

## 煮羊肉不同组织低温贮藏品质特性的变化

董阳阳, 阿衣古丽·阿力木, 张婷婷, 冯作山

### Changes of Quality Characteristics of Boiled Mutton During Low Temperature Storage

DONG Yangyang, AYGUL ALIM, ZHANG Tingting, and FENG Zuoshan

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021070378>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 真空包装对羊肉冰温贮藏品质的影响

Effect of Vacuum Packing on Ice-temperature Storage Quality of Mutton

食品工业科技. 2019, 40(20): 290–295

#### 低场核磁结合理化指标分析低温贮藏真空包装牦牛肉的品质

LF-NMR Combined with Physicochemical Indicators to Analyze the Quality of Vacuum Packed Yak Meat during Cold Storage

食品工业科技. 2019, 40(6): 31–36

#### 不同包装方式对捻转贮藏过程中品质变化的影响

Effect of different package manners on quality changes of nian zhuan during storage

食品工业科技. 2018, 39(7): 286–291

#### 微冻及真空包装对原汁整壳贻贝贮存期品质的影响

Effects of Partial Freezing and Vacuum Packaging on Storage Quality of Whole Shell Mussel with Original Juice

食品工业科技. 2020, 41(2): 267–272

#### 不同包装方式调理牛排在冰温贮藏过程中品质变化特点

Changes Characteristics in the Quality of Conditioning Steak in Different Packaging Methods During Ice-temperature Storage

食品工业科技. 2019, 40(8): 247–253

#### 两种模式贮藏过程中菠萝蜜质构特性及理化品质变化

Texture Characteristics and Physicochemical Quality Changes of Jackfruit Pulp during Storage in Two Modes

食品工业科技. 2020, 41(18): 272–279



关注微信公众号，获得更多资讯信息

董阳阳, 阿衣古丽·阿力木, 张婷婷, 等. 煮羊肉不同组织低温贮藏品质特性的变化 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 335–341. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070378

DONG Yangyang, Aygul ALIM, ZHANG Tingting, et al. Changes of Quality Characteristics of Boiled Mutton During Low Temperature Storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(6): 335–341. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070378

· 贮运保鲜 ·

# 煮羊肉不同组织低温贮藏品质特性的变化

董阳阳, 阿衣古丽·阿力木\*, 张婷婷, 冯作山

(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:**为了深入研究煮制羊肉不同组织在低温贮藏期间的品质变化特征,本实验以煮制羊肉的瘦肉,肥瘦相间和肥肉部分为主要原材料,采用真空包装的方式,对其在4℃或低温下贮藏28 d(每隔1周取一次样)期间的pH、质构特征、色差、挥发性盐基氮(Total Volatile Base Nitrogen, TVB-N)、菌落总体数量及其感官评价等相关指标的变化进行了研究。结果显示:在4℃下贮藏,熟制羊肉不同组织的pH变化相似,都是呈现先下降后上升的趋势;肥肉的质构特性都高于瘦肉和肥瘦相间肉的特性;在贮藏期间,羊肉不同组织的L\*值和a\*值都表现为逐渐减小的趋势( $P<0.05$ ),瘦肉的b\*值表现为增大的趋势( $P<0.05$ ),而肥瘦相间和肥肉都表现为减小的趋势( $P<0.05$ );羊肉三种不同组织的挥发性盐基氮(Total Volatile Base Nitrogen, TVB-N)和菌落总数的含量则一直处于增加的状态,肥肉的增加速度及数量高于瘦肉和肥瘦相间组织,它们的感官评价都呈现逐渐下降的趋势。并且在贮藏时间达到14 d时,羊肉的品质已经发生腐败现象。结果表明,在贮藏期间瘦肉组织的品质更好。

**关键词:**煮制羊肉, 低温贮藏, 真空包装, 理化性指标, 品质变化, 肥肉, 瘦肉

中图分类号:TS251.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2022)06-0335-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070378

本文网刊:



## Changes of Quality Characteristics of Boiled Mutton During Low Temperature Storage

DONG Yangyang, Aygul ALIM\*, ZHANG Tingting, FENG Zuoshan

(College of Food Science and Pharmaceutics, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In order to deeply study the quality change characteristics of different tissues of boiled mutton during low-temperature storage, the lean meat, fat lean phase and fat meat part of boiled mutton were used as the main raw materials. The changes of pH, texture characteristics, color difference, total volatile base-nitrogen (TVB-N), total number of colonies and sensory evaluation were studied during its storage at 4 °C or low temperature for 28 days (samples were taken every 1 week) by vacuum packaging. The results showed that the pH value of different tissues of cooked mutton decreased first and then increased when stored at 4 °C. The texture characteristics of fat meat were higher than those of lean meat and fat lean meat. During storage, the L\* value and a\* value of different tissues of mutton decreased gradually ( $P<0.05$ ), the b\* value of lean meat increased ( $P<0.05$ ), while the fat lean and fat meat decreased ( $P<0.05$ ). The contents of total volatile base-nitrogen (TVB-N) and total bacterial count in three different tissues of mutton had been increasing, and the increasing speed and quantity of fat meat were higher than that of lean meat and fat lean tissue, and their sensory evaluation showed a gradual downward trend. Moreover, the quality of mutton had deteriorated when the storage time reached 14 days. The results showed that the quality of lean meat tissue was better during storage.

