

食品贮藏加工与包装专题

## 低温贮藏下分割牛肉品质变化的牛肉包装

刘满顺, 赵璐, 刘永峰, 高天丽, 赵晶, 张兰  
(陕西师范大学, 西安 710119)

**摘要:** **目的** 探究贮藏温度对分割牛肉品质的影响, 提出适合不同级别牛肉的包装方式和贮藏条件。**方法** 通过对上脑、牛前、牛前柳、胸肉、牛腩、臀肉和米龙等 7 个不同部位的分割牛肉在冻藏和冷藏条件下的 pH 值、牛肉色泽、水分、粗蛋白、脂肪酸和硬度的测定, 得到不同部位分割牛肉本身的品质差异和贮藏温度对牛肉品质的影响, 据此提出适用于分割牛肉的包装方式和贮藏条件。**结果** 不同部位分割牛肉的品质差异显著( $P < 0.05$ ), 且贮藏温度对牛肉 pH 值、 $a^*$  值、水分含量影响显著( $P < 0.05$ ), 但对牛肉  $L^*$  值、 $b^*$  值、硬度和脂肪酸含量无影响( $P > 0.05$ ); 冻藏分割牛肉的  $a^*$  值、粗蛋白含量显著高于冷藏牛肉( $P < 0.05$ ), 而冷藏牛肉水分含量高于冻藏牛肉( $P < 0.05$ )。**结论** 提出了针对不同级别的分割牛肉包装和贮藏条件。建议对上脑进行气调包装, 对米龙采用高阻材料进行真空包装, 对臀肉和胸肉采用阻隔性一般的材料进行真空包装, 三者经包装后冷藏; 对牛前、牛腩和牛前柳在常规冻藏前建议用保鲜膜或热收缩膜进行包装。

**关键词:** 分割牛肉; 低温贮藏; 牛肉品质; 包装

**中图分类号:** TB489; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0001-05

## Beef Package Based on Cut Beef Quality Changes in Cold Storage

LIU Man-shun, ZHAO Lu, LIU Yong-feng, GAO Tian-li, ZHAO Jing, ZHANG Lan  
(Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

**ABSTRACT:** The work aims to propose package types and storage conditions for different grades of beef by studying the influence of storage temperature on cut beef quality. The quality difference of various parts of cut beef and the effect of storage temperature on beef quality were obtained by measuring the pH value, beef color, water content, crude protein, fatty acids and hardness of the cut beef from 7 different parts (high brain, beef neck, triangle meat, sirloin, brisket, rump and topside) in frozen storage and cold storage. Based on that, the package types and storage conditions suitable for cut beef were put forward. The results showed that the quality of various parts of beef was of obvious difference ( $P < 0.05$ ). Additionally, the storage temperature had a significant influence on pH value,  $a^*$  value and water content of beef ( $P < 0.05$ ), but it had no effect on  $L^*$  value,  $b^*$  value, hardness and beef fatty acid ( $P > 0.05$ ); the  $a^*$  value and crude protein content of frozen cut beef were significantly higher than those of the beef in cold storage ( $P < 0.05$ ), but water content of cut beef in cold storage was higher than the frozen beef ( $P < 0.05$ ). In conclusion, packages and storage conditions for different grades of cut beef are proposed. It is recommended to use air-conditioned package for high brain, high-barrier material for vacuum package of topside, and general-barrier material for vacuum package of sirloin and rump. After packaged, high brain, topside and sirloin and rump are in cold storage. Before conventional frozen storage, it is recommended to package beef neck, brisket and triangle meat with fresh-keeping film or thermal shrinkage film.

