



不同肉牛品种(杂交组合)背最长肌肉质特征

张凌云 王正文 安雪姣 张小强 杨永慧 焦婷 蔡原 赵生国

Study of the characteristics of the longissimus dorsi muscle in different beef cattle populations

ZHANG Lingyun, WANG Zhengwen, AN Xuejiao, ZHANG Xiaoqiang, YANG Yonghui, JIAO Ting, CAI Yuan, ZHAO Shengguo

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0766>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

去势对西门塔尔牛牛肉品质的影响

Effect of castration on meat quality of simmental cattle

草业科学. 2017, 11(1): 152 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0212>

紫茎泽兰对建昌黑山羊肌肉中氨基酸和脂肪酸含量的影响

Effects of *Ageratina adenophora* on amino acid and fatty acid contents in the muscles of Jianchang black goats

草业科学. 2021, 38(2): 364 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0376>

草地植物添加剂对肉牛生长性能的影响

Effects of grassland plant additive on growth performance of beef cattle

草业科学. 2017, 11(9): 1933 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0190>

近红外技术预测放牧肉牛粪便组分

Predicting fecal composition of grazing beef cattle by near infrared spectroscopy

草业科学. 2020, 37(1): 178 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0148>

羔羊日粮精粗比对其肉及脂肪组织中脂肪酸组成的影响

Effect of dietary concentrate to forage ratio on the fatty acid composition of the meat and fat tissues of lambs

草业科学. 2018, 12(3): 654 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0370>

替代法估测肉牛对稻草和麦秸的有效能值

Substitution method for evaluating effective energy value of rice straw and wheat straw for beef cattle

草业科学. 2018, 12(1): 199 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0130>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0766

张凌云, 王正文, 安雪姣, 张小强, 杨永慧, 焦婷, 蔡原, 赵生国. 不同肉牛品种(杂交组合)背最长肌肉质特征. 草业科学, 2023, 40(3): 786-797.

ZHANG L Y, WANG Z W, AN X J, ZHANG X Q, YANG Y H, JIAO T, CAI Y, ZHAO S G. Study of the characteristics of the longissimus dorsi muscle in different beef cattle populations. Pratacultural Science, 2023, 40(3): 786-797.



不同肉牛品种(杂交组合)背最长肌肉质特征

张凌云¹, 王正文¹, 安雪姣¹, 张小强², 杨永慧¹,
焦婷³, 蔡原¹, 赵生国¹

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省平凉市泾川县畜牧兽医中心, 甘肃 平凉 744399;
3. 甘肃农业大学草业学院 / 草业生态系统教育部重点实验室 / 中一美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为评价平凉红牛肉品质特征, 选择年龄、体重、体质相近及饲养管理水平相同的平凉红牛、杂交和牛及西门塔尔牛各 6 头, 屠宰后取其背最长肌样品, 对肉品质、营养成分、氨基酸和脂肪酸组成等测定和分析。结果表明: 平凉红牛和杂交和牛背最长肌中的粗脂肪含量显著高于西门塔尔牛 ($P < 0.05$); 杂交和牛背最长肌的失水率、熟肉率显著高于西门塔尔牛 ($P < 0.05$); 杂交和牛背最长肌的剪切力显著低于西门塔尔牛 ($P < 0.05$); 平凉红牛背最长肌中的必需氨基酸占总氨基酸的比例 (40.15%) 和必需氨基酸占非必需氨基酸的比例 (67.04%) 最高, 特别是丙氨酸、脯氨酸、赖氨酸以及异亮氨酸等风味氨基酸含量均显著高于杂交和牛和西门塔尔牛 ($P < 0.05$)。平凉红牛单不饱和脂肪酸含量和多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸值 (0.15) 低于杂交和牛, 但 n6 多不饱和脂肪酸/n3 多不饱和脂肪酸 (n6/n3) 值 (4.71) 较杂交和牛和西门塔尔牛更接近推荐值。从背最长肌的大理石纹、脂肪含量、脂肪酸和氨基酸组成等特征来看, 平凉红牛肉质, 尤其是氨基酸组成的突出优势使其表现出良好的口感与风味, 具有生产高端牛肉的潜力。

关键词: 肉牛; 背最长肌; 肉品质; 脂肪酸; 氨基酸; 平凉红牛; 西门塔尔牛

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2023)03-0786-12

Study of the characteristics of the longissimus dorsi muscle in different beef cattle populations

ZHANG Lingyun¹, WANG Zhengwen¹, AN Xuejiao¹, ZHANG Xiaoqiang²,
YANG Yonghui¹, JIAO Ting³, CAI Yuan¹, ZHAO Shengguo¹

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. Animal Husbandry and Veterinary Center of Jingchuan County, Pingliang City, Gansu Province, Pingliang 744399, Gansu, China;

3. College of Prataculture, Gansu Agricultural University / Key Laboratory of Prataculture Ecosystem, Ministry of Education / Sino-US Research Center for Sustainable Development of Grassland Animal Husbandry, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: To evaluate the quality characteristics of Pingliang Red cattle, six Pingliang Red cattle, six hybrid Wagyu cattle, and six Simmental cattle with similar ages, body weights, and body constitutions, and the same level of feeding and management, were selected for this study. After slaughter, samples of the longissimus dorsi muscle were taken for the analysis of meat quality, nutrient composition, and amino acid and fatty acid composition. The results showed that the ether extract content of longissimus dorsi muscles was significantly higher in Pingliang Red cattle and hybrid Wagyu cattle than Simmental cattle ($P < 0.05$). The water loss rate and cooked meat rate were significantly higher for the hybrid Wagyu cattle

收稿日期: 2021-12-19 接受日期: 2022-04-06

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2015BAD03B04-4); 甘肃省农业科技创新项目 (GNCX-2014-32)

第一作者: 张凌云 (1995-), 女, 甘肃庆阳人, 在读硕士生, 主要从事畜牧学研究。E-mail: zhanglingyun1110@163.com

通信作者: 赵生国 (1976-), 男, 甘肃庆阳人, 教授, 博士, 主要从事动物遗传学的理论与应用研究。E-mail: zhaosg@gsau.edu.cn

muscle than the Simmental cattle muscle ($P < 0.05$). The shear force was significantly lower for hybrid Wagyu cattle muscle than Simmental cattle muscle ($P < 0.05$). The essential/total amino acids (40.15%) and essential/non-essential amino acids (67.04%) proportions were highest in the longissimus dorsi muscle of Pingliang Red cattle. In particular, the flavor amino acids, such as alanine, proline, and lysine, and heterobright amino acids were at significantly higher concentrations in Pingliang Red cattle than hybrid Wagyu cattle and Simmental cattle ($P < 0.05$). The monounsaturated fatty acid content and polyunsaturated/saturated fatty acids ratio (0.15) were lower in Pingliang Red cattle than hybrid Wagyu cattle. However, the n6/n3 polyunsaturated fatty acid ratio (4.71) was closer to the recommended value range in Pingliang Red cattle than hybrid Wagyu cattle and Simmental cattle. Based on the characteristics of marbling, fat content, and fatty acid and amino acid composition of the longissimus dorsi muscle, the meat quality of Pingliang Red cattle, especially the amino acid composition advantage, gives it good taste and flavor, indicating the potential of these cattle for producing high-end beef.