**Key words:** boiled mutton; low temperature storage; vacuum packing; physical and chemical index; quality change; fat meat; lean meat

收稿日期: 2021-08-02

基金项目: 新疆自治区高校科研计划自然科学项目(XJEDU2021Y018)。

作者简介: 董阳阳(1996-),女,硕士研究生,研究方向:食品加工与安全,E-mail: 1125551901@qq.com。

\*通信作者: 阿衣古丽·阿力木(1985-),女,博士,讲师,研究方向:食品风味化学、食品加工,E-mail: aygulalim@sina.com。

羊肉因其鲜嫩、多汁、味美、胆固醇含量低而被广大消费者所喜爱,它不仅有丰富的蛋白质、脂肪,同时也包括维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 及各种矿物质,如钙、磷、铁、钾、碘等,营养十分全面<sup>[1]</sup>。传统中医学观点认为,羊肉品性干热,可以大大增加人身体内的热量<sup>[2]</sup>。由于我国人民日常生活条件不断改善,对羊肉的要求也在不断提高<sup>[3-4]</sup>。羊肉的贮藏一般采用低温贮藏的方式,可以在一定程度上减少细菌真菌的繁殖<sup>[5]</sup>。对熟制羊肉的不同组织在贮藏期间的品质变化进行研究,这可对进行羊肉产品进一步加工提供一些理论基础。

大量研究表明,在不同条件下,贮藏期羊肉品质会发生各种变化。任驰<sup>[6]</sup> 等研究了不同贮藏温度和时间对宰后羊肉蛋白磷酸化的影响,结果表明-1.5 ℃可抑制并延滞肌原纤维蛋白磷酸化;王守经等<sup>[7]</sup> 研究了不同涂膜处理对冷鲜羊肉贮藏品质的影响,结果显示 2% 壳聚糖乙酸溶液对冷鲜羊肉贮藏品质有明显改善作用;而 2% 的羧甲基纤维素和海藻酸钠溶液则对冷鲜羊肉贮藏品质没有改善作用。目前,大多数研究羊肉贮藏期间品质变化都是关于不同羊的种类或者不同贮藏条件下对生鲜羊肉的影响,而对于熟制羊肉在贮藏期间的变化研究的较少。本文将对同一种羊肉的瘦肉、肥瘦相间和肥肉部分在熟制情况下贮藏期间的各种品质变化进行研究,确定羊肉不同组织在贮藏期间各种品质的变化情况,为做羊肉加工品选择原材料提供一定理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

杜泊绵羊 年龄为 11~16 个月龄的公羊后腿肉(宰后 24 h 以内),购买于新疆乌鲁木齐友好超市;硼酸、氯化钠、亚甲基蓝 天津市致远化学试剂有限公司;95% 无水乙醇 天津永晟精细化工有限公司;甲基红 天津市化学试剂六厂三分厂;平板技术琼脂(Plate Count Agar, PCA) 青岛高科技工业园海博生物技术有限公司;氧化镁 河北镁神科技有限公司;硫酸 天津市鑫铂特化工有限公司;以上试剂均为分析纯。

C21-WH2106 美的电磁炉 美的电磁炉科技股份有限公司;真空包装机 温州丰年机械有限公司;CM-600D 色差计 柯尼达美能达办公系统(中国)有限公司;FE20/EL20 实验室 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;FW-100 高速万能粉碎机 北京市永光明医疗仪器有限公司;TA-XT2i 型质构仪 英国 BMS 有限公司;YP2002 电子天平 上海越平科学仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 原材料处理 选取同一只公绵羊的后腿部位的瘦肉,肥瘦相间(肥瘦比 1:1)以及肥肉部分,将其切成 2 cm×2 cm×2 cm 的小块,然后放入沸水中进行煮制,25 min 后捞出<sup>[8]</sup>,将煮好的羊肉自然冷却到室

温,再进行真空包装。本实验选用的是聚酯真空包装袋,真空包装袋规格为:13 cm×8 cm;真空参数为:真空度-0.1 MPa,真空时间 35 s,热封时间 2 s,排气时间 3 s。随后将样品进行微波杀菌,微波火力 20%,微波时间 5 s,微波杀菌两次,继而放在 4 ℃ 冰箱进行低温贮存。接下来再进行理化指标和微生物指标的检测。每隔 7 d 对样品各项指标进行检测一次,第 0 d 从煮后 24 h 内开始进行的。

1.2.2 pH 的测定 参考 GB 5009.237-2016《食品安全国家标准 食品 pH 的测定》<sup>[9]</sup>。设计了 3 个平行实验,取平均值作为结果。

1.2.3 质构特性的测定 将羊肉样品切成 3 cm×3 cm×2 cm 左右的肉块,然后将其放置在纹理分析仪上,沿垂直于肌纤维的方向进行检测,本实验主要采用 TPA 模式,并使用直径为 P/36r 的探头进行检测,测试距离为 20 mm,测前速度 1 mm/s,测后速度 1 mm/s,触发力为 5 g。测定了肉样的硬度(N)、黏聚性(mJ)、弹性(mm)和回复性。每组取 2 个不同位置进行测定,每组重复检测 3 个样品,结果取其平均值。

1.2.4 色差的测定 肉的色差可以利用色差仪和肉色板进行检测<sup>[10]</sup>。本实验使用便携式色差仪对羊肉进行色泽的测定,使用前先用白板进行校正,并保证样品与空气接触的时间都是相同的,实验设计 3 个平行,选取 3 点进行检测,取其平均值为结果。

1.2.5 挥发性盐基氮(TVB-N) 参考 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》<sup>[11]</sup>。半微量法测定挥发性氮是本实验所采用的方法<sup>[12]</sup>,先称取羊肉 20 g,用粉碎机搅碎成肉沫然后将其置于锥形瓶中,准确量取 100 mL 蒸馏水,不时摇动,将样品混合物浸泡 30 min,随后过滤,选取样品的过滤液来进行测定。实验设计 2 个平行,2 个重复,取其平均值作为结果。