**KEY WORDS:** cut beef; cold storage; beef quality; package

收稿日期: 2017-03-15

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划(2016KTCL02-36); 中央高校基本科研业务费专项(GK201502008)

作者简介: 刘满顺(1992—), 女, 陕西师范大学硕士生, 主攻畜产品科学。

通讯作者: 刘永峰(1981—), 男, 博士, 陕西师范大学副教授, 主要研究方向为畜产品科学与营养。

牛肉是消费者青睐的动物性食品。在国内,牛肉的消费量仅次于猪肉<sup>[1]</sup>。冻藏是最常见的肉品低温贮藏方式,然而冷鲜肉的出现使得冷藏逐渐成为肉品的重要贮藏方式<sup>[2]</sup>。

分割牛肉是按照相应标准对牛胴体切块分割后的牛肉,在胴体切块分割的基础上,将牛肉分为高档、中档和一般3个级别,然而由于冻藏不利于牛肉水分的保持和颜色的稳定,冷藏牛肉货架期又相对较短<sup>[2-5]</sup>,如何针对不同等级、不同部位的牛肉选择适宜有效的包装贮藏方式,是牛肉产业急需解决的问题。文中试验以不同低温贮藏下的分割牛肉为研究对象,分析不同低温贮藏方式对分割牛肉品质的影响,并比较不同贮藏方式下牛肉的品质优劣,提出改善牛肉品质的包装措施,以此指导分割牛肉的贮藏及包装,为不同级别分割牛肉的贮藏保鲜提供参考和理论依据。

## 1 实验

### 1.1 原料

试验原料由西北农林科技大学秦川牛养殖场提供,按照秦川牛胴体分割规范(DB61/T 354.15—2004),分别选取1头秦川牛的上脑、胸肉、臀肉、米龙、牛腩、牛前柳和牛前,用冰盒带回实验室。

### 1.2 试剂与仪器

主要试剂:37种脂肪酸甲酯混标,美国Sigma公司;色谱级三氟化硼甲醇溶液,美国Sigma公司;色谱级甲醇、正己烷,天津市科密欧化学试剂有限公司;优级纯盐酸,天津市科密欧化学试剂有限公司;氯化钾、氯化钠等化学试剂均为分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司。

主要仪器:QP2010气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司;TA.XT.Plus质构仪,英国stable micro system公司;NS800分光测色仪,深圳三恩驰科技有限公司;雷磁E-201F型pH计,上海雷磁仪器厂;Kjeltec 2300全自动凯氏定氮仪,瑞典Foss公司;RE-52AA旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;JA2003N型电子天平,上海精密仪器有限公司;GDX-9073B-1型电热鼓风干燥箱,上海福玛实验设备有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 肉样前处理

将采回的牛肉剔除表面筋膜、脂肪及结缔组织后分别置于冰箱冷藏室(2~4℃)和冻藏室(-18~-15℃)贮藏1d。然后将冻藏的不同分割部位牛肉在冰箱冷藏室中缓慢解冻12h,将解冻后的牛肉和冷藏的牛肉分割为1cm×1cm×3cm的块状,每个部位选取5~7块来测定相应肉块的理化指标。

#### 1.3.2 肉样理化指标测定方法

1)牛肉pH值测定。参照巴什拜羊肉pH值测定的方法进行<sup>[6]</sup>,每个样品平行测定4次。

2)肉色测定。利用便携式分光测色仪进行肉色的测定,记录肉样的 $L^*$ 值(亮度)、 $a^*$ 值(红度)、 $b^*$ 值(黄度),每组样品进行3次平行实验。

3)水分测定。参照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品水分含量测定》中的直接干燥法。

4)牛肉粗蛋白含量测定。采用半微量凯氏定氮法,取每个部位的肉样1g于消化管中,加入CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O和K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>质量比为8:70的试剂7g,再加入10mL浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>置于420℃消化1h。消化完成后用全自动凯氏定氮仪测定牛肉粗蛋白含量。

5)硬度测定。用质构仪TPA模式测定牛肉的硬度,平行测定样品5~7次。TPA模式下的探头为P/36R,测试前、测试中、测试后速度均为1mm/s,应变为80%,触发模式为自动力,触发力为50N,2次压缩间隔时间为5s。