Keywords: beef cattle; longissimus dorsi; meat quality; fatty acids; amino acids; Pingliang Red cattle; Simmental cattle

Corresponding author: ZHAO Shengguo E-mail: zhaosg@gsau.edu.cn

随着经济发展和生活水平的提高,人们对牛肉的需求量越来越大,对牛肉品质的要求也越来越高。日本和牛是生产高端雪花牛肉的优良肉牛品种之一,其牛肉最大的特点是大理石花纹明显、鲜嫩多汁^[1-2]。西门塔尔牛是我国从瑞士引进的杂交改良品种,其肉色鲜红、营养价值高^[3],虽然不适合开展高档牛肉的生产,但在我国西部地区,是饲养量最大的肉牛品种。平凉红牛是由平凉当地黄牛(早胜牛)与南德温牛等品种杂交形成的,具有耐粗饲、口感好、风味佳、大理石花纹明显的特点^[4]。关于平凉红牛、杂交和牛以及西门塔尔牛肉品质方面的报道较多,但对于这3个不同肉牛品种(杂交组合)的肉品质比较尚未见报道。因此,本研究测定并分析了其肉品质、营养成分、氨基酸和脂肪酸组成等特征,以期生产高档牛肉的肉牛品种选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物

在平凉市肉牛育肥场选择饲养管理水平相同、体况相近的杂交和牛(和牛♂×早胜牛♀)、平凉红牛(南德温牛♂×早胜牛♀)和西门塔尔牛的阉牛各6头,根据美国国家科学研究委员会(National Research Council, NRC) 2016年发布的肉牛营养标准设置各组饲料组成及营养水平(表1)。禁食禁水24 h后屠宰,每头牛取背最长肌约500 g,分两份,一份中的一半用于现场测定肉品质指标,另一半置于4℃排酸间排酸24 h后测定肉色、pH、大理石花纹;另一份中取一部分置于冰袋中带回实验室,-20℃保存

待测营养成分,另一部分置于液氮中带回实验室,-80℃保存待测脂肪酸和氨基酸组成。

1.2 测定指标和方法

1.2.1 肉品质的测定

大理石花纹:在屠宰后的45 min和24 h,用澳大利亚 AUS-MEAT 牛肉大理石纹比色卡对肉样进行对比评分,并记录数据^[5]。

肉色:选取肉样后,使用 CR-10 色差仪测定肉样的亮度(L^*)、红度(a^*)、黄度(b^*),对肉样进行5次平行测定,取用平均值^[6]。

失水率:选取 2.5 cm × 2 cm × 1 cm 规格的肉样,称重(M_1)后用两层纱布包裹好,放在18层滤纸中间,用压力仪设定35 kg的压力,压力值恒定后保持5 min,取出称重(M_2),失水率 = $(M_1 - M_2) / M_1 \times 100\%$ ^[7]。

pH:分别在屠宰后的45 min和24 h检测,先对pH计进行三点校准,再对肉样进行3次平行测定^[8]。

熟肉率:选取200 g左右的肉样称重(W_1),然后将肉样放在装有沸水的铝锅蒸屉上,用2 000 W的电磁炉蒸煮45 min,取出后自然冷却30~45 min,再次称重(W_2),熟肉率 = $W_1 / W_2 \times 100\%$ ^[9]。

剪切力:将肉样蒸煮后擦去多余水分称重,用直径1.27 cm的空心取样器在肉样上顺着肌纤维方向钻取5次取样(注意避开肉筋),随后用嫩度计测定所取肉样的剪切力^[10]。

蒸煮损失:选取约150 g的肉样,去除表面多余脂肪和筋膜,称重后记作 X_1 ,中心插入探针式温度计,装入自封袋放入80℃水浴锅中,待温度计显示达到70℃时取出,用滤纸擦干多余水分,待冷却至

表 1 基础饲粮组成及营养水平 (干物质基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (dry matter basis)

项目 Item	体重阶段 Weight stage/kg			
	150~249	250~349	350~449	450~出栏 Slaughter
原料 Ingredient				
蒸汽压片玉米 Steam-flaked corn/%	18.00	21.84	40.00	61.00
蒸汽压片小麦 Steam-flaked wheat/%	5.67	4.00	5.59	2.00
蒸汽压片大麦 Steam-flaked barley/%	6.00	4.00	3.61	2.00
蒸汽压片黑豆 Steam-flaked black beans/%	4.00	4.77	8.00	4.72
玉米胚芽粕 Corn germ meal/%	6.00	4.82	2.00	6.00
玉米干酒糟及其可溶物 Dried distillers grains with solubles /%	13.06	16.00	3.19	3.00
碳酸氢钠 NaHCO ₃ /%	0.50	0.67	0.74	0.94
食盐 NaCl/%	0.50	0.67	0.74	0.94
石粉 Limestone/%	0.50	0.90	0.63	0.50
预混料 Premix ¹⁾ /%	1.00	1.33	1.34	1.90
玉米黄贮 Corn stalk silage/%	44.75	41.00	34.00	17.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level ²⁾				
粗蛋白质 Crude protein, CP/%	14.00	12.60	11.30	10.09
总可消化养分 Total digestible nutrients, TDN/%	76.13	75.15	73.99	77.87
维持净能 Net energy for maintenance, Nem/(MJ·kg ⁻¹)	4.53	6.29	7.75	8.58
增重净能 Net energy for gain, Neg/(MJ·kg ⁻¹)	3.70	4.70	5.13	5.88
钙 Calcium, Ca/%	0.53	0.40	0.36	0.27
磷 Phosphorus, P/%	0.30	0.39	0.31	0.29
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber, NDF/%	31.21	29.31	22.63	15.87
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber, ADF/%	17.96	16.02	12.90	7.87

1)每千克预混料中含有: VA 900 IU, VD 150 IU, VE 25 IU, Cu 10 mg, Fe 80 mg, Mn 20 mg, Zn 40 mg, I 1.0 mg, Se 0.60 mg。2)维持净能和增重净能基于NRC (2003)进行计算, 其余为实测值。
1) Each kilogram of premix contained: VA 900 IU, VD 150 IU, VE 25 IU, Cu 10 mg, Fe 80 mg, Mn 20 mg, Zn 40 mg, I 1.0 mg, Se 0.60 mg. 2) Nem and Neg were calculated according to the National Research Council guidelines (NRC, 2003), while the others were measured values.