1.2.6 菌落总数的测定 参考 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》<sup>[13]</sup>,将培养基放在 36±1 ℃ 培养箱中培养 48±2 h,实验结果用 CFU/g 来进行计数。

1.2.7 感官评价 根据卫晓怡等<sup>[14]</sup> 的感官评定法,选择 12 名经过专业训练的食品学院的学生(6 男 6 女),根据感官评分表 1 对贮藏期间的羊肉进行感官评定,满分 15 分。

### 1.3 数据处理

数据的处理利用 Excel 软件进行,进行显著性差异的分析用 SPSS 25 软件,绘图用 Origin 2018 软件进行,结果用“平均值±标准差”来表示,每组实验重复三次,结果取其平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 煮羊肉不同组织在贮藏期间 pH 的变化

肉的 pH 是衡量肉品质的重要指标之一<sup>[15]</sup>,它影响了肉的品质,其中包括肉的色泽、嫩度、风味和持

表 1 羊肉感官评分标准  
Table 1 Sensory evaluation standard of mutton

总分(分)	气味(5分)	色泽(5分)	组织状态(5分)
11~15	有煮羊肉的特殊风味,没有其他异味	羊肉颜色棕色,光泽一致光泽好	表面纤维纹路明显,弹性好,结构紧密,表面不发黏
6~10	有煮羊肉的特殊风味,但是味道不明显	羊肉颜色棕色过深或过浅,有光泽	表面纤维纹路较明显,弹性较好,结构较紧密,表面不发黏
0~5	煮羊肉特有的香味消失,并且略有异味	羊肉颜色棕色发暗,光泽消失	表面纤维纹路不明显,弹性较差,结构松散,表面发黏

水性。理论上认为,新鲜肉的 pH 为 5.6~6.2,次鲜肉的 pH 在 6.3~6.6 之间,变质肉的 pH 则超过 6.7<sup>[16]</sup>。如图 1 所示,在贮藏第 0 d 的时候羊肉瘦肉、肥瘦相间及肥肉部分都呈现新鲜状态, pH 分别为瘦肉 5.68、肥瘦相间 5.75 和肥肉 5.81。随着贮藏时间逐渐增加,羊肉的 pH 呈现下降趋势,这是因为肉类中的乳酸被糖类转化出来,使得肉类酸性增加,导致 pH 降低<sup>[17]</sup>,在贮藏到第 7 d 时羊肉瘦肉、肥瘦相间以及肥肉的 pH 都达到最低值,分别为 5.46、5.54 和 5.62,这是由于肉类 pH 降低到 5.5 左右就不会继续下降了<sup>[18]</sup>。随后,由于肌糖原被消耗,因此会产生游离糊精、葡萄糖和一些带有碱性基团物质,所以这又使得羊肉的 pH 有所升高<sup>[19]</sup>,当贮藏时间达到 14 d 左右时,羊肉不同组织的 pH 分别为瘦肉 6.31、肥瘦相间 6.39 和肥肉 6.48,此时羊肉不同组织的 pH 在 6.3~6.6 之间,所以这时的羊肉已经变为次鲜肉。随着贮藏达到 28 d 时,羊肉的 pH 达到瘦肉 6.76、肥瘦相间 6.87 和肥肉 6.95,超过了变质肉要求的 6.7,因此,羊肉已经变为变质肉。由图可以看出来,肥肉组织相对于瘦肉和肥瘦相间来说 pH 升高较多,变化更为明显。

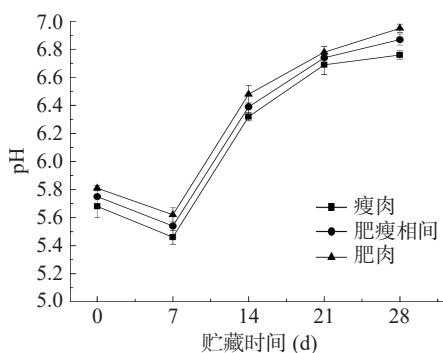


图 1 羊肉不同组织在贮藏期间 pH 的变化  
Fig.1 Changes in pH value in different tissues of mutton during storage

## 2.2 烹羊肉不同组织在贮藏期间质构特性的变化

2.2.1 烹羊肉不同组织在贮藏期间硬度的变化 对于大多数消费者来说,质地和嫩度是食品品质特征中最重要的因素<sup>[20]</sup>,肉类食用品质的首要物理指标是嫩度,它影响着肉的食用价值和商业价值。如图 2 所示,刚煮出来的羊肉硬度较大,分别为瘦肉 352.62 N、肥瘦相间 343.39 N 和肥肉 334.56 N,随着贮藏时间的延长,羊肉的硬度开始逐渐下降,在 21 d 时羊肉硬度下降速度最快,这是因为随着贮藏时间的延长,羊肉体内物质积累大量的微生物,导致羊肉组织一些

营养物质被分解,从而降低了羊肉的硬度<sup>[21]</sup>,由于肥肉本身脂肪含量较多,质地较软,所以肥肉的硬度随着贮藏时间的增加下降最为明显,在 28 d 时只有 172.84 N,低于瘦肉 198.56 N 和肥瘦相间 189.17 N。

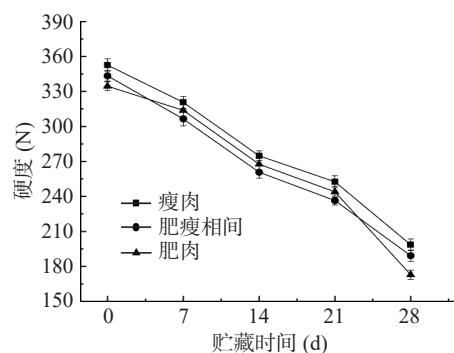


图 2 羊肉不同组织在贮藏期间硬度的变化  
Fig.2 Changes in hardness in different tissues of mutton during storage

