

肃南牦牛不同部位肉品质评价研究

洪晶^{1,2}, 张娅俐^{1,2}, 张棚^{1,2}, 龙鸣^{1,2}, 田晓静^{1,2*}, 曹竑^{1,2}, 潘和平¹, 郭德³

(1. 西北民族大学生命科学与工程学院, 兰州 730124; 2. 西北民族大学生物医学研究中心中国-马来西亚国家联合实验室, 兰州 730030; 3. 甘肃华膳食品工程有限公司, 金昌 737100)

摘要: **目的** 综合评价肃南牦牛不同部位肉品质。**方法** 选择3岁龄雄性肃南牦牛米龙、外脊、上脑、牛腩4个部位肉样, 通过蛋白质、脂肪等营养成分, Ca、Fe等7种矿物质元素以及氨基酸组成与含量的测定, 综合评价牦牛肉的品质特性。**结果** 从营养价值的角度上, 不同部位牦牛肉中蛋白质含量无差异($P>0.05$); 米龙部位的粗脂肪含量显著高于其他3个部位($P<0.05$); 牦牛肉富含矿物质元素, 米龙部位Fe、Zn、K的含量显著高于其他3个部位, 上脑部位Na、Ca、Mg的含量显著高于其他3个部位($P<0.05$)。4个部位牦牛肉中必需氨基酸与总氨基酸的比值(essential amino acid/total amino acid, EAA/TAA)分别为40.50%、40.40%、40.03%和40.73%, 均在40%以上, 此4个部位牦牛肉属于优质蛋白质。结合主成分分析和典则判别分析, 很好地实现了4个不同部位肉品质的区分。**结论** 肃南牦牛肉品质较优, 富含丰富的蛋白质和矿物质元素且蛋白质品质较好。综合评价来讲, 米龙部位的肉品质较其他部位好。

关键词: 肃南牦牛肉; 不同部位; 营养成分; 矿物质元素; 氨基酸成分

Study on meat quality evaluation of different parts of Sunan yak

HONG Jing^{1,2}, ZHANG Ya-Li^{1,2}, ZHANG Peng^{1,2}, LONG Ming^{1,2}, TIAN Xiao-Jing^{1,2*},
CAO Hong^{1,2}, PAN He-Ping¹, GUO De³

(1. College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730124, China; 2. China-Malaysia National Joint Laboratory, Biomedical Research Center, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China; 3. Gansu Huashan Food Products Engineering Co., Ltd., Jinchang 737100, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the meat quality of different parts of Sunan yak comprehensively. **Methods** Four parts of milone, outer ridge, upper brain and oxen of 3-year-old male Sunan yak were selected, through the determination of nutritional components such as protein and fat, etc, 7 kinds of mineral elements such as Ca and Fe, etc, and the composition and content of amino acids, the quality characteristics of yak meat were comprehensively evaluated. **Results** From the perspective of nutritional value, there was no difference in protein content in yak meat from different parts ($P>0.05$); the crude fat content of milone was significantly higher than that of the other 3 parts ($P<0.05$); yak meat was rich in mineral elements, the content of Fe, Zn and K in milone was significantly higher than

基金项目: 西北民族大学中央高校基本科研业务费资金资助项目(31920210006、31920190022)、西北民大华膳牦牛肉品研发中心项目(XBMU-2020-BC-29)

Fund: Supported by the Fund Support Project for Basic Scientific Research Business Expenses of Central Universities of Northwest Minzu University (31920210006, 31920190022), and the Huashan Yak Meat Research and Development Center Project of Northwest Minzu University (XBMU-2020-BC-29)

*通信作者: 田晓静, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品、农产品品质快速检测。E-mail: smile_tian@yeah.net

*Corresponding author: TIAN Xiao-Jing, Ph.D, Associate Professor, China-Malaysia National Joint Laboratory, Biomedical Research Center, Northwest Minzu University & College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, No.99 Wuxie Yingshe, Xianguanying Town, Yuzhong County, Lanzhou 730124, China. E-mail: smile_tian@yeah.net

those in the other 3 parts, and the content of Na, Ca and Mg in upper brain was significantly higher than those in the other 3 parts ($P < 0.05$). The ratios of essential amino acid/total amino acid (EAA/TAA) in yak meat from 4 parts were 40.50%, 40.40%, 40.03% and 40.73% respectively, all of were above 40%, and these 4 parts of yak meat belonged to high quality protein. Combined with principal component analysis and canonical discriminant analysis, the meat qualities of 4 different parts were well distinguished. **Conclusion** The beef in Sunan yak is of excellent quality, rich in protein and mineral elements, and has good protein quality. In terms of comprehensive evaluation, the meat quality and taste of milone is better than that of other parts.