室温, 称重记作 X_2 , 蒸煮损失 = $(X_1 - X_2)/X_1 \times 100\%$ ^[11]。

滴水损失: 切取 10 g 左右肉样, 称重记作 Q_1 , 挂在 0~4 ℃ 密闭环境中 (避免空气流动的影响) 24 h, 取出后, 称重记作 Q_2 , 滴水损失 = $(Q_1 - Q_2)/Q_1 \times 100\%$ ^[12]。

1.2.2 营养物质的测定

干物质 (dry matter, DM) 含量: 选取 5 g 左右的肉样称重并记作 Z_1 , 将肉样放入称量瓶中置于 105 ℃ 烘箱中烘干至恒重, 然后放在干燥器中冷却至室温, 称重记作 Z_2 。干物质含量 = $Z_2 / Z_1 \times 100\%$ 。

粗脂肪 (ether extract, EE) 含量: 参照 GB/T 5009.6—

2003《食品中粗脂肪的测定》来测定 ^[13]。

粗蛋白质 (crude protein, CP) 含量: 参照 GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》来测定 ^[14]。

粗灰分 (Ash) 含量: 参照 GB/T 9695.18—2008《肉与肉制品 总灰分测定》来测定 ^[15]。

1.2.3 氨基酸的测定

用 RIGOL-L3000 高效液相色谱仪参照 GB/T 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》来测定 ^[16]。

1.2.4 脂肪酸的测定

用岛津气相色谱 GC-2010 plus 参照 GB/T 22223—

2008《食品中总脂肪、饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸和脂肪酸》来测定^[17]。

1.3 数据处理与统计分析

采用 Excel 2010 处理试验数据, 采用 SPSS 25.0 软件中的单因素方差分析 (one-way ANOVA) 检测组间差异显著性, 差异显著时, 用 Duncan 氏法进行多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。采用 SPSS 25.0 软件中的独立样本 T 检验, 分析排酸处理对肉色、pH 和大理石花纹评分的差异显著性, $P < 0.05$ 为差异显著, 具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 肉品质特征分析

杂交和牛组的失水率及熟肉率显著高于平凉红牛组和西门塔尔牛组 ($P < 0.05$), 杂交和牛组和平凉红牛组的滴水损失、红度_{24 h} 和大理石花纹评分_{24 h} 高于西门塔尔牛组 ($P < 0.05$) (表 2)。3 组之间的蒸煮损失和嫩度存在显著差异 ($P < 0.05$), 其中西门塔

尔牛组最高, 杂交和牛组最低。经过 24 h 排酸处理后, 各组肉色指标 (L^* 、 a^* 和 b^*) 显著上升 ($P < 0.05$), pH 显著降低 ($P < 0.05$), 大理石花纹评分有上升趋势但差异并不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 肌肉营养成分分析

杂交和牛组和平凉红牛组粗脂肪含量显著高于西门塔尔牛组 ($P < 0.05$), 而蛋白质和粗灰分含量则恰好相反, 杂交和牛组和平凉红牛组的粗灰分含量显著低于西门塔尔牛组 ($P < 0.05$), 杂交和牛组和平凉红牛组的蛋白质含量显著低于西门塔尔牛组 ($P < 0.05$) (表 3)。

2.3 氨基酸组成分析

在背最长肌中均检测到了 17 种氨基酸, 其中必需氨基酸 (EAA) 7 种, 非必需氨基酸 (NEAA) 10 种 (表 4)。平凉红牛组和西门塔尔牛组的氨基酸总量 (TAA) 和必需氨基酸 (EAA)、甜味氨基酸 (SAA) 含量均显著高于杂交和牛组 ($P < 0.05$), 其中平凉红牛组含量最高。平凉红牛组的 7 种 EAA 含量均显著

表 2 背最长肌肉品质差异分析
Table 2 Analysis of meat quality indicators of longissimus dorsi muscle

指标 Item		杂交和牛 Hybrid Wagyu cattle	平凉红牛 Pingliang Red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
失水率 Water loss rate/%		6.90 ± 1.19a	5.29 ± 1.39b	4.69 ± 1.67b	< 0.001
熟肉率 Cooked meat rate/%		74.22 ± 2.22a	65.35 ± 2.64b	62.15 ± 2.45b	< 0.001
蒸煮损失 Cooking loss/%		12.81 ± 1.67c	17.80 ± 2.17b	19.96 ± 1.38a	< 0.001
滴水损失 Drip loss/%		4.81 ± 1.39a	5.29 ± 1.25a	2.08 ± 0.79b	< 0.001
肉色 Flesh-colored	亮度 Brightness ($L^*_{45 \text{ min}}$)	30.39 ± 2.20a	27.44 ± 2.56b	26.66 ± 1.26c	0.010
	红度 Redness ($a^*_{45 \text{ min}}$)	11.07 ± 2.38	10.18 ± 1.21	9.76 ± 1.21	0.420
	黄度 Yellowness ($b^*_{45 \text{ min}}$)	8.03 ± 1.72ab	7.37 ± 0.47b	9.20 ± 1.41a	0.060
	亮度 Brightness ($L^*_{24 \text{ h}}$)	33.37 ± 2.02*	33.12 ± 2.02*	31.27 ± 2.62*	0.310
	红度 Redness ($a^*_{24 \text{ h}}$)	13.17 ± 1.18a*	13.67 ± 1.25a*	10.15 ± 1.16b	< 0.001
	黄度 Yellowness ($b^*_{24 \text{ h}}$)	10.55 ± 1.38*	10.47 ± 1.20*	10.38 ± 1.07*	0.970
pH	45 min	6.12 ± 0.17*	6.21 ± 0.06*	6.30 ± 0.18*	0.150
	24 h	5.46 ± 1.11	5.56 ± 0.08	5.60 ± 0.13	0.150
大理石花纹评分 Marbling score	45 min	3.00 ± 0.63a	2.67 ± 0.51a	1.67 ± 0.51b	< 0.001
	24 h	3.80 ± 0.75a	3.33 ± 0.81a	2.33 ± 0.92b	0.002
剪切力 Tenderness/N		47.62 ± 2.63c	57.46 ± 7.65b	83.35 ± 8.86a	0.007

同行不同小写字母表示组间差异显著($P < 0.05$), *表示经过24 h排酸处理后结果与45 min结果差异显著($P < 0.05$)。下表同。
Different lowercase letters within the same row indicate significant differences among different groups at the 0.05 level, and * represents a significant difference between the 45 min result and the result after 24 h of acid drainage treatment at the 0.05 level. This is applicable for the following tables as well.

表 3 背最长肌营养成分分析
Table 3 Analysis of meat nutritional components of longissimus dorsi muscle

指标 Item	杂交和牛 Hybrid Wagyu cattle	平凉红牛 Pingliang Red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
干物质 Dry matter/%	41.05 ± 3.07a	35.85 ± 5.31b	25.71 ± 0.43c	0.000
粗脂肪 Crude fat/%	20.79 ± 4.27a	18.55 ± 5.46a	1.83 ± 0.36b	0.000
粗灰分 Ash/%	0.91 ± 0.13b	0.93 ± 0.05b	1.13 ± 0.05a	0.001
粗蛋白 Crude protein/%	17.39 ± 2.31b	18.62 ± 2.05b	21.33 ± 1.54a	0.010

