

我国地方绵羊品种与进口羊腿肉的营养质构 差异分析

朱 宏, 梁克红, 仇 菊, 王 靖*

(农业农村部食物与营养发展研究所, 北京 100081)

摘 要: **目的** 分析对比我国不同产区主要地方品种与进口羊腿肉的营养品质与质构差异。**方法** 选取中东部农牧交错带肉羊优势区域主要产区: 内蒙古锡林郭勒; 西北肉羊优势区域的代表产区: 新疆、甘肃和宁夏, 以乌珠穆沁羊、滩羊、哈萨克羊 3 个地方品种为主, 同时对比来自澳大利亚和新西兰的进口羊腿, 品种分别为澳洲白与无角陶赛特羊。分析羊腿的蛋白、脂肪、脂肪酸及氨基酸、维生素、矿物质含量, 以及质构参数。**结果** 澳大利亚羊腿蛋白含量较高; 甘肃肃北哈萨克羊脂肪酸组成最优; 内蒙古锡林郭勒阿巴嘎旗乌珠穆沁羊的钙、磷、钾含量均较高。**结论** 营养成分受品种、饲养方式、地理环境等综合影响: 蛋白含量与品种有关, 放牧会增加羊腿中不饱和脂肪酸的含量, 地理环境与饲料共同影响羊腿的矿质元素含量特征; 口感受饲养方式影响较大, 放牧会导致羊肉硬度较高。

关键词: 羊腿肉; 不同产地; 地方品种; 营养成分; 质构

Analysis of the nutritional quality difference between imported and Chinese lamp leg

ZHU Hong, LIANG Ke-Hong, QIU Ju, WANG Jing*

(Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To analyze and compare the difference of nutrient quality and texture between main local varieties in different producing areas of China and imported mutton. **Methods** The main producing areas of meat sheep in the middle and eastern agricultural and pastoral ecotone zone were selected: Xilingol, Inner Mongolia. The representative producing areas of the dominant areas of meat sheep in northwest China were Xinjiang, Gansu and Ningxia, which were mainly composed of three local breeds: Wuzhu mu qin sheep, Tan sheep and Kazak sheep. Meanwhile, the imported leg sheep from Australia and New Zealand were compared with the Australian white and hornless Tausset sheep. The content of protein, fat, fatty acid, amino acid, vitamin, mineral and texture parameters was analyzed. **Results** The protein content of Australian lamb leg was higher. The optimal fatty acid composition of Subei kazak sheep in Gansu province. The content of calcium, phosphorus and potassium in Wuzhumuqin sheep from abaga banner of Xilingol in Inner Mongolia was high. **Conclusion** Nutrition composition is related to variety,

基金项目: 农业农村部食物与营养发展研究所基本业务费(1610422019008)

Fund: Supported by Baseline research fund for Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (1610422019008)

*通讯作者: 王靖, 研究员, 主要研究方向为农产品监测与评价。E-mail: wangjing07@caas.cn

*Corresponding author: WANG Jing, Professor, Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, No. 12 Zhongguancun South Street, Haidian District, Beijing 100081, China. E-mail: wangjing07@caas.cn

feeding mode, geographical environment. Protein content is related to variety. Grazing will increase the content of unsaturated fatty acids in lamp leg. Geographical environment and feed mode together affect the content mineral elements in lamp leg. The effect of feeding mode on the taste of the mouth is great, and grazing will lead to higher hardness of lamp leg.

KEY WORDS: lamp leg; different origin; local varieties; nutrients; texture

1 引 言

我国是养羊大国, 羊存栏量、出栏量和羊肉产量均居世界第一位。2018 年, 羊肉产量达到 475 万吨。近年来, 我国消费者对羊肉品质更为关注。羊肉品质受多方面因素影响, 品种决定着其生长、繁殖、胴体等主要遗传性状, 饲养方式、饲养环境等因素对其品质也有非常大的影响^[1]。

根据《中国畜禽遗传资源志(羊志)》记载, 乌珠穆沁羊、滩羊、哈萨克羊等均属我国地方绵羊品种^[2]。此外, 乌珠穆沁羊、滩羊入选《中国国家级畜禽遗传资源保护名录》。乌珠穆沁羊为蒙古羊在乌珠穆沁草甸草原特定的自然、气候等条件下, 经过长期的自然选择和人工选择培育而形成的一个优良类型, 属肉脂粗毛羊, 以体大、尾大、肉脂多、羔羊生长发育快而著称^[3]。滩羊起源于蒙古羊, 是其适应宁夏及周边自然资源和气候条件, 经长期自然和人工选择的结果^[4]。哈萨克羊是新疆优良地方绵羊品种, 长期放牧饲养于天山、阿勒泰地区及准噶尔盆地边缘, 曾是新疆数量最多、分布最广的绵羊品种。这些地方品种耐粗饲、抗逆性和抗病力强, 生产性能各具特色, 是我国肉羊产业可持续发展的宝贵资源和育种素材。此外, 我国进口羊肉主