2.2.2 烹羊肉不同组织在贮藏期间黏聚性的变化 黏聚性是食物抵抗咀嚼损伤并紧密连接,是一种为了保持食物完整的性质<sup>[22]</sup>。如图 3 所示,羊肉刚煮出来的时候,黏聚性分别为瘦肉 0.59 mJ、肥瘦相间 0.94 mJ 和肥肉 0.87 mJ,在贮藏时间达到第 7 d 时,肥瘦相间样品和肥肉都表现为先减小后增大,随后又减小的趋势,而瘦肉变化幅度不明显,样品整体都呈现减小的趋势,在 28 d 时达到最小,瘦肉、肥瘦相间以及肥肉分别为 0.53、0.43 和 0.56 mJ。

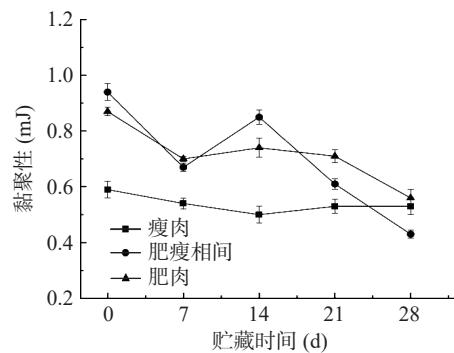


图 3 羊肉不同组织在贮藏期间黏聚性的变化  
Fig.3 Changes in cohesiveness in different tissues of mutton during storage

2.2.3 烹羊肉不同组织在贮藏期间弹性的变化 为了准确地判断肉的新鲜程度,测定肉的弹性具有着直观的指导意义。弹性表示物体在外力作用下发生形变,撤去外力后恢复原来状态的能力<sup>[23]</sup>。如图 4 所示,样品在刚煮出来的时候,弹性最大分别为瘦肉

0.77 mm、肥瘦相间 0.85 mm 以及肥肉 0.88 mm, 由于羊肉贮存时间的延长, 弹性逐步减小, 这是因为贮藏时间的延长, 生长了大量微生物, 使得肉变得腐败, 失去弹性。在第 7 d 到第 14 d 贮藏时候, 弹性最大幅度减少, 瘦肉、肥瘦相间及肥肉的弹性分别从 0.76、0.83 和 0.86 减少到 0.74、0.76 和 0.79 mm, 在第 28 d 时, 羊肉的弹性已经达到了最低, 分别为瘦肉 0.68 mm、肥瘦相间 0.63 mm 和肥肉 0.65 mm, 并且由图可以看出肥瘦相间的羊肉要低于其他两种样品。

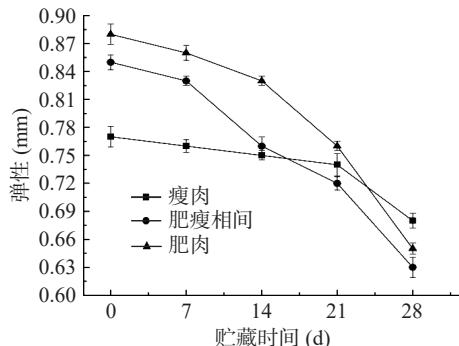


图 4 羊肉不同组织在贮藏期间弹性的变化  
Fig.4 Changes in elasticity in different tissues of mutton storage

#### 2.2.4 烹羊肉不同组织在贮藏期间回复性的变化

回复性又被称为回弹性, 是指食品在弹性变形过程中所储存的能量, 是变形样品在与变形相同的速度和压力下的恢复程度<sup>[24]</sup>, 由第一压缩周期而得等于 TPA 曲线中回弹曲线与横轴所包围的面积之比, 如图 5 所示, 羊肉在刚煮出来的时候, 回复性较大分别为瘦肉 0.52、肥瘦相间 0.49 和肥肉 0.47, 随着贮藏时间的延长, 羊肉中增长了许多微生物, 使的羊肉的质量降低, 因此羊肉的回复性逐渐下降, 在 28 d 时羊肉的回复性达到最低, 分别为瘦肉 0.22、肥瘦相间 0.31 和肥肉 0.15, 肥瘦相间的样品明显低于瘦肉和肥肉的样品, 3 组样品整体呈现下降趋势。

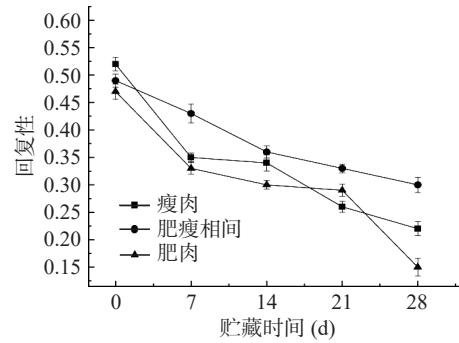


图 5 羊肉不同组织在贮藏期间回复性的变化  
Fig.5 Changes in recovery in different tissues of mutton during storage

#### 2.3 烹羊肉不同组织在贮藏期间色差的变化

肉的新鲜度一般可以通过肉的颜色来反映。肉越红越亮, 肉就越新鲜<sup>[25]</sup>。一般用  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值来表