表 4 背最长肌氨基酸组成分析
Table 4 Analysis of Amino acid content of longissimus dorsi

指标 Parameter	氨基酸 Amino acid	杂交和牛 Hybrid wagyu cattle	平凉红牛 Pingliang red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
必需氨基酸 (EAA) Essential amino acid / (mg·g ⁻¹)	缬氨酸 Valine (Val)	9.10 ± 0.60b	11.80 ± 0.90a	10.10 ± 0.50b	0.007
	蛋氨酸 Methionine (Met)	0.30 ± 0.10b	1.20 ± 0.50a	0.40 ± 0.10b	0.020
	苏氨酸 Threonine (Thr)	9.80 ± 0.50b	12.40 ± 0.80a	11.50 ± 0.30a	0.004
	异亮氨酸 Isoleucine (Ile)	9.10 ± 0.60c	12.00 ± 0.80a	10.50 ± 0.40b	0.003
	亮氨酸 Leucine (Leu)	15.40 ± 0.80c	21.40 ± 1.30a	18.20 ± 1.20b	0.002
	苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe)	7.60 ± 0.40c	10.80 ± 0.70a	8.70 ± 0.40b	0.001
	赖氨酸 Lysine (Lys)	16.40 ± 0.80c	21.40 ± 0.50a	18.30 ± 0.40b	0.000
非必需氨基酸 (NEAA) Nonessential amino acid / (mg·g ⁻¹)	天冬氨酸 Asparagine (Asp)	23.60 ± 0.30	22.60 ± 1.80	23.10 ± 1.70	0.695
	谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	34.40 ± 1.40b	34.90 ± 0.80b	38.40 ± 1.20a	0.011
	丝氨酸 Serine (Ser)	8.90 ± 0.30b	10.50 ± 0.90a	10.40 ± 0.30a	0.024
	甘氨酸 Glycine (Gly)	7.30 ± 0.40b	10.50 ± 1.30a	0.09 ± 1.00ab	0.017
	组氨酸 Hlsthidine (His)	6.60 ± 0.40b	7.80 ± 0.70a	0.08 ± 0.40a	0.032
	精氨酸 Arginine (Arg)	12.60 ± 0.50b	15.80 ± 0.50a	15.30 ± 0.80a	0.001
	半胱氨酸 Cysteine (Cys)	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.10	0.10 ± 0.00	0.422
	丙氨酸 Alanine (Ala)	11.50 ± 0.50c	14.10 ± 0.40a	13.10 ± 0.30b	0.001
	脯氨酸 Proline (Pro)	6.90 ± 0.20b	10.20 ± 1.30a	8.80 ± 1.30ab	0.025
	酪氨酸 Tyrosine (Tyr)	6.40 ± 0.40c	9.10 ± 0.70a	7.60 ± 0.30b	0.002
总氨基酸 Total amino acids (TAA)		186.20 ± 7.90c	226.40 ± 7.10a	211.50 ± 3.40b	0.001
非必需氨基酸 NEAA		118.40 ± 4.30b	135.60 ± 3.70a	133.80 ± 2.10a	0.002
必需氨基酸 EAA		67.80 ± 3.70c	90.90 ± 4.40a	77.70 ± 2.20b	0.001
鲜味氨基酸 Delicious amino acids (DAA)		86.00 ± 3.00b	94.10 ± 0.90a	94.20 ± 1.60a	0.004
甜味氨基酸 Sweet amino acids (SAA)		60.70 ± 2.80b	79.00 ± 5.20a	71.20 ± 3.50a	0.004
EAA/TAA/%		36.41	40.15	36.74	—
DAA/TAA/%		46.19	41.56	44.54	—
SAA/TAA/%		32.60	34.89	33.66	—
EAA/NEAA/%		57.26	67.04	58.07	—

高于杂交和牛组 ($P < 0.05$)。平凉红牛和西门塔尔牛组的丝氨酸 (Ser)、组氨酸 (His)、精氨酸 (Arg) 等 NEAA 含量也显著高于杂交和牛组 ($P < 0.05$)。平凉红牛组的 EAA/TAA (40.15%)、SAA/TAA (34.89%) 和 EAA/NEAA (67.04%) 均高于杂交和牛组和西门塔尔牛组, 而其 DAA/TAA (41.56%) 最低。

2.4 脂肪酸组成分析

2.4.1 饱和脂肪酸含量分析

在背最长肌中共检测到 13 种饱和脂肪酸, 其中奇数饱和脂肪酸 5 种, 偶数饱和脂肪酸 8 种 (表 5)。在奇数饱和脂肪酸中, 西门塔尔牛组十五烷酸 (C15:0) 和二十三烷酸 (C23:0) 的含量显著高于杂交和牛组 ($P < 0.05$), 而二十一烷酸 (C21:0) 的含量正好相反。在偶数饱和脂肪酸中, 西门塔尔牛组肉豆蔻酸 (C14:0) 和花生酸 (C20:0) 的含量显著高于杂交和牛组 ($P < 0.05$), 3 组间的棕榈酸 (C16:0) 含量差异显著 ($P < 0.05$), 西门塔尔牛组最高。

2.4.2 不饱和脂肪酸含量分析

在背最长肌中共检测出 17 种不饱和脂肪酸, 其中单不饱和脂肪酸 9 种, 多不饱和脂肪酸 8 种 (表 6)。在单不饱和脂肪酸中, 杂交和牛组的肉豆蔻烯酸 (C14:1)、反式油酸 (C18:1n9t)、顺-11-二十碳烯酸 (C20:1)、顺芥子酸甲酯 (C22:1n9)、神经酸 (C24:1)

含量显著高于平凉红牛和西门塔尔牛组 ($P < 0.05$), 3 组间的顺-10-十五碳烯酸 (C15:1) 的含量差异显著 ($P < 0.05$)。在多不饱和脂肪酸中, 杂交和牛组 4 种脂肪酸的含量均显著高于平凉红牛和西门塔尔牛组 ($P < 0.05$), 包括亚油酸 (C18:2n6c)、顺-11, 14-二十碳二烯酸 (C20:2)、顺-13, 16-二十二碳二烯酸 (C22:2) 和二十二碳六烯酸 (Docosahexaenoic Acid, DHA) (C22:6n3), 3 组间的 α -亚麻酸 (C18:3n3) 的含量差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4.3 总脂肪酸含量分析

背最长肌总脂肪酸含量分析发现, 杂交和牛组多不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和 n6 多不饱和脂肪酸的含量显著高于平凉红牛和西门塔尔牛组 ($P < 0.05$) (表 7)。3 组中 n3 多不饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的含量有显著差异 ($P < 0.05$), 其中杂交和牛组最高, 西门塔尔牛组最低, 而饱和脂肪酸和 n6 多不饱和脂肪酸/n3 多不饱和脂肪酸 (n6/n3) 的含量则相反。

3 讨论

3.1 不同肉牛品种 (杂交组合) 的肉品质与营养成分特征

肉色是评价牛肉品质的重要指标, 受牛的品

表 5 背最长肌饱和脂肪酸含量分析
Table 5 Analysis of unsaturated fatty acid content of longissimus dorsi

脂肪酸 Fatty acid	杂交和牛 Hybrid waguay cattle	平凉红牛 Pingliang red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
丁酸 C4:0	1.40 ± 0.10	1.50 ± 0.10	1.50 ± 0.10	0.714
癸酸 C10:0	0.40 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.30 ± 0.00	0.230
月桂酸 C12:0	0.50 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.156
十三烷酸 C13:0	0.50 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.711
肉豆蔻酸 C14:0	25.30 ± 1.00b	27.60 ± 0.90b	30.60 ± 1.10a	0.010
十五烷酸 C15:0	2.70 ± 0.10b	3.50 ± 0.30b	5.70 ± 0.60a	< 0.001
棕榈酸 C16:0	226.00 ± 2.00c	240.10 ± 3.10b	275.70 ± 4.30a	< 0.001
十七烷酸 C17:0	7.30 ± 0.30b	9.20 ± 0.70a	7.80 ± 0.40b	0.034
硬脂酸 C18:0	187.20 ± 3.00	183.80 ± 7.10	186.30 ± 3.50	0.883
花生酸 C20:0	0.60 ± 0.10b	0.90 ± 0.10a	1.20 ± 0.10a	0.020
二十一烷酸 C21:0	4.40 ± 0.40a	3.80 ± 0.40a	2.90 ± 0.20b	0.021
山嵛酸 C22:0	0.30 ± 0.00	0.30 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.442
二十三烷酸 C23:0	1.50 ± 0.10c	2.50 ± 0.30b	4.20 ± 0.40a	< 0.001

