

# 欧拉型藏羊肉理化及近红外光谱特性研究

王振宇, 王培培, 陈 丽, 饶伟丽, 张德权\*

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193)

**摘 要:** 欧拉型藏羊是生长在青藏高原的肉用羊, 具有独特的耐高寒低氧属性。本研究对1.0~1.5岁龄的欧拉型藏羊背最长肌的理化特性和近红外光谱特性进行分析, 发现其蛋白质和肌内脂肪含量分别高达24.18%和2.05%, 剪切力为40.92N, 总体品质较好; 欧拉型藏羊背最长肌近红外原始光谱在1180、1450nm有吸收峰, 一阶求导可以对原始数据进行有效处理, 经一阶求导后近红外光谱在1380nm处有明显峰值特征。研究结果表明, 欧拉型藏羊肉有良好的食用和加工价值, 其特定理化特性导致其出现独特的近红外光谱特性。

**关键词:** 欧拉型藏羊; 理化特性; 近红外光谱; 背最长肌

## Physiochemical Properties and Near Infrared Spectroscopic Characterization of Oula Tibetan Sheep Meat

WANG Zhen-yu, WANG Pei-pe, CHEN Li, RAO Wei-li, ZHANG De-quan\*

(Comprehensive Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Oula Tibetan sheep is a mutton sheep that lives on the Qinghai-Tibet Plateau and has an excellent tolerance to high cold and anoxia. In this study, *longissimus dorsi* muscles of Oula Tibetan sheep (1 to 1.5 years old) were analyzed for physiochemical properties and characterized by near infrared (IR) spectroscopy. The contents of protein and intramuscular lipid were 24.18% and 2.05%, respectively, the shear force was 40.92 N, and the overall quality was considered as good. Original near infrared spectra of *longissimus dorsi* muscles revealed two absorption peaks, at 1180 nm and 1450 nm, respectively. First derivation allowed effective processing of original spectral data. Processed near infrared spectra displayed an obvious absorption peak at 1380 nm. The results demonstrated that Oula Tibetan sheep meat has excellent eating and cooking quality, which corresponds to its unique near infrared spectroscopic characteristics.

**Key words:** Oula Tibetan sheep; physiochemical properties; near infrared spectroscopy; *longissimus* muscle

中图分类号: O436; TS251.1

文献标识码 A

文章编号: 1001-8123(2012)09-0001-04

藏羊(*ovis aries*)是我国青藏高原地区特有的地方品种, 年出栏5000万只以上, 是青藏高原地区人民重要的肉乳来源。藏羊常年生长在海拔3000m以上的高原地区, 对低氧高寒环境产生了适应性, 同时, 藏羊大部分以放牧为主, 牧区优良的牧草资源和清洁的饲养环境, 使得藏羊肉具有独特地品质<sup>[1]</sup>。自20世纪60年代开始, 藏羊就得到大量研究, 其研究主要集中在良种繁育<sup>[2]</sup>、育肥管理<sup>[3]</sup>和疫病防治<sup>[4]</sup>等方面。另外, 马崑等<sup>[5]</sup>对藏山羊乳中的游离氨基酸成分进行了分析。王杰等<sup>[6]</sup>对藏山羊肉质进行了大量研究, 证实其热值和氨基酸含量高, 肌纤维细。对草地型藏羊肉, 杨勤<sup>[2]</sup>、刘长英<sup>[7]</sup>、王欣荣<sup>[8]</sup>等对甘南草地型藏羊肉进行了大量研究, 报道其具有高能

量、高蛋白质、矿物质丰富、高氨基酸、低脂肪、低胆固醇能特点, 5岁龄之前肉的食用品质佳。青海省欧拉型藏羊生长在4000m左右的高海拔的高山草甸草场, 特定的环境下, 欧拉藏羊肉的化学组成和食用品质具有特异性, 但是欧拉型藏羊肉的特定理化特性却鲜有报道。

