

西藏雅江雪牛与牦牛肉质特性比较研究

尼玛群宗¹, 达瓦¹, 陈瑶¹, 旦增旺久¹, 拉旺扎西¹, 苏中华¹, 孙宝忠²,
谢鹏², 雷元华^{2*}

(1. 西藏自治区畜牧总站, 拉萨 850000; 2. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100093)

摘要: **目的** 研究雅江雪牛与牦牛肉食用品质及营养成分含量的差异。**方法** 选择健康成年(5~7岁)的西藏公牦牛、公雅江雪牛和母雅江雪牛各6头, 对其体尺、背最长肌基本营养成分和氨基酸、脂肪酸以及食用品质指标进行分析。**结果** 雅江雪牛肉的蛋白质含量较丰富, 属于高蛋白性食品。公雅江雪牛和母雅江雪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44.7%和44.8%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(essential amino acid/nonessential amino acids, EAA/NEAA)分别为80.7%和80.8%, 表明雅江雪牛肉为优质蛋白; 雅江雪牛的脂肪含量较高, 相对于普通牦牛, 具有更好的风味品质; 雅江雪牛蒸煮损失率较低, 具有较好的加工性能; 雅江雪牛颜色鲜红, 更符合消费者喜好。**结论** 雅江雪牛生长速度快, 脂肪含量相较于传统牦牛明显升高, 能够在西藏有限的牧草资源环境中产生相对于牦牛更高的经济利用价值, 对西藏地区的肉牛产业起到良好的促进作用。

关键词: 雅江雪牛; 牦牛; 肉品质

Comparison of meat quality characteristics of Tibetan Yajiang snow cattle and yak

NIMA Qun-Zong¹, DA Wa¹, CHEN Yao¹, DANZENG Wang-Jiu¹, LAWANG Zha-Xi¹,
SU Zhong-Hua¹, SUN Bao-Zhong², XIE Peng², LEI Yuan-Hua^{2*}

(1. Tibet Animal Husbandry Station, Lhasa 850000, China; 2. Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the meat qualities and nutrient composition differences between Yajiang snow cattle and yak. **Methods** Six of 3 groups (Yajiang male, Yajiang female and male yak) of 5-7 years old cattle were selected to investigate the basic nutritional components, such as amino acids, fatty acids and edible quality indexes of their body size and longissimus dorsi muscles. **Results** Yajiang snow beef is rich in protein content and belongs to high protein food. EAA/TAA(essential amino acid/total amino acid) of Yajiang male and Yajiang female were 44.7% and 44.8%, EAA/NEAA(essential amino acid/nonessential amino acids) were 80.7% and 80.8%, which indicated that the beef were high grade resource of protein for consumers. The beef of Yajiang snow cattle could be cooked with better flavors due to its high content of fat compared with yak. Its cook loss was lower so that it could be processed well in factory; it would be preferred by consumers because of its bright and fresh outlook. **Conclusion** Yajiang snow cattle grows faster than traditional yak fed in Tibet, the component of fatty acids is also higher, Yajiang snow cattle can provide higher economic value than yak in Tibet's limited pasture resource environment and promote

*通讯作者: 雷元华, 中级工程师, 主要研究方向为畜产品质量与安全。E-mail: 410819295@qq.com

*Corresponding author: LEI Yuan-Hua, Intermediate Engineer, Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China. E-mail: 410819295@qq.com

beef cattle industry in Tibet.