示, 它是衡量新鲜肌肉颜色稳定性关键指标, 由于肌肉表面的纤维结构不同, 光散射特性也不同,  $L^*$  值也可能不同;  $a^*$  值的差异可能是由于肌红蛋白含量的差异所致;  $b^*$  值的差异性可能是高铁肌红蛋白含量差异<sup>[26]</sup>。如表 2 所示, 随着贮藏时间的延长, 样品的  $L^*$  值都逐渐下降从分别从刚煮出来的瘦肉 64.28、肥瘦相间 75.25 和肥肉 72.79 到 28 d 时的 58.53、57.90 和 71.64, 但在瘦肉贮藏初期差异不显著, 随着贮藏时间的延长, 差异显著( $P<0.05$ ), 肥瘦相间和肥肉贮藏初期都表现为差异显著( $P<0.05$ ), 这与 Karabagias 研究的结果相同<sup>[27]</sup>。如表 3 所示, 由于羊肉贮藏时间的不断增加, 羊肉的  $a^*$  值整体表现为逐渐下降的趋势分别从刚开始的瘦肉 9.31、肥瘦相间 6.79 和肥肉 4.72 减少到 6.62、5.68 和 1.64, 对于瘦肉来说,  $a^*$  值的差异在羊肉贮藏初期不明显, 但是随着羊肉贮藏时间的延长,  $a^*$  值差异显著( $P<0.05$ ); 对于肥瘦相间和肥肉的羊肉来说,  $a^*$  值在贮藏前期就表现为差异显著( $P<0.05$ )。如表 4 所示, 随着贮藏时间的增加, 瘦肉的  $b^*$  呈现逐渐增加的趋势, 从 7.58 增加到 10.65, 并且表现出显著性差异( $P<0.05$ ), 而肥瘦相间和肥肉随着贮藏时间的增加  $b^*$  值逐渐减小, 分别从 12.72 和 10.56 减少到 7.63 和 7.57, 在贮藏后期表现为差异显著( $P<0.05$ )。

表 2 羊肉不同组织在贮藏期间  $L^*$  值的变化  
Table 2 Changes in  $L^*$  value in different tissues of mutton during storage

贮藏时间(d)	瘦肉	肥瘦相间	肥肉
0	64.28±0.15 <sup>ab</sup>	75.25±0.17 <sup>a</sup>	72.79±0.17 <sup>b</sup>
7	62.92±1.77 <sup>b</sup>	66.10±0.13 <sup>c</sup>	65.61±0.48 <sup>d</sup>
14	65.35±0.42 <sup>a</sup>	69.59±0.07 <sup>b</sup>	79.41±0.28 <sup>a</sup>
21	63.56±0.12 <sup>b</sup>	59.28±0.35 <sup>d</sup>	73.41±0.33 <sup>b</sup>
28	58.53±0.11 <sup>c</sup>	57.90±0.11 <sup>c</sup>	71.64±0.38 <sup>c</sup>

注: 不同字母代表差异显著( $P<0.05$ ), 表3~表4同。

表 3 羊肉不同组织在贮藏期间  $a^*$  值的变化  
Table 3 Changes in  $a^*$  value in different tissues of mutton during storage

贮藏时间(d)	瘦肉	肥瘦相间	肥肉
0	9.31±0.41 <sup>a</sup>	6.79±0.16 <sup>a</sup>	4.72±0.24 <sup>c</sup>
7	9.56±0.32 <sup>a</sup>	6.70±0.32 <sup>a</sup>	7.54±0.37 <sup>a</sup>
14	8.55±0.38 <sup>b</sup>	5.33±0.36 <sup>b</sup>	6.04±0.98 <sup>b</sup>
21	7.69±0.75 <sup>c</sup>	5.72±0.31 <sup>b</sup>	4.93±0.50 <sup>c</sup>
28	6.62±0.29 <sup>d</sup>	5.68±0.14 <sup>b</sup>	1.64±0.37 <sup>d</sup>

表 4 羊肉不同组织在贮藏期间  $b^*$  值的变化  
Table 4 Changes in  $b^*$  value in different tissues of mutton during storage

贮藏时间(d)	瘦肉	肥瘦相间	肥肉
0	7.58±0.26 <sup>d</sup>	12.72±0.23 <sup>a</sup>	10.65±0.32 <sup>a</sup>
7	9.72±0.30 <sup>c</sup>	10.12±0.14 <sup>b</sup>	10.55±0.42 <sup>a</sup>
14	9.22±0.16 <sup>c</sup>	10.56±0.36 <sup>b</sup>	10.32±1.02 <sup>a</sup>
21	12.41±0.16 <sup>a</sup>	8.66±0.34 <sup>c</sup>	9.76±0.57 <sup>b</sup>
28	10.56±0.50 <sup>b</sup>	7.63±0.21 <sup>d</sup>	7.57±0.24 <sup>c</sup>

随着羊肉贮藏期的延长, 棕色铁血红蛋白被肌红蛋白所氧化出来, 因此羊肉颜色变暗<sup>[28]</sup>, 不仅如此, 羊肉品质的下降和 pH 的升高都不利于氧化肌红蛋白的形成。所以, 羊肉的  $L^*$  值和  $a^*$  值在贮藏结束时降低。

#### 2.4 烹羊肉不同组织挥发性盐基氮 (TVB-N) 的变化

挥发性碱性氮 (TVB-N) 是指在酶和细菌的作用下, 蛋白质分解, 产生含氮碱性物质, 例如: 氨、胺等, 这种物质具有强挥发性, 高含量等特点。氨基酸的破坏程度越高, 尤其是蛋氨酸和酪氨酸, 对样品的营养价值影响越大<sup>[29]</sup>, TVB-N 是反映肉类新鲜度的主要指标<sup>[30]</sup>。由国标可知, 一级鲜肉的 TVB-N 小于 10 mg/100 g; 次生鲜肉的 TVB-N 为 10~15 mg/100 g; 变质肉的 TVB-N > 15 mg/100 g。由图 6 可知, 随着羊肉贮藏时间的增加, 羊肉不同组织的挥发性全都呈现上升趋势, 当贮藏 14 d 时, 羊肉已呈现二级肉的标准, 分别为瘦肉 13.701 mg/100 g、肥瘦相间 12.091 mg/100 g、肥肉 14.81 mg/100 g, 在继续贮藏到 21 d 时, 羊肉已略变为变质肉, 分别为瘦肉 16.861 mg/100 g、肥瘦相间 15.261 mg/100 g、肥肉 16.35 mg/100 g, 当贮藏到 28 d 时, 羊肉已经变质, 挥发性盐基氮含量达到瘦肉 19.11 mg/100 g、肥瘦相间 18.53 mg/100 g 和肥肉 19.62 mg/100 g, 并且由图可知, 肥肉的变质程度略高。