6)脂肪酸测定。提取的牛肉脂肪经甲酯化后用气相色谱联用仪测定脂肪酸。脂肪提取参照Folch的方法<sup>[7]</sup>,取肉浆(3±0.005)g置于具塞锥形瓶中,加入60mL氯仿-甲醇溶液(体积比为2:1)搅拌均匀。将盛有样品的具塞锥形瓶与冷凝回流管连接后,置于40℃水浴浸提30min。浸提完后,取下锥形瓶,并加入15mL饱和氯化钠溶液充分搅拌,静置待溶液分层。分层后,取下层溶液,加入圆底烧瓶中,40℃下旋转蒸发,使溶剂和粗脂肪分离,得到脂肪粗提物,备用。脂肪甲酯化按照GB/T 17376—2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》中的三氟化硼法进行。脂肪酸以外标法进行定量,脂肪酸定性参考37种脂肪酸甲酯的保留时间、质谱库检索以及人工手动检索。

7)GC-MS参数设置。GC色谱柱选择Rtx-5MS-1(30m×0.25mm×0.25μm)。柱温升温程序从120℃开始,先以7℃/min升至250℃,再以8℃/min升至310℃,保持5min,汽化室温度为260℃,进样量为1μL,柱前压强为120kPa。载气选择高纯度氦气(体积分数为99.999%),柱内载气流量为1.48mL/min,进样方式选择不分流。MS离子源为电子轰击源,离子源温度为200℃,接口温度为300℃,电子能量为70eV,倍增器电压为0.2kV,溶剂延迟3.5min,质量扫描范围为50~600Hz。

### 1.4 数据处理

试验所得数据均采用SPSS 21.0中的Duncan方法进行显著性方差分析,结果以平均值±标准差来表示。

## 2 低温贮藏对分割牛肉品质的影响

### 2.1 pH值

pH值是反映肉品质的重要指标。冻藏和冷藏下

不同部位分割牛肉 pH 值见图 1。低温贮藏下，不同部位牛肉的 pH 值在 5.47~6.45，且在冻藏条件下比在冷藏条件下的牛肉 pH 值更高。冻藏和冷藏的分割牛肉 pH 值的大小顺序为牛前>上脑>牛前柳>牛腩>胸肉>臀肉>米龙。冻藏的牛前和牛腩的 pH 值显著高于冷藏的 pH 值( $P<0.01$ )，而冻藏和冷藏对其他 5 个部位的 pH 值影响不显著( $P>0.05$ )。宰后肌肉的无氧呼吸产生乳酸导致肌肉 pH 值下降<sup>[8]</sup>，冷藏条件下肌肉无氧呼吸促使酶活力高于冻藏，因此冷藏牛肉的 pH 值低于冻藏牛肉。此外，不同部位的肌肉呼吸酶活性差异也是牛肉 pH 值产生差异的重要原因<sup>[9]</sup>。

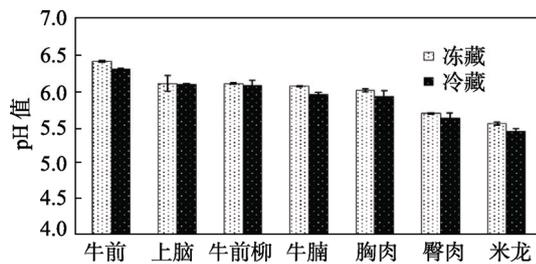


图 1 低温贮藏下分割牛肉 pH 值  
Fig.1 pH of split beef in cold storage

## 2.2 肉色

冻藏和冷藏条件下分割牛肉肉色分别见表 1。 $L^*$  值越大，说明牛肉的色泽越鲜亮。由表 1 可知，冻藏条件下牛肉的亮度大小顺序为胸肉>牛腩>牛前柳>上脑>牛前>臀肉>米龙，冷藏条件下的顺序为胸肉>牛腩>牛前柳>上脑>臀肉>牛前>米龙，且胸肉的亮度显著高于牛前柳、上脑、牛前、臀肉和米龙( $P<0.05$ )。牛前柳、上脑、牛前之间差异显著( $P<0.05$ )，臀肉和米龙之间无显著差异( $P>0.05$ )。然而，冻藏和冷藏对同一部位牛肉的  $L^*$  值无显著影响( $P>0.05$ )。

