

安格斯牛和荷斯坦牛热鲜牛肉、冷鲜牛肉和冷冻牛肉的品质测定分析

张莺莺¹, 张 敏², 涂尾龙¹, 黄 济¹, 王洪洋¹,
郑 坚³, 姜璐杰³, 曹武博², 刘文涛², 谈永松^{1*}

(1. 上海市农业科学院畜牧兽医研究所, 上海 201106; 2. 信阳农林学院动物科技学院, 河南 信阳 464000;
3. 上海左庭右院企业管理有限公司, 上海 200433)

摘 要: [方法] 以安格斯牛和中国荷斯坦奶牛为研究对象, 比较分析同一品种内热鲜肉、冷鲜肉、冷冻肉 3 种形态牛肉的营养品质、理化特性和微观结构。[结果] 结果表明, 3 种形态牛肉的营养成分和肉品质存在一定差异。冷冻肉水分和蛋白质含量最低 ($P < 0.05$); 安格斯牛热鲜肉和冷鲜肉的甜味和芳香氨基酸含量最高 ($P < 0.05$), 荷斯坦牛热鲜肉的苦味氨基酸含量最高 ($P < 0.05$); 荷斯坦牛热鲜肉、冷鲜肉的十三碳酸、花生四烯酸含量最高 ($P < 0.05$), 热鲜肉、冷冻肉的花生二烯酸和二十碳三烯酸含量最高 ($P < 0.05$)。热鲜肉肉色深红, 冷鲜肉和冷冻肉色泽稍亮偏黄 ($P < 0.05$)。安格斯牛热鲜肉最嫩, 荷斯坦牛冷鲜肉最嫩 ($P < 0.05$); 冷冻肉保水性最差 ($P < 0.05$)。热鲜肉肌肉横断面排列紧密, 冷鲜肉和冷冻肉排列疏松呈蜂窝状, 冷鲜肉肌节长度最大 ($P < 0.05$), 冷冻肉肌纤维呈蜂窝状。[结论] 本研究显示, 同一品种不同形态牛肉的品质存在一定的差异, 热鲜肉和冷鲜肉营养成分保存较完整、食用品质较好, 可为牛肉产品的消费选择和优质生鲜肉加工提供理论参考。

关键词: 牛肉; 肉用品质; 营养成分; 理化性质; 微观结构

中图分类号: TS201.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9111(2023)02-0011-11

牛肉是一种高蛋白、低脂肪、含有维生素和矿物质的健康食物。近年来, 随着我国经济水平的发展, 居民人均可支配收入增加, 饮食习惯和健康理念逐渐转变, 牛肉餐厅和品牌的市场增长, 在这些合因素的驱动下, 我国牛肉消费量持续上涨, 牛肉生产与消费之间的缺口不断加大, 牛肉价格大幅上涨^[1]; 据国家统计局数据, 2021 年我国牛肉产量约 6.98×10^6 t, 同比增长 3.7%, 牛肉消费需求约 9.3×10^6 t, 同比增长 5.2%, 牛肉进口数量约为 2.33×10^6 t, 同比增长 22.7% (<https://data.stats.gov.cn/>); 在这种形势下, 我国进口牛肉量迅速增加, 进一步冲击国内牛肉产业。根据牛肉产品的生产加工方式和来源, 国内市场上流通销售的牛肉产品主要分为热鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉 3 种形态, 由于进口牛肉大多分割后冷冻, 运输到国内再解冻销售, 市场上“冻化鲜”掺假和错误标注、以解冻肉充当新鲜肉谋取暴利等

问题普遍存在, 因此关于 3 种形态牛肉产品的肉用特性和品质差异的研究也逐渐增加。

热鲜牛肉是屠宰后直接上市销售, 未经过冷却处理的牛肉; 冷鲜牛肉是指屠宰后, 在规定的时间内将牛胴体冷却至 $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$, 并在后续处理加工、流通销售等过程中始终保持在 $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 环境中的牛肉; 冷冻牛肉是指屠宰后经过预冷排酸, 急冻冻结后, 冻藏和销售的牛肉商品。不同的加工贮藏方式各有特点, 适合于不同的烹饪方式和消费群体, 其最终目的都是延长肉产品的货架期, 同时尽可能地保留肉本身的食用品质和营养成分, 但不同的加工贮藏方式对于牛肉产品的品质也会带来不同的影响^[2-3]。张玉卿等以西门塔尔牛为研究对象发现, 不同形态牛肉的食用品质和营养品质存在一定差异, 但冷鲜牛肉加工性能良好且蛋白、脂肪保存完整^[2]。张德权和侯成立分析了热鲜肉与冷鲜肉的品质差异, 认为

收稿日期: 2022-12-06 修回日期: 2022-12-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31501937); 中国博士后科学基金项目 (2014M562467)

作者简介: 张莺莺 (1978—), 女, 副研究员, 博士, 主要从事动物遗传育种与畜产品加工研究。

* 通讯作者: 谈永松 (1970—), 男, 研究员, 博士, 主要从事动物遗传育种与畜产品加工研究。

热鲜肉和冷鲜肉各有独特的加工特性和优劣势,处于僵直期前的热鲜肉更适合炖煮和涮制等我国传统烹饪方式,而解僵成熟后的冷鲜肉更适合烧烤等西式烹饪方式^[3]。黄彩燕等研究发现,湿热地区较高的贮藏温度显著影响热鲜牛肉的食用品质^[4]。除此之外,针对不同冰温条件和反复冻融对牛肉品质的影响^[5-6]、不同储藏条件对牛肉品质的影响^[7-8]、牛肉品质快检技术^[9]、影响牛肉的因素分析^[10]等方面也开展了系列的研究。但热鲜肉作为我国生鲜肉产品结构中占比约 60% 的一大类优质牛肉产品,尽管市场需求旺盛,相较于冷鲜肉和冷冻肉的肉质特性和品质控制研究,热鲜肉的肉质特性和品质控制研究尚处于起步阶段,对于热鲜肉加工行业的标准化和产业化发展处于不利阶段。

本文以安格斯牛和荷斯坦牛两个牛品种的背最长肌为研究对象,通过对 3 种形态牛肉的营养品质和食用品质进行比较分析,旨在了解 3 种形态牛肉产品尤其是热鲜肉的品质特性,为消费者判别不同形态牛肉提供参考,也为热鲜肉加工和品质控制研究提供基础理论和依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选取东营澳亚肉牛养殖有限公司标准化饲养的健康荷斯坦奶公牛(18 月龄)和安格斯公牛(14 月龄)各 6 头,犊牛出生后约 10 d 去势,直线育肥,活体质量荷斯坦奶牛约 700 kg,安格斯约 600 kg,按照《畜禽屠宰操作规程 牛》进行屠宰^[11]。在胴体上取下背最长肌,纵向分为鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉 3 组。热鲜肉屠宰后 15 ℃ 存放,8 h 之内完成检测或样品预处理;冷鲜肉在 4 ℃ 冰箱存放 48 h 后检测;冷冻肉 4 ℃ 冰箱存放 48 h 后转移至 -20 ℃ 冰箱冷冻保藏 2 个月,4 ℃ 自然解冻后检测。

卡尔菲休试剂、二甲苯、间苯三酚、亚甲基蓝指示剂、无水乙醇等,均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司;二氯甲烷、甲醇、乙腈和甲酸,均为色谱纯,购自国药集团化学试剂有限公司;4% 多聚甲醛、PBS、电镜固定液,购自武汉赛维尔生物科技有限公司;812 包埋剂,购自美国 SPI 公司;OCT 包埋剂,日本樱花 SAKURA 公司;钼酸,购自美国 Ted Pella 公司。