KEY WORDS: Sunan yak meat; different parts; nutritional composition; mineral element; amino acid composition

0 引言

我国是世界上牦牛保有量最多的国家,占世界牦牛总数的95%。牦牛长年生活在海拔3000 m以上的高寒地区,这里远离工业污染,拥有广阔天然牧草,使得牦牛肉成为优良的肉品来源^[1-3]。牦牛肉富含蛋白质和氨基酸,以及胡萝卜素、Ca、P等微量元素^[4],脂肪含量极低^[5],对增强人体免疫力、细胞活力和器官功能均有显著作用^[6]。

目前,关于牦牛肉品质的研究主要集中在不同饲养模式^[7-10]、不同品种牦牛肉营养品质评价与对比分析上^[11-13]。张强等^[14]研究结果显示仲巴牦牛具有优良的屠宰性能,具有丰富的维生素E和微量元素Se,且脂肪酸比例得当,具备优质牛肉的生产潜力。吴雪莲^[15]研究发现,牦牛肉中含有丰富的K、Na、Mg、Fe等元素,这与其食用的牧草中所含的矿物质元素含量相关。尼玛群宗等^[16]对西藏雅江雪牛和牦牛肉品质特性进行比较,得出雅江雪牛中的脂肪高于牦牛,均属于高蛋白性食品。且不同部位肉的品质存在差异性,对其加工品质也有一定影响^[17-19]。但是目前都是针对单一的指标进行的分析,而反应肉品品质的参数非常多,大多数研究应用主成分分析(principal component analysis, PCA)和聚类分析来分析不同品种及不同部位肉品质,如巨晓军等^[20]利用主成分分析对不同品种鸡肉品质进行评价,发现清远麻鸡优于北京油鸡、文昌鸡,且与品尝评价结果一致。李升升等^[21]利用主成分分析结合聚类分析得出,牦牛后部胴体肉优于前部胴体肉。刘登勇等^[22]利用聚类分析将市售的6种熏鸡分为2类,2类熏鸡样品品质差异显著。

目前对于肃南牦牛不同部位肉品质评价的研究较少,并且相较于牛肉而言,牦牛分割肉等级评价体系并不完善和成熟。本研究通过对肃南牦牛4个部位即米龙、外脊、上脑、牛腩上肉样的色泽、基本营养成分、矿物质元素、氨基酸组成测定分析再对其进行综合评价并结合主成分分析以及典则判别分析(canonical discriminant analysis, CDA)进行有效区分。为合理开发利用肃南牦牛肉及其产业化、

提高经济效益以及建立牦牛分割肉等级评价体系提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品

在甘肃省张掖市肃南裕固族自治县草原惠成公司采集5头3岁龄圈养雄性牦牛其米龙、外脊、上脑、牛腩4个部位的肉样。

1.1.2 试剂

石油醚(分析纯,天津市百世化工有限公司);高效凯氏定氮催化剂片(郑大行豫仪科技有限公司);硼酸(分析纯,烟台市双双化工有限公司);氢氧化钠(分析纯,天津市大茂化学试剂厂);浓盐酸(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司)。

1.1.3 仪器

SZF-06C型脂肪测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司);CR-400型全自动测色色差计(日本KONICA MINOLTA公司);5110型电感耦合等离子体发射光谱仪(美国Agilent Technologies有限公司);L-8900-2型全自动氨基酸分析仪(北京仪嘉林科技有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理

将不同部位肉样分装,在冷藏条件下运输至实验室后去除其表面筋膜及脂肪,切成肉块(3 cm×3 cm×3 cm)用自封袋进行分装,取部分肉块绞成肉糜状。于-15℃冻藏。

1.2.2 牦牛肉肉色测定

参考王琳琳^[12]的方法,利用色差计对4个部位的牦牛肉进行肉色测定,来判别其不同部位牦牛肉的色泽。

1.2.3 牦牛肉营养成分、矿物质元素、氨基酸测定

采用GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》的索氏抽提法测定牦牛肉中的粗脂肪含量;GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》的凯氏定氮法测定牦牛肉中的粗蛋白含量;GB

5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》的食品中总灰分的测定方法测定牦牛肉中的灰分含量; GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》的电感耦合等离子体发射光谱法测定牦牛肉中的矿物质元素含量; GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》的氨基酸分析仪测定食品中氨基酸的方法测定氨基酸含量。

1.2.4 数据统计分析方法

采用 SPSS 22 进行单因素方差分析(one-way analysis of variance, ANOVA), SAS V8 软件进行 PCA 分析, CDA 进行分类判别, Origin 2019b 软件进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 不同部位牦牛肉肉质及营养成分分析