要来自于澳大利亚与新西兰, 占据市场一定份额, 品种包括澳洲白、无角陶赛特羊等^[5]。目前, 已有关于地方品种羊肉营养品质的研究, 包括新疆多浪羊、小尾寒羊、乌拉特羊等^[6,7], 然而针对我国主要产区具有代表性的绵羊品种, 及其与主要进口羊肉营养、质构的对比研究依旧缺乏。

本文选取中东部农牧交错带肉羊优势区域主要产区: 内蒙古锡林郭勒乌珠穆沁羊, 西北肉羊优势区域的代表产区: 新疆、甘肃哈萨克羊和宁夏滩羊为代表, 分析其后腿肉营养成分和质构特性的差异。同时以澳大利亚澳洲白、新西兰无角陶赛特羊作为参照, 以期为消费者、肉制品加工工厂的原料选择提供科学依据。羊肉品质的评价对提升羊肉附加值、实现品牌效应、开拓市场具有重要的作用和意义。

2 材料与方法

2.1 样 品

所有样品均采集于产地, 选取 8 月龄的绵羊, 屠宰后在 4℃下冷藏 24 h, 然后在-80℃下贮存待用。具体样品信息如表 1 所示。

表 1 样品信息
Table 1 Sample information

样品简称	产地	农牧区划分	品种	主要饲料	平均海拔/m	饲养类型
T 蒙 1	内蒙古锡林郭勒 阿巴嘎旗	牧区	乌珠穆沁羊	禾本科牧草	800~1200	放牧
T 蒙 2	内蒙古巴彦淖尔	农牧区	-	谷饲	1000	圈养
T 蒙 3	内蒙古锡林郭勒 乌珠穆沁	牧区	乌珠穆沁羊	禾本科牧草	800~1200	放牧
T 宁 1	宁夏盐池	农牧区	滩羊	禾本科牧草	1600	放牧
T 宁 2	宁夏盐池	农牧区	滩羊	禾本科牧草	1600	放牧
T 疆 1	新疆博尔塔拉	农牧区	哈萨克羊	禾本科牧草	826	放牧
T 疆 2	新疆伊犁	牧区	哈萨克羊	禾本科牧草	2300	放牧
T 澳	澳大利亚	-	澳洲白	-	-	放牧
T 兰	新西兰	-	无角陶赛特羊	-	-	放牧
T 祁	甘肃肃北	牧区	哈萨克羊	禾本科牧草	3500	放牧

2.2 试剂与仪器

高氯酸(分析纯,上海沪试公司);氢氧化钠、磷酸(分析纯,北京化工有限公司);磷酸氢二钾(分析纯,西陇化工股份有限公司);乙腈(色谱纯,百灵威有限公司);L-肉碱标准品(纯度 $\geq 99\%$,百灵威有限公司);B7 离子对试剂(庚烷磺酸钠 $C_7H_{25}SO_3Na$,百灵威有限公司)。

1260 Infinity 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);KQ-500DE 型超声清洗机(北京星德仪器设备有限公司);梅特勒电子分析天平(万分之一)、飞鸽牌离心机、旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);SHB-III 循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 成分检测方法

脂肪测定参照 GB 5009.6-2016 第二法^[8];蛋白质测定参照 GB 5009.5-2016 第一法^[9];脂肪酸测定参照 GB 5009.168-2016 第三法^[10];氨基酸测定参照 GB 5009.124-2016^[11];色氨酸测定参照 PONY-BJXZSP211-2009A;维生素 A 测定参照 GB 5009.82-2016 第一法^[12];维生素 B1 测定参照 GB 5009.84-2016 第二法^[13];维生素 B2 测定参照 GB 5009.85-2016 第二法^[14];维生素 E 测定参照 GB 5009.82-2016 第一法^[12];烟酸测定参照 GB 5009.89-2016 第一法^[15];叶酸测定参照 GB 5009.211-2014^[16];钙、磷、铁、钾、硒测定参照 GB 5009.268-2016 第二法^[17]。

L-肉碱测定采用液相色谱法。色谱柱:日本岛津 VP-ODS- C_{18} 柱(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μ m);流动相:含有 0.006 mol/L 庚烷磺酸钠的 0.05 mol/L 磷酸氢二钾水溶液(用磷酸调节 pH 至 2.6)-乙腈,体积比为 95:5;柱温 30 $^{\circ}C$,流速 0.800 mL/min;检测波长 220 nm;进样量 20 μ L。

2.3.2 质构测定方法

硬度、弹性、内聚性、胶着性及咀嚼性 5 个指标由 CT3 物性检测仪进行测定,测定方法如下:剔除筋腱、脂肪和骨头后,将样品制成 20 mm $\times$ 20 mm $\times$ 15 mm 立方块后,置于自封袋内,于 4 $^{\circ}C$ 平衡待用;直径为 12 mm 的圆柱形探头,探头下降高度为 42 mm,上行和下行速度为 1 mm/s,形变量为 40%;每类样品重复检测 5 次。对于所得的结果,取平均值并计算误差范围。

样品嫩度根据 NY/T 1180-2006,使用 CT3 物性检测仪 TA-SB 夹具进行检测,检测条件如下:取肉样长 $\times$ 宽 $\times$ 高不少于 6 cm $\times$ 3 cm $\times$ 3 cm 剔除筋腱、脂肪和骨头的整块肉样,在测定过程中从肉样进行取样,长度不少于 2.5 cm,取样边缘距肉样边缘不少于 5 mm。取样后立即测定。采用 TA-SB 夹具,测试速度 2 mm/s,上升速度 1 mm/s,数据频率 30 points/sec。