1.2 仪器与设备

氮/蛋白质分析仪(SZC101),上海纤检仪器有限公司;自动凯氏定氮仪(KDN-103F),上海纤检仪

器有限公司;气相色谱-质谱联用仪(GC/MS-QP2010Plus-GC2010),日本岛津;高效液相色谱-串联质谱联用仪(ACQUITY XEVOTQ-Smicro LC-MS/MS),美国沃特世科技有限公司;英斯特朗力学试验机(3344),美国英斯特朗公司。

1.3 方法

1.3.1 基础营养成分测定 水分:参照 GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》第一法^[12];蛋白:参照 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》的凯氏定氮法^[13];脂肪:参照 GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》的索氏抽提法^[14];灰分:参照 GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》的总灰分测定法^[15]。

1.3.2 氨基酸含量与组成测定 参照 GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》^[16]开展测定。

1.3.3 脂肪酸含量与组成测定 参照 GB 5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》^[17]第一法内标法,采用水解提取法生成脂肪酸甲酯,经毛细管柱气相色谱分析、内标法定量测定脂肪酸甲酯含量。以氮气为载气,初始的柱温 100 ℃,持续 13 min,以 10 ℃/min 速率升温至 180 ℃,保持 6 min,以 1 ℃/min 速率升温至 200 ℃,保持 20 min,以 4 ℃/min 速率升温至 230 ℃,保持 10.5 min;进样器温度,270 ℃,检测器温度 280 ℃。分流比 100:1,进样体积为 1.0 μL。检测条件满足理论塔板数(n)至少 2 000/m,分离度(R)至少 1.25。

1.3.4 肉色 采用 CIE-L*a*b*(1976)法,色差仪用白板校准,取 12~13 肋间眼肉,厚度大于 1 cm,切开后直接测量,色差仪镜头垂直紧贴置于横断面,记录亮度值 L*、红度值 a*、黄度值 b*,每一肉样平行测定 5 次。

1.3.5 剪切力 参照薛盼盼等^[18]的测定方法,取 500 g 肉样,切成 6×3×3 cm 大小,置于蒸煮袋中恒温水浴加热,用热点偶检测肉样中心温度达到 70 ℃ 时,取出冷却,吸水纸吸干样品表面液体,用直径 1.27 cm 圆形取样器沿肌肉纤维走向取样 10 个,将肉柱置于剪切仪上测定,记录每个肉柱被切断时的剪切值,计算平均剪切力值,判定肉样嫩度。

1.3.6 肌肉系水力 采用加压法测定,取 12~13 肋眼处背最长肌,修成 2 cm³ 立方体肉样,称重记为 M₁。肉样上下各放 10 张滤纸,压力缓慢升到 25 kg 重量并保持 5 min,挤压结束后,肉样称重记为 M₂。计算公式为:

$$\text{肌肉系水力} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

式中: M_1 为挤压前肉样重量; M_2 为挤压结束后肉样的重量。

1.3.7 熟肉率 采用蒸煮损失法测定,剔除肉样表面的油脂和筋膜,取约 500 g 肉样,精确称取加热前样品质量记为 W_1 (g),将肉样置于蒸煮袋中恒温水浴锅加热,待热点偶检测样品中心温度为 70 ℃ 时,取出肉样冷却至室温,用滤纸吸干表面汁液后,称量加热后的样品质量记为 W_2 (g)。计算公式为:

$$\text{蒸煮损失率} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

式中: W_1 为加热前样品质量; W_2 为加热后样品质量。

1.3.8 肌原纤维微观结构和超微结构观察 将样品切成约 1 mm³ 大小,固定在 2.5% 戊二醛溶液中,4 ℃ 过夜,用 0.1 mol/L PBS (pH = 7.4) 漂洗 3 次,15 min/次;随后采用不同体积分数乙醇 (30%、50%、70%、80%、90%、95%、100%) 进行梯度脱水,15min/次,再用乙酸异戊酯处理 15 min,脱水后样品放入临界点干燥仪进行干燥,接着将干燥样本贴于导电碳膜双面胶上,放入离子溅射仪喷金镀膜 30s 左右,完毕后利用扫描电镜 (scanning electron micrograph, SEM) 观察和测量肌纤维直径。或者脱水后用包埋剂包埋后用超薄切片机进行 60 ~ 80 μm 超薄切片,用 150 目方华膜铜网捞片,接着用 2% 醋酸

铀饱和酒精溶液和 2.6% 枸橼酸铅溶液双染色,最后用 HT7800/HT7700 透射电镜 (transimission electron microscope, TEM) 观察和采集图像。

1.4 数据处理

利用 Image - Pro Plus 6.0 分析软件,多点测量肌原纤维直径、肌原纤维密度、肌节长度,取平均值进行定量分析,其中肌原纤维密度的计算公式为:肌原纤维密度 = 选定区域内肌原纤维束根数/选定区域面积。

利用 Excel 初步处理数据,然后用 SPSS 26.0 进行统计分析,采用单因素方差分析 (one - way ANOVA) 分析相同品种不同形态牛肉之间的数据差异,利用多重比较法对不同形态牛肉的品质进行比较,显著性水平为 0.05,如无特殊说明,试验结果至少重复 3 次,数据以“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 基础营养成分分析

如表 1 所示,安格斯牛和荷斯坦牛的热鲜肉水分含量显著高于冷冻肉 ($P < 0.05$),冷冻肉蛋白质含量显著低于热鲜肉和冷鲜肉 ($P < 0.05$),其它指标无显著差异。从基础营养成分构成来看,热鲜肉和冷鲜牛肉的品质均优于冷冻牛肉。

表 1 热鲜牛肉、冷鲜牛肉和冷冻牛肉的化学成分

g/100 g

品种	分组	水分	蛋白质	脂肪	灰分
安格斯牛	热鲜肉	70.78 ± 1.95 ^a	20.92 ± 0.69 ^a	7.93 ± 1.65	0.93 ± 0.07
	冷鲜肉	69.03 ± 1.95 ^{ab}	20.52 ± 0.42 ^a	7.87 ± 1.62	0.95 ± 0.03
	冷冻肉	67.48 ± 1.77 ^b	19.43 ± 0.78 ^b	7.67 ± 0.46	0.92 ± 0.09
荷斯坦牛	热鲜肉	70.13 ± 1.60 ^a	21.27 ± 1.09 ^a	6.86 ± 1.47	0.95 ± 0.03
	冷鲜肉	68.42 ± 1.59 ^{ab}	20.87 ± 0.63 ^a	7.30 ± 1.35	0.99 ± 0.09
	冷冻肉	69.40 ± 1.94 ^b	19.78 ± 0.90 ^b	7.80 ± 0.57	0.92 ± 0.09

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 氨基酸分析

2.2.1 氨基酸含量与组成分析 如表 2 所示,氨基酸组成包括 8 种必需氨基酸 (essential amino acid, EAA) 和 10 种非必需氨基酸 (non essential amino acid, NEAA)。两个牛品种的 3 种形态牛肉的氨基酸组成成分一致,但某些氨基酸含量存在一定的差异。安格斯牛热鲜肉的苯丙氨酸 (Phe)、酪氨酸 (Tyr) 和脯氨酸 (Pro) 的含量最高,冷鲜肉甘氨酸 (Gly) 含量最高,冷冻肉胱氨酸 (Cys) 含量最高;其中热鲜肉和冷鲜肉的 Phe 含量均显著高于冷冻肉 ($P < 0.05$);热鲜肉 Tyr 含量显著高于冷鲜肉和冷