肉的颜色和光泽是衡量肉质最重要的指标之一^[23], 它的营养价值可以从灰分、脂肪含量及蛋白质含量上体现出来。通过对米龙、外脊、上脑及牛腩 4 个部位的牦牛肉进行肉质测定, 来判别其不同部位牦牛肉的肉质差异; 通过对 4 个不同部位牦牛肉的灰分、粗脂肪以及粗蛋白的测定, 来探究其不同部位的营养品质, 不同部位牦牛肉的肉质及营养成分测定结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 不同部位牦牛肉肉质之间通过色差值可以看出, 外脊、上脑、牛腩的 L^* 亮度值均显著高于米龙。 a^* (红绿)、 b^* (黄蓝) 各部位之间差异不显著 ($P>0.05$)。肉质是消费者判断肉质最直观的方法, 米龙部位的 L^* 值显著低于其他 3 个部位 ($P<0.05$), 颜色较暗。这与尼玛群宗等^[16]和张丽等^[24]报道的实验结果相似, 即在甘南牦牛不同部位肉中, 米龙部位的 L^* 值也低于上脑和外脊。肉质与系水力相关, 系水力强能够增加肌肉表面对光线的吸收, 亮度较高^[25]。反之成立, 即米龙部位的保水性能较差。

米龙的灰分最高, 上脑、牛腩之间无显著性差异 ($P>0.05$), 外脊的灰分含量显著低于其他 3 个部位 ($P<0.05$); 米龙部位的粗脂肪含量显著高于其他 3 个部位 ($P<0.05$),

剩余 3 个部位之间的粗脂肪含量均无显著性差异 ($P>0.05$)。各部位之间的粗蛋白含量基本相似, 差异并不显著 ($P>0.05$)。与张强等^[14]报道的仲巴牦牛肉结果相似; 与严昌国等^[26]报道的延边黄牛肉结果相比, 牦牛肉的灰分含量和蛋白质含量要高于延边黄牛肉的; 与刘文才等^[27]报道的酒精育肥西门塔尔牛肉结果相比, 牦牛肉的脂肪含量明显低于西门塔尔牛肉的脂肪含量 ($P<0.05$)。即牦牛肉具有低脂高蛋白的特点, 属于典型的“高蛋白低脂肪”动物性食品, 在选择肉类产品时可以满足一些消费者的营养和健康需求。且米龙部位在 4 个低脂部位中脂肪含量最高, 这使其嫩度较其他部位好。

为综合肉色和营养成分来判别牦牛肉品质, 利用 PCA 和 CDA 分析方法对不同部位牦牛肉肉质及营养成分进行分析, 结果见图 1, 从图 1a 主成分分析可知, 第一主成分 53.58%, 第二主成分 25.42%, 第三主成分 15.38%, 前 3 个主成分累计贡献率达到 94.38%, 绝大部分无遗失, 数据点无重合, PCA 基本可将不同部位牦牛肉进行有效区分; 从图 1b 典则判别分析可知, 第一主成分 99.11%, 第二主成分 0.67%, 前 2 个主成分累计贡献率达到 99.78%。数据点之间虽无重合但 3 组平行数据点之间距离较远, 是由于色差间差异较大, 且有不可避免的实验误差。结合 PCA 和 CDA 2 种分析方法, 能够对不同部位牦牛肉进行有效区分。

2.2 不同部位牦牛肉矿物质元素分析

Fe 是动物机体内需求量最大的微量元素, 大多数以血红蛋白的形式存在, 参与氧的运输调节组织呼吸等^[28]; Zn 主要从食物中获取, 对人体的生长发育、创伤修复等起到重要作用^[29]; Ca 对骨骼的发育起重要作用; K 和 Mg 能够调节心脏节律, 维持正常的肌肉收缩, 均是人体生长的必不可少的营养素; Na 能够调节体内的水分, 对维持体内渗透压有重要作用^[30]。

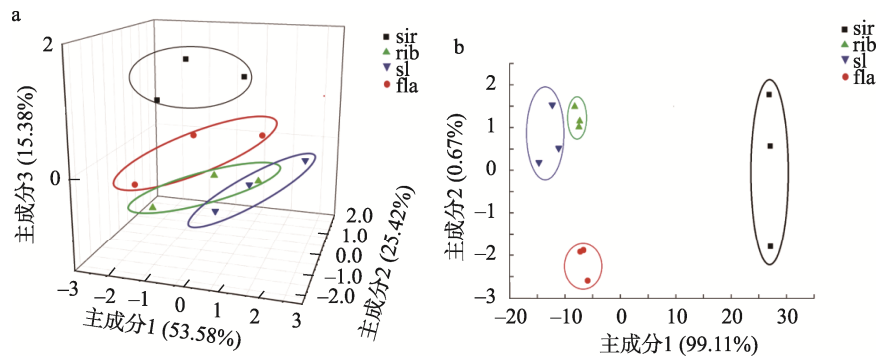
通过测定米龙、外脊、上脑、牛腩 4 个不同部位牦牛肉的矿物质元素含量, 对比不同部位牦牛肉矿物质元素含量的差异, ANOVA 分析结果见表 2。

