

巴山地区牛肉品质比较

万小辉¹ 姚平波² 张朵朵¹ 马孝文² 唐友学² 刘永峰¹

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119; 2. 镇巴县畜牧兽医工作站, 陕西 汉中 723600)

摘要: [目的]明确巴山地区牛肉的独特品质。[方法]以陕西省镇巴县东部、南部、中南部、中部和北部的西镇牛肉为材料,比较其营养品质(水分、蛋白质、脂肪、矿物质)和食用品质(颜色、质构、风味)差异。[结果]与中国疾病预防控制中心营养与健康所发布的食物营养成分数据库中牛肉的营养成分相比,镇巴县不同区位牛肉具有蛋白质和总矿物质含量高等独特品质。在营养品质方面,水分含量最高的为中部牛肉(81.59 g/100 g),蛋白质含量最高的为中部牛肉(23.45 g/100 g) ($P<0.05$),北部和中部牛肉的脂肪含量最低($P<0.05$),总矿物质含量最高的为中南部牛肉(5.99 g/100 g) ($P<0.05$),其中钾含量最高的为南部牛肉(758.25 g/100 g)、钠含量最高的为中部牛肉(104.07 g/100 g) ($P<0.05$)、铁含量最高的为北部牛肉(113.08 mg/kg)、硒含量最高的为东部牛肉(0.83 mg/kg) ($P<0.05$)。氨基酸分析结果显示,北部牛肉的必需氨基酸含量显著高于其他区域($P<0.05$),在多种呈味氨基酸(如天冬氨酸、苯丙氨酸、谷氨酸、丙氨酸)上也具有较高含量。在食用品质方面, L^* 值最大的为中南部牛肉, a^* 值最大的为北部牛肉, b^* 值在不同区域间无显著差异,硬度最大的为中部牛肉,弹性和咀嚼性最大的为北部牛肉;镇巴县不同区位牛肉中检出的挥发性物质种类相似,主要为烷烃、短链烷烃、芳香化合物、醛类、硫化物类物质。[结论]以镇巴县牛肉为代表的巴山地区牛肉具有高蛋白、低脂肪、富含矿物质等特点,但因区位不同品质也有明显差异。镇巴县中部牛肉的蛋白质含量最高;东部牛肉的硒含量最高,整体有良好的色泽、质构和风味;北部牛肉颜色鲜亮,弹性和咀嚼性最大,且必需氨基酸含量最高,具有较高的食用价值。

关键词: 巴山地区;牛肉;营养品质;食用品质

Comparative analysis of beef quality from Bashan region

WAN Xiaohui¹ YAO Pingbo² ZHANG Duoduo¹ MA Xiaowen² TANG Youxue² LIU Yongfeng¹

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China;

2. Zhenba County Animal Husbandry Veterinary Station, Hanzhong, Shaanxi 723600, China)

Abstract: [Objective] To clarify the unique quality of beef from the Bashan region. [Methods] Xizhen cattle beef from the eastern, southern, south-central, central, and northern regions of Zhenba County, Shaanxi Province, is taken as the material to investigate the differences in nutritional quality (moisture, protein, fat, and minerals), and eating quality (color, texture, and flavor). [Results] Zhenba beef has unique qualities, such as high protein and total mineral content, compared with the nutrient composition of beef in the food nutrient composition database published by the National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention. For nutritional quality, the highest moisture content is found in beef from the central region (81.59 g/100 g), the highest protein content is also found in beef from the central region (23.45 g/100 g) ($P<0.05$), the lowest fat content is found in beef from the northern and central regions ($P<0.05$), the highest total mineral content is found in beef from the south-central region (5.99 g/100 g) ($P<0.05$), the highest potassium content is found in beef from the southern region (758.25 mg/100 g), the highest sodium content is found in beef from the central region (104.07 mg/100 g) ($P<0.05$), the highest iron content is found in beef from the northern region (113.08 mg/kg), and the highest selenium

基金项目: 陕西省科技计划项目(编号:2024GH-ZDXM-08, 2024NC-YBXM-164); 西安市科技计划项目(编号:24NYGG0017)

通信作者: 刘永峰(1981—),男,陕西师范大学教授,博士。E-mail: yongfeng200@126.com

收稿日期: 2025-06-20 **改回日期:** 2025-11-24

引用格式: 万小辉,姚平波,张朵朵,等. 巴山地区牛肉品质比较[J]. 食品与机械, 2026, 42(6): 134-141.

Citation: WAN Xiaohui, YAO Pingbo, ZHANG Duoduo, et al. Comparative analysis of beef quality from Bashan region[J]. Food & Machinery, 2026, 42(6): 134-141.

content is found in beef from the eastern region (0.83 mg/kg) ($P<0.05$). Amino acid analysis demonstrates that beef from the northern region is significantly higher in essential amino acid content than that from other regions ($P<0.05$), while exhibiting higher levels of several flavor amino acids, such as aspartic acid, phenylalanine, glutamic acid, and alanine. For eating quality, the largest L^* value is found in beef from the south-central region, and the largest a^* value is found in beef from the northern region. There are no significant differences in b^* values among different regions. The largest hardness is found in beef from the central region, and the largest elasticity and chewiness are found in beef from the northern region. Volatiles of similar types are detected in beef from different regions in Zhenba County. The volatiles are mainly alkanes, short-chain alkanes, aromatic compounds, alcohols, aldehydes, and sulfides. [Conclusion] Beef from the Bashan region, represented by Zhenba beef, is characterized by high protein, low fat, and rich in minerals, but there are obvious differences in quality depending on the location. Beef from the central region of Zhenba County has the highest protein content, beef from the eastern region has the highest selenium content, as well as overall good color, texture characteristics, and flavor. In contrast, beef from the northern region is brightly colored, has the greatest elasticity and chewiness, and the highest essential amino acid content, with a high food value.