冻肉 ($P < 0.05$);热鲜肉和冷冻肉的 Pro 含量显著高于冷鲜肉 ($P < 0.05$);冷鲜肉 Gly 含量显著高于热鲜肉和冷冻肉 ($P < 0.05$);冷冻肉 Cys 含量显著高于热鲜肉和冷鲜肉 ($P < 0.05$)。荷斯坦牛冷鲜肉 Cys 含量最高,显著高于热鲜肉和冷冻肉 ($P < 0.05$);热鲜肉和冷鲜肉的 Tyr 含量显著高于冷冻肉 ($P < 0.05$)。3 种形态牛肉的 EAA 和 NEAA 总量差异不显著,EAA/TAA 比值均超过 40%,EAA/NEAA 比例均在 70% 以上,根据 FAO/WHO 对蛋白质理想模式的定义,说明 3 种形态牛肉均为优质蛋白质肉类,营养价值高。

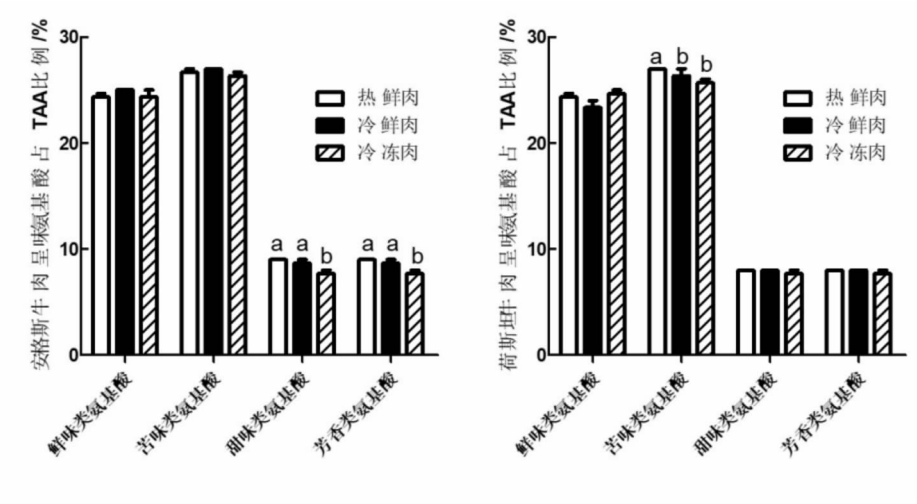
表 2 热鲜肉、冷鲜肉和冷冻牛肉的氨基酸含量和组成

氨基酸	质量分数/%					
	安格斯牛			荷斯坦牛		
	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉
苏氨酸 Thr	0.96 ± 0.03	0.96 ± 0.02	0.95 ± 0.08	0.99 ± 0.02	0.96 ± 0.02	0.96 ± 0.09
缬氨酸 Val	0.94 ± 0.02	0.98 ± 0.03	1.01 ± 0.07	1.02 ± 0.02	0.98 ± 0.04	1.01 ± 0.07
蛋氨酸 Met	0.57 ± 0.02	0.56 ± 0.01	0.56 ± 0.05	0.59 ± 0.01	0.95 ± 0.68	0.58 ± 0.06
异亮氨酸 Ile	0.94 ± 0.03	0.95 ± 0.03	0.96 ± 0.08	0.99 ± 0.03	1.00 ± 0.03	0.96 ± 0.07
亮氨酸 Leu	1.73 ± 0.04	1.70 ± 0.03	1.66 ± 1.28	1.79 ± 0.05	1.73 ± 0.06	1.69 ± 1.34
苯丙氨酸 Phe	0.95 ± 0.06 ^a	0.98 ± 0.02 ^a	0.79 ± 0.07 ^b	0.96 ± 0.02	0.91 ± 0.05	0.84 ± 1.28
赖氨酸 Lys	1.87 ± 0.09	1.90 ± 0.53	1.87 ± 1.60	1.93 ± 0.03	1.87 ± 0.06	1.90 ± 1.46
色氨酸 Trp	0.45 ± 0.09	0.32 ± 0.09	0.44 ± 0.02	0.46 ± 0.16	0.34 ± 0.01	0.44 ± 0.02
EAA	8.40 ± 0.13	8.36 ± 0.23	8.24 ± 0.63	8.71 ± 0.26	8.73 ± 0.73	8.38 ± 0.67
天冬氨酸 Asp	1.89 ± 0.04	1.89 ± 0.05	1.85 ± 0.20	1.96 ± 0.06	1.91 ± 0.06	1.91 ± 0.16
丝氨酸 Ser	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.76 ± 0.06	0.83 ± 0.02	0.76 ± 0.02	0.82 ± 0.07
谷氨酸 Glu	2.95 ± 0.02	3.06 ± 0.09	2.83 ± 0.41	3.08 ± 0.11	2.92 ± 0.14	3.07 ± 0.20
甘氨酸 Gly	0.88 ± 0.04 ^b	0.91 ± 0.02 ^a	0.86 ± 0.05 ^b	0.94 ± 0.05	0.98 ± 0.12	1.01 ± 0.10
丙氨酸 Ala	1.17 ± 0.08	1.23 ± 0.03	1.20 ± 1.09	1.25 ± 0.05	1.16 ± 0.06	1.26 ± 0.04
胱氨酸 Cys	0.06 ± 0.03 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.03 ^c	0.21 ± 0.03 ^a	0.07 ± 0.00 ^b
组氨酸 His	0.86 ± 0.43	0.81 ± 0.02	0.77 ± 0.11	0.86 ± 0.04	0.83 ± 0.04	0.78 ± 0.09
精氨酸 Arg	1.29 ± 0.17	1.33 ± 0.01	1.24 ± 0.11	1.24 ± 0.03	1.30 ± 0.12	1.28 ± 0.09
酪氨酸 Tyr	0.76 ± 0.03 ^a	0.73 ± 0.02 ^b	0.66 ± 0.05 ^b	0.77 ± 0.04 ^a	0.75 ± 0.02 ^{ab}	0.68 ± 0.09 ^b
脯氨酸 Pro	0.82 ± 0.06 ^{ab}	0.79 ± 0.01 ^b	0.90 ± 0.01 ^a	0.87 ± 0.01	0.97 ± 0.70	0.88 ± 0.12
NEAA	11.45 ± 0.42	11.63 ± 0.25	11.18 ± 1.09	11.83 ± 0.27	11.79 ± 0.58	11.77 ± 0.76
TAA	19.85 ± 0.55	19.99 ± 0.47	19.42 ± 1.72	20.53 ± 0.51	20.53 ± 1.22	20.15 ± 1.39
EAA/TAA	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.00	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.02	0.42 ± 0.01
EAA/NEAA	0.73 ± 0.02	0.72 ± 0.01	0.74 ± 0.02	0.74 ± 0.01	0.74 ± 0.04	0.71 ± 0.03

注:同一品种同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.2.2 呈味类氨基酸分析 两个牛品种的 3 种形态牛肉中,检测到的呈味氨基酸主要有鲜味类氨基酸、苦味类氨基酸、甜味类氨基酸和芳香类氨基酸。由图 1 可知,在 2 个牛品种的 3 种形态牛肉中,鲜味类和苦味类氨基酸含量均最高,3 种形态牛肉的苦味、甜味和芳香类氨基酸的含量存在差异,安格斯牛

热鲜肉和冷鲜肉的甜味和芳香味氨基酸显著高于冷冻肉($P < 0.05$),但热鲜肉和冷鲜肉之间差异不显著($P > 0.05$),荷斯坦牛苦味氨基酸热鲜肉显著高于冷鲜肉和冷冻肉($P < 0.05$),但冷鲜肉和冷冻肉之间差异不显著($P > 0.05$)。