表 1 不同部位牦牛肉肉质及营养成分分析结果 ($n=3$)

Table 1 Analysis results for meat color and nutritional components of yak meat from different parts ($n=3$)

肉质及营养成分		米龙	外脊	上脑	牛腩
肉质	L^*	30.60±2.99 ^b	34.96±2.77 ^a	37.07±2.15 ^a	35.13±6.07 ^a
	a^*	13.01±1.46 ^a	13.95±1.84 ^a	11.02±1.05 ^a	12.67±2.56 ^a
	b^*	4.24±1.46 ^a	6.18±1.21 ^a	5.35±1.90 ^a	4.59±1.14 ^a
营养成分/(g/100 g)	灰分	2.30±0.08 ^a	0.87±0.12 ^c	1.24±0.15 ^b	1.42±0.21 ^b
	粗脂肪	1.49±0.12 ^a	0.43±0.18 ^b	0.51±0.15 ^b	0.39±0.12 ^b
	粗蛋白	21.67±0.58 ^a	21.97±0.38 ^a	21.67±0.54 ^a	20.93±0.54 ^a

注: 同行相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$); 同行不同字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同。



注: a: PCA, b: CDA; sir: 米龙, rib: 上脑, sl: 外脊, fla: 牛腩, 下同。

图 1 不同部位牦牛肉肉色及营养成分的判别结果

Fig.1 Discrimination results of meat color and nutritional components of yak meat in different parts

表 2 不同部位牦牛肉矿物质元素分析结果($n=3$)

Table 2 Analysis results for mineral element of yak meat from different parts ($n=3$)

元素名称	米龙/(mg/kg)	外脊/(mg/kg)	上脑/(mg/kg)	牛腩/(mg/kg)
Ca	1.90±0.01 ^d	2.99±0.01 ^c	3.81±0.01 ^a	3.07±0.01 ^b
Co	0.08±0.01 ^a	0.09±0.02 ^a	0.09±0.02 ^a	0.08±0.02 ^a
Fe	102.43±0.28 ^a	76.31±0.26 ^b	66.49±0.04 ^c	66.86±0.22 ^c
K	2793.38±14.90 ^a	2619.68±3.52 ^c	2727.41±6.50 ^b	2744.15±12.2 ^b
Mg	43.58±0.13 ^b	37.40±0.22 ^d	49.59±0.03 ^a	41.33±0.12 ^c
Na	6.26±0.04 ^c	4.72±0.04 ^d	15.40±0.07 ^a	8.77±0.01 ^b
Zn	5.97±0.01 ^a	4.65±0.01 ^c	5.91±0.04 ^b	4.13±0.02 ^d

由表 2 可知, 肃南牦牛肉样品中检出的 7 种微量元素中 K 和 Fe 的含量最高, 这与常用食物营养成分表中的牛肉相符^[27]。肃南牦牛肉各部位的样品中 Fe、K、Mg 含量相对较高。Ca 在各部位之间均存在显著性差异($P<0.05$), 其中上脑的含量最多, 米龙部位含量最低; Fe 在米龙部位中的含量显著高于其他部位($P<0.05$), 且在上脑和牛腩中 Fe 的含量差异不显著($P>0.05$); Mg 在上脑部位的含量显著高于其他部位($P<0.05$), 在外脊部位的含量最低; Zn 在各部位间差异显著($P<0.05$), 其中米龙部位含量最高, 牛腩部位含量最低。

肃南牦牛肉样品中富含 Fe、K、Mg、Zn、Na 等矿物质元素。肉中所含元素能够满足人体的日常微量元素需求, 并能够参与到人体的代谢过程, 进而提高机体免疫力, 在维持自身稳定性方面发挥重要的作用。与仲巴牦牛肉相比^[14], 肃南牦牛肉中 Fe 元素含量更高; 与徐焕等^[31]报道的青海牦牛肉结果相比, K、Mg 含量相似, Ca、Na 含量较低, 可能与其品种差异有关; 与冉强等^[32]的结果相比, 肃南牦牛肉中 Fe 元素含量又明显高于三江牛、云岭牛以及

婆罗门牛等。即肃南牦牛肉中 Fe 元素含量很高, 尤其是米龙部位。

为综合矿物质元素来判别牦牛肉品质, 利用 PCA 和 CDA 分析方法对不同部位牦牛肉所含的 7 种矿物质元素进行分析, 结果见图 2, 由图 2a 可知, 第一主成分 41.42%, 第二主成分 35.72%, 第三主成分 14.39%, 前 3 个主成分累计贡献率达到 91.53%, 绝大部分数据无遗失, 上脑、牛腩分布区域靠右, 米龙、外脊分布区域靠左, 4 个部位在主成分 Prin1、2 水平上有明显的距离差; 从图 2b 可知, 第一主成分 98.07%, 第二主成分 1.77%, 前 2 个主成分累计贡献率达到 99.84%, 米龙分布区域靠近左侧, 牛腩、外脊、上脑分布区域靠近右侧, 且 4 个部位在主成分 Can1、2 水平上有明显的距离差。PCA 和 CDA 2 种分析方法的数据点均无重叠, 能够对不同部位牦牛肉进行有效区分。