表 6 背最长肌不饱和脂肪酸含量分析
Table 6 Analysis of saturated satiety fatty acid content of longissimus dorsi

脂肪酸 Fatty acid	杂交和牛 Hybrid wagyu cattle	平凉红牛 Pingliang red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
肉豆蔻烯酸 C14:1	5.40 ± 0.30a	3.60 ± 0.10b	3.40 ± 0.10b	0.005
顺-10-十五碳烯酸 C15:1	4.50 ± 0.20a	3.20 ± 0.30b	2.00 ± 0.10c	< 0.001
棕榈烯酸 C16:1	27.40 ± 1.20	24.40 ± 0.90	25.50 ± 1.40	0.246
顺-10-十七碳烯酸 C17:1	7.20 ± 0.10a	6.70 ± 0.10a	4.90 ± 0.10b	< 0.001
反式油酸 C18:1n9t	20.20 ± 1.40a	15.80 ± 1.10b	14.30 ± 0.90b	0.009
油酸 C18:1n9c	371.40 ± 1.10	372.70 ± 1.20	369.50 ± 1.20	0.167
顺-11-二十碳烯酸 C20:1	3.30 ± 0.40a	2.00 ± 0.20b	1.30 ± 0.10b	0.001
顺芥子酸甲酯 C22:1n9	0.40 ± 0.00a	0.20 ± 0.00b	0.20 ± 0.00b	< 0.001
神经酸 C24:1	4.00 ± 0.30a	2.00 ± 0.20b	1.50 ± 0.00b	< 0.001
反式亚油酸 C18:2n6t	3.20 ± 0.20a	3.10 ± 0.30a	2.40 ± 0.00b	< 0.001
亚油酸 C18:2n6c	66.50 ± 1.30a	50.20 ± 0.80b	50.10 ± 0.80b	< 0.001
γ-亚麻酸 C18:3n6	1.40 ± 0.00	1.30 ± 0.00	1.30 ± 0.00	0.078
α-亚麻酸 C18:3n3	13.70 ± 0.00a	9.10 ± 0.20b	6.70 ± 0.20c	0.003
顺-11, 14-二十碳二烯酸 C20:2	0.60 ± 0.00a	0.03 ± 0.00b	0.30 ± 0.00b	0.002
顺-8, 11, 14-二十碳三烯酸 C20:3n6	5.20 ± 0.10a	4.10 ± 0.20b	3.30 ± 0.00c	< 0.001
顺-13, 16-二十二碳二烯酸 C22:2	0.60 ± 0.00a	0.30 ± 0.00b	0.20 ± 0.00b	< 0.001
DHA C22:6n3	6.00 ± 0.20a	3.60 ± 0.10b	3.40 ± 0.00b	< 0.001

表 7 背最长肌总脂肪酸含量分析
Table 7 Analysis of total fatty acid content of longissimus dorsi

脂肪酸 Fatty acid	杂交和牛 Hybrid wagyu cattle	平凉红牛 Pingliang red cattle	西门塔尔牛 Simmental cattle	P
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid (SFA)	457.90 ± 3.70c	480.10 ± 6.70b	517.50 ± 2.50a	< 0.001
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid (UFA)	540.80 ± 1.90a	501.20 ± 2.00b	480.90 ± 2.00c	< 0.001
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	97.20 ± 1.30a	71.70 ± 0.80b	67.90 ± 0.90b	< 0.001
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acids (MUFA)	443.60 ± 0.90a	429.50 ± 1.50b	422.10 ± 2.60b	< 0.001
单不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 (MUFA/SFA)	0.97 ± 0.03a	0.90 ± 0.01b	0.82 ± 0.01c	< 0.001
多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 (PUFA/SFA)	0.21 ± 0.00a	0.15 ± 0.00b	0.13 ± 0.00c	< 0.001
n3多不饱和脂肪酸 (n3-PUFA)	19.70 ± 0.50a	12.50 ± 0.20b	10.30 ± 0.20c	< 0.001
n6多不饱和脂肪酸 (n6-PUFA)	76.40 ± 1.40a	58.70 ± 0.80b	57.10 ± 0.90b	< 0.001
n6多不饱和脂肪酸/n3多不饱和脂肪酸 (n6-PUFA/n3-PUFA)	3.90 ± 0.15c	4.71 ± 0.10b	5.54 ± 0.18a	< 0.001

种、年龄以及储藏时间的影响^[18]。经 24 h 排酸后，平凉红牛和杂交和牛的红度 (a^*_{24h}) 值显著高于西门塔尔牛，表现出高端牛肉的基本特点。牛肉的失水率、熟肉率与剪切力决定了肌肉的系水力和嫩度^[19-20]，

大理石花纹评分与肌内脂肪正相关^[21]，剪切力受肌内脂肪含量、肌纤维粗细、肌纤维密度等的影响，较高的脂肪含量可以提高牛肉的嫩度^[22]，本研究中平凉红牛和杂交和牛较高的 C18:2n6c、C18:1n9c、

C18:1n9t 含量可能是这两种牛肉具有更好的大理石花纹评分、 L^* 、 b^* 和嫩度(剪切力)的重要原因^[23]。pH 主要取决于肌肉中的乳酸含量,可以反映牛屠宰后肌糖原的酵解速度和强度^[24],与肌肉的肉色、嫩度、多汁性和适口性密切相关,本研究中西门塔尔牛 pH_{45 min} 和 pH_{24 h} 均高于平凉红牛组和杂交和牛组,说明平凉红牛组和杂交和牛屠宰后 24 h 内肌糖原酵解速率更高。剪切力是评定肉嫩度的重要口感指标,与肌肉 pH 显著相关^[25],西门塔尔牛组剪切力最高,这与 pH 的变化相一致,说明肌肉糖原酵解能力会明显影响肉的嫩度。平凉红牛的剪切力、失水率、熟肉率、大理石花纹评分在 3 个群体中处于居中水平,其嫩度与杂交和牛还有一定差距,但优于西门塔尔牛。就肌内脂肪含量而言,平凉红牛和杂交和牛显著高于西门塔尔牛,这与前面大理石花纹评价一致,说明这两个群体脂肪沉积能力出众,奠定了生产高端雪花肉的基础。

3.2 不同肉牛品种(杂交组合)的氨基酸组成及含量特征

肌肉中的氨基酸种类与含量直接影响着蛋白质品质,其中必需氨基酸是评价蛋白质营养水平的主要指标^[26-27]。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, WHO)推荐人类食物中理想的 EAA/TAA 为 40%,EAA/NEAA 超过 60%^[28],本研究中,平凉红牛背最长肌的必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)和必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)值分别为 40.15% 和 67.04%,而郑县红牛背最长肌中的必需氨基酸含量仅占总氨基酸的 29.59%、非必需氨基酸占总氨基酸的 42.86%^[29]。引入肉牛品种安格斯牛、利木赞牛、西门塔尔牛分别同宁夏黄牛进行杂交,在后代杂交公牛背最长肌中,EAA/TAA 和 EAA/NEAA 分别介于 39.05%~39.65% 和 64.08%~65.86%^[30],本研究中的杂交和牛和西门塔尔牛的 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 值均低于这一水平。由此可见,平凉红牛背最长肌中的 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 值高于当前研究和报道的其他牛群体,与 FAO/WHO 推荐的理想氨基酸模式基本一致。