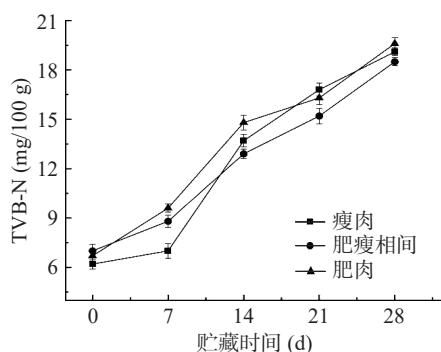


图 6 羊肉不同组织在贮藏期间 TVB-N 的变化

Fig.6 Changes in TVB-N in different tissues of mutton during storage

#### 2.5 烹羊肉不同组织菌落总数的变化

羊肉的菌落总数表明羊肉的污染程度, 菌落总数值越大, 说明样品被污染的情况越严重<sup>[31]</sup>。肉类中营养十分丰富, 为微生物提供了合适的生长场所, 因此可以通过检测其中的微生物来判断肉品是否发生腐败变质。如图 7 所示, 羊肉在刚煮出来时, 微生物数量为瘦肉 3.10 lg CFU/g、肥瘦相间 3.30 lg CFU/g 以及肥肉 3.50 lg CFU/g 均未超过国家标准一级值 4 lg CFU/g, 随着贮藏时间的增加, 微生物的数量逐渐增加, 在贮藏时间达到 21 d 时, 微生物数量达到瘦肉 6.20 lg CFU/g、肥瘦相间 6.50 lg CFU/g 以及肥肉 7.20 lg CFU/g, 已经超过国家腐败肉 6 lg CFU/g 的标准, 表示羊肉已经腐败, 由图可知, 肥肉的微生物数

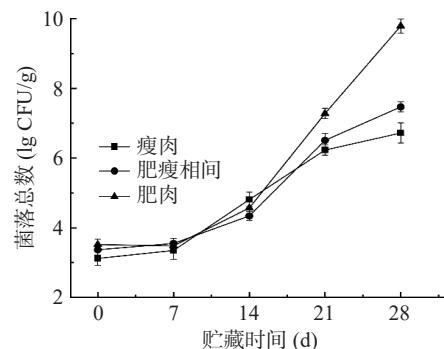


图 7 羊肉不同组织在贮藏期菌落总数的变化

Fig.7 Changes in total bacterial count in different tissues of mutton during storage

量远超过瘦肉和肥瘦相间的羊肉。

#### 2.6 烹羊肉不同组织感官评分的变化

食品感官评价可以快速准确地给出样品是否受到大众所接受的结果, 为食品安全检测和质量控制提供参考依据<sup>[32]</sup>。由图 8 可知, 通过气味、色泽以及组织状态对羊肉进行感官评价。在第 0 d 时, 羊肉色泽最好, 有光泽感, 有煮羊肉特有的香味, 感官评价分最高, 分别为瘦肉 15 分, 肥瘦相间 14 分和肥肉 14 分, 随着贮藏时间的增长, 羊肉的颜色、气味出现不同程度的下降, 感官评分也逐渐降低, 这是因为在贮藏期间, 由于微生物污染以及食品自身的污染, 导致样品各个感官指标也随之下降。在贮藏第 28 d 时, 羊肉特有的香味已经消失出现异味; 羊肉光泽已经不均匀, 已有较多的汁液渗出, 外表微粘手; 综合判定, 此时的感官品质已大幅下降, 不可被接受。

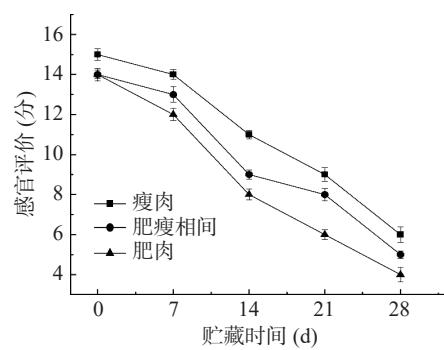


图 8 羊肉不同组织在贮藏期间感官评价的变化

Fig.8 Changes in sensory evaluation in different tissues of mutton during storage

#### 2.7 烹羊肉不同组织在低温贮藏期间各指标的相关性

由表 5 可知, 羊肉不同组织在低温贮藏期间它的 pH 与弹性、回复性、硬度、挥发性盐基氮、菌落总数和感官评价; 弹性与回复性、黏聚性、硬度、挥发性盐基氮、菌落总数和感官评价; 回复性与硬度、挥发性盐基氮、菌落总数和感官评价; 硬度与挥发性盐基氮、菌落总数和感官评价; 挥发性盐基氮与菌落总数和感官评价; 菌落总数和感官评价都互相关联 (在 0.01 级别(双尾)相关性显著)。回复性与黏聚

表 5 羊肉不同组织在低温贮藏期间各指标的相关性  
Table 5 Correlation of indexes in different tissues of mutton during low temperature storage