$a^*$  值是消费者评价肉新鲜与否的重要依据， $a^*$  值越大，说明肉的颜色越红。从表 1 可得，冻藏条件下分割牛肉  $a^*$  值的大小顺序为米龙>牛前>上脑>胸肉>臀肉>牛前柳>牛腩，米龙和牛前的  $a^*$  值高于其他部位 ( $P<0.05$ )。此外，冻藏条件下肉块的  $a^*$  值较冷藏条件下的  $a^*$  值大，这说明贮藏温度对牛肉红度影响较大。

冻藏和冷藏条件下牛前的  $b^*$  值最低，其他部位牛肉的  $b^*$  值无显著差异。冻藏和冷藏对牛肉  $b^*$  值无显著差异( $P>0.05$ )。

## 2.3 水分

水分含量是肉品质测定的一个重要指标。低温贮藏下分割牛肉的水分含量见图 2，结果显示，牛肉中水分质量分数在 71%~77%，冻藏和冷藏条件下各部位肉块的含水量从高到低依次为米龙>胸肉>牛前柳>上脑>牛腩>牛前>臀肉。通过 2 种低温贮藏方式下同一部位牛肉含水量的比较可知，米龙、牛腩、牛前的水分含量在 2 种低温贮藏方式下差异显著( $P<0.05$ )，

表 1 冻藏条件下分割牛肉色泽测定结果  
Tab.1 Results for the color of cut beef at frozen storage conditions

条件	部位	$L^*$	$a^*$	$b^*$
冻藏	上脑	35.89±0.45 <sup>b</sup>	19.67±0.25 <sup>b</sup>	8.22±0.33 <sup>a</sup>
	牛前	33.59±1.05 <sup>c</sup>	21.64±0.37 <sup>a</sup>	6.06±0.25 <sup>b</sup>
	牛前柳	37.28±0.86 <sup>b</sup>	18.72±0.21 <sup>c</sup>	7.28±0.18 <sup>a</sup>
	胸肉	46.39±1.77 <sup>a</sup>	19.48±0.38 <sup>bc</sup>	8.08±0.45 <sup>a</sup>
	牛腩	44.98±0.14 <sup>a</sup>	17.36±0.16 <sup>d</sup>	8.10±0.33 <sup>a</sup>
	臀肉	33.51±0.49 <sup>c</sup>	19.46±0.41 <sup>bc</sup>	7.54±0.20 <sup>a</sup>
	米龙	31.70±1.01 <sup>c</sup>	21.90±0.86 <sup>a</sup>	7.58±0.15 <sup>a</sup>
冷藏	上脑	35.09±0.31 <sup>c</sup>	18.54±0.14 <sup>bc</sup>	8.30±0.47 <sup>a</sup>
	牛前	33.77±0.37 <sup>d</sup>	19.08±0.60 <sup>ab</sup>	6.55±0.51 <sup>b</sup>
	牛前柳	36.31±0.48 <sup>b</sup>	17.96±0.50 <sup>c</sup>	7.57±0.31 <sup>a</sup>
	胸肉	45.29±0.42 <sup>a</sup>	18.29±0.48 <sup>c</sup>	8.14±0.38 <sup>a</sup>
	牛腩	44.65±0.16 <sup>a</sup>	16.26±0.21 <sup>d</sup>	8.17±0.24 <sup>a</sup>
	臀肉	34.12±0.28 <sup>de</sup>	18.11±0.11 <sup>c</sup>	7.90±0.21 <sup>a</sup>
	米龙	33.13±1.02 <sup>e</sup>	19.45±0.09 <sup>a</sup>	7.97±0.53 <sup>a</sup>