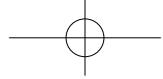
近红外光谱定性分析技术具有光谱信号易获取及信号丰富两方面的优点, 已成功的应用于肉品成分掺假、品种鉴别、追溯来源等方面<sup>[9-10]</sup>。在羊肉研究方面, Dian等<sup>[11]</sup>研究了放牧和舍饲体系下, 雷默森绵羊肾内脂肪的近红外光谱特性, 发现400~2500nm范围内有特征吸收。Juarez等<sup>[12]</sup>对西班牙南部羊的被最长肌的近红外光谱特性进行分析, 发现其在420、450、610、670nm有特征

收稿日期: 2012-07-28

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201203009; 200903043); 国家现代肉羊产业技术体系项目(CARS-39)

作者简介: 王振宇(1981—), 男, 助理研究员, 博士, 主要从事肉品科学与技术研究。E-mail: food2006wzy@163.com

\*通信作者: 张德权(1972—), 男, 研究员, 博士, 主要从事肉品科学与技术研究。E-mail: dqzhang0118@126.com



吸收。Kamruzzaman等<sup>[13]</sup>采用近红外高光谱成像技术对夏洛来羊的半膜肌、背最长肌和腰大肌进行分析,其谱图在934、974、1074、1141、1211nm和1308nm处有特征吸收。分析近红外光谱的光谱特性,有利于对羊肉成分的定量和品种的鉴别提供基础数据。然而,我国目前对羊肉近红外光谱的研究鲜有报道,这与我国丰富的肉羊资源状况极不相符。欧拉型藏羊是我国《国家级畜禽品种资源保护名录》收录品种,研究其理化特性和近红外光谱特性,积累基础数据,为藏羊肉的加工利用和品质快速检测提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及处理

选取1~1.5岁龄的欧拉型藏羊40只,苏尼特羊、小尾寒羊、杜泊羊各10只。欧拉型藏羊 青海省循化甲秀畜产品有限公司;苏尼特羊 内蒙古锡林郭勒盟苏尼特肉业有限责任公司;小尾寒羊 宁夏金福来羊产业有限公司;杜泊羊 宁夏涝河桥清真肉食品公司。

羊只经屠宰排酸24h,喷淋冲洗干净后分割,采集背最长肌肉,去除表面的脂肪和肌膜,真空包装-18℃冷冻备用。40个欧拉型藏羊的背最长肌样品作为测定近红外光谱特性的样品,其中随机取10个样品测定理化指标。

### 1.2 仪器与设备

SupNIR-1520近红外光谱仪(光谱分辨率≤12nm,波长准确性±0.2nm,波长重复性≤0.05nm,光谱范围1000~1799nm) 杭州聚光科技股份有限公司;TA.XTPlus质构仪 英国Stable Micro System公司;CR-400美能达色差计 日本柯尼卡公司;FOSS 2300凯氏定氮仪、FOSS 2050脂肪测定仪 福斯华(北京)科贸有限公司;JYL-B060电热鼓风干燥箱 天津中环实验电炉有限公司;Linderg/blue M马弗炉 美国Thermo Scientific公司;testo205 pH计 北京中西远大科技有限公司;

### 1.3 方法

#### 1.3.1 一般组成成分测定

脂肪含量检测按照GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品总脂肪含量的测定》进行;蛋白质含量检测按照GB/T 9695.11—2008《肉与肉制品中氮含量测定》进行;水分含量检测按照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品水分含量测定》进行;灰分含量检测按照GB/T 9695.18—2008《肉与肉制品总灰分测定》进行。

#### 1.3.2 pH值测定

pH值采用testo205 pH计测定。

#### 1.3.3 颜色采用美能达色差计测定

在每个样品表面取5个点进行测定,取平均值,颜色

以 $\Delta E$ 表示, $\Delta E_{ab}=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