KEY WORDS: Yajiang snow cattle; yak; meat quality

1 引言

西藏作为中国五大牧区之一, 根据西藏农业农村厅统计, 2019 年年末牲畜存栏总数 1726.46 万头, 其中牦牛 490 万头, 犏牛 41 万头。由于牦牛、犏牛等大畜饲养周期长, 养殖户普遍存在“惜售惜杀”的思想, 导致牛肉供给远远不能满足市场需求。西藏自治区草业资源相对匮乏, 畜载量低, 主要养殖动物为牦牛, 如何合理的减少畜牧业对草业资源的破坏对其生态环境的维持有着十分重要的作用。为充分开发利用西藏母犏牛资源, 同时有效解决全区牛肉供给不足问题, 2017 年西藏自治区畜牧总站引进世界著名肉牛品种—安格斯牛, 利用安格斯牛与西藏犏牛远缘杂交技术培育出“雅江雪牛”。本实验前期饲养数据研究发现, 雅江雪牛具有个体生长速度快、抗病能力强, 耐粗饲、易管理的良好生产性能, 出栏周期比本地牦牛缩短 5 年半, 表现出较高的经济价值, 为西藏牦牛产业与高原生态环境的平衡发展开辟了新途径。为充分了解雅江雪牛牛肉品质特性与开发价值, 特开展了雅江雪牛肉质特性研究, 为后续的精深加工提供数据支撑。

2 材料与方法

2.1 材料

本实验动物为自西藏畜牧饲养的西藏健康牦牛、公雅江雪牛和母雅江雪牛各 6 头并编号。每头牛按照 NY 467-2001《畜禽屠宰卫生检疫规范》进行屠宰检疫并测量体尺, 采集每头牛左半胴体背最长肌(2 kg), 急冻保存。

2.2 仪器与设备

HI99163N 型便携式 pH 测定仪(美国哈纳沃德仪器有限公司); YYW-2 型应变式控制式无侧限压力仪(南京土壤仪器厂有限公司); HH-4 型恒温水浴锅(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司); CR-400 型色差计(北京柯美瑞达仪器设备有限公司); T021028 型电子天平(天津天马衡基仪器有限公司); 沃普式剪切力仪(美国曼哈顿公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 食用品质指标

色度: 肉样取新鲜切面, 使切面在空气中氧合 40 min, 用 CR-10 色差计测定肉样的 L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度), 平行测定 3 次, 以其平均值作为肉样最终的色度。整个测定中, 新鲜切面在空气中暴露时间不能超过 10 min^[1,2]。

pH 值: 样品使用便携式酸度计测定其 pH。直接插入肉块中进行测定, 测定 3 次, 取平均值, 记录数据^[1-3]。

蒸煮损失: 通过直接称质量法测定蒸煮损失, 取肉样约 30 g, 用蒸煮袋包裹密封后在 80 °C 水浴中煮制, 至中心温度达到 70 °C 后, 解开包装, 擦干表面水分, 根据熟制前后质量差计算蒸煮损失^[4-6]。

剪切力: 切取 3 cm×3 cm×2 cm 的肉块, 其中 2 cm 方向为肌纤维方向, 每个样品放入 80 °C 的水浴锅中加热, 用插入式温度计测得肉样中心温度达 70 °C 后维持 30 min, 取出肉块冷却至肉块中心温度直至室温, 顺着肌纤维方向用直径 1.27 cm 的圆形取样器钻取 3 个肉柱, 用数显式肌肉嫩度仪测定每个肉柱的剪切力值, 取平均数^[7-9]。

失水率: 用加压称重法测定加压损失, 取形状规则(2 cm×2 cm×1 cm)的肉样称质量, 记作 W1, 肉样置于 2 层纱布间, 上下 16 层滤纸, 在 35 kg 的压力下保持 5 min, 再次称质量, 记作 W2^[10]。

2.3.2 营养品质指标

脂肪的测定按照 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[11]; 蛋白质的测定按照 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定的方法测定》^[12]; 水分的测定按照 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定方法测定》^[13]; 水解氨基酸按照 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定的方法测定》^[14]; 脂肪酸组成按照 GB 5009.168-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定的方法测定》^[15]; 安全性测定按照 NY/T 2799-2015《绿色食品 畜肉》^[16]。