肉样嫩度计算公式:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} - x_0$$

其中: X ——肉样嫩度, N;

$x_1 \sim x_n$ ——有效孔样最大剪切力, N;

x_0 ——空载剪切力, N;

n ——有效孔样数量。

2.4 数据分析

数据分析采用 SPSS 16.0 软件。利用 Duncan 多重比较分析不同羊肉样品间营养成分与质构特性的差异。

3 结果与分析

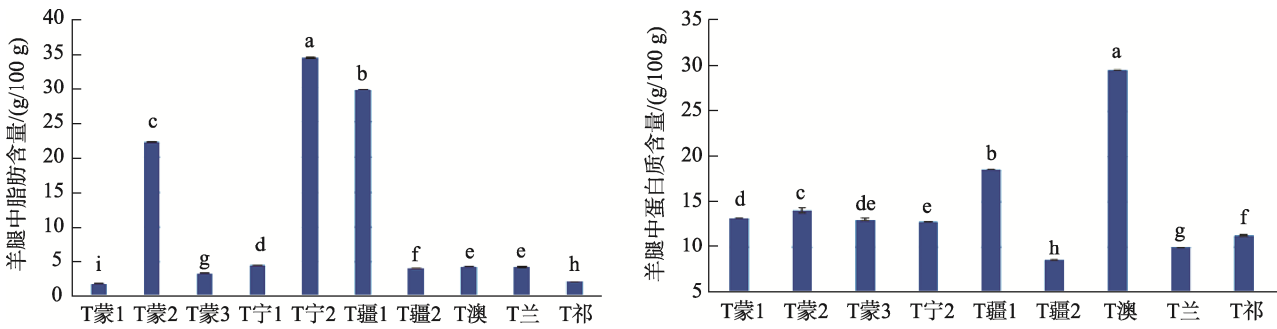
3.1 脂肪和蛋白质含量

经过比较,脂肪含量最高的是 T 宁 2, 为 34.34 g/100 g, 最低的是 T 蒙 1, 为 1.86 g/100 g。图 1 为羊腿样品中脂肪和蛋白含量。在蛋白质含量方面, T 澳蛋白含量最高, 为 29.60 g/100 g, T 疆 2 最低, 为 8.62 g/100 g。结果显示, 除来自澳大利亚和新西兰的样品以外, 不同地区、甚至相同品种间, 脂肪含量存在显著差异。影响羊肉营养成分的因素有很多, 包括畜龄、性别、品种、去势与否、育肥性能、营养饲料水平等。此外, 还与产区的气候、土壤、水质等相关^[18]。

羊肉中适量的脂肪含量可以提高肉品的嫩度、风味以及多汁性, 改善羊肉的保水能力, 从而明显改善羊肉的品质, 但脂肪含量过高会影响肉的口感, 产生油腻的感觉。所以肉中脂肪含量适中, 则品质上乘。研究表明, 为了保持肌肉的良好适口性, 羊肉肌间脂肪含量需达到 3.5%~4.5%^[19]。蛋白质含量的高低是评价羊肉产品营养价值的一个重要参考因素, 其含量越高说明肉质更有营养。羊肉的粗蛋白含量一般应在 15%~20%。

3.2 脂肪酸组成

不同羊腿样品的饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)比例如表 2 所示。在不同产地的羊腿样品中, T 祁样品的饱和脂肪酸含量最低, 仅为 40.91%, 远低于 T 蒙 3 的 51.01%; 在单不饱和脂肪酸比例方面, T 祁样品比例较低, 仅为 33.66%, 比例最高的 T 宁 2 达到 41.84%; 多不饱和脂肪酸比例方面, T 祁样品表现优异, 比例最高, 达到 11.140%, 远远高于第 2 位的 T 澳的 7.307%。综上, T 祁样品饱和脂肪酸比例最低, 多不饱和脂肪酸比例最高, 每种检出的多不饱和脂肪酸含量均为最高, 同时 T 祁样品的 PUFA/SFA 比例超过 0.27, 最接近营养学家建议的 0.4, 高于一般肉类的 0.1^[20]。



注: 字母不同指组间存在差异显著($P<0.05$), 同下图, 下表。

图 1 羊腿中脂肪和蛋白质含量($n=3$)

Fig.1 Protein and fat content in leg of lamp ($n=3$)

表 2 羊腿中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和酸比例

Table 2 Content of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in leg of lamp