### 1.3.4 肉质特性指标测定

系水力的测定:取样品3.0~4.0g精确称量,3600×g离心30min,取出肉样,并用吸水纸吸取表面水分后称量,离心前后的肉样质量之差即为失去的水分。

$$\text{失水率}/\% = \frac{\text{离心前肉样质量} - \text{离心后肉样质量}}{\text{离心前肉样质量}} \times 100$$

$$\text{系水力}/\% = \frac{\text{含水率} - \text{失水率}}{\text{含水率}} \times 100$$

剪切力的测定:将采集光谱后的样品修整为5cm×1cm×1cm大小的长条,采用质构仪BSW刀具进行剪切力的测定。仪器设置为测前速度1.0mm/s,测定速度1.0mm/s,测后速度5.0mm/s,结果以N为单位表示。

### 1.3.5 近红外特性测定

除去背最长肌表面的脂肪和肌膜之后,用近红外光谱仪的平面漫反射光纤探头进行光谱扫描。扫描时,保持光线照射方向与肌纤维方向垂直,并要尽量避免光线照射在有明显脂肪的肉块区域。每个样品重复扫描5次,求平均光谱。

### 1.4 数据分析

数据采用SAS 8.2软件一般线性模型最小二乘法进行分析( $P < 0.05$ )。近红外光谱采用主成分分析进行降维、线性判别分析、偏最小二乘判别分析,采用Unscrambler 9.0软件分别对原始光谱进行平滑、一阶求导、多元散射校正(multiplicative scatter correction, MSC)、标准归一化(standard normalized variate, SNV)处理,比较各种预处理方法建立判别模型的决定系数( $R^2$ )、预测均方根误差(root mean square error of prediction, RMSEP)、主因子数及判别正确率,选择最佳模型。

## 2 结果与分析

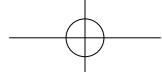
### 2.1 藏羊肉理化特性分析

表1 欧拉型藏羊背最长肌与其他品种肉羊背最长肌组成成分比较  
Table 1 Comparison of proximate composition of longissimus dorsi muscles between Oula Tibetan sheep and other breeds

品种	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	水分含量/%	灰分含量/%
藏羊	24.18±1.41 <sup>a</sup>	2.05±0.98 <sup>a</sup>	70.87±2.43 <sup>b</sup>	1.21±0.07 <sup>b</sup>
小尾寒羊	21.24±1.69 <sup>b</sup>	1.08±1.37 <sup>ab</sup>	74.64±4.16 <sup>a</sup>	1.13±1.35 <sup>b</sup>
苏尼特羊	22.64±0.76 <sup>ab</sup>	0.38±0.16 <sup>b</sup>	73.68±0.89 <sup>a</sup>	1.39±0.17 <sup>a</sup>
杜泊羊	21.38±0.35 <sup>b</sup>	0.84±0.86 <sup>b</sup>	74.03±2.08 <sup>a</sup>	1.54±0.21 <sup>a</sup>

注:同一列的不同英文字母,表示差异显著( $P < 0.05$ )。表2同。

小尾寒羊、苏尼特羊是我国畜禽遗传保护品种,杜泊羊是我国境内重要的外来引进品种,这3种羊繁育率高、生长快、分布广、肉质优良。欧拉型藏羊同样属于



我国畜禽遗传保护品种，是青藏高原地区人民最重要的肉食品来源，将欧拉型藏羊肉的属性与小尾寒羊、苏尼特羊及杜泊羊的羊肉属性进行比较分析，有利于了解欧拉型藏羊肉的品质，具有明显的代表性。

表2 欧拉型藏羊背最长肌与其他品种肉羊理化指标  
Table 2 Comparison of physicochemical properties of *longissimus dorsi* muscles between Oula Tibetan sheep and other breeds

品种	系水力/%	pH <sub>24</sub>	剪切力/N	$\Delta E_{ab}$
藏羊	66.81±2.65 <sup>b</sup>	5.81±0.31 <sup>a</sup>	40.92±7.77 <sup>b</sup>	60.82±0.05 <sup>a</sup>
小尾寒羊	71.24±4.80 <sup>a</sup>	6.04±0.66 <sup>a</sup>	58.28±17.48 <sup>a</sup>	63.35±0.05 <sup>b</sup>
苏尼特羊	69.13±2.61 <sup>ab</sup>	6.03±0.45 <sup>a</sup>	37.23±4.89 <sup>b</sup>	59.85±0.10 <sup>a</sup>
杜泊羊	65.62±1.51 <sup>b</sup>	5.69±0.08 <sup>a</sup>	51.13±14.70 <sup>a</sup>	61.51±1.01 <sup>a</sup>