肌肉氨基酸中的丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、 β -丙氨酸、脯氨酸和苏氨酸等是肉香味的必需

前体物,如果这些氨基酸含量提高,则预示着肉品风味的改善^[31]。谷氨酸和天冬氨酸对肉的香味起主导作用^[32]。呈味氨基酸的含量及组成是评价蛋白质营养价值高低的重要指标,对肉中蛋白质的营养价值有直接影响^[33]。平凉红牛背最长肌 SAA 中的丙氨酸、脯氨酸、赖氨酸以及 DAA 中的异亮氨酸含量均显著高于杂交和牛和西门塔尔牛,且 SAA 和 DAA 含量均显著高于杂交和牛。而锦江黄牛、吉安黄牛、广丰黄牛的鲜味氨基酸(DAA)和甜味氨基酸(SAA)含量分别介于 51.8~54.7 和 46.6~49.0 mg·g⁻¹^[34]。由此可见,平凉红牛背最长肌中高水平的 SAA 和 DAA 优势,保证了其肉质的优良风味和口感,为其生产高端牛肉奠定了基础。

3.3 不同肉牛品种(杂交组合)的脂肪酸组成及含量特征

肌肉中脂肪酸的组成和含量对肉品风味的形成极为重要,也与人体健康密切相关^[35-36]。SFA 影响低密度脂蛋白与高密度脂蛋白在血液中的含量,从而会诱发心血管疾病,尤其是冠状动脉硬化疾病的几率^[37-40],其中的肉豆蔻酸(C14:0)和棕榈酸(C16:0)等均能导致体内胆固醇升高^[38]。本研究中平凉红牛的 SFA 含量(48.01%)介于杂交和牛(45.79%)和西门塔尔牛(51.75%)之间,比起西门塔尔牛略好,但不如杂交和牛。国内其他地方牛品种的 SFA 含量也在 40% 以上,但均低于 50%^[41-43]。

相比较饱和脂肪酸而言,MUFA 对人体健康有益,相关的风味物质受氧化产物的影响,产生浓郁的肉香味,可提高牛肉的口感^[44]。特别是油酸(C18:1n9c)有降低血液胆固醇、促进脂肪酸吸收的作用^[45-46]。平凉红牛的 MUFA 含量(42.95%)低于杂交和牛(44.36%),略高于西门塔尔牛(42.21%),但其油酸(C18:1n9c)含量(37.27%)高于杂交和牛(37.14%)和西门塔尔牛(36.95%),所以从油酸的角度来看,平凉红牛也具有生产优质肉的潜力。多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值(P/S)以及 n6 多不饱和脂肪酸与 n3 多不饱和脂肪酸的比值(n6/n3)是衡量肉品营养价值的重要参数^[47],P/S 值作为评价脂肪营养价值的一个参考,一些学者认为 P/S 值越高越好^[48]。早胜牛的 P/S 值在 0.10~0.22^[49]。本研究中,平凉红牛、杂交和牛、西门塔尔牛的 P/S 值分别为 0.15、0.21、0.13,平凉红牛的 P/S 值虽然低于杂

交和牛,但高于西门塔尔牛。 $n6/n3$ 比值偏高会加快炎症的发生^[50],适宜比值应为 4~6^[51],高 $n6/n3$ 比值对人体有害,越接近 1 的比值则表现出对人体更好的保护作用^[52],本研究中,平凉红牛的 $n6/n3$ 值为 4.71,更接近 $n6/n3$ 适宜比值范围之内的中间值。

4 结论

本研究结果表明,平凉红牛的剪切力、失水率、

熟肉率以及肌间脂肪与杂交和牛存在一定差距,但优于西门塔尔牛;在 3 个肉牛群体中,平凉红牛背最长肌中甜味氨基酸含量最高,这保证了平凉红牛肉质的优良口感和风味,而平凉红牛的脂肪酸组成在降低胆固醇、保护人体健康方面也更具优势。总体而言,平凉红牛在肉品质、脂肪酸和氨基酸组成等方面相比西门塔尔牛具有很大优势,已接近杂交和牛。

参考文献 References:

- [1] 马志杰,黄永震,党瑞华,陈生梅,刘善斋,曹晖,林清,蓝贤勇,张琪,陈宏,雷初朝.日本和牛Y染色体*USP9Y*基因多态性与父系起源研究.中国牛业科学,2017,43(1): 1-3, 7.
MA Z J, HUANG Y Z, DANG R H, CHEN S M, LIU S Z, CAO H, LIN Q, LAN X Y, ZHANG Q, CHEN H, LEI C Z. Paternal origins and polymorphisn of Y chromosome *USP9Y* gene in Japanese black cattle. China Cattle Science, 2017, 43(1): 1-3, 7.
- [2] 侯仕农,王新生,高顺平,李丽俊,郑润生,刘卫东,曹有卫.纯种和牛与荷斯坦牛杂交后代与荷斯坦公牛生产性能对比分析.当代畜牧,2015(26): 81-82.
HOU S N, WANG X S, GAO S P, LI L J, ZHENG R S, LIU W D, CAO Y W. Comparative analysis of production performance between pure Wagyu cattle and Holstein cattle crossbreed and Holstein bull. Contemporary Animal Husbandry, 2015(26): 81-82.
- [3] 周自强.西门塔尔牛的特点及饲养管理要点.现代畜牧科技,2018(11): 39-109.
ZHOU Z Q. Characteristics and feeding management of Simmental cattle. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2018(11): 39-109.
- [4] 李佳龙,张瑞,吴建平,张科,豆思远,曾金焱,刘婷,宫旭胤,王建福,雷赵民.牛至精油对平凉红牛生长性能、血液生理指标、肉品质及肌肉脂肪酸的影响.动物营养学报,2021,33(8): 4478-4490.
LI J L, ZHANG R, WU J P, ZHANG K, DOU S Y, ZENG J Y, LIU T, GONG X Y, WANG F J, LEI Z M. Effects of oregano essential oil on growth performance, blood physiological indexes, meat quality and muscle fatty acid of Pingliang red cattle. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(8): 4478-4490.
- [5] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲.大理石花纹、生理成熟度对牛肉品质的影响.食品科学,2006(12): 114-117.
TANG X Y, ZHOU G H, XU X L. Study on effect of marbling and physiological maturity degree on meat quality of crossbred yellow cattle. Food Science, 2006(12): 114-117.
- [6] 郭韶珂,曹梦丽,王兴东,裴杰,包鹏甲,吴晓云,马忠涛,丁考仁青,石红梅,梁春年,苟想珍,阎萍,郭宪.甘南牦牛肉品质及营养成分分析.中国草食动物科学,2021,41(6): 13-17.
GUO S K, CAO M L, WANG X D, PEI J, BAO P J, WU X Y, MA Z T, Dingkaorenqing, SHI H M, LIANG C H, GOU X Z, YAN P, GUO X. Analysis of meat quality and nutritional components of Gannan yak. China Herbivore Science, 2021, 41(6): 13-17.
- [7] 杨巧能,梁琪,文鹏程,张炎.宰后成熟时间对不同年龄牦牛肉用品质的影响.食品科学,2015,36(18): 237-241.
YANG Q N, LIANG Q, WEN P C, ZHANG Y. Influence of postmortem aging time on meat quality of yaks at different ages. Food Science, 2015, 36(18): 237-241.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.237—2016 食品安全国家标准食品pH值的测定.北京:中国标准出版社,2016.
State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.237—2016, National Food Safety Standard Determination of pH Value of Food. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [9] 中华人民共和国农业部. NY/T 1333—2007 畜禽肉质的测定.北京:中国标准出版社,2007.
Ministry of Agriculture of the PRC. NY/T 1333—2007 Determination of Meat Quality of Livestock and Poultry. Beijing: China Standard Press, 2007.