羊腿	饱和脂肪酸/%	单不饱和脂肪酸/%	多不饱和脂肪酸/%	PUFA/SFA
T 蒙 1	50.93±0.15 ^a	35.39±0.06 ^e	3.227±0.014 ^h	0.06
T 蒙 2	50.33±0.08 ^b	39.79±0.06 ^b	1.861±0.010 ^j	0.04
T 蒙 3	51.01±0.09 ^a	33.90±0.06 ^f	3.942±0.054 ^g	0.08
T 宁 1	43.30±0.11 ^f	36.37±0.01 ^c	6.085±0.018 ^c	0.14
T 宁 2	47.60±0.01 ^d	41.84±0.04 ^a	2.131±0.004 ⁱ	0.04
T 疆 1	50.26±0.03 ^b	32.07±0.02 ⁱ	5.253±0.003 ^f	0.10
T 疆 2	49.55±0.07 ^c	33.17±0.06 ^h	5.514±0.006 ^c	0.11
T 澳	49.55±0.07 ^c	28.83±0.05 ^j	7.307±0.017 ^b	0.15
T 兰	46.22±0.05 ^e	35.64±0.05 ^d	5.704±0.020 ^d	0.12
T 祁	40.91±0.08 ^g	33.66±0.02 ^g	11.140±0.012 ^a	0.27

肉类脂肪酸的种类和组成是决定脂肪组织理化性质和肉风味的重要因素,也是评价营养价值高低的重要指标之一。一般认为,不饱和脂肪酸对人体有益,多不饱和脂肪酸具有广泛的生物活性,对生物细胞膜功能和脂蛋白平衡等方面有重要作用^[21]。饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸比例方面可以得出 T 祁样品的营养价值较高。脂肪酸组成的差异更多来源于饲养方式,即放牧或舍饲^[22]。放牧情况下,草场草料的脂肪酸多以十八碳三烯酸为主,而谷物日粮中的十八碳二烯酸居多。因此,放牧羊肉中 $n-3$ 多不饱和脂肪酸含量却远高于舍饲羊肉,且共轭亚油酸等对人体有益的功能性脂肪酸的比例也得到大幅度地提高, $n-6:n-3$ 不饱和脂肪酸的比例也更加趋近平衡^[23]。然而,由于多不饱和脂肪酸的碳链中存在不饱和的双键,使其在有氧环境的条件下极易发生氧化而引起酸败。放牧羊肉在冷藏期间更易发生氧化,在贮藏期肉色的黄度易升高,而酸败产生的异味也使消费者很难接受^[24]。因此,在提高羊肉不饱和脂肪酸含量的同时

增加天然抗氧化物质在羊肉内的沉积量是改善羊肉品质的未来研究方向。

3.3 氨基酸组成

10 个样品中,均检测到 18 种氨基酸,其中必需氨基酸 8 种,非必需氨基酸 10 种(表 3)。氨基酸的种类和含量丰富,其中,谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、赖氨酸含量较高。氨基酸总量最高的是 T 蒙 3,为 18.0 g/100 g,与其他样品存在显著差异。从氨基酸组成上看,必需氨基酸(essential amino-acid, EAA)含量与氨基酸总量(total amino acid, TAA)比(EAA/TAA)超过 40%的有 T 疆 2,其余样品分布在 37.42%~39.01%;必需氨基酸含量与非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA)含量比(EAA/NEAA)超过 60%的样品有 T 蒙 1、T 宁 1、T 疆 1、T 疆 2、T 兰和 T 祁。从鲜味氨基酸(以谷氨酸和天冬氨酸计)含量来看, T 蒙 3 含量最高,为 4.62 g/100 g,最低的是 T 疆 1,含量为 3.20 g/100 g。

根据联合国粮农组织 (food and agriculture organization of the united nations, FAO)和世界卫生组织 (world health organization, WTO)对蛋白质理想模式的定义,质量较好的蛋白质的氨基酸组成中,必需氨基酸含量与氨基酸总量比(EAA/TAA)应在 40%左右,必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量比(EAA/NEAA)应在 60%以上^[25]。氨基酸的组成与含量是评价食物蛋白质优劣的根本。必需氨基酸人体自身不能合成,必须从食物中摄取,如果饮食中经常缺少必需氨基酸,可影响健康。甘氨酸、精氨酸、天冬氨酸、丙氨酸和谷氨酸 5 种氨基酸是形成肉品香味的必需

前体氨基酸,与肉质的鲜味有直接关系^[26]。

3.4 维生素

在所有样品中均未检测出维生素 A 与维生素 B₁。图 2 为样品中维生素 B₂、维生素 E、盐酸和叶酸的含量。在所有样品中,维生素 B₂含量最高为 T 兰样品,含量为 0.372 mg/100 g, T 蒙 3、T 宁 2 和 T 疆 1 中的含量较低。T 澳和 T 兰的维生素 E 含量水平最高,分别为 0.755 和 0.758 mg/kg,较低的是 T 宁 2 和 T 疆 2 两个样品。T 祁的烟酸含量为 7.50 mg/kg,仅低于 T 宁 2 样品的 7.75 mg/kg。T 祁叶酸含量高居第二位(2.995 μg/100 g),仅次于 T 兰(3.01 μg/100 g),T 蒙 2 的叶酸含量最低(2.245 μg/100 g)。