注:不同小写字母表示指标组间差异显著($P < 0.05$)。

图 1 热鲜肉牛肉、冷鲜肉牛肉和冷冻牛肉的呈味氨基酸占 TAA 的比值

2.3 脂肪酸组成与含量分析

由表 3 可知,同一牛品种的 3 种形态牛肉的饱和脂肪酸(saturated fatty acid,SFA)组成基本相同,总含量均在 49.78~53.00 之间,约占总量的 1/2 以上;其中占比最大的是棕榈酸(C16: 0),其次是硬脂酸(C18: 0),肉豆蔻酸(C14: 0)和月桂酸(C12: 0)占比较少。同品种 3 种牛肉形态之间的棕榈酸和肉豆蔻酸含量差异不显著($P>0.05$)。荷斯坦牛热鲜肉和冷鲜肉的十三碳酸(C13: 0)含量显著高于冷冻肉($P<0.05$)。2 个牛品种的 3 种牛肉形态之间的单不饱和脂肪酸(mono unsaturated fatty acid,MUFA)总量在 44.10%~47.55%之间,其中,C18: 1 含量最高,棕榈油酸(C16: 1)次之,同品种

牛的 3 种形态牛肉之间 MUFA 含量无显著差异($P>0.05$)。两个品种牛的 3 种牛肉形态之间的多不饱和脂肪酸(poly unsaturated fatty acid,PUFA)总量在 1.67%~3.31%之间,亚油酸(C18: 2,n-6)含量最高,花生四烯酸(C20: 4,n-6)含量最少;安格斯牛的 3 种形态牛肉的 PUFA 含量无显著差异($P<0.05$);荷斯坦牛的热鲜肉和冷冻肉的花生二烯酸(C20: 2)、二十碳三烯酸(C20: 3,n-6)含量显著高于冷鲜肉组($P<0.05$),热鲜肉和冷鲜肉的 C20: 4 含量显著高于冷冻肉组($P<0.05$)。UFA: SFA 比值在 0.89~1.01 之间,n6/n3 比值在 14.23~17.98 之间,各组之间无显著差异。

表 3 热鲜牛肉、冷鲜牛肉和冷冻牛肉的脂肪酸含量和组成

脂肪酸	安格斯牛			荷斯坦牛		
	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉
癸酸 C10: 0	0.04±0.00	0.10±0.11	0.05±0.00	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.00
月桂酸 C12: 0	0.07±0.00	0.07±0.02	0.07±0.01	0.07±0.01	0.08±0.01	0.08±0.01
十三碳酸 C13: 0	—	—	—	0.04±0.05 ^a	0.02±0.00 ^{ab}	0.00±0.00 ^b
肉豆蔻酸 C14: 0	2.90±0.09	2.87±0.41	3.15±0.20	3.43±0.17	3.72±0.09	3.46±0.23
十五碳酸 C15: 0	0.41±0.10	0.48±0.23	0.43±0.06	0.44±0.00	0.52±0.03	0.49±0.03
棕榈酸 C16: 0	30.12±0.60	30.28±2.01	30.17±0.20	28.50±1.13	27.47±2.32	29.08±1.22
十七碳酸 C17: 0	1.03±0.15	1.15±0.37	1.07±0.09	1.14±0.12	1.14±0.12	1.24±0.08
硬脂酸 C18: 0	16.05±0.54	16.37±4.72	17.23±0.32	15.95±0.69	18.70±3.44	18.43±0.66
花生酸 C20: 0	0.12±0.02	0.11±0.05	0.11±0.01	0.09±0.01	0.12±0.04	0.11±0.01
二十一碳酸 C21: 0	—	—	—	0.08±0.02	0.09±0.02	0.06±0.05
山嵛酸 C22: 0	—	—	—	—	0.01±0.01	—
SFA	50.74±0.31	51.43±7.57	52.30±0.14	49.78±0.47	51.91±1.75	53.00±0.68
十四碳一烯酸 C14: 1	0.67±0.08	0.73±0.32	0.57±0.04	0.76±0.14	0.77±0.30	0.61±0.14
棕榈油酸 C16: 1	4.35±0.15	4.44±1.67	3.90±0.24	4.31±0.29	4.05±0.77	3.70±0.34
油酸 C18: 1	42.35±0.48	41.63±5.69	40.98±0.53	41.87±0.45	39.63±1.48	39.62±0.03
花生一烯酸 C20: 1	0.18±0.03	0.15±0.04	0.18±0.01	0.19±0.03	0.18±0.04	0.18±0.03
MUFA	47.55±0.38	46.96±7.44	45.63±0.28	47.13±0.19	44.63±2.40	44.10±0.45
亚油酸 C18: 2,n-6	1.52±0.80	1.50±0.10	1.82±0.14	2.79±0.36	3.04±0.62	2.65±0.74
α-亚麻酸 C18: 3,n-3	0.09±0.02	0.10±0.01	0.12±0.02	0.19±0.03	0.22±0.06	0.19±0.05
花生二烯酸 C20: 2	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00 ^a	0.01±0.02 ^b	0.01±0.01 ^{ab}
二十碳三烯酸 C20: 3,n-6	0.06±0.00	0.06±0.01	0.07±0.00	0.05±0.01 ^a	0.02±0.02 ^b	0.04±0.02 ^{ab}
花生四烯酸 C20: 4,n-6	—	—	—	0.02±0.02 ^a	0.02±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b
PUFA	1.68±0.10	1.67±0.08	2.04±0.15	3.08±0.40	3.31±0.67	2.90±0.77
UFA	49.23±0.34	48.63±7.51	47.66±0.15	50.21±0.47	47.95±2.10	47.00±0.64
n-6/n-3	17.98±3.69	16.47±2.58	15.81±1.04	15.03±0.55	14.47±1.18	14.23±0.14
UFA: SFA	0.97±0.01	0.98±0.29	0.91±0.01	1.01±0.02	0.93±0.07	0.89±0.03

注:“—”表示未检出或含量极低。

2.4 色泽、剪切力和保水性比较

由表 4 可知, L^* 值反映肉色中的亮度,安格斯牛的冷鲜肉的 L^* 值显著高于热鲜肉和冷冻肉($P<$

0.05); a^* 值反映肉色中的红度,2 个牛品种的热鲜肉的 a^* 值比冷鲜肉和冷冻肉小($P<0.05$),肉色暗红; b^* 值反映肉色的黄度,冷鲜肉和冷冻肉的 b^* 值

显著高于热鲜肉 ($P < 0.05$), 热鲜肉的 b^* 值最低。这表明冷鲜肉拥有较高的红度 a^* 值, 肉色更佳, 冷冻肉次之, 热鲜肉肉色相对较暗, 但 b^* 值最低, 这可能与肉品的新鲜程度、肌红蛋白含量及其氧化状态有关。安格斯牛冷冻肉剪切力显著高于热鲜肉 ($P < 0.05$), 但热鲜肉和冷鲜肉之间以及冷冻肉与冷鲜肉之间差异不显著, 荷斯坦牛冷鲜肉剪切力显著低于热鲜肉和冷冻肉 ($P < 0.05$), 但热鲜肉和冷冻肉之间差异不显著。由表 4 可见, 两个牛品种的冷

冻肉和冷鲜肉的加压失水率均显著高于热鲜肉 ($P < 0.05$), 安格斯牛冷冻肉的加压失水率显著高于冷鲜肉 ($P < 0.05$), 荷斯坦牛的冷冻肉和冷鲜肉的加压失水率差异不显著。两个牛品种冷冻肉蒸煮损失显著高于热鲜肉和冷鲜肉 ($P < 0.05$), 但热鲜肉和冷鲜肉的蒸煮损失差异不显著。该结果与 3 种形态牛肉的水分含量检测结果一致。这表明, 热鲜肉和冷鲜肉的保水性最好, 冷冻牛肉的保水性最差。

