

不同贮藏条件下牛肉的理化性质及感官品质的对比分析

王莹, 李茜, 朱迎春*

(山西农业大学食品科学与工程学院, 山西太谷 030801)

摘要: 为分析牛肉在不同包装方式与贮藏温度下理化性质及感官品质的变化, 该试验将牛肉背最长肌分别采用空气包装 (air-packaging, AP)、真空包装 (vacuum packaging, VP) 和气调包装 (modified atmosphere packaging, MAP), 其中 MAP 包括两种气体比例: MAP1 为 78.8% O₂、18.8% CO₂ 和 2.4% N₂, MAP2 为 60% CO₂ 和 40% N₂, 之后在冰温-1.5±0.1 °C 和低温 2±1 °C 下贮藏。测定和分析贮藏期间各处理组牛肉蒸煮损失、汁液流失率、色泽参数、高铁肌红蛋白含量 (Metmyoglobin, MetMb)、挥发性盐基氮 (total volatile base-nitrogen, TVB-N)、脂肪氧化和感官品质等指标变化。结果表明, AP 组蒸煮损失在 15 d 达到最大, 分别为 28.93% (2 °C)、27.03% (-1.5 °C); MAP1 组 MetMb 含量始终高于其他处理组, 10 d 达到最大值 54.39% (2 °C)、48.69% (-1.5 °C); TBARS 值随贮藏时间延长而增大, MAP1 组的 TBARS 值显著高于 VP 组和 MAP2 组 ($p<0.05$), 且在 15 d 高于 0.7 mg MAD/kg; MAP2 组和 VP 组在 15 d 时 TVB-N 值均低于限量阈值 (15 mg/100 g); 由感官评分可得 MAP2 组货架期为 25 d, 长于其他处理组。综上所述, 冰温贮藏下牛肉品质优于低温贮藏, MAP2 气调包装方式可使牛肉具有更好的贮藏品质。该试验为牛肉保鲜在实际生产中的应用提供数据支持。

关键词: 牛肉贮藏; 包装方式; 贮藏温度; 理化性质; 感官品质

文章编号: 1673-9078(2022)02-119-127

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.2.0514

Comparative Analysis of Physicochemical Properties and Sensory Quality of Beef under Different Storage Conditions

WANG Ying, LI Qian, ZHU Yingchun*

(College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: In order to analyze the changes in the physicochemical properties and sensory quality of beef by different packaging methods and at storage temperatures, the longissimus dorsi muscle of beef in this experiment was stored at an ice temperature (-1.5±0.1) °C and low temperature (2±1) °C with air-packaging (AP) and vacuum packaging (VP), and modified atmosphere packaging (MAP). MAP included gases at two different ratios: MAP1 contained 78.8% O₂, 18.8% CO₂ and 2.4% N₂, and MAP2 contained 60% CO₂ and 40% N₂. The changes in the beef indices of different treatment groups during storages such as cooking loss, juice loss rate, color parameters, metmyoglobin (MetMb), total volatile base-nitrogen (TVB-N), lipid oxidation and sensory quality were measured and analyzed. The results showed that the cooking loss of AP reached the maximum on the 15th day (28.93% and 27.03% for the storages at 2 °C and -1.5 °C, respectively). The MetMb content of the MAP1 group was always higher than those of the other treatment groups, reaching the maximum value on the 10th day (54.39% and 48.69% for the storages at 2 °C and -1.5 °C, respectively). The TBARS value increased with the extension of storage. The TBARS value of MAP1 was significantly higher than those of VP and MAP2 ($p<0.05$). The TBARS value of MAP1 on the 15th day was higher than 0.7 mg MAD/kg. The

引文格式:

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

WANG Ying, LI Qian, ZHU Yingchun. Comparative analysis of physicochemical properties and sensory quality of beef under different storage conditions [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(2): 119-127

收稿日期: 2021-05-14

基金项目: 山西省重点研发计划 (农业领域) 项目 (201903D211008)