表 3 羊腿中总氨基酸、必需氨基酸、非必需氨基酸和鲜味氨基酸含量
Table 3 Amino acid composition of leg of lamp

羊腿	TAA/(g/100 g)	EAA/(g/100 g)	NEAA/(g/100 g)	鲜味氨基酸 FAA(以谷氨酸和天冬氨酸计)/(g/100 g)	EAA/TAA /%	EAA/NEAA /%
T 蒙 1	17.05	6.65	10.61	4.54	39.01	62.72
T 蒙 2	16.80	6.29	10.72	4.33	37.42	58.64
T 蒙 3	18.00	6.44	11.84	4.62	35.78	54.40
T 宁 1	15.55	5.96	9.82	4.19	38.30	60.65
T 宁 2	14.60	5.51	9.23	3.42	37.74	59.73
T 疆 1	14.35	5.58	8.92	3.20	38.90	62.58
T 疆 2	14.40	6.15	8.46	3.79	42.71	72.74
T 澳	15.55	5.88	9.83	4.19	37.83	59.88
T 兰	16.35	6.23	10.35	4.34	38.12	60.22
T 祁	15.70	6.08	9.85	4.28	38.71	61.73

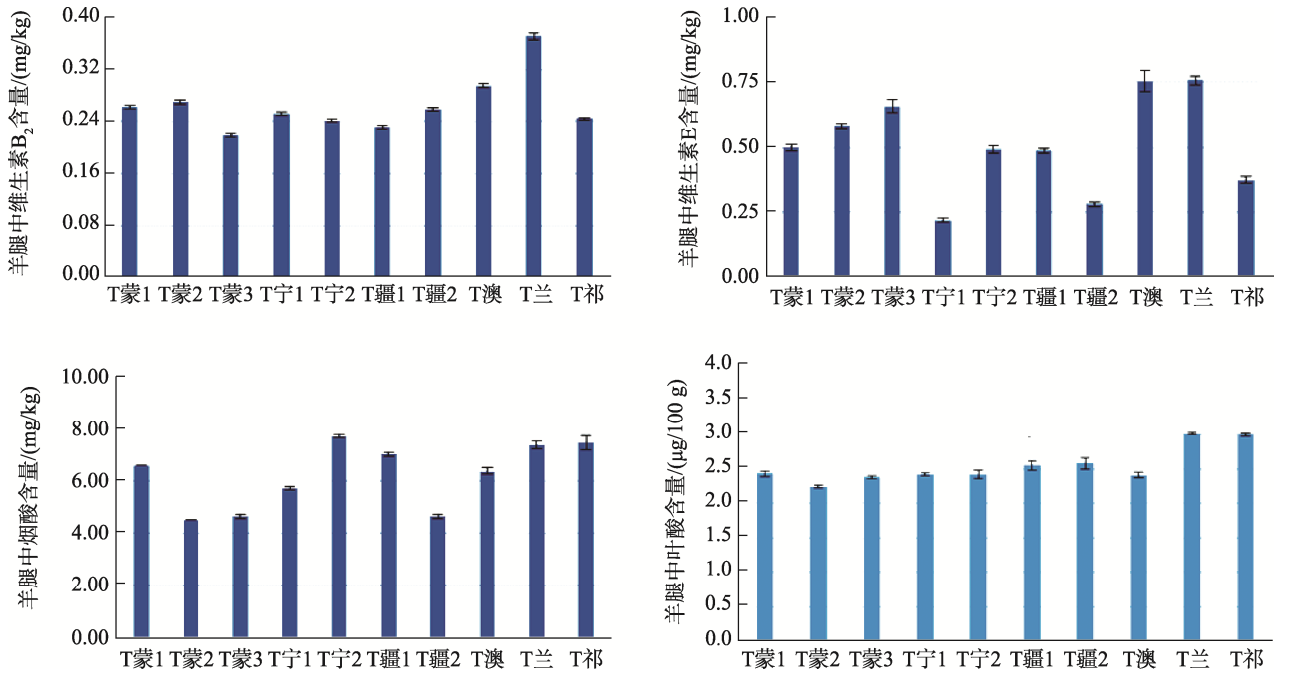


图 2 不同羊腿样品中维生素含量(n=3)
Fig.2 Vitamin content in leg of lamp (n=3)

3.5 矿物质含量的比较

不同样品中矿物质含量如表 4 所示, 钙含量最高的样品 T 蒙 1 为 202.80 mg/kg, T 宁 1 的钙含量为 30.22 mg/kg, 在所有样品中含量最低。T 祁样品的磷含量最高, 为 2331.0 mg/kg。T 祁样品的钾含量最高, 达到 3725.0 mg/kg, 比含量第 2 高的 T 蒙 1 样品的钾含量高 269 mg/kg。在所有样品中, 钾含量最低的为 T 宁 2, 仅为 1852.5 mg/kg。铁含量最高的为 T 澳样品, 含量达到 22.06 mg/kg; T 祁样品的铁含量较 T 澳和 T 蒙 1 略低, 位居第 3, 为 15.87 mg/kg。T 祁羊腿中硒含量为 0.109 mg/kg, 仅低于 T 兰羊腿样品的 0.163 mg/kg。