由表2可知，欧拉型藏羊背最长肌的蛋白质含量高达24.18%，显著高于小尾寒羊和杜泊羊( $P<0.05$ )；肌肉脂肪含量高达2.05%，显著高于苏尼特羊和杜泊羊( $P<0.05$ )；水分含量70.87%，显著的低于小尾寒羊、苏尼特羊和杜泊羊( $P<0.05$ )；灰分含量1.21%，显著高于苏尼特羊和杜泊羊( $P<0.05$ )。综上所述，欧拉型藏羊背最长肌的干物质含量达到了29.13%，显著地高于小尾寒羊、苏尼特羊和杜泊羊( $P<0.05$ )。分析其原因，可能是由于欧拉型藏羊生长在高原低寒地域，长期牧食的习性使其肌肉紧实、致密。

表3 不同预处理方法分析欧拉型藏羊肉近红外光谱鉴别结果  
Table 3 Results obtained for analysis of near infrared spectra of *longissimus dorsi* muscles of Oula Tibetan sheep using different pretreatment methods

预处理方法	PC	R <sup>2</sup> <sub>c</sub>	RMSEC	判别正确率/(±0.1)	判别正确率/(±0.3)	判别正确率/(±0.5)
无处理	18	0.79	0.15	43	100	100
MSC	19	0.82	0.14	43	100	100
三点平滑	20	0.79	0.15	54	100	100
一阶求导	15	0.80	0.15	71	100	100
基线校正	20	0.79	0.16	43	100	100
SNV	20	0.82	0.14	86	100	100
一阶求导+三点平滑	16	0.80	0.15	29	100	100
一阶求导+基线校正	16	0.79	0.16	43	100	100
一阶求导+SNV	15	0.78	0.16	43	100	100
一阶求导+MSC	14	0.77	0.16	43	100	100
SNV+一阶求导	14	0.77	0.16	43	100	100
SNV+3点平滑	20	0.79	0.15	43	100	100
SNV+MSC	18	0.80	0.15	86	100	100
SNV+基线校正	19	0.78	0.15	71	100	100
MSC+三点平滑	17	0.79	0.15	43	100	100
MSC+基线校正	18	0.79	0.15	24	100	100
MSC+SNV	19	0.79	0.15	43	100	100
MSC+一阶求导	14	0.77	0.16	24	100	100

表3显示欧拉型藏羊背最长肌的系水力小于小尾寒羊，与苏尼特羊和杜泊羊没有显著性差异( $P<0.05$ )；冷却排酸后pH值与小尾寒羊、苏尼特羊和杜泊羊没有显著

性差异( $P<0.05$ )；剪切力显著地小于小尾寒羊和杜泊羊( $P<0.05$ )，与苏尼特羊没有显著性差异( $P<0.05$ )；色泽与苏尼特羊、杜泊羊没有显著性差异( $P<0.05$ )。由结果可知，欧拉型藏羊背最长肌嫩度高、系水力低，pH值和色泽与其他品种羊的样品没有显著差异。分析原因，可能是欧拉型藏羊肌肉纤维中肌节细胞含量高、密度大而导致的结果。