表 4 热鲜肉、冷鲜肉和冷冻牛肉的色泽、剪切力和保水性

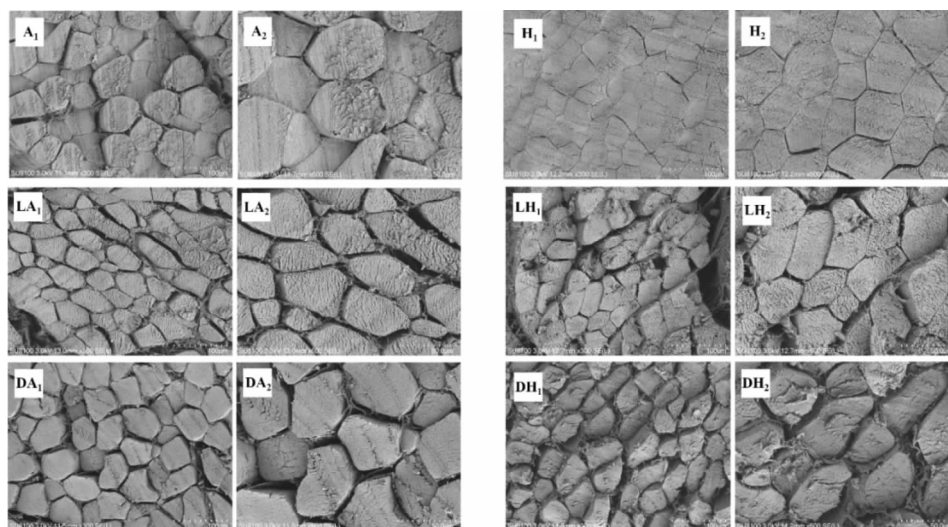
指标	安格斯牛			荷斯坦牛		
	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉
L^*	29.91 ± 1.66^b	35.01 ± 2.37^a	32.19 ± 2.69^b	30.71 ± 1.30	33.54 ± 4.38	34.29 ± 2.36
a^*	12.75 ± 1.25^b	19.12 ± 3.08^a	15.60 ± 3.87^{ab}	12.20 ± 2.37^b	16.61 ± 3.90^a	15.79 ± 1.36^a
b^*	7.40 ± 0.76^c	13.64 ± 2.16^a	10.61 ± 2.06^b	6.68 ± 1.35^b	12.46 ± 3.21^a	11.82 ± 0.64^a
剪切力/kgF	3.32 ± 0.23^b	3.62 ± 0.33^{ab}	3.90 ± 0.33^a	3.50 ± 0.36^a	3.13 ± 0.26^b	3.69 ± 0.23^a
加压失水率/%	1.43 ± 0.75^c	3.27 ± 1.11^b	9.36 ± 2.00^a	1.55 ± 0.59^b	4.58 ± 1.61^a	6.25 ± 2.40^a
蒸煮损失/%	22.64 ± 3.68^b	21.01 ± 5.18^b	31.44 ± 2.23^a	19.32 ± 4.09^b	23.19 ± 3.32^b	31.91 ± 5.99^a

2.5 不同形态牛肉肌原纤维特性比较

如图 2 所示, 热鲜肉的肌原纤维整齐致密; 冷鲜肉的肌原纤维束膜明显破裂, 排列较为疏松, 有明显缝隙; 冷冻肉肌原纤维束膜呈絮状松散状态, 肌原纤维束呈蜂窝状。由图 3 所示, 肌原纤维超微结构呈现规律的明暗相间的条纹, 但不同形态牛肉的肌节长度、明带和暗带宽度不同; 热鲜肉组有序均一, 明、暗带及 M 线、Z 线排列整齐, 清晰可见; 冷鲜肉组安格斯牛的肌原纤维明带和暗带变模糊, Z 线降解, 出现小片化现象, M 线变模糊, 而冷鲜肉荷斯坦牛明带和暗带明显比热鲜肉和冷冻肉组较宽、清晰可见,

Z 线和 M 线发生了微微弯曲和降解; 冷冻肉组肌原纤维的明、暗带模糊不清, 肌原纤维中 Z 线基本都发生了弯曲, 出现降解现象。

由表 5 所示, 3 种形态牛肉之间肌节长度存在显著差异 ($P < 0.05$); 安格斯牛冷鲜肉的肌节长度最大, 为 $1.99 \mu\text{m}$, 显著高于热鲜肉和冷冻肉 ($P < 0.05$); 荷斯坦牛中, 冷鲜肉组的肌节长度最大, 为 $2.13 \mu\text{m}$, 显著高于热鲜肉和冷冻肉 ($P < 0.05$), 热鲜肉的肌节长度为 $1.76 \mu\text{m}$, 显著高于冷冻肉 ($P < 0.05$)。本试验中, 各组肌节长度的变化与其剪切力指标的检测结果一致。



注: A1, A2 为安格斯牛热鲜肉; LA1, LA2 为安格斯牛冷鲜肉; DA1, DA2 为安格斯牛冷冻肉; H1, H2 为荷斯坦牛热鲜肉; LH1, LH2 为荷斯坦牛冷鲜肉; DH1, DH2 为荷斯坦牛冷冻肉。下同。

图 2 热鲜肉、冷鲜肉和冷冻牛肉的肌原纤维束显微结构 ($300 \times, 600 \times$)

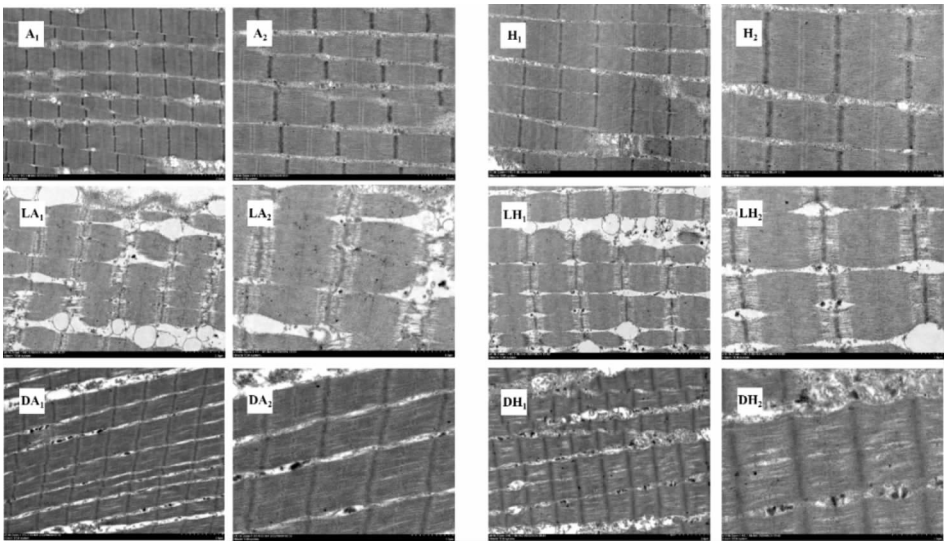


图 3 热鲜牛肉、冷鲜牛肉和冷冻牛肉的肌原纤维束超微结构(25000 × ,100000 ×)

表 5 热鲜牛肉、冷鲜牛肉和冷冻牛肉的肌原纤维特性比较

指标	安格斯牛			荷斯坦牛		
	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉	热鲜肉	冷鲜肉	冷冻肉
肌原纤维直径 /μm	0.71 ± 0.18	0.77 ± 0.19	0.85 ± 0.06	1.32 ± 0.35	1.03 ± 0.34	1.05 ± 0.27
肌原纤维密度 /(Numbers · mm ⁻²)	368.01 ± 79.45	521.80 ± 167.83	600.99 ± 241.92	419.69 ± 53.97	460.12 ± 150.10	624.74 ± 350.00
肌节长度 /μm	1.58 ± 0.04 ^b	1.99 ± 0.11 ^a	1.87 ± 0.55 ^{ab}	1.76 ± 0.04 ^b	2.13 ± 0.09 ^a	1.40 ± 0.39 ^c