注：同一列的数值上标有不同小写字母，表示差异显著( $P<0.05$ )。

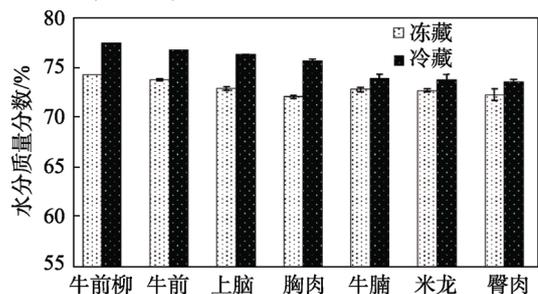


图 2 低温贮藏下分割牛肉的水分含量

Fig.2 Water content of cut beef at cold storage

其他 4 个部位在冷藏和冻藏条件下的测量值差异极显著( $P<0.01$ )，且冷藏条件下的牛肉水分含量均显著高于冻藏条件下肉块的含水量( $P<0.05$ )。

## 2.4 粗蛋白含量

牛肉中所含粗蛋白的质量分数测定结果见图 3，由图 3 可知，不同部位牛肉其粗蛋白含量明显不同。冷藏条件下的牛肉其粗蛋白的含量大小依次为米龙>胸肉>臀肉>牛腩>牛前>上脑>牛前柳。冻藏条件下各部位牛肉粗蛋白的含量的大小顺序基本与冷藏条件下一致，但冻藏的牛前柳的粗蛋白含量显著低于牛前和牛腩( $P<0.05$ )。另外，冻藏条件下各部位牛肉粗蛋白含量均高于冷藏条件下的测定值( $P<0.05$ )。这可能是由于低温贮藏过程中，二硫键、氢键和疏水键的形成会造成蛋白聚集，从而降低其盐溶性，引起肌肉蛋白的溶解性降低，并且贮藏温度越高，蛋白溶解性损失越快，进而导致冻藏和冷藏条件下粗蛋白含量有所差异。

## 2.5 硬度

分割牛肉硬度测定结果见图 4，由图 4 可知，分

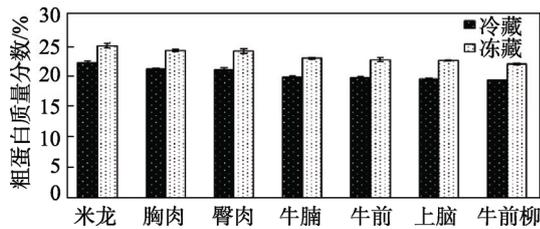


图3 低温贮藏下分割牛肉的粗蛋白含量

Fig.3 Crude protein content of cut beef at cold storage

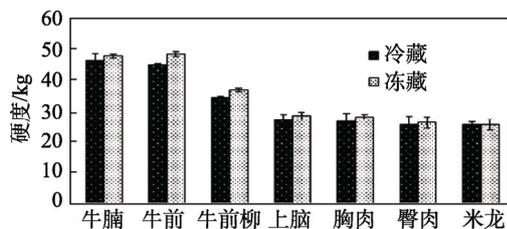


图4 低温贮藏下分割牛肉的硬度

Fig.4 Hardness of split beef at cold storage

割牛肉在冻藏或冷藏时,不同分割部位牛肉的硬度差异显著( $P<0.05$ ),其硬度大小顺序为牛腩>牛前>牛前柳>上脑>胸肉>臀肉>米龙。另外,米龙、胸肉、臀肉、牛腩和上脑的硬度在冻藏和冷藏下无显著差异( $P>0.05$ ),而冻藏的牛前和牛前柳的硬度高于其在冷藏下肉块的硬度。