2.4 数据处理

实验数据采用 Excel 软件进行处理, 结果以平均值±标准差的形式表示; 用 SAS 软件的方差分析模型对测定数据进行差异显著性分析。

3 结果与分析

3.1 雅江雪牛与牦牛胴体数据测定

由表 1 可知, 18 月龄的雅江雪牛与 6~8 岁的牦牛相比, 胴体深和胴体胸深差异不显著, 而与肉用价值关系密切的胴体重、屠宰率、胴体长、后退围、后退宽、后退长、大腿厚肉、腰部肉厚、肋部肉厚、脂肪覆盖率则显著高于 6~8 岁的牦牛。说明雅江雪牛在相同的高原环境中肉用价值显著高于牦牛。

3.2 雅江雪牛与牦牛肉氨基酸含量比较

由表 2 可见, 公、母雅江雪牛肉中总氨基酸含量分别为 21.80 g/100 g 和 21.29 g/100 g, 与对照组牦牛肉无差异。

其中半胱氨酸和组氨酸含量略高于牦牛,其他氨基酸含量均低于牦牛,但差异不明显。但明显高于秦川牛肉、大通犊牦牛肉(15.367 g/100 g)、青南牦牛肉(12.921 g/100 g)、大通成年牦牛肉(15.367 g/100 g)和环湖牦牛肉(14.351 g/100 g)^[10,17,28]。雅江雪牛肉氨基酸含量较为丰富。

根据 FAO/WHO 的模式标准,质量较好的蛋白质必须氨基酸(essential amino acid, EAA)氨基酸总量(total amino acid, TAA)/EAA/非必须氨基酸(nonessential amino acid, NEAA)应在 40%左右, EAA/NEAA 应在 60%以上^[11]。公雅江雪牛和母雅江雪牛肉 EAA/TAA 分别为 44.7%和 44.8%,

EAA/NEAA 分别为 80.7%和 80.8%,均显著高于秦川牛肉、鲁西黄牛肉、安格斯牛肉、夏洛莱牛肉^[19],表明雅江雪牛肉为优质蛋白来源。

3.3 雅江雪牛与牦牛脂肪酸含量比较

由表 3 可知,公、母雅江雪牛饱和脂肪酸含量均显著升高。其中母雅江雪牛肉豆蔻酸显著高于放牧牦牛和公雅江雪牛($P<0.05$);公、母雅江雪牛棕榈酸和硬脂酸含量显著高于放牧牦牛($P<0.05$);公雅江雪牛花生酸含量显著高于其他 2 组($P<0.05$)。

表 1 雅江雪牛与牦牛胴体数据测定
Table 1 Comparison of carcass index between different beef

	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
胴体重/kg	113.75±14.88 ^B	190.97±23.23 ^A	192.27±11.78 ^A
屠宰率/cm	48.71±1.56 ^B	57.13±1.68 ^A	58.76±2.69 ^A
胴体长/cm	109.67±4.55 ^B	116.83±3.37 ^A	116±2.45 ^A
胴体深/cm	61.87±2.83 ^A	61.33±1.97 ^A	62.67±1.75 ^A
胴体胸深/cm	62.77±3.21 ^A	62.17±1.72 ^A	62±1.1 ^A
后退围/cm	65.67±4.37 ^B	76.5±4.55 ^A	76.33±3.27 ^A
后退宽/cm	31.27±1.07 ^B	37±4.05 ^A	37.5±2.26 ^A
后退长/cm	65.33±3.44 ^B	70.67±2.58 ^A	70±2.37 ^A
大腿厚肉/cm	10.13±0.68 ^B	10.3±1.71 ^B	13.33±1.97 ^A
腰部肉厚/cm	3.83±1.23 ^B	5.2±0.95 ^A	5.28±0.46 ^A
肋部肉厚/cm	2.43±0.12 ^B	4.8±0.66 ^A	4.98±0.66 ^A
脂肪覆盖率/%	1.51±0.24 ^B	1.97±0.23 ^A	1.83±0.29 ^A
胴体产肉率/%	83.48±2.11 ^A	85.37±1.31 ^A	84.75±1.55 ^A
骨率/%	16.52±2.11 ^A	14.63±1.31 ^A	15.25±1.55 ^A