3 讨 论

影响牛肉品质的因素很复杂,贯穿养殖到消费的每一个环节,包括遗传因素、营养因素、饲养管理方式、育肥期和出栏时间、宰前应激、屠宰方式、宰后处理和贮藏方式及烹饪方式等^[10]。其中宰后是否经过排酸处理或冷冻对牛肉品质具有显著的影响,据此可将市场上的牛肉产品大致分为热鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉三大类。研究表明,排酸处理能提高牛肉的食用品质和安全品质,且不同排酸时间和工艺对牛肉的食用品质有显著的影响^[19-20]。冷冻肉尽管保持了新鲜度和延长了肉品的货架期,但不可避免地因冷冻冰晶的形成对解冻后肉的持水力、色泽等品质产生较大的影响^[21]。而不经排酸或冷冻处理的热鲜肉,保水性和色泽较好,但品质保持期较短^[3]。本研究以 2 个牛品种为研究对象,发现 3 种宰后处理方式对牛肉营养品质、食用品质和微观结

构具有显著的影响。

牛肉的营养成分主要包括水分、蛋白质、脂肪、无机盐等。水分含量直接影响牛肉的颜色、多汁性等食用品质及加工储藏品质等^[22],蛋白质是肉品的最主要营养物质和基本构成之一,是肉品品质的决定性因素,脂肪含量影响嫩度、风味等食用品质。严诗慧等^[19]在湘南黄牛上的研究表明,排酸前后牛肉的营养成分之间无显著差异;许兰娇等^[23]在锦江牛上的研究表明,排酸牛肉的水分含量和蛋白质含量高于未排酸牛肉,脂肪含量低于未排酸牛肉,但差异均不显著。以上研究报道与本实验中热鲜肉和冷鲜肉的营养成分分析结果一致;此外,大量研究报道,冷冻和解冻引起肉品体积膨胀、干耗、冻结烧和重结晶等物理化学变化,改变了肉品中的水分分布和含量,进而导致肉品汁液流失^[21,24];支持本研究中冷冻肉水分含量显著低于热鲜肉的结果。肌肉中的水分主要有 3 种存在形态,一是存在于肌束间和肌纤

维中,与蛋白质分子结合的结合水,二是空间阻隔效应存在于肌束间和相邻肌纤维间隙中,不与蛋白质结合的不易流动水,三是存在于细胞外间隙,相对自由流动的自由水。冷冻不可避免的造成自由水的流失,同时冷冻过程中形成的冰晶破坏了肌肉组织的超微结构,也会造成不易流动水的流失,在该过程中冻结方式^[25]、冷冻温度^[26]、冷冻速率^[27]、解冻方式和速率^[28-29]对冰晶的尺寸和分布影响很大,也决定了肉品水分损失的程 度。但张玉卿等^[2]在西门塔尔牛上的研究表明,热鲜肉和冷鲜肉的蛋白质和脂肪含量均显著高于冷冻肉,但水分含量 3 种形态牛肉之间无显著差异,与本实验冷冻肉水分含量显著低于热鲜肉的结果不完全一致,这种差异可能由于牛品种、冷冻和解冻温度、速率及贮藏时间等综合因素不同所造成^[3]。

氨基酸及脂肪酸含量是牛肉营养品质的重要指标之一,能显著影响牛肉的营养价值、改善牛肉的风味口感,提高牛肉的食用价值,并对人体健康具有重要意义。肌肉氨基酸组成和含量反映蛋白质营养价值的主要因素,尤其是 EAA 含量,当 EAA 含量越高,牛肉的营养价值越高;此外,呈味氨基酸可使食物呈现鲜、酸、甜、苦、涩等味觉感受,形成食物丰富的味觉层次,其含量多少会直接影响食物的鲜美程度。研究表明,排酸处理过程中,在微生物和内源酶的作用下,肌原纤维蛋白发生水解,有助于促进游离氨基酸和脂肪酸的升高,增加牛肉中风味物质的种类和含量^[30-31];反之,在冻结和冻藏过程中,肉品的蛋白质易发生两种变性, α -螺旋结构的聚集以及非螺旋结构或球形结构多肽链的展开,导致蛋白质溶解度显著降低^[32]。因此,排酸肉比冷冻肉感官品质好,肉嫩多汁,滋味鲜美,营养价值大大提高^[33]。许多研究发现,热鲜肉和冷却肉在风味品质上存在明显不同,但报道结果不尽一致,这可能与畜禽品种、年龄、屠宰方式等复杂因素有关^[3]。Van Ba 等^[34]认为成熟过程可增加牛肉的风味物质;肖雄等^[35]研究表明,在僵直前期(宰后 1 h)和解僵初期(宰后 1 d),羊肉的关键风味物质种类和数量差异不显著,但解僵后期(宰后 3 d 和 5 d)关键风味物质的种类和数量明显降低。本研究发现,热鲜肉不仅氨基酸种类丰富、含量高,且甜味、芳香味、苦味等呈味氨基酸含量较为突出,说明处于僵直前期的热鲜牛肉具有较好的营养品质^[36-37]。

牛肉中脂肪酸是影响牛肉营养价值的重要因

素,尤其是 UFA 和 SFA 的合理比例成为近年来的热门研究课题。SFA 虽然有潜在的生理作用,但过量摄入增加了心血管疾病的潜在风险,特别是月桂酸和肉豆蔻酸具有显著的提升血脂的作用,但棕榈酸却可降低血液中胆固醇含量,人们提出用棕榈酸和油酸(C18: 1)代替膳食中的月桂酸、肉豆蔻酸,对于预防心血管疾病风险有益^[38]。UFA 分为 MUFA 和。以油酸(C18: 1)为代表的 MUFA 具有降低低密度脂蛋白胆固醇、降低甘油三酯熔点和促进其它脂肪酸吸收的积极作用,对于预防动脉硬化和降低心血管疾病风险具有重要意义^[39]。PUFA 具有多种生活活性,具有广泛的生物学功能,稳定质膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病、促进生长发育的重要作用^[39]。n-6/n-3 是评价肉品中脂肪酸营养价值的一个重要指标,世界卫生组织(world health organization, WHO)推荐的 n-6/n-3 适宜比例为(5 ~ 10): 1^[38-39];本研究中各组牛肉的 n-6/n-3 比例相对较高,长期食用应注意 n-3 系列 PUFA 的补充。本研究中,除荷斯坦牛冷冻肉中的十三碳酸(C13: 0)和 C20: 4 含量显著低于热鲜肉和冷鲜肉外,冷鲜肉组 C20: 2, C20: 3, n-6 含量显著低于热鲜肉和冷冻肉外,热鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉三组的其它 SFA 和 UFA 含量和组成比例无明显差异;排酸和冻结过程中肌肉表层的冰晶升华、汁液流失、质量丢失和脂肪氧化等现象可能是主要原因^[40]。

食用品质是影响牛肉商品价值的关键因素,包括色泽、嫩度、多汁性等。肉色是消费者对肉品的第一感官印象,直接影响消费者的购买意愿,肉色主要取决于肉品中肌红蛋白的含量和氧化还原状态,在贮藏、运输、加工和售卖过程,由于肌红蛋白易被氧化而导致肉品变色。肌红蛋白主要有 3 种形式,可以相互转化,脱氧肌红蛋白(Deoxymyoglobin, DeoMb)呈紫色,与氧结合后生成氧合肌红蛋白(Oxymyoglobin, OxyMb)呈鲜红色,DeoMb 和 OxyMb 均会被氧化为褐色的高铁肌红蛋白(Metmyoglobin, MetMb)^[41]。其中,DeoMb 和 MetMb 对肉色影响最为突出,消费者喜爱鲜红色,而不喜欢褐色。热鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉最大的区别在于肉品的贮藏温度和时间不同,直接影响其肌红蛋白含量和氧化程度,因此 3 种形态牛肉的色泽具有明显的差异。研究表明,贮藏温度可显著影响肉的色泽;在受控冰点(-0.8 ℃)贮藏的羊肉比 4 ℃贮藏的羊肉的肉色更稳