2.3 不同部位牦牛肉氨基酸组成与含量分析

有研究表明, 肉类蛋白质品质的优劣由氨基酸的含量和种类决定, 蛋白质中必需氨基酸约占总氨基酸的 40%,

必需氨基酸与非必需氨基酸含量相比大于 60%，即表明该蛋白质质量较好^[33]。

通过测定米龙、外脊、上脑、牛腩 4 个不同部位牦牛肉的氨基酸含量，来对比不同部位牦牛肉氨基酸含量的差异，其结果如图 3。

肃南牦牛肉样品中共检测出 17 种氨基酸，其中谷氨

酸在各部位的含量最高，达到 16 g/100 g 左右；各部位肉中半胱氨酸含量最低，达到 1 g/100 g 左右。

米龙、外脊、上脑、牛腩 4 个部位的总氨基酸含量分别为 85.90、77.67、84.67、84.86 g/100 g；必需氨基酸含量分别为 34.79、31.38、33.90、34.57 g/100 g；必需氨基酸与总氨基酸的比值分别为 40.50%、40.40%、40.03%、40.73%；

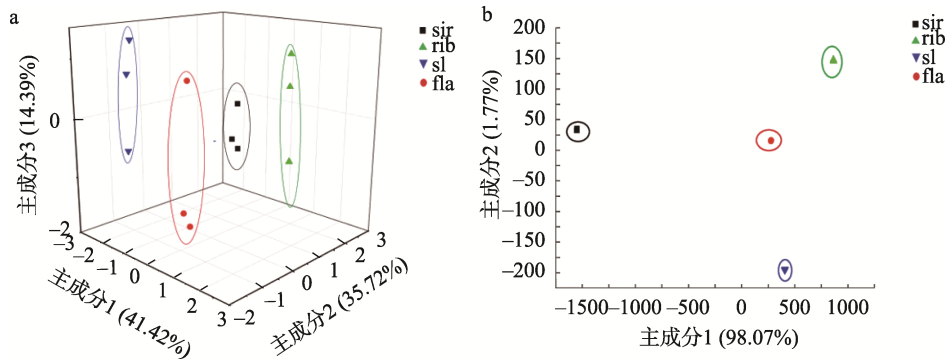


图 2 不同部位牦牛肉矿物质元素的判别结果

Fig.2 Discrimination results of mineral elements in yak meat from different parts