注:不同字母表示显著性差异($P<0.05$)。

表 2 雅江雪牛与牦牛氨基酸含量(g/100 g)
Table 2 Comparison of meat amino acid composition between different beef (g/100 g)

氨基酸名称	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
苏氨酸	1.12±0.06	1.09±0.09	1.09±0.09
缬氨酸	1.02±0.05	1.01±0.07	1.00±0.07
甲硫氨酸	0.67±0.04	0.64±0.05	0.62±0.06
异亮氨酸	1.11±0.06	1.08±0.08	1.05±0.10
亮氨酸	1.95±0.10	1.9±0.15	1.85±0.16
赖氨酸	2.18±0.12	2.11±0.17	2.06±0.17
苏氨酸	1.18±0.06	1.18±0.08	1.15±0.08
EAA 总含量	9.99±0.55	9.74±0.75	9.53±0.76
天冬氨酸	2.22±0.12	2.16±0.18	2.10±0.18

续表 2

氨基酸名称	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
谷氨酸	3.89±0.26	3.73±0.34	3.62±0.35
甘氨酸	1.02±0.12	0.99±0.10	0.98±0.07
丙氨酸	1.38±0.07	1.35±0.11	1.33±0.09
半胱氨酸	0.11±0.02	0.11±0.01	0.13±0.01
组氨酸	0.90±0.05	0.94±0.05	0.92±0.04
精氨酸	1.56±0.10	1.50±0.14	1.46±0.13
氨	0.34±0.02	0.34±0.02	0.33±0.02
NEAA 总含量	12.41±0.71	12.07±0.99	11.79±0.94

表 3 雅江雪牛与牦牛脂肪酸含量(g/100 g)
Table 3 Comparison of meat fatty acid composition between different beef (g/100 g)

FA	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
癸酸	0.003±0.0007	0.002±0.0008	0.002±0.0003
十二碳酸	0.002±0.0004	0.002±0.0005	0.003±0.0012
肉豆蔻酸	0.059±0.0153 ^B	0.076±0.0150 ^{AB}	0.110±0.0319 ^A
十五碳酸	0.008±0.0005	0.012±0.0034	0.011±0.0018
棕榈酸	0.376±0.0800 ^B	0.723±0.4346 ^A	0.749±0.0614 ^A
十七碳酸	0.018±0.0013	0.033±0.0087	0.022±0.0115
硬脂酸	0.341±0.0491 ^B	0.570±0.0969 ^A	0.516±0.1071 ^A
花生酸	0.004±0.0010 ^B	0.017±0.0277 ^A	0.004±0.0008 ^B
山嵛酸	0.003±0.0010	0.002±0.0008	/
SFA 总含量	0.798±0.1317 ^B	1.493±0.2822 ^A	1.307±0.2093 ^A
肉豆蔻油酸	0.007±0.0012 ^C	0.022±0.0019 ^A	0.014±0.0028 ^B
棕榈一烯酸	0.084±0.0072 ^C	0.167±0.0264 ^A	0.117±0.0109 ^B
十七碳一烯酸	0.017±0.0079 ^B	0.025±0.0051 ^A	0.016±0.0023 ^B
反式油酸	0.086±0.0139 ^A	0.066±0.0105 ^B	0.062±0.0133 ^B
花生一烯酸	0.002±0.0004 ^C	0.009±0.0015 ^A	0.006±0.0009 ^B
油酸	0.587±0.0897 ^C	1.722±0.3900 ^A	1.226±0.1010 ^B
MUFA 总含量	0.767±0.1174 ^C	2.146±0.3443 ^A	1.412±0.1368 ^B
<i>n</i> 3-PUFA(1 种)			
亚麻酸	0.013±0.0017 ^A	0.013±0.0025 ^A	0.007±0.0015 ^B
<i>n</i> 6-PUFA(2 种)			
亚油酸	0.020±0.0059 ^C	0.079±0.0047 ^A	0.052±0.0160 ^B
二十碳四烯酸	0.002±0.0006	0.004±0.0009	0.005±0.0053
<i>n</i> 6-PUFA 总含量	0.022±0.0061 ^C	0.071±0.0176 ^A	0.043±0.0091 ^B
<i>n</i> 6/ <i>n</i> 3	1.557±0.2733 ^B	6.591±0.9312 ^A	6.503±0.9343 ^A
总脂肪酸含量	11.821±1.8549 ^C	30.553±3.7539 ^A	19.480±1.8060 ^B
PUFA	0.035±0.0074 ^C	0.097±0.0067 ^A	0.055±0.0041 ^B
<i>P/S</i>	0.043±0.0099	0.055±0.0077	0.046±0.0058