定^[42]; -1.5℃贮藏1周的羊肉比2℃条件下贮藏的羊肉的 a^* 值更高,肉色更稳定^[41];冻藏温度(-20、-40、-80℃)越高,鸡肉的 L^* 值越大, a^* 值下降越快^[43];这些研究说明,低温有助于抑制肌红蛋白的氧化,有效抑制MetMb的积累。冷鲜肉和冷冻肉 L^* 值较高,其原因还可能是由于屠宰后贮存过程中,肉品滴水损失不断增大,水分渗出所致^[40]。本研究中,热鲜肉 a^* 值和 b^* 值均较低,肉色偏深,这可能主要由于屠宰后短时间内肌肉中的DeoMb含量较高,而MetMb含量还尚低的缘故,而冷鲜肉和冷冻肉在冷却排酸过程中随着贮藏时间的延长,牛肉中的DeoMb氧化为OxyMb,同时脂质成分也有一定程度的氧化,所以整体色泽 a^* 值和 b^* 值均有所上升。该结果与肖雄^[35]的研究结果一致,羊肉在屠宰后1h~7d,DeoMb呈现由高到低逐渐下降的趋势,而OxyMb最初较低,第3天升高又逐渐下降,MetMb则随着贮存时间的延长逐渐升高。但冷冻肉因为冷冻贮藏时间的过度延长及冷冻、解冻措施,造成肌红蛋白含量和一些色素成分流失,色泽发生一定程度的变化,品质有所下降^[44]。

嫩度决定肉品的食用口感,其影响因素包肌肉收缩肌原纤维结构的变化、水分、脂肪和结缔组织含量、肌原蛋白水解程度等^[45]。剪切力是衡量肉的嫩度的直接指标,其数值越小,肉越嫩。热鲜肉僵直前肌肉中肌原纤维蛋白、肌动蛋白和肌球蛋白处于分离状态,肉质较为细嫩;而经历僵直、解僵成熟过程的冷鲜肉,在 Ca^{2+} 、钙激活酶及组织蛋白酶的作用下经历“成熟”过程,肌肉变软、嫩度和风味得以改善,同样具有较好的嫩度^[3]。但冻结过程,促进了肉样中冰晶的形成,减少了样品的可塑性,还会严重损坏肌肉肌管系统,使其捕获 Ca^{2+} 的能力下降,导致剪切力变大^[46]。本研究中,安格斯牛冷冻肉的剪切力显著高于热鲜肉,荷斯坦牛热鲜肉和冷冻肉的剪切力显著高于冷鲜肉,与前人研究结果一致。保水性是肌肉受外力作用时保持原有水分的能力,影响牛肉的多汁性及蒸煮损失。本研究发现,热鲜肉的加压失水率显著低于冷冻肉或/和冷鲜肉,而冷冻肉的蒸煮损失显著高于热鲜肉和冷鲜肉,这表明,热鲜肉和冷鲜肉的保水性较好,冷冻牛肉的保水性最差,该结果与3种形态牛肉的水分含量检测结果一致。肌肉组织细胞的结构完整性和蛋白质的空间结构决定了肉的保水性,冷冻肉的保水性等肉质特性很大程度上取决于冷冻过程中冰晶的大小和分布,

而冰晶的大小和分布又受冻结-解冻方式、速率、储存温度和控制^[25-29]。

肌肉的品质特性与肌原纤维直径、密度和肌节长度等肌原纤维特性密切相关,肌纤维越细,肌节长度越长,肌肉越嫩^[47]。本试验中,各组肌原纤维结构及肌节长度的变化与其剪切力指标的检测结果一致。冷鲜肉组的肌节长度显著高于热鲜肉组和(或)冷冻肉组,且出现Z线和M线扭曲降解等现象,说明本实验中4℃下48h贮存的牛肉已经进入了肌肉的成熟嫩化过程,其剪切力值也较低。热鲜肉处于僵直前期,肌肉出现一定的收缩,因此明带较细,肌节较短。冷冻肉在经过一段肌肉成熟过程的基础上,经历了冷冻和解冻过程,比冷鲜肉肌节长度有所变短,尤其是荷斯坦牛比较显著,这可能是由于冻结和解冻过程中,肌纤维发生一定的收缩,蛋白质去折叠和变形程度增强,蛋白溶解性和蛋白可提取性降低,剪切力变大^[45]。

4 结 论

本研究通过对安格斯牛和荷斯坦牛2个牛品种的热鲜肉、冷鲜肉和冷冻肉3种形态牛肉的测定分析,发现3种形态牛肉之间营养品质和食用品质存在一定的差异,热鲜肉和冷鲜肉营养成分保存较完整,呈现较好的食用品质。根据烹饪方法、饮食习惯及3种形态牛肉的特点,食用时可灵活合理的选择,未来还需要深入分析3种形态牛肉蛋白溶解性、蛋白变性程度、脂肪氧化程度等指标,研究3种形态牛肉尤其是热鲜肉品质形成与保持的机理,开展安全品质和加工特性研究等。

参考文献:

- [1] 曹兵海,张越杰,李俊雅,等. 2022年肉牛牦牛产业发展趋势与政策建议[J]. 中国畜牧杂志,2022,58(3):1-13.
- [2] 张玉卿,孙宝忠,郎玉苗,等. 不同形态牛肉食用品质和营养品质分析[J]. 肉类研究,2015,29(6):1-4.
- [3] 张德权,侯成立. 热鲜肉与冷却肉品质差异之管见[J]. 肉类研究,2020,34(5):83-90.
- [4] 黄彩燕,韩玲,余群力,等. 湿热地区不同贮藏温度对热鲜肉牛肉品质变化的影响[J]. 现代食品科技,2018,34(2):176-181.
- [5] 陈雪,罗欣,梁荣蓉,等. 不同冰温条件对长期贮藏牛肉品质和货架期的影响[J]. 农业工程学报,2019,35(23):305-311.
- [6] 陈清敏. 反复冻融牛肉品质变化评价技术的适用性研究[D]. 无锡:江南大学,2020:66-67.
- [7] 穆静,孙慧琳,查恩辉,等. 不同储藏条件对牛肉品质的影响[J]. 保鲜与加工,2022,22(7):21-30.