## 2.6 脂肪酸

低温贮藏下分割牛肉脂肪酸测定结果见图5。文中试验检测出14种脂肪酸,其中饱和脂肪酸5种,单不饱和脂肪酸4种,多不饱和脂肪酸5种。其中棕榈酸  $C_{16:0}$ 、硬脂酸  $C_{18:0}$ 、油酸  $C_{18:1 cis-9}$ 、亚油酸  $C_{18:2 cis-9,12}$  是牛肉中脂肪酸的主要成分,这4种脂肪酸的含量也远高于其他脂肪酸。

牛肉中饱和脂肪酸(SFA)主要包括  $C_{14:0}$ 、 $C_{15:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{17:0}$ 、 $C_{18:0}$  等,冷藏和冻藏条件下饱和脂肪酸的含量高低依次为胸肉>臀肉>米龙>上脑>牛前柳>牛腩>牛前,不同分割部位牛肉的饱和脂肪含量和种类存在一定差异( $P<0.05$ ),总体而言,分割牛肉饱和脂肪酸  $C_{16:0}$  与  $C_{18:0}$  的含量较高。冻藏和冷藏对分割牛肉 SFA 含量影响不显著( $P>0.05$ )。

牛肉中单不饱和脂肪酸(MUFA)主要包括  $C_{16:1 cis-9}$ 、 $C_{17:1 cis-10}$ 、 $C_{18:1 cis-9}$ 、 $C_{18:1 trans-9}$ 。冷藏和冷冻条件下单不饱和脂肪酸含量的高低依次为胸肉>臀肉>米龙>牛腩>牛前柳>上脑>牛前;牛肉中含量最多的 MUFA 是  $C_{18:1 cis-9}$ ,其质量约占 MUFA 质量的 85% 以上,其次是  $C_{16:1 cis-9}$ ,其他的 MUFA 含量都非常低。

牛肉中多不饱和脂肪酸(PUFA)主要包括  $C_{18:2 cis-9,12}$ 、 $C_{20:4 cis-5,8,11,14}$ 、 $C_{20:5 cis-5,8,11,14,17}$ 、 $C_{20:3 cis-8,11,14}$ 、 $C_{22:6 cis-4,7,10,13,16,19}$ 。低温贮藏下牛肉中多不饱和脂肪酸含量高低依次为臀肉>上脑>牛前柳>米龙>牛腩>胸肉>牛前,且冻藏和冷藏条件下脂肪酸

的种类和含量没有差异( $P<0.05$ )。另外,结果也表明  $C_{18:2 cis-9,12}$ 、花生四烯酸和 EPA 是含量较多的 PUFA。秦川牛不同部位肌内脂肪酸组成结构基本相似,不饱和脂肪酸质量占总脂肪酸的质量分数在 39%~44%之间。

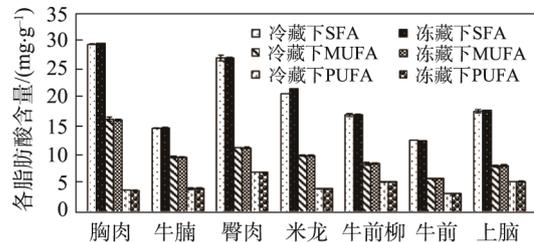


图5 低温贮藏下分割牛肉脂肪酸的测定结果

Fig.5 Result for fatty acid of cut beef at cold storage

## 3 分割牛肉贮藏和包装建议

胴体分割是肉品质和价格分级的重要途径。通过对分割后的秦川牛肉品质分析得知,上脑属于高档牛肉;米龙、臀肉和胸肉为中档牛肉;牛前、牛腩和牛前柳属于一般档次的牛肉<sup>[10]</sup>。为实现优质优价,有必要根据冷藏和冻藏对分割牛肉品质的影响选择适当的包装和贮藏方式。