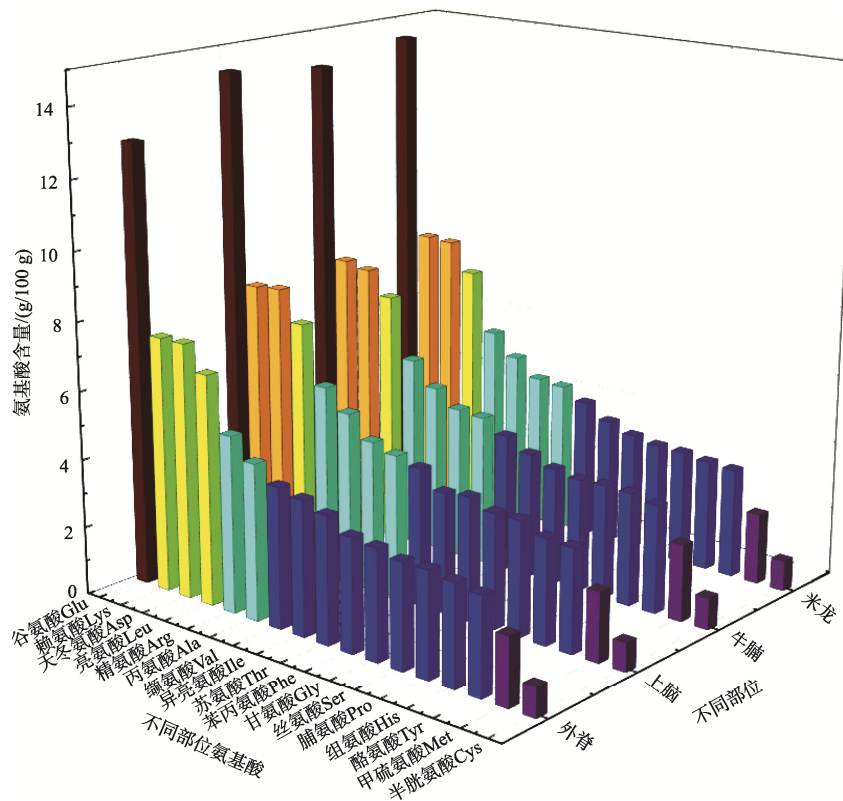


图 3 不同部位牦牛肉氨基酸含量分析结果

Fig.3 Analysis results for mineral element of yak meat from different parts

4个部位的鲜味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸)含量分别为22.67、20.34、22.58、22.08 g/100 g; 鲜味氨基酸占氨基酸总量分别为26.39%、26.19%、26.67%、26.02%。甜鲜味氨基酸(苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸)含量分别为19.49、17.77、19.56、19.15 g/100 g; 鲜味和甜鲜味氨基酸占氨基酸总量分别为49.08%、49.07%、49.77%、48.59%。必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为68.10%、67.78%、66.77%、68.74%。本研究结果中必需氨基酸占总氨基酸的40%以上,符合FAO/WHO模式提出的标准。对于肉品质优劣的评价,也要考虑肉品的风味方面,而氨基酸也是这风味的主要来源之一^[33],各部位的鲜味和甜鲜味氨基酸含量与总氨基酸含量的比值均在48.5%以上,4个部位的风味相比较而言,米龙部位的风味较好一些。各部位蛋白质品质好、风味佳、营养价值高,属于优质的蛋白质食物。本研究结果与侯丽等^[34]、罗勤贵等^[35]报道的实验结果相似。

3 结论与讨论

本研究选取甘肃省张掖市肃南裕固族自治县的牦牛肉为研究对象,探究其营养成分及食用品质,结论如下:在米龙、外脊、上脑、牛腩4个部位中,上脑的肉色最亮,外脊的肉色最红。4个部位的粗蛋白含量均在20.93 g/100 g及以上,粗脂肪含量在1.49 g/100 g及以下。牦牛肉含有丰富的矿物质元素,K、Fe含量很高。氨基酸种类丰富,必需氨基酸占总氨基酸含量的40%以上,即肃南牦牛肉蛋白质质量较好,营养价值高。综合评价,肃南牦牛肉的米龙部位肉品质及风味较好。本研究补充了肃南牦牛肉营养及品质的相关资料,为合理开发利用肃南牦牛肉及其产业化以及建立牦牛分割肉的等级评价体系提供科学依据,以推动我国牦牛产业的发展。