Keywords: Bashan region; beef; nutritional quality; eating quality

牛肉因其较高的营养和独特的风味而受到消费者的广泛喜爱^[1]。余横伟^[2]研究发现,秦川牛肉中肌内脂肪含量远高于欧洲的商业肉牛品种,其不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的45.64%,且肌酸、赖氨酸和谷氨酰胺含量较高。葛菲等^[3]研究发现,鲁西牛肉的氨基酸含量丰富,必需氨基酸含量高,且大部分可调节肉类风味的氨基酸含量显著高于进口雪花牛肉。李苗等^[4]研究发现,晋南牛肉的必需氨基酸、非必需氨基酸、总氨基酸和不饱和脂肪酸含量高于和牛杂交群体牛肉。王复龙等^[5]研究发现,南阳牛肉的牛霖具有较好的多汁性、嫩度及乳化稳定性。李光辉^[6]研究发现,延边牛肉的粗蛋白、镁、铁、锌、谷氨酸、蛋氨酸、酪氨酸、组氨酸和脯氨酸含量较高。上述研究均表明,牛肉是一种蛋白质、必需氨基酸、不饱和脂肪酸丰富的优质肉类,且不同的地方黄牛牛肉品质有差异。

巴山牛是一种分布在巴山地区的黄牛品种,主要分布在陕西西乡、镇巴,湖北十堰,四川达川、宣汉等地区,包括西镇牛、宣汉牛、郧巴牛、秦巴牛、平利牛和赤崖牛。王泳杰等^[7]研究发现,宣汉牛肉的背最长肌的半胱氨酸和丙氨酸含量高于犏牛,且钙、锌含量较高。西镇牛产于陕西省汉中市的西乡县、镇巴县,其肉用性能良好,是当地常见的肉用牛种,但关于不同地域西镇牛肉品质的研究鲜有报道。

研究拟以陕西省汉中市特色品种西镇牛为材料,按照镇巴县的东部、南部、北部、中部和中南部等不同区位分组,分析镇巴县不同区位的西镇牛肉的营养品质(水分、蛋白质、脂肪、矿物质)和食用品质(颜色、质构、风味),旨在为镇巴县牛肉在实际生产中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

牛肉:来自陕西省汉中市镇巴县5个不同区位牛肉,镇巴县东部牛肉为巴庙镇牛肉,镇巴县南部牛肉为仁村镇牛肉,镇巴县北部牛肉为青水镇牛肉,镇巴县中部牛肉

为泾洋镇牛肉,镇巴县中南部牛肉为长岭镇牛肉,镇巴县西部地区养殖西镇牛较少,未进行牛肉采样;

氯化钾、硼酸、硫酸、盐酸、氢氧化钠:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

质构仪:TA.XT.Plus型,英国 Stable Micro System 公司;

分光测色仪:NS800型,深圳市三恩驰科技有限公司;

电子鼻:SuperNose型,美国 Isenso 公司;

原子吸收分光光度计:TAS-990型,北京普析通用仪器有限责任公司;

自动凯氏定氮仪:Kjeltec2300型,瑞典福斯公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品预处理 所选牛饲养管理方式基本一致,精料配方统一,青草、干草等粗饲料自由采食。每个地区选取3个体重为200~240 kg母牛,胴体上取350 g背最长肌,将肉放入冰盒中($-4\sim 0^{\circ}\text{C}$),4 h内运回实验室,于 -80°C 冷冻。试验前, 4°C 解冻24 h,将肉块分割为3个肉块,再将肉块分割为小块($2\text{ cm}\times 2\text{ cm}\times 2\text{ cm}$)。

1.2.2 常规营养成分测定

(1) 水分:按GB 5009.3—2016执行。

(2) 蛋白质:按GB 5009.5—2016执行。

(3) 脂肪:按GB 5009.6—2016执行。

1.2.3 矿物质含量测定

(1) 铁:按GB 5009.90—2016执行。

(2) 钠和钾:按GB 5009.91—2017执行。

(3) 硒:按GB 5009.93—2017执行。

1.2.4 氨基酸含量测定 按GB 5009.124—2016执行。

1.2.5 色差测定 参照金娜等^[8]的方法并修改。采用色差仪进行测定,使用前进行黑白板校正,测定样品的色泽 L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度)值。每个样品随机选择3个不同位置点重复测量3次,计算平均值。

1.2.6 质构特性测定 参照陈潇荷等^[9]的方法并修改。

样品解冻后,切成均匀的立方尺寸(2 cm×2 cm×2 cm),用 P36R 探头、直径 5 cm 的圆柱形探头、5.0 mm/s 的十字头速度进行两循环压缩。分析前,将样品置于 TPA 平台的中心并压缩到原始高度的 40%。测前、中速度 1.0 mm/s,测后速度 2.0 mm/s,间隔 5 s,测定样品的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性和回复性。

1.2.7 电子鼻测定 参照孙德鹏等^[10]的方法略作修改。准确称取 4.0 g 牛肉样品于 20 mL 顶空进样瓶中,50 ℃水浴 30 min,取出平衡 20 min 后进行测定。清洗时间 120 s,检测时间 120 s,气流速度 1.0 L/min。电子鼻不同传感器对应的敏感物质见表 1。