- [8] 王莹,李茜,朱迎春.不同贮藏条件下牛肉的理化性质及感官品质的对比分析[J].现代食品科技,2022,38(2):119-127.
- [9] 方瑶,谢天铎,郭渭,等.基于高光谱多参数的冷鲜牛肉品质快速检测技术[J].光谱学与光谱分析,2021,41(8):2572-2577.
- [10] 陈浩,王纯洁,斯木吉德,等.牛肉品质及其影响因素研究进展[J].动物营养学报,2021,33(2):669-678.
- [11] 国家标准化管理委员会,国家市场监督管理总局.畜禽屠宰操作规程 牛:GB/T 19477—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [12] 卫生部.食品中水分的测定:GB 5009.3—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13] 卫生部.食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [14] 卫生部.食品中脂肪的测定:GB 5009.6—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [15] 卫生部.食品中灰分的测定:GB 5009.4—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [16] 卫生部.食品中氨基酸的测定:GB 5009.124—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [17] 卫生部.食品中脂肪酸的测定:GB 5009.168—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [18] 薛盼盼,章海风,李旭,等.对三粉公驴不同部位肉品质的测定分析[J].食品科学,2021,42(22):276-282.
- [19] 严诗慧,郭谦,沈清武,等.排酸处理对湘南黄牛肉品质影响[J].湖南畜牧兽医,2020(4):47-50.
- [20] 舒一梅,郑翔,达小梅,等.不同排酸时间对凉山黄牛肉品质的影响[J].食品工业科技,2022,43(1):344-350.
- [21] CASTRO-GIRÁLDEZ M, BALAGUER N, HINAREJOS E, et al. Thermodynamic approach of meat freezing process[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 23: 138-145.
- [22] PEARCE K L, ROSENVOLD K, ANDERSEN H J, et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes: A review[J]. Meat Science, 2011, 89(2): 111-124.
- [23] 许兰娇,江浩筠,瞿明仁,等.排酸处理对锦江牛牛肉品质的影响研究[J].江西农业大学学报,2018,40(2):345-349.
- [24] HUFF-LONERGAN E, LONERGAN S M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes[J]. Meat Science, 2005, 71(1): 194-204.
- [25] SANUDO E M C, CAMPO M M, MEDEL I, et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display[J]. Meat Science, 2010, 84(4): 662-669.
- [26] OYER A, OZALP B, DALMIS U, et al. Effect of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat[J]. Food Chemistry, 2010, 120(4): 1025-1030.
- [27] FAROUK M M, WIELICZKO K J, MERTS I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef[J]. Meat Science, 2003, 66: 171-179.
- [28] 迟海,杨峰,杨宪时,等.不同解冻方式对南极磷虾品质的影响[J].现代食品科技,2011,27(11):1291-1295.
- [29] 刘著,罗敏,陈尔卫,等.鸡肉品质受解冻速率的影响分析[J].中国食品,2012(12):70-73.
- [30] WATANABE A, KAMADA G, IMANARI M, et al. Effect of ageing on volatile compounds in cooked beef[J]. Meat Science, 2015, 107: 12-19.
- [31] 牛珺,张丽,孙宝忠,等.西藏‘斯布’牦牛宰后成熟过程中挥发性风味物质差异分析[J].甘肃农业大学学报,2017,52(6):127-133.
- [32] LEYGONIE C, BRITZ T J, HOFFMAN L C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review[J]. Meat Science, 2012, 91(2): 93-98.
- [33] 麻海峰,常征,杨光辉.牛肉的营养价值及排酸、速冻工艺研究[J].农业科技与装备,2010(7):34-36.
- [34] VAN BA H, OLIVEROS C M, PARK K M, et al. Effect of marbling and chilled ageing on meat-quality traits, volatile compounds and sensory characteristics of beef Longissimus dorsi muscle[J]. Animal Production Science, 2016, 57(5): 981-992.
- [35] 肖雄.僵直前和解僵后羔羊肉品质分析[D].锦州:渤海大学,2019:15-16.
- [36] 陈建华.利用热鲜肉加工肉品的可行属性[J].食品科学,1996(10):21-25.
- [37] RAY E, BERRY B W, THOMAS J D. Influence of hot-boning, cooking and method of reheating on product attributes of lamb roast[J]. Journal of Food Protection, 1985, 48(5): 412-415.
- [38] MARGINĂ D, UNGURIANU A, PURDEL C, et al. Analysis of the intricate effects of polyunsaturated fatty acids and polyphenols on inflammatory pathways in health and disease[J]. Food and Chemical Toxicology, 2020, 143: 111558.
- [39] HARRIS W S. The omega-6: omega-3 ratio: A critical appraisal and possible successor[J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2018, 132: 34-40.
- [40] MUNGURE T E, BEKHIT AE-DA, BIRCH E J, et al. Effect of rigor temperature, ageing and display time on the meat quality and lipid oxidative stability of hot boned beef Semimembranosus muscle[J]. Meat Science, 2016, 114: 146-153.
- [41] ROSENVOLD K, WIKLUNDI E. Retail colour display life of chilled lamb as affected by processing conditions and storage temperature[J]. Meat Science, 2011, 88(3): 354-360.
- [42] LI X, ZHANG Y, LI Z, et al. The effect of temperature in the range of -0.8 to 4 °C on lamb meat color stability[J]. Meat Science, 2017, 134: 28-33.
- [43] 尚坤,陈金玉,张坤生,等.鸡胸肉冻藏温度下的理化和感官特性变化研究[J].食品研究与开发,2019,40(1):1-6.
- [44] HOLMAN B W, COOMBS C E, MORRIS S, et al. Effect of long term chilled (up to 5 weeks) then frozen (up to 12 months) storage at two different sub-zero holding temperatures on beef: 1. Meat quality and microbial loads[J]. Meat Science, 2017, 133: 133-142.
- [45] CHRISTENSEN M, ERTBJERG P, FAILLA S, et al. Relation-

- ship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds[J]. Meat Science, 2011, 87(1): 61-65.
- [46] LAGERSTEDT, ENF LT L, JOHANSSON L, et al. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. longissimus dorsi[J]. Meat Science, 2008, 80(2): 457-461.
- [47] BATTAGLIA C, VILELLAI G F, BERNARDO A P S, et al. Comparison of methods for measuring shear force and sarcomere length and their relationship with sensorial tenderness of longissimus muscle in beef[J]. Journal of Texture Studies, 2020, 51(2): 252-262.

Evaluation of Meat Quality in Fresh, Chilled and Frozen Beef from Angus and Holstein Cattle

ZHANG Ying-ying¹, ZHANG Min², TU Wei-long¹, HUANG Ji¹, WANG Hong-yang¹,
ZHENG Jian³, JIANG Lu-min³, CAO Wu-bo², LIU Wen-tao², TAN Yong-song¹ *

(1. Institute of Animal Husbandry & Veterinary Science, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106;

2. College of Animal Science and Technology, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang, Henan 464399;

3. Shanghai Zuoting Youyuan Enterprise Management Co., Ltd., Shanghai 200433)

Abstract: [Method] The nutritional compositions, physicochemical characteristics and microstructure of fresh, chilled and frozen beef from Angus cattle and Holstein dairy cattle were analyzed and compared with each other within the same breed. [Result] The results showed that there were some differences in meat quality, nutritional composition among the three groups within the same breed. Among these, the frozen beef had the lowest moisture and protein contents ($P < 0.05$). The content of sweet and aromatic amino acids was the highest in fresh beef and chilled beef in Angus cattle ($P < 0.05$), and the content of bitter amino acids was the highest in fresh beef from Holstein cattle ($P < 0.05$). The fresh beef and chilled beef had the highest contents of linoleic acid and arachidonic acid ($P < 0.05$), and the chilled beef had the lowest contents of arachidonic acid and eicosatrienoic acid ($P < 0.05$). The color of fresh meat was dark red, while the color of chilled beef and frozen meat was brighter and more yellowish ($P < 0.05$). The fresh Angus beef and chilled Holstein beef was the most tender among their corresponding groups ($P < 0.05$). The frozen beef had the lowest water retention ($P < 0.05$). The cross-sectional microstructure of fresh beef showed a compact arrangement, while the chilled beef and frozen beef tissues showed a honeycomb-like structure. The sarcomere length of the chilled fresh beef was the largest ($P < 0.05$). [Conclusion] This study showed that there were some differences in the meat quality of different beef samples in the same cattle breed and the fresh beef and chilled beef have better nutritional composition and organoleptic quality, which will provide a theoretical reference for consumers to select beef products and for the industries to process high-quality fresh beef.

Key words: beef; meat quality; nutrients; physicochemical properties; microstructure