作者简介: 王莹 (1998-), 女, 研究生在读, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 1656788343@qq.com

通讯作者: 朱迎春 (1970-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: Yingchun0417@163.com

TVB-N values of MAP2 and VP on the 15th day were lower than the limit threshold (15 mg/100 g). According to the obtained sensory scores, the shelf life of MAP2 was determined to be 25 days, which was longer than those of other treatment groups. In summary, the quality of beef stored at the ice temperature was better than that under refrigeration, and MAP2 (60% CO₂ and 40% N₂) can make beef having better storage quality. This experiment provides data support for the application of the beef preservation method in actual production.

Key words: beef storage; packaging method; storage temperature; physicochemical properties; sensory quality

牛肉不仅肉质鲜美,还含有丰富的营养物质,是一种营养价值相对较高的保健型肉类食品,深受消费者青睐^[1],但是在贮藏过程中,不合理的包装方式与贮藏温度极易引起牛肉理化性质发生变化,进而腐败变质。肉的腐败变质主要由微生物或内源酶对肉中蛋白质和脂肪等营养物质氧化分解所致,使肉产生不良气味,颜色发生改变,组织结构松散,表面粘液增加^[2]。目前,常用的包装方式有:AP、VP和MAP^[3]。AP简单实用,成本较低,但保质期较短。VP是指将食品放入氧气透过率低、阻隔性能好的包装材料中后抽真空,除去袋中氧气,之后进行贮藏、运输、销售等,从而达到延长其货架期的一种保鲜技术^[4]。MAP指抽去包装内的空气,然后充入一定比例的气体,破坏有害微生物的生长环境,降低肉制品的生化反应速率,达到延长食品贮藏期的一种包装方式^[5]。孙天利^[6]采用真空包装,将牛肉置于冰温、0℃和4℃下,以0℃不包装为对照,研究表明相同贮藏温度下,真空包装延长了牛肉的货架期,特别是冰温结合真空包装。栗云鹏等^[7]采用空气及含不同比例的O₂、CO₂、N₂组成的气调包装,通过检测4℃贮藏条件下猪肉品质发现贮藏期最高可达10d,且贮藏期间TVB-N在新鲜肉的标准范围内(15 mg/100 g)。Fu Qingquan等^[8]采用托盘包装、真空包装和高氧气调包装将牛排在4℃下冷藏10d,研究贮藏过程中肉色变化情况,发现在相同的贮藏时间,高氧气调包装和真空包装牛肉的颜色稳定更好。

冰温贮藏保鲜技术是继冻藏和冷藏之后的第3代贮藏保鲜技术,它的贮藏温度较冷藏更低,能有效抑制有害微生物的生长和酶活性,且不破坏细胞,能更好保持食品品质和营养,近年来已经被广泛应用于各类食品中^[9,10],在肉品保鲜方面,冰温贮藏在保持肉制品营养、色泽和口感方面作用显著。赵菲等^[10]研究发现,采用75% O₂+25% CO₂的气调包装并结合-1℃冰温贮藏可以使牛肉保鲜期达42d。Youssef等^[11]研究了牛肉在不同贮藏温度下品质变化,发现和冷藏(2℃)相比,冰温贮藏可将牛肉的货架期延长2倍。Li X等^[12]将羔羊肉分别置于4℃和-0.8℃下贮藏10d发现经冰温处理的羊肉氧合肌红蛋白和还原酶活性含量较高,颜色稳定性较好,而且可以将货架期延长至

10d。

本试验为探究在不同包装方式与贮藏温度下牛肉理化性质和感官品质的变化,将牛背最长肌分别采用AP、MAP1(78.8% O₂、18.8% CO₂和2.4% N₂)、MAP2(60% CO₂和40% N₂)和VP,在冰温-1.5±0.1℃和低温2±1℃条件下进行贮藏,并测定分析贮藏过程中牛肉品质变化,为牛肉冰温贮藏保鲜技术在实际生产中的应用提供数据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料:肉牛屠宰后,2~4℃冷却24h,取背最长肌为试验材料。