注: 不同字母表示显著性差异($P<0.05$)。

单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)数据显示,公雅江雪牛肉中含量显著高于母雅江雪牛和放牧牦牛($P<0.05$),母雅江雪牛显著高于放牧牦牛($P<0.05$)。其中,公雅江雪牛肉豆蔻油酸、棕榈一烯酸、十七碳一烯酸、花生一烯酸、油酸均显著高于其他 2 组;母雅江雪牛肉豆蔻油酸、棕榈一烯酸、花生一烯酸、油酸含量均显著高于放牧牦牛($P<0.05$);公母雅江雪牛反式油酸含量显著低于放牧牦牛($P<0.05$)。

多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)含量公雅江雪牛显著高于其他 2 组($P<0.05$),母雅江雪牛显著高于放牧牦牛($P<0.05$)。其中母雅江雪牛亚麻酸含量显著低于其他 2 组($P<0.05$);公雅江雪牛亚油酸含量显著高于其他 2 组($P<0.05$),母雅江雪牛显著高于放牧牦牛($P<0.05$)。

$n6/n3$ 比值显示,公母雅江雪牛的比值均显著升高($P<0.05$),且分别达到 6.59 和 6.50。研究表明,不饱和脂肪酸对人体有重要的生理功能,其在肉中含量的高低与肉的营养价值有着密切的联系^[20-24]。公、母雅江雪牛的不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值分别为 1.01 和 1.56,显著高于和牛和西门塔尔牛的 0.30 和 0.24,说明其不饱和脂肪酸含量高。医学研究表明, $n6/n3$ 最佳比例是 4 比 1 或更低^[25]。公雅江雪牛肉中 $n6/n3$ 的值为 6.255,母雅江雪牛肉中 $n6/n3$ 的值为 8.215,不在最佳比例的范围,这与其他肉牛育肥养殖的结果趋于一致,在后续研究中应加以重视,并通过营养调控加以改善。

3.4 雅江雪牛与牦牛营养成分含量结果

由表 4 可知,母雅江雪牛肉脂肪含量显著高于公雅江雪牛和放牧牦牛($P<0.05$)。其他指标差异不显著。脂肪含量对肉的风味、嫩度和多汁性都有影响,研究表明脂肪含量达到 2.5%~3%才能保证肉品质的风味,肌内脂肪过低会使肉风味显著下降^[26,27]。脂肪含量高,有利于提升肉的风味、嫩度和多汁性。本研究中公、母雅江雪牛脂肪含量分别达到 2.58%和 4.08%,保证了雅江雪牛肉的风味和多汁性。公、母雅江雪牛蛋白质含量为 23.43%和 23.13%,高于普通黄牛肉 19.82%~21.62%的蛋白含量^[10]。表明雅江雪牛肉的蛋白质含量较丰富,属于高蛋白性食品,可作为青藏高原地区重要的动物性蛋白来源。