表 4 不同羊腿样品中矿物质含量 Table 4 Mineral content of different leg samples					
羊腿	钙 /(mg/kg)	磷 /(mg/kg)	钾 /(mg/kg)	铁 /(mg/kg)	硒 /(mg/kg)
T 蒙 1	202.80 ^a	2216.0 ^b	3456.0 ^{bc}	16.35 ^b	0.054 ^f
T 蒙 2	58.52 ^e	1440.5 ^f	2313.0 ^f	10.00 ^h	0.063 ^f
T 蒙 3	36.24 ⁱ	2144.5 ^b	3514.5 ^b	13.16 ^e	0.000 ^h
T 宁 1	30.22 ^j	1595.0 ^e	2355.5 ^f	10.53 ^g	0.070 ^d
T 宁 2	137.90 ^b	1260.5 ^g	1852.5 ^g	10.29 ^g	0.033 ^g
T 疆 1	100.75 ^d	1483.0 ^f	2462.5 ^e	7.73 ⁱ	0.077 ^e
T 疆 2	37.84 ^h	2044.5 ^c	3304.0 ^{cd}	15.23 ^d	0.000 ^h
T 澳	48.16 ^f	1925.0 ^d	3235.5 ^{cd}	22.06 ^a	0.070 ^{de}
T 兰	110.10 ^c	2003.0 ^c	3221.5 ^d	11.16 ^f	0.163 ^a
T 祁	45.53 ^g	2331.0 ^a	3725.0 ^a	15.87 ^c	0.109 ^b

动物产品中矿物元素含量主要与地理环境及日粮的类型相关。羊肉组织中矿物元素的组成受天然沉积物和饲料中元素补充物的双重影响, 会导致产地溯源的不确定性,

这是限制矿物元素组成在羊肉产品产地溯源中应用的主要原因^[27]。有研究利用羊肉中矿物元素指纹分析技术追溯羊肉的产地来源, 结果显示羊肉中矿物元素含量组成在地域间有明显差异, 农区元素含量普遍高于牧区, 脱脂羊肉中 Ca、Zn、Be、Ni、Fe、Ba、Sb、Mn 和 Se 9 种元素含量的地域差异与土壤相关, 它们对农牧区的正确判别率达 90% 以上, 对农区和牧区的正确判别率为 70% 左右^[18]。

3.6 L-肉碱

图 3 为样品中 L-肉碱的含量。各产地的 10 种羊腿样品中, T 蒙 1 的 L-肉碱含量最高, 为 2140.36 mg/kg, 其次是 T 疆 2, 含量为 2110.68 mg/kg, T 祁的 L-肉碱含量最低, 为 1531.10 mg/kg, 显著低于其他羊腿样品。L-肉碱是参与脂肪代谢的一种关键物质, 能促进脂肪酸进入线粒体进行氧化分解, 有利于促进脂肪代谢平衡^[28]。其主要来源于牛肉、羊肉等。

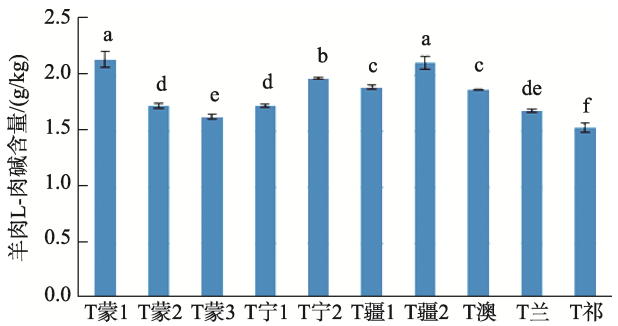


图 3 羊腿样品中 L-肉碱含量(n=3)
Fig.3 L-carnitine content in leg of lamp (n=3)

3.7 质构特性

各产地的 10 种羊腿的质构特性具有明显差异(表 5)。T 兰样品具有综合较高的咀嚼特性。嫩度方面, 剪切力最

表 5 不同羊腿样品的质构特性 Table 5 Texture characteristics of leg of lamps						
样品名称	嫩度/N	硬度/N	弹性/mm	内聚性	胶着性/N	咀嚼性/mJ
T 蒙 1	1.51 ⁱ	15.447 ^d	4.73 ^{ef}	0.26 ^d	2.835 ^d	16.11 ^{de}
T 蒙 2	2.59 ^d	26.183 ^a	2.93 ^g	0.233 ^f	2.82 ^d	4.898 ^h
T 蒙 3	2.04 ^g	18.04 ^c	4.647 ^{de}	0.253 ^{de}	5.73 ^b	20.967 ^c
T 宁 1	2.82 ^b	12.653 ^e	5.186 ^c	0.32 ^b	4.043 ^c	16.946 ^d
T 宁 2	2.11 ^f	9.114 ^f	4.653 ^{de}	0.285 ^c	2.38 ^{de}	14.42 ^f
T 疆 1	2.47 ^e	5.894 ^g	2.9 ^g	0.125 ^g	1.245 ^f	4.41 ^h
T 疆 2	1.18 ^j	11.19 ^e	4.802 ^d	0.235 ^{ef}	3.054 ^d	14.97 ^{ef}
T 澳	2.65 ^c	5.36 ^g	4.473 ^f	0.314 ^b	1.94 ^{ef}	9.775 ^g
T 兰	1.84 ^h	26 ^a	5.657 ^b	0.558 ^a	15.103 ^a	92.574 ^a
T 祁	4.86 ^a	19.837 ^b	6.26 ^a	0.312 ^b	6.04 ^b	38.094 ^b