1.2.8 数据处理 采用 Excel 2021 软件进行数据处理,采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,按照邓肯氏新复极差法进行组间比较,以 $P<0.05$ 作为组间差异显著的判断标准;采用 Origin 2021 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 宏量营养素分析

在中国疾病预防控制中心营养与健康所发布的食物营养成分数据库中,牛肉的水分含量为 68.10~75.60 g/100 g,脂肪含量为 0.90~4.20 g/100 g,蛋白质含量为 19.90~22.20 g/100 g。由图 1 可知,镇巴县牛肉的平均水分含量为 77.81 g/100 g,高于数据库牛肉的;平均脂肪含量为 2.21 g/100 g,平均蛋白质含量为 22.09 g/100 g,与数据库牛肉的脂肪和蛋白质含量相似。镇巴县牛肉的水分含量为 72.41~93.73 g/100 g,且各区位牛肉之间无显著性差异,说明不同区位的镇巴县牛肉水分含量没有区别。镇巴牛肉的脂肪含量从大到小为东部>南部>中南部>中部>北部,北部牛肉的脂肪含量小于南部,可能是因为镇巴县北部海拔高,气温低,牛的代谢更高,脂肪含量较少。镇巴县北部和中部牛肉的脂肪含量无显著性差异。镇巴县北部、中部、中南部牛肉的脂肪含量小于延边牛肉^[6]和

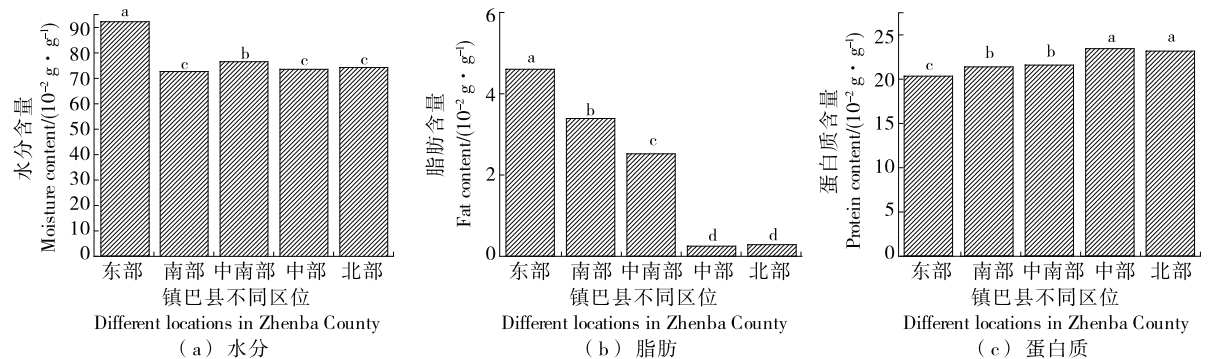
表 1 电子鼻传感器敏感物质

Table 1 Sensitive substances for electronic nose sensor

传感器	响应物质	类别物质
S1	烷烃、烟雾类	丙烷、天然气、烟雾类
S2	醇类、醛类、短链烷烃类	酒精、烟雾、异丁烷、甲醛
S3	臭氧	
S4	硫化物	硫化氢
S5	有机胺	氨气、甲胺、乙醇胺
S6	有机气体、苯酮类、醇醛类、芳香化合物	甲苯、丙酮、乙醇、氢气、其他有机蒸气
S7	短链烷烃类	甲烷、天然气、沼气
S8	短链烷烃类	丙烷、液化气
S9	芳香化合物、醇醛类	甲苯、甲醛、苯、酒精、丙酮
S10	含氢气体	氢气
S11	烷烃类、烯烃类	液化气、烷烃、烯烃
S12	短链烷烃类	液化气、甲烷
S13	可燃气体系	甲烷
S14	可燃气体系	可燃气体系、烟雾
S15	烷烃类、有机气体	烟雾、异丁烷、有机酸酯、脂肪烃类
S16	硫化物	含硫化合物
S17	氮化物	氮氧化物
S18	酮类、醇类	丙酮、乙醇、有机溶剂

华西牛肉^[6];朱云^[11]研究发现,和牛杂交牛肉的脂肪含量为 19.55%,高于镇巴县东部牛肉的,可能是品种^[12]和饲喂方案^[13]不同。

镇巴县牛肉的蛋白质含量为 19.78~23.43 g/100 g,镇巴县中部和北部牛肉的蛋白质含量分别为 23.43, 23.15 g/100 g,显著高于其他牛肉($P<0.05$);镇巴县东部牛肉的蛋白质含量最低,且平均值比南部、中南部、中部、北部牛肉分别低 4.89%, 5.77%, 13.26%, 12.19%,表明镇



小写字母不同表示同一指标不同样品间差异显著($P<0.05$)

图 1 镇巴县牛肉营养成分测定结果

Figure 1 Nutritional component determination results of Zhenba beef

巴牛肉蛋白质含量由镇巴县南部到北部逐渐增加,可能是镇巴北部气温偏低,牛的代谢低,促进了肌肉纤维发育和蛋白质沉积。镇巴县牛肉的蛋白质含量与刘笑笑^[14]的相似;谢应才^[15]研究发现,5种贵州黄牛肉蛋白质含量为22.33~24.24 g/100 g,与镇巴县北部和中部牛肉的相似。综上,镇巴县中部和北部牛肉具有较高的蛋白质含量和较低的脂肪含量。