肉贮藏和包装的目的在于保持肉色稳定并减少肉品中营养成分的损失,同时延长肉品的货架期。肉色是影响消费者判断肉品是否新鲜的重要因素。贮藏温度是造成肌红蛋白氧化的最重要的外部因素<sup>[11]</sup>。较高的贮藏温度会促进肉中的脂肪和肌红蛋白氧化,从而降低肉色的保持期,同时贮藏温度高时氧气不易向肌肉深层渗透,使得肉表面高铁肌红蛋白积累,肉色明显变为褐色,影响肉的外观<sup>[12-13]</sup>。文中研究结果表明,冷藏牛肉水分含量高且硬度低,牛肉品质较好,上脑本身肉的颜色较浅,因此建议对上脑进行气调包装(含  $O_2$  和  $CO_2$  的体积分数分别为 60%和 40%)并冷藏销售<sup>[14]</sup>,以延长货架期并保持良好肉色。米龙、臀肉和胸肉的单不饱和脂肪酸含量较高,而相同贮藏条件下米龙的肉色红度显著高于臀肉和胸肉,因此建议用具有内外阻隔性的高阻材料(如 PVDC)进行热收缩真空包装<sup>[15-16]</sup>,以防止肌红蛋白过度氧化和不饱和脂肪酸氧化;臀肉和胸肉的颜色红度低于米龙,因此宜采用阻隔性一般的材料(如 PET/PE)进行真空包装<sup>[17]</sup>,保证少量氧气透过包装以维持肌红蛋白氧化状态并延缓脂肪酸氧化;三者经包装后建议冷藏,以降低能耗。牛前、牛腩和牛前柳本身硬度较大且属于一般档次牛肉,建议常规冻藏,然而冻藏可导致部分水分流失和干耗,同时冻藏时间过长会使脂肪严重氧化使得肉原有的香味弱化甚至丧失,较为经济的包装方法是冻藏前建议用保鲜膜进行包裹,此外还可用热收缩膜进行包装<sup>[18]</sup>,达到包装美观和降低干耗的效果。

## 4 结语

通过对 7 个不同部位分割牛肉在冻藏和冷藏条件下的品质变化分析, 得到不同部位分割牛肉本身的品质差异和贮藏温度对牛肉品质的影响。结果表明, 不同部位的分割牛肉品质差异显著, 且贮藏温度对肉色红度、牛肉粗蛋白含量、牛肉水分含量和牛肉硬度影响显著。综合分割牛肉分级标准和文中研究结果, 建议对上脑进行气调包装并冷藏; 米龙用具有内外阻隔性的高阻材料 (如 PVDC) 进行热收缩真空包装, 臀肉和胸肉采用阻隔性一般的材料 (如 PET/PE) 进行真空包装, 三者经包装后冷藏; 牛前、牛腩和牛前柳在常规冻藏前建议用保鲜膜进行包裹或热收缩膜进行包装。文中提出了针对不同级别的分割牛肉包装和贮藏条件, 为分割牛肉贮藏保鲜和实现其优质优价提供了参考。