- [10] 中华人民共和国农业部. NY/T 1180—2006 肉嫩度的测定: 剪切力测定法. 北京: 中国标准出版社, 2006.
Ministry of Agriculture of the PRC. NY/T 1180—2006 Determination of Meat Tenderness: Shear Force Measurement Method. Beijing: China Standard Press, 2006.
- [11] HUMADA M J, SANUDO C, SERRANO E. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi- extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 2014, 96(2): 908-915.
- [12] HONIKELK O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 1998, 49(4): 447-457.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.6—2016 食品安全国家标准: 食品中脂肪的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.6—2016 National Food safety Standard: Determination of Fat in Food. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.5—2016 食品安全国家标准: 食品中蛋白质的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.5—2016 National Standard for Food Safety: Determination of Protein in Food. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [15] 沙玉柱, 徐振飞, 刘秀, 赵生国. 陇东黑山羊肉质及脂肪酸特征研究. 中国畜牧杂志, 2019, 55(10): 67-70.
SHA Y Z, XU Z F, LIU X, ZHAO S G. Study on meat quality and fatty acid characteristics of Longdong black goat. *Chinese Journal of Animal Science*, 2019, 55(10): 67-70.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.124—2016 食品安全国家标准: 食品中氨基酸的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.124—2016 National Standard for Food Safety: Determination of Amino Acids in Food. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.168—2016 食品安全国家标准: 食品中脂肪酸的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
State Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.168—2016 National Food safety Standard: Determination of Fatty Acids in Food. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [18] SUMAN S P, JOSEPH P. Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2013, 4: 79-99.
- [19] 王勇峰, 郎玉苗, 黄必志, 王安奎, 丰永红, 李海鹏, 张松山, 谢鹏, 孙宝忠. 云岭牛不同解剖部位肉品质评价. 中国畜牧兽医, 2017, 44(3): 708-716.
WANG Y F, LANG Y M, HUANG B Z, WANG A K, FENG Y H, LI H P, ZHANG S S, XIE P, SUN B Z. The quality evaluation of different anatomical locations of Yunling cattle. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2017, 44(3): 708-716.
- [20] 孙杰, 惠文巧, 袁文涛, 李大全. 绵羊肉品质性状的测定与分析. 安徽农业科学, 2008(28): 12275-12276, 12329.
SUN J, HUI W Q, YUAN W T, LI D Q. Determination and analysis of meat quality in sheep. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008(28): 12275-12276, 12329.
- [21] 郑浩, 季久秀, 周李生, 李龙云, 麻骏武, 肖石军, 郭源梅. 猪肉肉色评分与色度值、大理石花纹评分及肌内脂肪含量回归模型的建立. 江西农业大学学报, 2019, 41(1): 124-131.
ZHENG H, JI J X, ZHOU L S, LI L Y, MA J W, XIAO S J, GUO Y M. Establishment of regression models of meat color score on colorimetric value, marbling score and intramuscular fat content in pigs. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2019, 41(1): 124-131.
- [22] CHUN C K Y, WU W, WELTER A A, O'QUINN T G, MAGNIN-BISSEL G, BOYLE D L, CHAO M D. A preliminary investigation of the contribution of different tenderness factors to beef loin, tri-tip and heel tenderness. *Meat Science*, 2020, 12(170): 108-247.
- [23] XIONG L, PEI J, CHU M, WU X, KALWAR Q, YAN P, GUO X. Fat deposition in the muscle of female and male yak and the correlation of yak meat quality with fat. *Animals (Basel)*, 2021, 11(7): 2142.
- [24] 孙旺斌, 付琪, 薛瑞林, 王伟萍, 张骞, 冯平. 不同枣粉添加水平对陕北白绒山羊屠宰性能和肉品质的影响. 草业学报, 2021,