2.2 矿物质含量分析

在食物营养成分数据库中,牛肉的总矿物质含量为1.00~1.30 g/100 g。由表2可知,镇巴县牛肉的平均总矿物质含量为4.92 g/100 g,高于数据库中牛肉的。镇巴县牛肉的总矿物质含量为3.80~6.16 g/100 g,镇巴县中南部牛肉的矿物质总含量显著大于其他牛肉($P<0.05$),且平均值比镇巴县东部、南部、中部和北部牛肉分别高49.48%,14.52%,18.79%,31.68%,东部、南部、中部和北部的牛肉矿物质含量无显著性差异。镇巴县牛肉的矿物质含量高于延边黄牛肉^[14]和天台黄牛肉^[16]的,说明矿物质含量高是巴山地区牛肉的特色之处。

镇巴县牛肉的钾含量为467.97~776.62 mg/100 g,其中南部牛肉的钾含量平均值比东部、中南部、中部、北部牛肉分别高13.67%,27.57%,49.51%,40.05%($P<0.05$),可能是因为镇巴县南部地形平坦,钾元素流失较少,草料中钾元素含量较高。钾具有维持神经肌肉、调节渗透压等作用,镇巴县牛肉的钾含量高于西门塔尔杂交牛肉^[17]的。镇巴县牛肉的钠含量为22.42~118.73 mg/100 g,其中北部牛肉的钠含量显著低于其他牛肉($P<0.05$),东部、南部、中南部、中部牛肉的钠含量平均值分别为北部牛肉的2.89,1.49,2.42,3.82倍。钠具有维持酸碱平衡和维持血压等作用,镇巴县牛肉的钠含量小于延边牛肉^[6]的。镇巴县牛肉的铁含量为21.80~113.08 mg/kg,其中北部牛肉的铁含量显著高于其他牛肉($P<0.05$),平均值分别为东部、南部、中部牛肉的2.03,1.77,6.19倍。铁具有提高免疫力、增强体质等作用,镇巴县牛肉的铁含量高于西门塔尔杂交牛肉^[17]的,可能是镇巴县气候条件更适合一些富含

铁的植物生长,牛通过食用这些植物能够摄取更多的铁元素^[18]。镇巴县牛肉的硒含量为0.50~0.84 mg/kg,其中镇巴县东部牛肉的硒含量最高($P<0.05$),平均值比南部、中南部、中部和北部牛肉分别高11.46%,36.15%,62.73%,32.53%。硒具有抗氧化、抗衰老、提高免疫力等作用^[19],镇巴县牛肉的硒含量高于西门塔尔杂交牛肉^[17]、鲁西牛肉^[3]、渤海黑牛肉^[20]和玛多牦牛肉^[21]的;且高于食物营养成分数据库中牛肉、羊肉和猪肉的,说明镇巴县牛肉具有硒含量高的特点,可能是因为镇巴县东部毗邻安康富硒带,促进了硒在肉中的富集^[22]。综上,镇巴县中南部牛肉的总矿物质含量最高,中部和北部牛肉具有较高的铁含量,东部牛肉的硒含量较高。

2.3 氨基酸含量分析

牛肉中包含6种必需氨基酸(EAA)和9种非必需氨基酸(NEAA)。由表3可知,镇巴县北部牛肉的必需氨基酸含量最高,为9.59 g/100 g($P<0.05$),其他地区牛肉的必需氨基酸含量为7.57~7.93 g/100 g。各地区牛肉的非必需氨基酸含量无显著性差异,为11.38~11.89 g/100 g。镇巴县北部牛肉的苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、天冬氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸、必需氨基酸和总氨基酸含量较高,表明其营养价值较高。

氨基酸的种类和含量决定着蛋白质的营养价值,其中必需氨基酸是评价蛋白质营养水平的重要指标。镇巴县牛肉的必需氨基酸含量高于鲁西牛肉^[3]和晋南牛肉^[4]。此外,镇巴县牛肉中的呈味氨基酸如谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸含量均高于晋南牛肉^[4],说明镇巴县牛肉有着独特的风味。

2.4 色差分析

由表4可知,镇巴县牛肉的 L^* 值为30.63~42.47,其中镇巴县中南部牛肉的 L^* 值最大,平均值比东部、南部、中部和北部牛肉分别高11.08%,24.73%,17.68%,2.44%;东部、中南部和北部牛肉的 L^* 值无显著性差异。镇巴县牛肉的 a^* 值为7.69~15.87,中南部牛肉的 a^* 平均值显著低于

表2 镇巴县牛肉的矿物质含量[†]
Table 2 Mineral content of Zhenba beef

区位	总矿物质/(10^{-2} g·g ⁻¹)	钾/(10^{-2} mg·g ⁻¹)	钠/(10^{-2} mg·g ⁻¹)	铁/(mg·kg ⁻¹)	硒/(mg·kg ⁻¹)
镇巴县东部	4.09±0.28 ^b	667.03±12.19 ^b	83.87±4.53 ^b	55.60±3.10 ^b	0.83±0.01 ^a
镇巴县南部	5.10±0.11 ^{ab}	758.25±15.93 ^a	45.48±5.51 ^d	68.13±2.72 ^b	0.74±0.01 ^b
镇巴县中南部	5.99±0.17 ^a	594.36±6.49 ^c	65.85±8.44 ^c	22.20±0.61 ^c	0.61±0.01 ^c
镇巴县中部	4.62±0.69 ^b	506.66±7.54 ^e	104.07±6.74 ^a	109.19±3.05 ^a	0.51±0.01 ^c
镇巴县北部	4.79±0.62 ^b	541.39±17.13 ^d	27.18±4.77 ^e	113.08±5.65 ^a	0.56±0.01 ^d