表 4 雅江雪牛与牦牛营养成分含量
Table 4 Comparison of meat protein, fat and water content between different beef

成分	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
蛋白质/%	23.15±0.72	23.43±0.89	23.13±1.25
脂肪/%	2.33±1.23 ^B	2.58±0.61 ^B	4.08±1.07 ^A
水分/%	68.08±2.41	68.40±0.81	68.58±0.91

注:不同字母表示显著性差异($P<0.05$)。

3.5 雅江雪牛与牦牛食用品质结果

色度测定中, L^* 代表肉的亮度, a^* 代表红绿色度, b^* 代表黄蓝色度。由表 5 可知,公雅江雪牛肉 L^* 显著高于其他 2 组($P<0.05$)说明公雅江雪牛肉的亮度更高;母雅江雪牛 b^* 显著低于公雅江雪牛和放牧牦牛($P<0.05$),说明母雅江雪牛肉的黄蓝色度低。在肉中,高 L^* 和低 b^* 更容易激发消费者的美食感;公、母雅江雪牛剪切力值均显著低于放牧牦牛($P<0.05$)。与放牧牦牛相比雅江雪牛生长周期相对短,出栏快,且肉中脂肪含量高,因此,其肉质较嫩,剪切力值显著低于传统放牧牦牛,更适合消费者烹饪需求^[28,29]。蒸煮损失是肉品加工特性中重要指标之一,反映了肉品加工后的产量多少。蒸煮损失越低说明产品加工后产量越高,其加工性能越好^[30,31]。公、母雅江雪牛的蒸煮损失分别为 25.17%和 24.63%,低于放牧牦牛的 27.04%。说明雅江雪牛肉蒸煮损失率较低,具有较好的加工性能。

表 5 雅江雪牛与牦牛食用品质数据
Table 5 Comparison of meat qualities between different beef

	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
挤压失水率/%	34.29±2.70	35.00±4.05	32.24±3.49
pH	5.78±0.08	5.64±0.09	5.60±0.11
L^*	31.46±1.94 ^B	36.02±3.19 ^A	33.70±1.32 ^{AB}
a^*	16.74±1.96	17.82±1.62	16.15±1.76
b^*	7.54±1.81 ^A	7.58±1.54 ^A	5.71±1.09 ^B
剪切力/kg	16.43±4.57 ^A	10.31±4.38 ^B	11.89±1.57 ^B
蒸煮损失/%	27.04±1.98	25.17±2.20	24.63±4.16

注:不同字母表示显著性差异($P<0.05$)。

3.6 雅江雪牛与牦牛安全性指标检测结果

由表 6 可知,公、母雅江雪牛和放牧牦牛肉中均未检出抗生素类及 β -兴奋剂类激素。兽残留限量值完全符合 NY/T 2799-2015《绿色食品 畜肉》的标准。重金属含量除铬外均未检出,且铬的含量低于 NY/T 2799-2015《绿色食品 畜肉》中的要求。说明雅江雪牛肉安全性高。

4 结论

传统牦牛生长周期长,脂肪含量低,肉质普遍老韧。同时,由于饲草转化率低下,对青藏高原生态环境也造成巨大压力。随着生活水平的提高,消费者不仅对牦牛肉的数量需求在增长,而且对肉品质的要求也在不断提升。雅江雪牛采用三元杂交,生长速度快,脂肪含量明显升高,风味和多汁性显著提升,嫩度显著低于传统放牧牦牛肉,肉品质明显改善,必将极大地拓展牦牛肉的加工用途。