指标	pH	弹性	回复性	黏聚性	硬度	挥发性盐基氮	菌落总数	感官评价
PH	1							
弹性	-0.670**	1						
回复性	-0.734**	0.662**	1					
黏聚性	-0.291	0.753**	0.515*	1				
硬度	-0.874**	0.838**	0.877**	0.523*	1			
挥发性盐基氮	0.924**	-0.772**	-0.888**	-0.512	-0.968**	1		
菌落总数	0.808**	-0.795**	-0.839**	-0.470	-0.923**	0.890**	1	
感官评价	-0.922**	0.744**	0.867**	0.395	0.969**	-0.967**	-0.918**	1

注: \*\*表示在 0.01 级别(双尾), 相关性显著; \*表示在 0.05 级别(双尾), 相关性显著。

性; 黏聚性与硬度互相关(在 0.05 级别(双尾), 相关性显著)。pH 与弹性、回复性、硬度和感官评价; 弹性与挥发性盐基氮和菌落总数; 回复性、黏聚性和硬度与挥发性盐基氮和菌落总数; 挥发性盐基氮与感官评价以及感官评价与菌落总数成反比例关系, 其余特性之间都成正比例关系。

### 3 结论

本文研究了在 4 ℃ 的低温下, 通过真空包装, 煮羊肉的不同组织在贮藏期间的品质变化。通过本次实验可以发现: 羊肉瘦肉组织在贮藏时间的 pH、质构特征、色差、TVB-N、菌落总数及感官评价结果都好于羊肉的肥瘦相间和肥肉组织。其中, 羊肉的肥肉组织在贮藏期间的品质最差。并且当贮藏时间超过 14 d 时, 羊肉的不同组织都已开始发生腐败现象。实验结果对煮羊肉不同组织在贮藏期间新鲜度有一定的参考价值, 为后续进一步做羊肉产品也提供了一定的参考价值。

### 参考文献

- [1] 尤佩华, 潘桂华, 金银等. 四季吃羊肉, 健康全民族[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2016, 32(11): 10, 29. [YOU Peihua, PAN Guihua, JIN Yin, et al. Eating mutton in four seasons is healthy for the whole nation[J]. Chinese Animal Husbandry and Veterinary Abstracts, 2016, 32(11): 10, 29.]
- [2] 乌仁张嘎. 羊肉的营养价值分析及饲养管理水平对羊肉品质的影响[J]. 当代畜禽养殖业, 2017(2): 3-5. [Wurenzhangga. Analysis on the nutritional value of mutton and the impact of feeding management level on mutton quality[J]. Contemporary Livestock and Poultry Breeding Industry, 2017(2): 3-5.]
- [3] 董轩. 羊肉品质评价指标、影响因素及不同烹调方式对品质的影响[J]. 现代食品, 2020(23): 16-19. [DONG Xuan. Evaluation index, influencing factors and effects of different cooking methods on mutton quality[J]. Modern Food, 2020(23): 16-19.]
- [4] 宋蕊, 白羽嘉, 阿衣古丽·阿力木等. 响应面法优化新疆汤饭羊肉块工艺[J]. 食品科技, 2021, 46(1): 127-133. [SONG Rui, BAI Yujia, Ayguli ALIM, et al. Optimization of Xinjiang Tangfan mutton block process by response surface methodology[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(1): 127-133.]
- [5] 李俊丽, 张同刚, 张丽文, 等. 不同解冻温度对滩羊肉熟制后风味的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 137-142. [LI Junli, ZHANG Tonggang, ZHANG Liwen, et al. Effects of different thawing temperatures on the flavor of cooked Tan mutton[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 137-142.]
- [6] 任驰. 贮藏温度和时间对宰后羊肉蛋白质磷酸化的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019. [REN Chi. Effects of storage temperature and time on protein phosphorylation of postmortem mutton[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019.]
- [7] 王守经, 王维婷, 柳尧波, 等. 不同涂膜处理对冷鲜羊肉贮藏品质的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(2): 128-132. [WANG Shoujing, WANG Weiting, LIU Yaobo, et al. Effects of different coating treatments on storage quality of cold and fresh mutton[J]. Shandong Agricultural Science, 2018, 50(2): 128-132.]
- [8] 赛衣达木·达吾提江, 宋蕊, 玉素甫·库万. 羊肉预煮时间和杀菌条件的优化[J]. 现代食品, 2020(15): 110-113, 119. [Saiyidamu DAWTJ, SONG Rui, Yusufu KUWAN. Optimization of mutton precooking time and sterilization conditions[J]. Modern Food, 2020(15): 110-113, 119.]
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.237-2016. 食品安全国家标准食品 pH 值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health, PRC. GB 5009.237-2016. National food safety standard, determination of pH value of food[S]. Beijing: China Standards Press, 2016.]
- [10] 衣文正, 冯岗, 贾红亮, 等. 肉色测定过程中影响色差仪测量精度的因素分析[J]. 肉类工业, 2012(8): 36-39. [YI Wenzheng, FENG Gang, JIA Hongliang, et al. Analysis of factors affecting the measurement accuracy of color difference instrument in meat color measurement[J]. Meat Industry, 2012(8): 36-39.]
- [11] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.228-2016. 食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health, PRC. GB 5009.228-2016. National food safety standard, determination of volatile base nitrogen in food[S]. Beijing: China Standards Press, 2016.]
- [12] 张越, 宫田娇. 食品中挥发性盐基氮检测技术研究[J]. 现代食品, 2019(24): 188-189. [ZHANG Yue, GONG Tianjiao. Study on detection technology of volatile base nitrogen in food[J]. Modern Food, 2019(24): 188-189.]
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.2-2016 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health, PRC. GB 4789.2-2016 Microbiological examination of food determination of total bacterial count[S]. Beijing: China Standards Press, 2016.]

