination of flavor relevant and further branched-chain fatty acids from sheep subcutaneous adipose tissue by gas chromatography with mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A, 2014, 1350: 92-101
- [36] 詹萍,田洪磊,李卫国,等.羊肉特征风味指纹图谱的构建[J].现代食品科技,2013,29(10):2522-2527  
ZHAN Ping, TIAN Honglei, LI Weiguo, et al. Construction of characteristic flavor fingerprint of mutton [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10): 2522-2527
- [37] Popova T. Effect of the rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of the M. longissimus lumborum and M. semimembranosus in lambs [J]. Small Ruminant Research, 2007, 71(1/3): 150-157