参考文献

- LIU XC, ZHANG S, SUN BZ, *et al.* Progress in understanding quality characteristics of yak meat [J]. *Meat Res*, 2020, 34(11): 78–83.
- LIU YX, MA XM, XIONG L, *et al.* Effects of intensive fattening with total mixed rations on carcass characteristics, meat quality, and meat chemical composition of yak and mechanism based on serum and transcriptomic profiles [J]. *Front Vet Sci*, 2020, 7: 599418.
- WANG YJ, WANG ZS, HU R, *et al.* Comparison of carcass characteristics and meat quality between Simmental crossbred cattle, cattle-yaks and Xuanhan yellow cattle [J]. *J Sci Food Agric*, 2021, 101(9): 3927–3932.
- GUO ZL, GE XZ, YANG LH, *et al.* Ultrasound-assisted thawing of frozen white yak meat: Effects on thawing rate, meat quality, nutrients, and microstructure [J]. *Ultrason Sonochem*, 2021, 70: 105345.
- CHEN MY, TIAN Y, YU QL, *et al.* Effect of a low-voltage electrical stimulation on yak meat tenderness during postmortem aging [J]. *Anim Sci J*, 2020, 91(1): 1–9.
- 田甲春, 余群力, 保善科, 等. 不同地方类群牦牛肉营养成分分析[J]. *营养学报*, 2011, 33(5): 531–533.
- TIAN JC, YU QL, BAO SK, *et al.* Analysis of the nutritional components of yak in different local groups [J]. *J Nutr*, 2011, 33(5): 531–533.
- 刘奕轩, 熊琳, 梁春年, 等. 冷季不同饲养模式对牦牛肉品质的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2021, 52(6): 1640–1651.
- LIU YX, XIONG L, LIANG CN, *et al.* Effect of different feeding modes on beef quality in cold season [J]. *Chin J Anim Vet Sci*, 2021, 52(6): 1640–1651.
- 袁萍, 张翔飞, 官久强, 等. 低海拔舍饲对牦牛和犏牛生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2021, 33(8): 4791–4800.
- YUAN P, ZHANG XF, GUAN JQ, *et al.* Effects of low altitude house-feeding on growth performance, slaughter performance and muscle quality of yak and cattle-yak [J]. *J Anim Nutr*, 2021, 33(8): 4791–4800.
- 谭子璇, 柏雪, 罗璠, 等. 不同饲养方式对牦牛瘤胃微生物区系及肌肉品质的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(15): 79–87.
- TAN ZX, BAI X, LUO F, *et al.* Effects of different feeding systems on rumen microflora and muscle quality of yaks [J]. *Food Sci*, 2020, 41(15): 79–87.
- 杨勤. 低海拔舍饲对牦牛产肉性能和肉品质相关基因表达影响的研究[D]. 成都: 西南民族大学, 2020.
- YANG Q. Effects of house-feeding at low-altitude on yak meat performance and genes expression related to meat quality [D]. Chengdu: Southwest Minzu University, 2020.
- 毛进彬, 毛旭东, 王俊杰, 等. 亚丁牦牛肉品质分析[J]. *中国草食动物科学*, 2020, 40(3): 31–35.
- MAO JB, MAO XD, WANG JJ, *et al.* Study on Yading yak meat quality [J]. *Chin Herbit Sci*, 2020, 40(3): 31–35.
- 王琳琳, 陈炼红. 麦洼牦牛肉和高山牦牛肉品质差异性的比较分析[J]. *西南民族大学学报(自然科学版)*, 2019, 45(5): 449–457.
- WANG LL, CHEN LH. Comparative analysis of quality difference between Maiwa yak meat and mountain yak meat [J]. *J Southwest Minzu Univ (Nat Sci Ed)*, 2019, 45(5): 449–457.
- 邱翔, 张磊, 文勇立, 等. 四川牦牛、黄牛主要品种肉的营养成分分析[J]. *食品科学*, 2010, 31(15): 112–116.
- QIU X, ZHANG L, WEN YL, *et al.* Analysis of the nutritional content of the main varieties of meat in Sichuan yak and yellow cattle [J]. *Food Sci*, 2010, 31(15): 112–116.
- 张强, 姜辉, 平措占堆, 等. 仲巴牦牛产肉性能及肉营养指标分析[J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(10): 75–79.
- ZHANG Q, JIANG H, PING CZD, *et al.* Analysis of meat production performance and meat nutrition index of Zhongba yak [J]. *Chin J Anim Sci*, 2020, 56(10): 75–79.
- 吴雪莲. 西藏七地市牦牛肉与牧草中矿物质相关性分析[J]. *西藏农业科技*, 2020, 42(4): 14–17.
- WU XL. Correlation analysis of mineral elements in yakmeat and herbage in seven regions of Tibet [J]. *Tibet Agric Sci*, 2020, 42(4): 14–17.
- 尼玛群宗, 达瓦, 陈瑶, 等. 西藏雅江雪牛与牦牛肉质特性比较研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(11): 3642–3648.
- NI MQZ, DA W, CHEN Y, *et al.* Comparison of meat quality characteristic of Tibetan Yajiang snow cattle and yak [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(11): 3642–3648.
- 杨玉莹, 张一敏, 毛衍伟, 等. 不同部位牦牛肉肌纤维特性与肉品质差异[J]. *食品科学*, 2019, 40(21): 72–77.