## 2.2 欧拉型藏羊肉原始近红外光谱特征分析

欧拉型藏羊背最长肌的近红外原始光谱如图1所示，40个样品的近红外反射光谱走向相同，并且谱图相对集中，均在1180、1450nm附近有吸收峰。欧拉型藏羊肉在1180nm与1450nm的吸光度大小分别为0.9与1.5。鸡肉的近红外光谱吸收峰分别在1150nm处与1400nm处，吸光度为1.3与2.2<sup>[4]</sup>。猪肉在1100~1800nm波长处有3个较为明显的吸收峰，分别在1200、1400nm和1680nm处，与羊肉的近红外光谱吸收峰位置接近，但是吸光度的大小存在着显著的不同，而且猪肉的近红外光谱曲线呈现一直上升的趋势；牛肉的近红外光谱曲线与羊肉的近红外光谱曲线较为接近，但是羊肉的近红外光谱曲线在1500nm处有一明显的尖峰，而牛肉的近红外光谱曲线较为平滑，与羊肉的光谱曲线存在不同。从以上分析可知羊肉的近红外光谱曲线与鸡肉、猪肉及牛肉的近红外光谱曲线存在不同。

经分析可知1180nm处的吸收峰可能与蛋白质或脂质中的C—H二级倍频吸收有关，而1450nm处的吸光度较大，此区间主要为O—H伸缩振动的一级倍频和N—H伸缩振动的一级倍频。另外，在1730nm处可以见到较小的吸收峰，这与脂质中C—H的一级倍频吸收有关<sup>[15]</sup>。

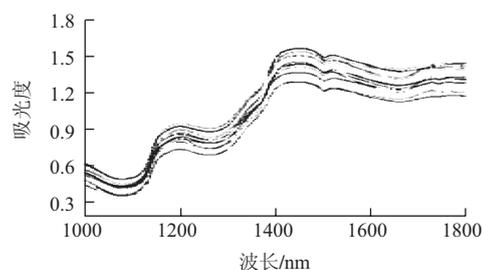


图1 藏羊肉通脊原始光谱图  
Fig.1 Original near infrared spectra of *longissimus dorsi* muscles of Oula Tibetan sheep

## 2.3 欧拉型藏羊肉近红外光谱预处理结果

实验采集的欧拉型藏羊背最长肌的近红外光谱在1000~1799nm间共有200个数据点，数据量及计算量大，干扰信息多，而且有些区域样品的光谱信息很弱，因此首先用MATLAB软件对数据进行预处理。把样品的测量值设定为1，不同的预处理方法分析的结果如表3所



示, 当阈值设定为 $\pm 0.3$ 与 $\pm 0.5$ 时, 各种预处理方法建立模型的正确判别率均可达到100%, 可以达到很好的鉴别效果。当阈值设定为 $\pm 0.1$ 时, 采用一阶求导与SNV+MSC和SNV+基线校正得到鉴别模型的正确判别率较高, 分别为71%、86%、71%, 但是采用SNV+MSC和SNV+基线校正处理时模型的主因子数分别为18和19, 远高于一阶求导的主因子数(15), 主因子数过大将导致测量噪音过多的引入到模型中, 影响模型的稳定性。当阈值设定为 $\pm 0.1$ 时, 采用一阶求导对光谱进行预处理建立藏羊肉近红外光谱鉴别模型, 模型的 $R^2$ 为0.80, 判别正确率是71%。总之, 可以采用一阶求导对欧拉型藏羊背最长肌的近红外光谱进行预处理, 以便建立准确的标准模型。

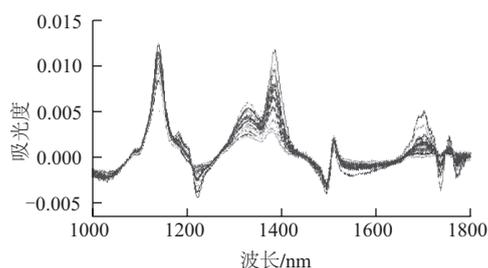


图2 经一阶求导处理后的欧拉型藏羊背最长肌的近红外光谱图  
Fig.2 First-derivative near infrared spectra of longissimus dorsi muscles of Oula Tibetan sheep