[†] 小写字母不同表示同一指标不同样品间差异显著($P<0.05$)。

表 3 镇巴县牛肉的氨基酸含量[†]
Table 3 Amino acid content of Zhenba beef

	g/100 g				
氨基酸	镇巴县东部	镇巴县南部	镇巴县中南部	镇巴县中部	镇巴县北部
苏氨酸	0.92±0.01 ^a	0.93±0.08 ^a	0.90±0.02 ^a	0.85±0.01 ^a	0.70±0.01 ^b
缬氨酸	0.09±0.03	0.10±0.02	0.10±0.02	0.10±0.01	0.10±0.01
异亮氨酸	1.20±0.12 ^b	1.27±0.03 ^b	1.18±0.08 ^b	1.34±0.01 ^b	1.65±0.01 ^a
亮氨酸	2.00±0.10 ^{bc}	2.12±0.05 ^b	1.98±0.03 ^c	2.13±0.02 ^b	2.62±0.01 ^a
苯丙氨酸	1.05±0.11 ^b	1.07±0.01 ^b	1.02±0.05 ^b	0.96±0.04 ^b	1.29±0.01 ^a
赖氨酸	2.35±0.26 ^b	2.44±0.09 ^b	2.39±0.08 ^b	2.50±0.13 ^b	3.22±0.01 ^a
天冬氨酸	1.95±0.02 ^a	1.92±0.12 ^a	1.85±0.05 ^a	1.69±0.01 ^b	0.90±0.01 ^c
丝氨酸	0.81±0.05 ^b	0.83±0.04 ^b	0.81±0.08 ^b	0.67±0.01 ^c	1.94±0.06 ^a
谷氨酸	3.75±0.23 ^a	3.92±0.22 ^a	3.76±0.10 ^a	3.82±0.01 ^a	2.73±0.07 ^b
甘氨酸	1.06±0.05 ^c	1.11±0.09 ^c	1.16±0.09 ^c	1.32±0.01 ^b	1.72±0.02 ^a
丙氨酸	1.49±0.10 ^c	1.57±0.01 ^c	1.53±0.01 ^c	1.70±0.01 ^b	1.84±0.02 ^a
半胱氨酸	0.13±0.03	0.14±0.03	0.14±0.02	0.13±0.01	0.17±0.01
酪氨酸	0.10±0.01 ^{ab}	0.15±0.01 ^a	0.09±0.01 ^{ab}	0.08±0.07 ^{ab}	0.03±0.01 ^b
组氨酸	0.79±0.03 ^a	0.62±0.02 ^b	0.60±0.05 ^b	0.39±0.02 ^c	0.53±0.01 ^c
精氨酸	1.53±0.07 ^c	1.63±0.03 ^b	1.53±0.01 ^c	1.58±0.01 ^{bc}	1.78±0.01 ^a
EAA	7.63±0.61 ^b	7.93±0.24 ^b	7.57±0.25 ^b	7.88±0.18 ^b	9.59±0.01 ^a
NEAA	11.61±0.43	11.89±0.31	11.48±0.04	11.38±0.06	11.64±0.01
总氨基酸量TAA	19.24±1.04 ^b	19.81±0.54 ^b	19.05±0.29 ^b	19.26±0.13 ^b	21.23±0.01 ^a

† 小写字母不同表示同一指标不同样品间差异显著($P<0.05$)。

中部和北部牛肉($P<0.05$),东部、南部、中部和北部牛肉的 a^* 值无显著性差异。镇巴县牛肉的 b^* 值为9.40~14.57,各区位牛肉之间无显著性差异,说明不同区位的镇巴县牛肉 b^* 值无差异。

色泽是评价肉品质的重要标准^[23]。王复龙等^[5]研究发现,南阳牛肉的亮度值为36.30~38.26,红度值为18.27~18.52;延边牛肉的亮度值为37.99~39.03,红度值为16.64~17.42,镇巴县北部和中南部牛肉的亮度值高于南阳牛肉和延边牛肉,但红度值低于南阳牛肉和延边牛肉,说明镇巴县北部和中南部牛肉的颜色更加鲜亮。综上,镇巴县中南部和北部牛肉颜色较为鲜亮,中部和北部牛肉颜色鲜红。

2.5 质构分析

由表5可知,镇巴县中部牛肉的硬度高于其他牛肉;镇巴县东部、中部、北部牛肉的硬度平均值均显著高于南部和中南部牛肉($P<0.05$);中部牛肉的硬度比东部和北部牛肉分别高9.93%,9.23%;东部、中部和北部牛肉的硬度无显著性差异。各区位牛肉的弹性无显著性差异,说明镇巴县不同区位的牛肉弹性无区别。镇巴县南部牛肉的黏聚性显著低于其他牛肉($P<0.05$),平均值比东部、中南部、中部和北部牛肉分别低27.45%,13.95%,21.27%,