- 30(7): 111-121.
- SUN W B, FU Q, XUE R L, WANG W P, ZHANG Q, FENG P. Effects of different levels of jujube powder on slaughter characteristics and meat quality of Northern Shaanxi white cashmere goats. *Acta Prataculturae Sinica*, 2021, 30(7): 111-121.
- [25] ASIMWE L, KIMAMBO A E, LASWAI G H, MTENGA L A, WEISBJERG M R, MADSEN J. Effect of days in feedlot on growth performance, carcass and meat quality attributes of Tanzania shorthorn zebu steers. *Tropical Animal Health and Production*, 2015, 47(5): 867-876.
- [26] 金显栋, 杨凯, 王安奎, 亏开兴, 杨国荣, 张继才, 王喆, 和占星, 李天平, 黄必志. 云岭牛高档牛肉主要营养成分和氨基酸含量分析及评价. *中国草食动物科学*, 2016, 36(6): 21-24.
- JIN X D, YANG K, WANG A K, YU K X, YANG G R, ZHANG J C, WANG Z, HE Z X, LI T P, HUANG B Z. Analysis and evaluation on main nutrient components and contents of high-grade beef in Yunling cattle. *China Herbivore Science*, 2016, 36(6): 21-24.
- [27] 郭淑珍, 牛小莹, 赵君, 包富贵, 才让闹日, 尕旦吉, 李保明, 格桂花, 张海滨. 甘南牦牛肉与其他良种牛肉氨基酸含量对比分析. *中国草食动物*, 2009, 29(3): 58-60.
- GUO S Z, NIU X Y, ZHAO J, BAO F G, Cairangnaori, Gadanji, LI B M, GE G H, ZHANG H B. Comparative analysis of amino acid content between gannan yak beef and other fine breeds of beef. *China Herbivore Science*, 2009, 29(3): 58-60.
- [28] World Health Organization. Amino acid requirements of adults. //World Health Organ Tech Rep Ser. Protein and Amino Acids Requirements in Human Nutrition. Geneva, Switzerland: FAO/WHO/UNU, 2007: 135-159.
- [29] 赵金辉, 汪书哲, 李志钢, 郝瑞杰, 王李辉, 马云. 郟县红牛生长及肉用性能测定与分析. *家畜生态学报*, 2020, 41(9): 73-76.
- ZHAO J H, WANG S Z, LI Z G, HAO R J, WANG L H, MA Y. Determination and analysis of growth traits and meat performance of Jiaxian red cattle. *Journal of Livestock Ecology*, 2020, 41(9): 73-76.
- [30] 李聚才, 刘自新, 王川, 梅宁安, 马小明. 不同杂交育肥牛背最长肌氨基酸含量分析研究. *黑龙江畜牧兽医*, 2013(7): 56-59.
- LI J C, LIU Z X, WANG C, MEI N A, MA X M. Analysis of amino acid content in longissimus dorsi muscle of different crossbred fattening cattle. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2013(7): 56-59.
- [31] BATZER O F, SANTORO A T, LANDMANN W A. Beef flavor, identification of some beef flavor precursors. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 1962, 10(2): 94-96.
- [32] MAUGHAN C T R, CORNFORTH D. Development of a beef flavor lexicon and its application to compare the flavor profile and consumer acceptance of rib steaks from grass-or grainfed cattle. *Meat Science*, 2012, 90(1): 116-121.
- [33] 刘莉莉, 初芹, 徐青, 王雅春. 动物冷应激的研究进展. *安徽农业科学*, 2012, 40(16): 8937-8940.
- LIU L L, CHU Q, XU Q, WANG Y C. Research progress of cold stress in animals. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(16): 8937-8940.
- [34] 兰永清, 吴志勇, 王荣民, 杨艳, 夏宗群, 吴志坚, 丁黎清, 廖月明, 邓灵机. 江西地方品种黄牛产肉性能及肉品质分析研究. *中国畜牧兽医*, 2011, 38(10): 203-208.
- LAN Y Q, WU Z Y, WANG R M, YANG Y, XIA Z Q, WU Z J, DING L Q, LIAO Y M, DENG L J. Research of meat performance and quality analysis for local varieties cattle in Jiangxi Province. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2011, 38(10): 203-208.
- [35] 陈雪君, 刘建新, 马小梅. 湖羊肌肉和皮下脂肪组织的脂肪酸组成研究. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2008, 34(6): 641-648.
- CHEN X J, LIU J X, MA X M. Study on fatty acid composition of muscle and subcutaneous adipose tissue of Hu sheep. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 2008, 34(6): 641-648.
- [36] CRAWFORD T. Nutritional aspects of cardiovascular diseases. *Journal of Clinical Pathology*, 1966, 19(3): 301.
- [37] LOUCH D S, SOLOMON M B, RUMSEY T S, ELSASSER T H, SLYTER L L, KAHL S, LYNCH G P. Effects of dietary canoal seed and soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *Journal of Animal Science*, 1992, 70(4): 1153-1158.
- [38] WARNANTS N, VAN OECKEL M J, BOUCQUE C V. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in Pork fatty tissues and its implication for the quality of theend products. *Meat Science*, 1996, 44(1/2): 125-144.
- [39] TANIGUCHI M, UTSUGI T, OYAMA K, MANNEN H, KOBAYASHI M, TANABE Y, OGINO A, TSUJI S. Genotype of

- stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid position in Japanese Black cattle. *Mammalian Genome*, 2004, 15(2): 42-148.
- [40] Department of Health Nutritional Aspects of Cardiovascular Diseases. Reports on Health and Social Subjects. London: Stationery Office, 1994.
- [41] 唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究. *中国油脂*, 2000(6): 20-23.
TANG C H, XU J X, PENG Z Y. Recent study on nutrition and function of fatty acids. *China Oils and Fats*, 2000(6): 20-23.
- [42] 王喆, 李天平, 高月娥, 和霁恬, 亏开兴, 王安奎, 刘建勇, 和占星, 黄必志. 大额牛 × 婆罗门F₁代(GBF₁)牛与云岭牛肌肉脂肪及脂肪酸比较研究. *黑龙江畜牧兽医*, 2015(21): 114-116.
WANG Z, LI T P, GAO Y E, HE J T, YU K X, WANG A K, LIU J Y, HE Z X, HUANG B Z. A comparative study on intramuscular fat and fatty acid of Large Cattle × Brahmin F₁ generation (GBF₁) and Yunling cattle. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2015(21): 114-116.
- [43] 侯丽, 柴沙驼, 刘书杰, 崔占鸿, 张晓卫, 赵月平. 青海牦牛肉与秦川牛肉氨基酸和脂肪酸的比较研究. *肉类研究*, 2013, 27(3): 30-36.
HOU L, CHAI S T, LIU S J, CUI Z H, ZHANG X W, ZHAO Y P. Comparative studies on beef amino acids composition and fatty acids composition of Qinghai Yak and Qinchuan cattle. *Meat Research*, 2013, 27(3): 30-36.
- [44] ELMORE J S, COOPER S L, ENSER M, MOTTRAML D S, SINCLAIR L A, WILKINSON R G, WOOD J D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Science*, 2005, 69(2): 233-242.
- [45] CHAN J K, BRUCE V M, MCDONALD B E. Dietary alpha-linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normol ipidemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1991, 53(5): 1230-1234.
- [46] 毛红霞, 马桂琳, 刘汉丽, 宫玉霞, 张潭瑛, 杨江海, 雷俊杰. 甘南藏羔羊羊肉氨基酸与脂肪酸成分研究. *畜牧兽医杂志*, 2019, 38(4): 28-31.
MAO H X, MA G L, LIU H L, GONG Y X, ZHANG T Y, YANG J M, LEI J J. Determination and analysis of amino acids and fatty acids in Gannan tibetan lamb meat. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2019, 38(4): 28-31.
- [47] 双金, 敖力格日玛, 敖长金. 苏尼特羊体脂脂肪酸组成的研究. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(8): 1363-1374.
SHUANG J, Aoligerima, AO C J. Study on composition of Sunite sheep body fatty acid. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2015, 46(8): 1363-1374.
- [48] ENSER M, HALLETT K G, HEWETT B, FURSEY G A, WOOD J D, HARRINGTON G. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 1998, 49(3): 329-341.
- [49] SIMOPOULOS A P. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio, genetic variation, and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2008, 17(1): 131-134.
- [50] 苏宜香, 郭艳. 膳食脂肪酸构成及适宜推荐比值的研究概况. *中国油脂*, 2003(1): 31-34.
SU Y X, GUO Y. A review of dietary fatty acid composition and recommended optimal ratio. *China Oils and Fats*, 2003(1): 31-34.
- [51] 张明, 刘婷, 曾金焱, 雷赵民, 李飞, 孟斌, 吴建平, 李国智. 安西杂交一代牛肉脂肪酸组成及含量研究. *畜牧兽医学报*, 2016, 47(5): 1049-1056.
ZHANG M, LIU T, ZENG J Y, LEI Z M, LI F, MENG B, WU J P, LI G Z. Comparison of fatty acid profiles in first filial generation from angus and crossbred simmental. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2016, 47(5): 1049-1056.
- [52] 曹野, 王伟琼, 陈晨, 覃雅婷, 郭小梅. ω-3多不饱和脂肪酸的结构、代谢及与动脉粥样硬化的关系. *中国动脉硬化杂志*, 2018, 26(6): 633-643.
CAO Y, WANG W Q, CHEN C, QIN Y T, GUO X M. Structure and metabolism of ω-3 polyunsaturated fatty acid and its relationship with atherosclerosis. *Chinese Journal of Arteriosclerosis*, 2018, 26(6): 633-643.

(责任编辑 王芳)