高的是 T 祁为 4.86 N, 明显高于其他 9 种羊腿, 证明 T 祁嫩度最差; 硬度最高的是 T 疆 2 为 26.183 N, 最低的是 T 澳为 5.36 N; 弹性最高的是 T 祁为 6.26 mm, 最低的是 T 疆 1 为 2.9 mm; 内聚性方面, T 兰内聚性最高为 0.558, T 疆 1 最低为 0.125; 胶着性方面, 最高的为 T 兰 15.103 N, 最低的是 T 疆 1 为 1.245 N; 咀嚼性最高的是 T 兰为 92.574 mJ, 最低的是 T 疆 1 为 4.41 mJ。

肉的质构特性是构成肉品质的重要因素, 是评价肉制品嫩度和口感的重要依据。通过仪器模拟人的触觉, 结合力学特性, 分析检测触觉中的物理特征, 可以避免人为因素对肉的质构评价结果的影响。肉质嫩度用剪切力来衡量, 剪切力越小, 表明肉质越嫩。硬度是反映羊肉品质的要素之一, 是指样品达到一定形变所需的力。胶黏性是指将样品放在臼齿压迫它并评价样品断裂前的形变量。咀嚼性是硬度、弹性及黏聚性的综合体现, 反映羊肉从可咀嚼状态到可吞咽状态所需的能量, 在一定范围内, 其值越大说明肉样口感方面对应的“咬感”就越好。剪切力、硬度、弹性和黏聚性这几个质构指标与肉中各种蛋白质(尤其是肌原纤维蛋白)的结构特性、含水量、肌肉中脂肪的分布状态及肌纤维中脂肪数量等有关。上述参数以适中为宜, 过大或过小均影响肉的口感。有研究指出, 嫩度好的低月龄羔羊肉适宜涮制食用, 蛋白脂肪含量较高的适宜熏制与烤制食用^[29]。

4 结 论

对内蒙、新疆、甘肃、宁夏主要优势地方品种(乌珠穆沁羊、哈萨克羊、滩羊)以及澳大利亚、新西兰进口羊腿肉的营养成分及质构特性分析, 结果显示: 澳大利亚羊腿蛋白含量较高; 甘肃肃北哈萨克羊脂肪酸组成最优; 内蒙古锡林郭勒阿巴嘎旗乌珠穆沁羊的钙、磷、钾含量均较高。总体来看, 营养成分受品种、饲养方式、地理环境等综合影响: 蛋白含量与品种有关, 放牧会增加羊腿中不饱和脂肪酸的含量, 地理环境与饲料共同影响羊腿的矿质元素含量特征; 口感受饲养方式影响较大, 放牧会导致羊肉硬度较高。综合营养成分、食用口感及加工适宜性, 涮羊肉选择内蒙古锡林郭勒乌珠穆沁羊较好, 烤制则选择新疆博尔塔拉哈萨克羊更适合。

参考文献

- [1] 孙焕林, 张文举, 刘艳丰, 等. 影响羊肉品质因素的研究进展[J]. 饲料博览, 2014, 43(1): 8–12.
Sun HL, Zhang WJ, Liu YF, *et al.* Research progress on influence factors of mutton quality [J]. Feed Rev, 2014, 43(1): 8–12.
- [2] 国家畜禽遗传资源委员会. 中国畜禽遗传资源志(羊志)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
National commission of livestock and poultry genetic resources. Annals of livestock and poultry genetic resources in China (Lamp) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [3] 佟玉林. 浅论乌珠穆沁羊遗传资源保护与开发利用[C]. 全国畜禽遗传资源保护与利用学术研讨会论文集, 2005.
Tong YL. On the protection and development of genetic resources of Wuzhumuqin sheep [C]. Proceedings of the national symposium on the conservation and utilization of livestock and poultry genetic resources, 2005
- [4] 云华, 李颖康. 宁夏滩羊及其品种选育[J]. 当代畜牧, 2008, (3): 41–43.
Yun H, Li YK, Tan sheep and breed selection in Ningxia [J]. Contemp Anim Husb, 2008, (3): 41–43.
- [5] 叶云, 李秉龙. 中国—澳大利亚自由贸易区建立对中国羊肉及其制品进口及相关影响分析[J]. 世界农业, 2014, (12): 111–117, 189.
Ye Y, Li BL. Analysis of the influence of the establishment of china australia free trade zone on the import of chinese mutton and its products [J]. World Agric, 2014, (12): 111–117, 189.
- [6] 李述刚, 许宗运, 侯旭杰, 等. 新疆多浪羊肉营养成分分析[J]. 肉类研究, 2005, (7): 30–31.
Li SG, Xu ZY, Hou XJ, *et al.* Analysis of nutritional components of Duolang mutton in Xinjiang [J]. Meat Res, 2005, (7): 30–31.
- [7] 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, 47(s2): 173–178.
Wang GY, Gao AQ, Da BXL, *et al.* Analysis on the quality characteristics of Wulat mutton [J]. China Herb, 2010, 47(s2): 173–178.
- [8] GB 5009. 6–2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
GB 5009. 6–2016 National food safety standard—Determination of fat in food [S].
- [9] GB 5009.5–2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5–2016 National food safety standard—Determination of protein in food [S].
- [10] GB 5009.168–2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB 5009.168–2016 National food safety standard—Determination of fatty acids in foods [S].
- [11] GB 5009.124–2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
GB 5009.124–2016 National food safety standard—Determination of amino acids in foods [S].
- [12] GB 5009.82–2016 食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定[S].
GB 5009.82–2016 National food safety standard—Determination of vitamin A, D and E in food [S].
- [13] GB 5009.84–2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B₁ 的测定[S].
GB 5009.84–2016 National food safety standard—Determination of vitamin B₁ in food [S].
- [14] GB 5009. 85–2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B₂ 的测定[S].
GB 5009.85–2016 National food safety standard—Determination of vitamin B₂ in food [S].
- [15] GB 5009. 89–2016 食品安全国家标准 食品中烟酸和烟酰胺的测定[S].
GB 5009. 89–2016 National food safety standard – Determination of niacin and nicotinamide in food [S].
- [16] GB 5009.211–2014 食品安全国家标准 食品中叶酸的测定[S].
GB 5009.211–2014 National food safety standard—Determination of folate in food [S].
- [17] GB 5009.268–2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].