表 4 镇巴县牛肉的色差[†]
Table 4 Color difference of Zhenba beef

区位	L^*	a^*	b^*
镇巴县东部	35.73±2.67 ^{abc}	9.14±0.91 ^{ab}	10.29±0.94
镇巴县南部	31.82±1.20 ^c	10.56±0.19 ^{ab}	10.93±0.93
镇巴县中南部	39.69±2.65 ^a	8.18±0.82 ^b	10.89±0.99
镇巴县中部	33.73±0.61 ^{bc}	12.06±0.98 ^a	11.55±0.62
镇巴县北部	38.74±2.66 ^{ab}	12.61±2.87 ^a	12.49±1.81

† 小写字母不同表示同一指标不同样品间差异显著($P<0.05$)。

32.72%。镇巴县北部牛肉的咀嚼性显著高于其他牛肉($P<0.05$)。镇巴县南部牛肉的回复性显著低于其他牛肉($P<0.05$),平均值比东部、中南部、中部和北部牛肉分别低50.00%,22.72%,46.87%,55.26%。镇巴县牛肉的硬度大于湘西黄牛肉^[24],镇巴县牛肉的弹性大于安格斯牛肉^[24]和湘西黄牛,说明镇巴县牛肉的口感富有弹性。综上,镇巴县东部和北部牛肉的硬度、弹性、咀嚼性和回复性较高,中部牛肉的硬度最高。

2.6 电子鼻分析

由图2可知,16个传感器对不同的牛肉有不同的响应强度。对牛肉的响应较高的传感器有S4、S5、S7、S9、S14、

表5 镇巴县牛肉的质构特性[†]

Table 5 Texture characteristics of Zhenba beef

区位	硬度/N	弹性/nm	黏聚性	咀嚼性/mJ	回复性
镇巴县东部	2 861.65±469.00 ^a	0.59±0.00	0.51±0.04 ^{ab}	7 744.66±843.53 ^a	0.34±0.05 ^a
镇巴县南部	1 466.49±156.87 ^b	0.54±0.20	0.37±0.06 ^b	2 234.30±469.60 ^c	0.17±0.01 ^b
镇巴县中南部	1 479.72±367.69 ^b	0.43±0.07	0.43±0.09 ^{ab}	3 183.55±565.11 ^c	0.22±0.02 ^b
镇巴县中部	3 145.91±524.79 ^a	0.42±0.06	0.47±0.04 ^a	5 762.54±305.33 ^b	0.32±0.03 ^a
镇巴县北部	2 879.96±184.40 ^a	0.58±0.08	0.55±0.06 ^{ab}	8 619.61±417.46 ^a	0.38±0.04 ^a

[†] 小写字母不同表示同一指标不同样品间差异显著($P<0.05$)。

S17,表明牛肉的主要风味来源为硫化物,有机胺,甲烷、天然气等短链烷烃类,醇醛类的芳香化合物,可燃气体类和氮化物类物质。传感器响应值最大的为镇巴县南部和中部牛肉,其余的牛肉整体风味轮廓较相似。

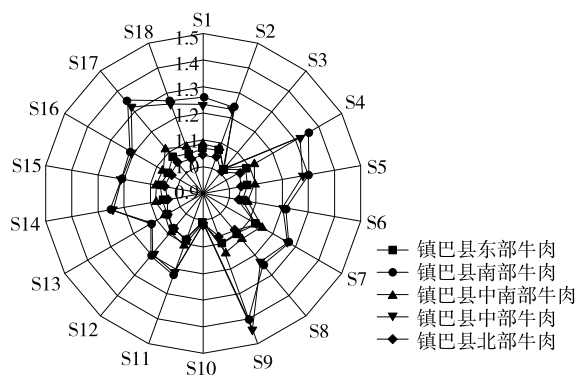


图2 镇巴县牛肉的风味雷达图

Figure 2 Flavor radar diagram of Zhenba beef

PCA通过对原始变量进行降维分析以消除原始变量之间的强相关性,从而利用新变量在更小的维度下展示数据特征,使各指标之间既互不相关,又能反映多指标的信息^[25]。由图3可知,PC1和PC2贡献率分别为93.60%和5.49%,二者的总贡献率为99.09%,说明两个主成分可以代表牛肉的整体信息。镇巴县中南部和北部牛肉在