- YANG YY, ZHANG YM, MAO YW, *et al.* Differences in myofiber characteristics and meat quality of different yak muscles [J]. *Food Sci*, 2019, 40(21): 72–77.
- [18] 侯成立, 李欣, 王振宇, 等. 不同部位牦牛肉氨基酸、脂肪酸含量分析与营养价值评价[J]. *肉类研究*, 2019, 33(2): 52–57.
- HOU CL, LI X, WANG ZY, *et al.* Amino acid and fatty acid composition and nutritional value evaluation of different yak meat cuts [J]. *Meat Ind*, 2019, 33(2): 52–57.
- [19] 保善科, 张丽, 孔祥颖, 等. 不同部位高原牦牛肉品质评价[J]. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(3): 388–394.
- BAO SK, ZHANG L, KONG XY, *et al.* The quality evaluation of different muscles from plateau yak [J]. *Chin J Anim Vet Sci*, 2015, 46(3): 388–394.
- [20] 巨晓军, 章明, 屠云洁, 等. 基于主成分分析的不同品种鸡肉品质评价[J]. *家畜生态学报*, 2021, 42(4): 45–51.
- JU XJ, ZHANG M, TU YJ, *et al.* Meat quality evaluation of different chicken breeds based on principal component analysis [J]. *J Domes Anim Eco*, 2021, 42(4): 45–51.
- [21] 李升升, 靳义超. 基于主成分和聚类分析的牦牛部位肉质评价[J]. *食品与生物技术学报*, 2018, 37(2): 159–164.
- LI SS, JIN YC. Evaluation of different cuts of the yak meats based on principal component and hierarchical cluster analysis [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2018, 37(2): 159–164.
- [22] 刘登勇, 赵志南, 吴金城, 等. 基于主成分分析和聚类分析的市售熏鸡食用品质分析[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(8): 197–202.
- LIU DY, ZHAO ZN, WU JC, *et al.* Analysis of commercial smoked chicken quality based on principal component analysis and cluster analysis [J]. *Food Ferment Ind*, 2019, 45(8): 197–202.
- [23] 赵改名, 王可, 祝超智, 等. 青海高原型牦牛不同部位肉的品质差异研究[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(13): 60–65.
- ZHAO GM, WANG K, ZHU CZ, *et al.* Study on meat quality differences of different parts of Qinghai high-prototype yak [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(13): 60–65.
- [24] 张丽, 黄彩霞, 孙宝忠, 等. 标准化法和主成分法评估牦牛不同部位分割肉品质[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(16): 290–295.
- ZHANG L, HUANG CX, SUN BZ, *et al.* Quality evaluation of different cuts of yak meat based on standardization analysis and principal component analysis [J]. *J Agric Eng*, 2014, 30(16): 290–295.
- [25] 郭兆斌, 余群力, 陈骋, 等. 宰后牦牛肉水分分布变化与持水性能关系研究[J]. *农业机械学报*, 2019, 50(10): 343–351.
- GUO ZB, YU QL, CHEN C, *et al.* Relationship between water distribution change and water retention properties of yak meat during postmortem aging [J]. *J Agric Mach*, 2019, 50(10): 343–351.
- [26] 严昌国, 王勇, 朴圣哲, 等. 延边黄牛牛肉品质特性的研究[J]. *黄牛杂志*, 2004, (3): 5–7.
- YAN CG, WANG Y, PIAO SZ, *et al.* Study on the beef quality traits of Yanbian cattle [J]. *J Yellow Cat Sci*, 2004, (3): 5–7.
- [27] 刘文才, 敖日格乐, 王纯洁, 等. 酒糟育肥西门塔尔牛肉中氨基酸及矿物质元素含量的分析[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2016, (1): 35–38.
- LIU WC, AO RGL, WANG CJ, *et al.* Analysis on the contents of amino acids and mineral elements in the beef of Simmental cattle fattened with vinasse [J]. *Heilongjiang Anim Sci Vet Med*, 2016, (1): 35–38.
- [28] RACHIDA C, EMILIE LC, JULIE Z, *et al.* Trace element contents in foods from the first french total diet study on infants and toddlers [J]. *J Food Comp Anal*, 2019, 78(2): 108–120.
- [29] HONG YS, CHOI JY, NHO EY, *et al.* Determination of macro, micro and trace elements in citrus fruits by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES), ICP-mass spectrometry and direct mercury analyzer [J]. *J Sci Food Agric*, 2019, 99(4): 1870–1879.
- [30] 刘蓉. 关注几种食品中的微量元素[J]. *食品安全导刊*, 2017, (9): 18–19.
- LIU R. Focus on trace elements in several foods [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2017, (9): 18–19.
- [31] 徐焕, 郝力壮, 刘书杰, 等. 不同部位牦牛肉品质比较分析[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(9): 31–36.
- XU H, HAO LZ, LIU SJ, *et al.* Comparison analysis of yak meat quality in different parts of muscles [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(9): 31–36.
- [32] 冉强, 吴锦波, 李铸, 等. ICP-OES 法测定三江牛肉中的微量元素[J]. *畜禽业*, 2020, 31(9): 3–5.
- RAN Q, WU JB, LI Z, *et al.* The ICP-OES method measures trace elements in Sanjiang beef [J]. *Livestock Poult Ind*, 2020, 31(9): 3–5.
- [33] 庄蕾, 刘梦, 黄伟华, 等. 不同性别早胜牛犊牛肉常规养分及氨基酸组成比较分析[J]. *青海畜牧兽医杂志*, 2021, 51(2): 24–28, 35.
- ZHUANG L, LIU M, HUANG WH, *et al.* A comparison of nutritional composition and amino acid content of Zaosheng calf beef in different gender [J]. *Qinghai J Anim Vet Med*, 2021, 51(2): 24–28, 35.
- [34] 侯丽, 柴沙驼, 刘书杰, 等. 青海牦牛肉与秦川牛肉氨基酸和脂肪酸的比较研究[J]. *肉类研究*, 2013, 27(3): 30–36.
- HOU L, CHAI ST, LIU SJ, *et al.* Comparative studies on beef amino acid composition and fatty acid composition of Qinghai yak and Qinchuan cattle [J]. *Meat Ind*, 2013, 27(3): 30–36.
- [35] 罗勤贵, 尉腾, 张贤, 等. 西藏牦牛肉营养食用品质[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(11): 225–229.
- LUO QG, YU T, ZHANG X, *et al.* Nutritional quality of beef in Tibet [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2019, 47(11): 225–229.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



洪 晶, 硕士研究生, 主要研究方向为预防兽医学。

E-mail: 2529006829@qq.com



田晓静, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品、农产品品质快速检测。

E-mail: smile_tian@yeah.net