欧拉型藏羊背最长肌的近红外光谱经一阶求导处理, 结果如图2所示, 由图可知在1140、1330nm和1380nm处有吸收峰, 并且在1380nm处的吸收峰值存在明显差异。孙淑敏等<sup>[16]</sup>报道不同产地的羊肉近红外光谱经处理后在1380nm处有显著差异, 这也与本研究结果一致。Barbin等<sup>[17]</sup>发现不同等级的猪肉近红外光谱在900nm和1400nm处有明显的不同, 经二阶求导处理后在960、1147nm与1207nm处存在特征吸收。Cozzolino等<sup>[10]</sup>对牛肉、猪肉、鸡肉和羊肉的肌肉样品进行了鉴别研究, 发现其在500、1750nm与2250nm处有较明显的不同。由研究结果可知, 牛肉、猪肉、鸡肉与羊肉的近红外光谱吸收峰的位置不同, 羊肉的近红外光谱吸收峰的位置受品种的影响较小。

### 3 结论

欧拉型藏羊肉的干物质含量显著高于小尾寒羊、苏

尼特羊和杜泊羊( $P < 0.05$ ), 剪切力较小, 其他各项理化指标与其他羊种差异不明显( $P > 0.05$ ), 总之, 欧拉型藏羊肉具有优异的营养价值和食用价值。欧拉型藏羊肉物质含量的特异性, 导致其近红外光谱具有独特属性, 可以作为采用近红外光谱技术鉴定欧拉型藏羊肉的依据。

### 参考文献:

- [1] KOIZUMI T, RUAN Z H, SAKAI A, et al. Contribution of nitric oxide to adaptation of Tibetan sheep to high altitude[J]. Respiratory Physiology & Neurobiology, 2004, 140(2): 189-196.
- [2] 杨勤, 杨树猛, 刘汉丽, 等. 甘加型藏羊选育效果浅析[J]. 畜牧兽医学报, 2008(7): 25-26.
- [3] 才华扎西, 乔生英, 若周么. 大武镇藏羊育肥效果比较[J]. 中国畜禽种业, 2011(9): 69-70.
- [4] 祁子显. 草地型藏羊巴氏杆菌病的诊治[J]. 中国兽医杂志, 2010, 46(4): 73.
- [5] 马嵬, 郑玉才, 王永, 等. 草地型藏羊和金堂黑山羊乳中游离氨基酸含量的分析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2006, 36(4): 5-7.
- [6] 王杰, 王永, 欧阳熙, 等. 藏山羊肉的品质研究[J]. 四川草原, 2000(2): 50-53.
- [7] 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.
- [8] 王欣荣, 张利平, 许海霞. 不同年龄草地型藏羊屠宰性能及肉品质比较[J]. 中国草食动物, 2011, 21(2): 30-31.
- [9] 陈建军, 谭佐军, 崔鹏, 等. 近红外光谱技术在食品安全检测中的应用[J]. 红外, 2007, 28(4): 38-40.
- [10] COZZOLINO D, MURRAY I. Identification of animal meat muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2004, 37(4): 447-452.
- [11] DIAN P H M, ANDUEZA D, JESTIN M, et al. Comparison of visible and near infrared reflectance spectroscopy to discriminate between pasture-fed and concentrate-fed lamb carcasses[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1157-1164.
- [12] JUAREZ M, ALCADE M J, HORCADA A, et al. Southern Spain lamb types discrimination by using visible spectroscopy and basic physicochemical traits[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1249-1253.
- [13] KAMRUZZAMAN M, GAMAL M, DAWEN S, et al. Application of NIR hyperspectral imaging for discrimination of lamb muscles[J]. Meat Science, 2011, 104(3): 332-340.
- [14] 刘炜, 吴昊旻, 孙东东, 等. 近红外光谱分析技术在鲜鸡肉快速检测分析中的应用研究[J]. 中国家禽, 2009, 31(2): 8-11.
- [15] 陆婉珍. 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2007.
- [16] 孙淑敏, 郭波莉, 魏意民, 等. 近红外光谱指纹分析在羊肉产地溯源中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(4): 937-941.
- [17] BARBIN D, ELMASRY G, SUN D W, et al. Near-infrared hyperspectral imaging for grading and classification of pork[J]. Meat Science, 2012, 90(1): 259-268.