### 参考文献:

- [1] ZHOU G, ZHANG W, XU X. China's Meat Industry Revolution: Challenges and Opportunities for the Future[J]. *Meat Science*, 2012, 92(3): 188—196.
- [2] ERCOLINI D, FERROCINO I, NASI A, et al. Monitoring of Microbial Metabolites and Bacterial Diversity in Beef Stored under Different Packaging Conditions[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2011, 77(20): 7372—7381.
- [3] 祝贺, 罗欣, 梁荣蓉, 等. 不同等级高档牛肉中挥发性风味物质分析[J]. *肉类研究*, 2012, 31(2): 31—33.  
ZHU He, LUO Xin, LIANG Rong-rong, et al. Analysis of Volatile Compounds in Different Grades of Selected Beef[J]. *Meat Research*, 2012, 31(2): 31—33.
- [4] 张铁华, 李玺, 闫革华, 等. 冷鲜牛肉微生物菌相变化及抑菌剂保鲜效果初探[J]. *农产品加工*, 2012(11): 19—23.  
ZHANG Tie-hua, LI Xi, YAN Ge-hua, et al. A Preliminary Study on Microfloral Change of Chilled Beef and Effects of Antimicrobials[J]. *Farm Products Processing*, 2012(11): 19—23.
- [5] AKAMITTATH J G, BREKKE C J, SCHANUS E G. Lipid Oxidation and Color Stability in Restructured Meat Systems during Frozen Storage[J]. *Journal of Food Science*, 1990, 55(6): 1513—1517.
- [6] ABULIKEMU B, ABUDOUKERE P, ROUZI A, et al. Analysis of Quality Characteristics of Lamb from Different Anatomical Locations of Bashbay Sheep[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2012, 49(9): 1734—1741.
- [7] FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY G H. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues[J]. *The Journal of Biological Chemistry*, 1957(1): 497—509.
- [8] HUANG H, LARSEN M R, LAMETSCH R. Changes in Phosphorylation of Myofibrillar Proteins during Postmortem Development of Porcine Muscle[J]. *Food Chemistry* 2012, 134(4): 1999—2006.
- [9] 李泽, 马霞, 靳焯. 不同年龄和部位羊肉中 AMPK 活性与糖酵解的差异[J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(1): 184—186.  
LI Ze, MA Xia, JIN Ye. Difference of AMPK and Glycolysis in Different Ages and Parts of Lamb[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2010, 36(1): 184—186.
- [10] 朱贵明. 秦川牛肉肉质性状的系统研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2003.  
ZHU Gui-ming. The Research on Meat Quality of Qinchuan Cattle[D]. Xianyang: Northwest A&F University, 2003.
- [11] PEARSON A M. Introduction to Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products[C]// *Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*, 1994: 1—33.
- [12] O'KEEFFE M, HOOD D E. Biochemical Factors Influencing Metmyoglobin Formation on Beef from Muscles of Differing Colour Stability[J]. *Meat Science*, 1982, 7(3): 209—228.
- [13] 黄莉, 孔保华, 李菁, 等. 氧化引起肉及肉制品品质劣变的机理及影响因素[J]. *食品科学*, 2011, 31(9): 319—323.  
HUANG Li, KONG Bao-hua, LI Jing, et al. Advances in Studies of Quality Deterioration Mechanism of Meat and Meat Products Caused by Oxidation and Influencing Factors[J]. *Food Science*, 2011, 31(9): 319—323.
- [14] STORIA A L, FERROCINO I, TORRIERI E, et al. A Combination of Modified Atmosphere and Antimicrobial Packaging to Extend the Shelf-Life of Beefsteaks Stored at Chill Temperature[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2012, 158(3): 186—194.
- [15] PENNACCHIA C, ERCOLINI D, VILLANI F. Spoilage-related Microbiota Associated with Chilled Beef Stored in Air or Vacuum Pack[J]. *Food Microbiology*, 2011, 28(1): 84—93.
- [16] 邵海燕, 陈杭君, 穆宏磊, 等. 生鲜食品包装材料研究进展[J]. *中国食品学报*, 2015, 10(15): 1—10.  
GAO Hai-yan, CHEN Hang-jun, MU Hong-lei, et al. Research Advances of Fresh Food Packaging Materials[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2015, 10(15): 1—10.
- [17] 王洪江, 孙诚, 曲颖. 食品包装复合材料现状及发展趋势[J]. *包装与食品机械*, 2009, 27(1): 58—62.  
WANG Hong-jiang, SUN Cheng, QU Ying. Current Status and Development Trends of Compound Food-packaging Materials[J]. *Packaging and Food Machinery*, 2009, 27(1): 58—62.
- [18] MOSCHONAS G, BOLTON D J, SHERIDAN J J, et al. The Effect of Heat Shrink Treatment and Storage Temperature on the Time of Onset of "Blown Pack" Spoilage[J]. *Meat Science*, 2011, 87(2): 115—118.