表 6 雅江雪牛与牦牛安全性指标检测数据
Table 6 Data of food safety between different beef

序号	检测项目	牦牛(公)	公雅江雪牛	母雅江雪牛
1	无机砷(以 As 计), mg/kg	未检出(<0.04)	未检出(<0.04)	未检出(<0.04)
2	铅(以 Pb 计), mg/kg	未检出(<0.04)	未检出(<0.04)	未检出(<0.04)
3	总汞(以 Hg 计), mg/kg	未检出(<0.01)	未检出(<0.01)	未检出(<0.01)
4	镉(以 Cd 计), mg/kg	未检出(<0.003)	未检出(<0.003)	未检出(<0.003)
5	铬(以 Cr 计), mg/kg	0.032(<1.0)	0.012(<1.0)	0.015(<1.0)
6	伊维菌素, mg/kg	未检出(<0.01)	未检出(<0.01)	未检出(<0.01)
7	泰乐菌素, µg/kg	未检出(<1.0)	未检出(<1.0)	未检出(<1.0)
8	甲砒霉素, µg/kg	未检出(<0.1)	未检出(<0.1)	未检出(<0.1)
9	磺胺类, µg/kg	未检出(<50)	未检出(<50)	未检出(<50)
10	克伦特罗, µg/kg	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)
11	沙丁胺醇, µg/kg	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)
12	莱克多巴胺, µg/kg	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)
13	西马特罗, µg/kg	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)	未检出(<0.5)

但是, 研究表明, 与传统放牧牦牛相比, 雅江雪牛肉中不饱和脂肪酸 $n6/n3$ 比值显著升高, 这与舍饲肉牛和草饲肉牛不饱和脂肪酸组成趋势相似。因此, 应在未来的养殖过程中通过营养调控等手段加以改善, 以保持牦牛肉的优良品质特点。

参考文献

- [1] 张丽, 师希雄, 余群力, 等. 甘南牦牛肉质特性分析[J]. 肉类研究, 2013, 27(9): 19–21.
Zhang L, Shi XX, Yu QL, *et al.* Analysis of meat quality characteristics of Gannan yak [J]. Meat Res, 2013, 27(9): 19–21.
- [2] Pietrasik Z, Shand PJ. Effects of moisture enhancement, enzyme treatment, and blade tenderization on the processing characteristic and tenderness of beef semimembranosus steaks [J]. Meat Sci, 2011, 88(1): 8–13.
- [3] 周光宏, 徐幸莲. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
Zhou GH, Xu XL. Meatology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [4] Warriss PD. Meat science: An introductory text [M]. New York: CABI Publishing, 2000.
- [5] Save II. National consumer retail beef study: interaction of trimlevel, price and grade on con-sumer acceptance of beef steaks and roasts [J]. Food Qual, 1989, 12: 251–274.
- [6] Miller MF, Hoover LC, Cook KD, *et al.* Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant [J]. J Food Sci, 1995, 60(5): 963–965.
- [7] Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge MT, *et al.* Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force [J]. Meat Sci, 2008, 78: 153–156.
- [8] Tapp WN, Yancey JW, Apple JK. How is the instrumental color of meat measured? [J]. Meat Sci, 2011, 89(1): 1–5.
- [9] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
Zhou GH. Animal products processing [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2002.
- [10] 周磊, 于青云, 杜玮, 等. 不同品种牛肉品质研究[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(4): 534–538.
Zhou L, Yu QY, Du W, *et al.* Study on the quality of different beef [J]. Xinjiang Agric Sci, 2007, 44(4): 534–538.
- [11] 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].
- [12] 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].
- [13] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of moisture [S].
- [14] 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 food [S].
- [15] 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 food [S].
- [16] NY/T 2799-2015 绿色食品 畜肉[S].
NY/T 2799-2015 Green food-Animal meat [S].
- [17] Efron DT, Barbul A. Role of arginine in immunonutrition [J]. Astroenteral, 2000, 35(12): 20–23.
- [18] 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 study on amino acids and fatty acids between Qinghai yak and Qinchuan beef [J]. Meat Res, 2013, 27(3): 30–36.