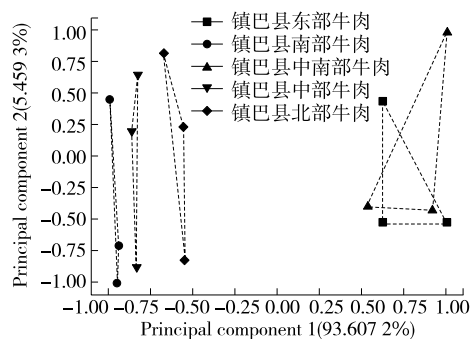


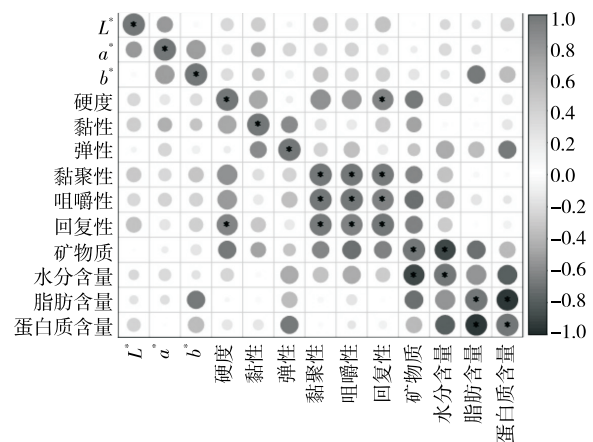
图3 镇巴县牛肉的电子鼻PCA图

Figure 3 Electronic nose PCA diagram of Zhenba beef

PC1上差异小,说明两者风味差异小。

2.7 相关性分析

用 Pearson 法对牛肉的 L^* 、 a^* 、 b^* 、硬度、黏性、弹性、黏聚性、咀嚼性、回复性、矿物质含量、水分含量、脂肪含量、蛋白质含量之间的相关性进行分析,结果如图3所示。由图3可知,牛肉的物性之间整体上呈正相关,黏聚性高意味着肉内部结构紧密,在咀嚼过程中需要更大的力克服,咀嚼性增加;黏聚性高的肉品内部结构紧密,分子间的作用力强,在受到外力变形后,食品可以更快、更好地恢复到原来的形状,因此回复性也较好;回复性高的食品弹性好,在咀嚼过程中能够反复地进行压缩和恢复,需要更多的咀嚼次数和更大的咀嚼力来将其嚼碎,咀嚼性增加。矿物质和物性之间呈负相关,矿物质可与蛋白质结合,形成较为紧密的结构,这会增加肉品的硬度和弹性,从而导致物性变差。水分含量、脂肪含量与蛋白质含量整体上呈负相关,脂肪可以与肌肉中的蛋白质相互作用,形成稳定的结构,从而增加水分的保持能力;蛋白质与矿物质呈正相关,蛋白质在肌肉组织中不仅提供结构支持,还参与



*表示差异显著($P<0.05$)

图4 镇巴县牛肉品质之间的相关性热图

Figure 4 Heat map of the quality correlation between Zhenba beef

多种生化反应,这些反应需要矿物质的参与。

3 结论

试验表明,以镇巴县西镇牛肉为代表的巴山地区牛肉总体具有高蛋白质、低脂肪、富含矿物质、口感富有弹性等特点。由于地理位置、气候条件等因素的差异,不同区域牛肉在营养品质和食用品质上表现出差异。因地区差别,在营养品质和食用品质上存在差异。镇巴县东部牛肉的水分含量、硒含量最高且弹性最高;南部牛肉的钾含量最高;中部牛肉的蛋白质含量和钠含量最高且硬度最大;中南部牛肉的矿物质含量最高且颜色较亮;北部牛肉的铁含量最高且颜色较红,可能与土壤中矿物元素分布相关;东部牛肉的水分含量、硒含量及弹性均最高,与该地区靠近富硒地区有关。该研究从营养价值与食用价值描述了镇巴县不同区位的牛肉品质差异,但尚未深入探讨这些差异背后的机制。后续研究可通过蛋白组学、代谢组学以及饲草成分等多维度数据,进一步分析牛肉品质差异的形成机理。

参考文献

- [1] 魏燕超,曹建昕,刘满顺,等.陕西特色牛、羊肉食用品质及蛋白稳定性研究[J].食品与机械,2018,34(9):24-29.
WEI Y C, CAO J T, LIU M S, et al. Study on edible quality and protein stability of beef and goat in Shaanxi Province[J]. Food & Machinery, 2018, 34(9): 24-29.
- [2] 余横伟.基于转录组和代谢组的秦川肉牛肌内脂肪沉积关键分子筛选及鉴定[D].咸阳:西北农林科技大学,2024:48.
YU H W. Screening and identification of key molecules for intramuscular fat deposition in Qinchuan beef cattle based on transcriptome and metabolome[D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2024: 48.
- [3] 葛菲,李海鹏,李俊雅,等.鲁西牛生长性能、屠宰性能及肉质测定分析[J].山东农业科学,2022,54(4):112-120.
GE F, LI H P, LI J Y, et al. Analysis of growth and slaughter performances and meat quality of Luxi cattle[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022, 54(4): 112-120.
- [4] 李苗,张岱阳,王泽昭,等.晋南牛的生长性能、屠宰性能及肉质测定分析[J].中国畜禽种业,2023,19(7):29-36.
LI M, ZHANG D Y, WANG Z Z, et al. Determination and analysis of growth performance, slaughter performance and meat quality of Jinnan cattle[J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2023, 19(7): 29-36.
- [5] 王复龙,卢桂松,王娜,等.南阳牛与延边牛牛肉感官品质和加工特性比较研究[J].食品科学,2013,34(23):62-66.
WANG F L, LU G S, WANG N, et al. Comparative studies on beef sensory and processing characteristics of Nanyang and Yanbian yellow cattle[J]. Food Science, 2013, 34(23): 62-66.
- [6] 李光辉.延边牛肉质和风味性状多维组学分析及遗传机制研究[D].长春:吉林大学,2024:18.
LI G H. Multi-omics analysis and genetic mechanism research on the meat quality and flavor traits of Yanbian cattle[D]. Changchun: Jilin University, 2024: 18.
- [7] 王泳杰,王之盛,胡瑞,等.不同品种肉牛产肉性能、牛肉营养品质及风味物质的比较[J].动物营养学报,2019,31(8):3621-3631.
WANG Y J, WANG Z S, HU R, et al. Comparison of meat performance, nutritional quality and flavor substance in beef of different breeds cattle[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(8): 3621-3631.
- [8] 金娜,颜瑞池,苏玉虹,等.不同贮藏温度下辽宁庄河大骨鸡肉干品质变化及货架期预测模型的建立[J].食品与机械,2025,41(10):100-111.
JIN N, YAN R C, SU Y H, et al. Changes in quality of Liaoning Zhuanghe Dagou chicken jerky at different storage temperatures and establishment of shelf life prediction model[J]. Food & Machinery, 2025, 41(10): 100-111.
- [9] 陈潇荷,钱平,黄宁,等.猪肉脯贮藏品质变化及货架期预测模型[J].食品与机械,2025,41(10):83-93.
CHEN X H, QIAN P, HUANG N, et al. Prediction model of storage quality change and shelf life of dried pork slice[J]. Food & Machinery, 2025, 41(10): 83-93.
- [10] 孙德鹏,彭安琪,谭金龙,等.干法成熟工艺对延边黄牛臀肉品质的影响[J].食品与机械,2023,39(5):159-165,172.
SUN D P, PENG A Q, TAN J L, et al. Effect of dry-aging processes on the quality of rump beef from Yanbian cattle[J]. Food & Machinery, 2025, 39(5): 159-165, 172.
- [11] 朱云.地方黄牛与和牛杂交牛肌内脂肪沉积相关遗传位点及基因的挖掘[D].银川:宁夏大学,2022:20.
ZHU Y. Genetic variation and related genes excavation of IMF traits in Chinese local breeds cattle crossed with wagyu[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2022: 20.
- [12] 刘文营,王守伟.羊肉生产及加工工艺对肉及肉制品品质的影响研究进展[J].食品科学,2020,41(1):304-311.
LIU W Y, WANG S W. Recent progress in understanding the effect of mutton production and processing technologies on the quality of meat and meat products[J]. Food Science, 2020, 41(1): 304-311.
- [13] 周玉雷,都帅,刘昊,等.天然牧草干草和草颗粒对乌珠穆沁羔羊生产性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].中国草地学报,2019,41(3):173-178.
ZHOU Y L, DOU S, LIU H, et al. Effect of pellet feeding system on growth performance, carcass characteristics and meat quality in Wuzhumuqin lamb[J]. Chinese Journal of Grassland, 2019, 41(3): 173-178.
- [14] 刘笑笑.延边黄牛不同部位牛肉品质的比较研究[D].延吉:延边大学,2011:18.
LIU X X. Research on the different position beef quality of