- GB 5009.268-2016 National food safety standard-Determination of multi elements in food [S].
- [18] 孙淑敏, 郭波莉, 魏益民, 等. 基于矿物元素指纹的羊肉产地溯源技术[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 237-243.
- Sun SM, Guo BL, Wei YM, *et al.* Geographical origin traceability of lamb based on mineral element fingerprints [J]. Transactions Chin Soc Agric Eng, 2012, 28(17): 237-243.
- [19] Hopkins DL, Hegarty RS, Walker PJ, *et al.* Relationship between animal age, intramuscular fat, cooking loss, pH, shear force and eating quality of aged meat from sheep [J]. Australian J Exp Agric, 2006, 46(7): 879.
- [20] 张巧娥, 敖长金. 影响羊肉脂肪酸组成的因素[J]. 畜牧与兽医, 2007, 39(3): 19-21.
- Zhang QE, Ao CJ. Factors affecting fatty acid composition of mutton [J]. Anim Husb Veter Med, 2007, 39(3): 19-21.
- [21] 王雪青, 苗惠, 胡萍. 膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 337-339.
- Wang XQ, Miao H, Hu P. Research progress of nutrition and biological functions of PUFA [J]. Food Sci, 2004, 25(11): 337-339.
- [22] 王柏辉, 杨蕾, 苏日娜, 等. 饲养方式对苏尼特羊屠宰性能、羊肉品质及脂质氧化性能的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(23): 50-55.
- Wang BH, Yang L, Su RN, *et al.* Effect of different feeding regimes on slaughter performance, meat quality and lipid oxidation of sunit sheep [J]. Food Sci, 39(23): 50-55.
- [23] Ricardo HA, Fernandes ARM, Mendes LCN, *et al.* Carcass traits and meat quality differences between a traditional and an intensive production model of market lambs in Brazil: Preliminary investigation [J]. Small Ruminant Res, 2015, 130: 141-145.
- [24] Wood JD, Richardson RI, Nute GR, *et al.* Effects of fatty acids on meat quality: A review [J]. Meat Sci, 2004, 66(1): 0-32.
- [25] 关海宁, 迟殿忠, 刁小琴, 等. 基于FAO/WHO相对氨基酸新评分模式的建立及其应用探讨[J]. 粮油加工, 2008, (12): 116-118.
- Guan HN, Chi DZ, Diao XQ, *et al.* The establishing of new opposite score mode about amino acids basing on fao/who and discussing of its application [J]. Cereals Oils Process, 2008, (12): 116-118.
- [26] 陈晓勇, 孙洪新, 田树军, 等. 寒泊肉羊与小尾寒羊产肉性能及肉品质比较[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(9): 46-50.
- Chen XY, Sun HX, Tian SJ, *et al.* Comparison of meat production performance and meat quality between Han Bo mutton sheep and Small tail han Sheep [J]. Animal Husb Veter Med, 2015, 47(9): 46-50.
- [27] Sun S, Guo B, Wei Y, *et al.* Multi-element analysis for determining the geographical origin of mutton from different regions of China [J]. Food Chem, 2011, 124(3): 1151-1156.
- [28] 杨能, 张惟杰. L-肉碱的生理功能与生物学方法生产[J]. 生物化学与生物物理进展, 1992, 19(2): 81-85.
- Yang N, Zhang WJ. Physiological function and biological method of L-carnitine production [J]. Progress Biochem Biophys, 1992, 19(2): 81-85.
- [29] 柴佳丽, 王振宇, 侯成立, 等. 不同品种羊肉熏制加工适宜性评价模型研究[J]. 食品科学, 2017, (19): 81-86.
- Chai JL, Wang ZY, Hou CL, *et al.* Prediction model to evaluate the suitability of different sheep breeds for producing smoked mutton [J]. Food Sci, 2017, (19): 81-86.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



朱 宏, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为食品营养与风味。
E-mail: zhuhong@caas.cn

王 靖, 研究员, 主要研究方向为农产品品质监测与评价。
E-mail: wangjing07@caas.cn