- [19] 郭淑珍, 牛小莹, 赵君, 等. 甘南牦牛肉与其他良种牛肉氨基酸含量对比分析[J]. 中国草食动物, 2009, 29(3): 58–60.
Guo SZ, Niu XY, Zhao J, *et al.* A comparative analysis of amino acid content of Gannan yaks and other improved beef [J]. *Chin Herbivores*, 2009, 29(3): 58–60.
- [20] Keys A, Anderson JT, Grande F. Serum cholesterol response to changes in the diet [J]. *Metabolism*, 1965, 14: 776–787.
- [21] 余文三. 多不饱和脂肪酸的研究概况[J]. 国外医学: 卫生学分册, 1998, 25(6): 359–362.
Yu WS. A Survey of polyunsaturated fatty acids [J]. *Foreign Med: Health Div*, 1998, 25(6): 359–362.
- [22] 李鹏, 孙京新, 王凤舞, 等. 白牦牛肉脂肪酸分析及功能性评价[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 106–108.
Li P, Sun JX, Wang FW, *et al.* Fatty acid analysis and functional evaluation of white yak [J]. *Food Sci*, 2008, 29(4): 106–108.
- [23] Sheard PR, Enser MF, Haydon KD, *et al.* Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA [J]. *Meat Sci*, 2000, 55: 213–221.
- [24] 吴时敏. 脂肪酸的膳食平衡研究进展[J]. 山东食品科技, 2001, 3(1): 33–34.
Wu SM. Advances in dietary balance of fatty acids [J]. *Shandong Food Technol*, 2001, 3(1): 33–34.
- [25] Clarke S.D. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance [J]. *British J Nutr*, 2000, 83(1): 59–66.
- [26] 亢其鹏, 孙宝忠, 韩玲, 等. 新疆地区三个肉牛品种各部位肉品质比较研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(2): 6–13.
Kang QP, Sun BZ, Han L, *et al.* Comparative study on meat quality of three beef cattle breeds in Xinjiang [J]. *Food Ferment Technol*, 2019, 55(2): 6–13.
- [27] 郎玉苗, 孙宝忠, 杨春柳, 等. 不同部位牛肉成熟过程中适宜烹饪方式[J]. 食品工业, 2019, 40(4): 120–123.
Lang YM, Sun BZ, Yang CL, *et al.* A suitable cooking method for beef ripening in the same part [J]. *Food Ind*, 2019, 40(4): 120–123.
- [28] 吴菊清, 李春保, 周光宏, 等. 宰后成熟过程中冷却牛肉、猪肉色泽和嫩度的变化[J]. 食品科学, 2008, (10): 136–139.
Wu JQ, Li CB, Zhou GH, *et al.* Changes in color and tenderness of cooled beef and pork during aging [J]. *Food Sci*, 2008, (10): 136–139.
- [29] 黄明. 牛肉成熟机制及食用品质研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
Huang M. A study on ripening mechanism and edible quality of beef [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003.
- [30] 田甲春, 韩玲, 刘昕, 等. 牦牛肉宰后成熟机理与肉用品质研究[J]. 农业机械学报, 2012, 43(12): 146–150.
Tian JC, Han L, Liu X, *et al.* A study on maturation mechanism and meat quality of yak meat after slaughter [J]. *J Agric Mach*, 2012, 43(12): 146–150.
- [31] 董超, 张松山, 张丽, 等. 响应面法优化儿童牦牛肉排无磷保水剂工艺[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(4): 25–32.
Dong C, Zhang SS, Zhang L, *et al.* Optimization of phosphorus-free water retainer process for children's Yak meat row by response surface method [J]. *Food Ferment Technol*, 2018, 54(4): 25–32.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



尼玛群宗, 硕士研究生, 主要研究方向为肉牛和牦牛繁育与养殖技术研究。
E-mail: qz8905@163.com



雷元华, 中级工程师, 主要研究方向为畜产品质量与安全。
E-mail: 410819295@qq.com