- Yanbian yellow cattle[D]. Yanji: Yanbian University, 2011: 18.
- [15] 谢应才. 贵州本地黄牛产肉性能与肉质营养特性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2008: 29.
- XIE Y C. Study on meat production performance and meat quality nutritional characteristics of local cattle in Guizhou[D]. Guiyang: Guizhou University, 2008: 29.
- [16] 李嘉慧, 朱月亮, 姜俊芳, 等. 天台黄牛肉质特性的分析[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(7): 1 443-1 446.
- LI J H, ZHU Y L, JIANG J F, et al. Beef characteristic analysis of Tiantai cattle[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2021, 62(7): 1 443-1 446.
- [17] 张亚迪. 西门塔尔杂交牛牛肉营养和加工品质特性研究[D]. 保定: 河北大学, 2022: 20.
- ZHANG Y D. Study on nutritional and processing quality characteristics of simmental hybrid cattle[D]. Baoding: Hebei University, 2022: 20.
- [18] 刘睿, 朱联旭, 李宇明, 等. 镇巴腊肉北亚热带中山生境保护与可持续发展案例数据集[J]. 全球变化数据学报, 2024, 8(4): 391-406.
- LIU R, ZHU L X, LI Y M, et al. GIES case study on Zhenba bacon northern subtropical mountains[J]. Journal of Global Change Data & Discovery, 2024, 8(4): 391-406.
- [19] 王珠琳, 袁莉, 李建科, 等. 富硒植物蛋白的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(2): 196-202.
- WANG Z L, YUAN L, LI J K, et al. Research progress of selenium-rich plant protein[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(2): 196-202.
- [20] 高翰, 李海鹏, 李俊雅, 等. 渤海黑牛的屠宰性能与肉质分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53(2): 228-239.
- GAO H, LI H P, LI J Y, et al. Slaughter performance and meat quality of Bohai black cattle[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2022, 53(2): 228-239.
- [21] 拉毛才让, 纪庆慧, 陈潮, 等. 玛多牦牛肉营养成分及风味物质研究[J]. 中国草食动物科学, 2025, 45(1): 88-94.
- LA M C R, JI Q H, CHEN C, et al. Research on nutritional composition and flavor substances of Maduo yak meat[J]. China Herbivore Science, 2025, 45(1): 88-94.
- [22] 陈玲, 杨竞贤, 成温玉, 等. 日粮中添加富硒桑叶粉对陕南山羊屠宰性状和肌肉脂肪酸的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2023, 44(1): 54-59.
- CHEN L, YANG J X, CHENG W Y, et al. Effects of dietary supplementation of selenium-rich mulberry leaf powder on slaughtering traits and muscular fatty acids in Shannan white goats[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2023, 44(1): 54-59.
- [23] ENGCHUAN W, JITTANIT W, GARNJANAGOONCHORN W. The ohmic heating of meat ball: modeling and quality determination[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 23: 121-130.
- [24] 郭谦. 湘西黄牛不同月龄肉品质对比研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020: 18.
- GUO Q. Comparative study of meat qualities on Xiangxi yellow cattle among different ages[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2020: 18.
- [25] LI H Y, WANG Y, ZHANG J X, et al. Prediction of the freshness of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) using E-nose, E-tongue, and colorimeter based on biochemical indexes analyzed during frozen storage of whole fish[J]. Food Chemistry, 2023, 402: 134325.