- Press, 2016.]
- [14] 卫晓怡, 张路遥, 崔琳琳. 以应用为本的“食品感官评价”课程教学改革研究[J]. 农产品加工, 2019(2): 89–91, 93. [WEI Xiaoyi, ZHANG Luyao, CUI Linlin. Research on teaching reform of “Food sensory evaluation” based on application[J]. Agricultural Products Processing, 2019(2): 89–91, 93.]
- [15] 牛建章, 闫忠心, 靳义超, 等. 蛋白质氧化对牦牛肉品质的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2019(49): 11–14, 31. [NIU Jianzhang, YAN Zhongxin, JIN Yichao, et al. Effect of protein oxidation on yak meat quality[J]. Qinghai Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019(49): 11–14, 31.]
- [16] 郁延军, 许伟, 赵雅娟, 等. 冷鲜肉品质评价指标的探讨[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 107–110. [JIA Yanjun, XU Wei, ZHAO Yajuan, et al. Discussion on quality evaluation indexes of cold and fresh meat[J]. Food Science, 2012, 33(21): 107–110.]
- [17] 杜曼婷, 李培迪, 李欣, 等. 冰温贮藏结合不同包装方式对羊肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(14): 324–328, 343. [DU Manting, LI Peidi, LI Xin, et al. Effects of ice temperature storage combined with different packaging methods on mutton quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(14): 324–328, 343.]
- [18] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [19] YL-AJOS M, RUUSUNEN M, PUOLANNE E. The significance of the activity of glycogen debranching enzyme in glycolysis in porcine and bovine muscles[J]. Meat Science, 2006, 72 (3): 532–538.
- [20] 张晓倾, 王晗, 高远, 等. 真空包装对羊肉冰温贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 290–295. [ZHANG Xiaoyu, WANG Han, GAO Yuan, et al. Effect of vacuum packaging on the ice temperature storage quality of mutton[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(20): 290–295.]
- [21] 刘纯友, 付春婷, 殷朝敏, 等. 低温贮藏过程中水牛肉质构特性变化[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 88–92. [LIU Chunyou, FU Chunting, YIN Chaomin, et al. Changes of texture characteristics of reclaimed beef during low temperature storage[J]. Food and Machinery, 2019, 35(10): 88–92.]
- [22] 刘龙龙, 张华, 梁成云. 腌制时间对辣白菜风味牛肉干质构特性及色泽的影响[J]. 延边大学农学学报, 2019, 41(2): 80–85. [LIU Longlong, ZHANG Hua, LIANG Chengyun. Effect of curing time on texture characteristics and color of spicy cabbage flavored beef jerky[J]. Journal of Agronomy of Yanbian University, 2019, 41(2): 80–85.]
- [23] 蒋予箭, 周雁. 肉类弹性测定方法的研究[J]. 食品科学, 2002(4): 99–102. [JIANG Yujian, ZHOU Yan. Study on the determination method of meat elasticity[J]. Food Science, 2002(4): 99–102.]
- [24] 陈军, 赵立, 郑春华. 前处理对 4 ℃ 贮藏条件下鲢鱼质构的影响[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 108–110. [CHEN Jun, ZHAO Li, ZHENG Chunhua. Effect of pretreatment on texture of silver carp stored at 4 ℃ [J]. Food Research and Development, 2013, 34(6): 108–110.]
- [25] 向延菊, 张振, 王伟华, 等. 包装材料对新疆喀什地区多浪羊肉贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(11): 184–187, 190. [XIANG Yanju, ZHANG Zhen, WANG Weihua, et al. Effects of packaging materials on the storage quality of Duolang mutton in Kashgar, Xinjiang[J]. Anhui Agricultural Science, 2019, 47(11): 184–187, 190.]
- [26] 刘颜, 周颖, 贾永京, 等. 安徽白山羊肉品质及其低温加工特性[J]. 食品与发酵工业, 2021(6): 1–11. [LIU Yan, ZHOU Ying, JIA Yongjing, et al. Anhui white goat meat quality and its low temperature processing characteristics[J]. Food and Fermentation Industry, 2021(6): 1–11.]
- [27] KARABAGIAS I, BADEKA A, KONTOMINAS M G. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 109–116.
- [28] BELLÉS M, ALONSO V, RONCALÉS P, et al. The combined effects of superchilling and packaging on the shelf life of lamb[J]. Meat Science, 2017, 133: 126–132.
- [29] 潘晓倩, 赵燕, 张顺亮, 等. 新鲜牛肉冷藏过程中挥发性成分的变化[J]. 肉类研究, 2016, 30(3): 15–19. [PAN Xiaoqian, ZHAO Yan, ZHANG Shunliang, et al. Changes of volatile components in fresh beef during cold storage[J]. Meat Research, 2016, 30(3): 15–19.]
- [30] RUIZ-CAPILLAS C, MORALI A. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index[J]. European Food Research and Technology, 2001, 212(3): 302–307.
- [31] 张红梅, 哈斯其木格. 不同贮藏温度对羊肉品质影响实验[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(20): 20–22, 66. [ZHANG Hongmei, Hasqimuge. Effects of different storage temperatures on mutton quality[J]. Food Research and Development, 2015, 36(20): 20–22, 66.]
- [32] 王宁, 姜金岐, 陈鹤月. 食品感官评价的作用及与方法概述[J]. 农业科技与装备, 2020(6): 63–64. [WANG Ning, JIANG Jinqi, CHEN Heyue. Overview of functions and methods of food sensory evaluation[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2020(6): 63–64.]