主要试剂:三氯乙酸、丁基羟基茴香醚、乙二胺四乙酸、2-硫代巴比妥酸、氯仿、硼酸、盐酸、氢氧化钠、氯化镁、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、硫酸铜、硫酸钾、浓硫酸等。以上试剂均为分析纯,购自天津市化学试剂一厂。

1.2 主要仪器与设备

DZ/DZQ-5002SB真空包装机,杭州艾博机械工程有限公司;DMP-430A气调包装机,瑞特包装机械公司;FA25高速剪切乳化分散剂,上海弗鲁克流体机械制造有限公司;Five Easy Plus pH计,METTLER TOLEDO;CM-5色差分析仪,KONICA MINOLTA;WFJT200可见分光光度计,尤尼柯仪器有限公司;UDK142自动凯氏定氮仪,意大利VELP公司;DK20消化炉,意大利VELP公司;超低温冰箱,德国Thermo-fisher公司制造。

1.3 试验设计

选取宰后成熟的牛背最长肌,去除表面筋腱和肌膜后,沿肌纤维方向切割,每个肉块约200g左右。将分好的肉样进行AP、VP、MAP1(78.8% O₂、18.8% CO₂、2.4% N₂)和MAP2(60% CO₂、40% N₂),分别放入冰温库-1.5±0.1℃及低温室2±1℃贮藏,之后每隔5d取样对各项指标进行测定,直至肉品腐败变质为止。AP组与MAP1组测定至贮藏第15d,MAP2

组与 VP 组测定至贮藏第 30 d。

1.4 试验方法

1.4.1 蒸煮损失的测定

取 2×2×2 cm³ 大小的肉样，称重记为 W₁，装入蒸煮袋中封口，80 °C 恒温水浴锅中加热至肉样的中心温度达到 70 °C，取出将肉样置于 0~4 °C 下冷却过夜备用。用滤纸吸干肉块表面汁液后称重，记为 W₂。计算公式如下：

$$W / \% = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

1.4.2 汁液流失率的测定

原料肉包装前称重，记为 W₁，贮藏到期后打开包装，用滤纸吸干肉样表面水分，再称重记为 W₂。计算公式如下：

$$W / \% = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

1.4.3 色泽的测定

用便携式色差仪测定，光源 D65，10⁰，将样品放置在色差仪反射区（1 cm）使其完全覆盖，测定并记录 L*、a*、b* 值。

1.4.4 MetMb 的测定

参照 Krzywicki^[13] 的方法进行测定。

1.4.5 硫代巴比妥酸反应物值 (TBARS) 的测定

参考曹辰辰^[14] 的方法进行测定。

1.4.6 挥发性盐基氮 (TVB-N) 的测定

参考 GB 5009.228-2016^[15] 半微量凯氏定氮法进行测定。

1.4.7 感官评定

邀请具有食品专业背景的 10 个人，分别对牛肉的色泽、粘度及弹性、气味及煮沸后的肉汤进行评定，

总分 20 分。评分标准如表 1 所示。

1.5 数据处理

用 Microsoft Excel 2018 进行数据整理，Statistix 8.0 中的 Turkey test 程序进行显著性差异 ($p < 0.05$) 分析。用 Sigma Plot 10.0 进行作图。本次试验均重复 3 次，最终取平均值±标准偏差。

2 结果与讨论

2.1 包装方式与贮藏温度对牛肉保水性的影响

肉的保水性是指肉制品在加工等过程中受到外力作用，如加热、施压、冻结、剪切等仍然能保持其原有水分和添加水分的能力^[16]。保水性与肉的嫩度、多汁性以及加热时的汁液渗出有关^[17]。蒸煮损失是评定冷鲜肉保水性的重要指标之一，蒸煮损失与保水性呈负相关，即蒸煮损失越大，保水性越小^[18]。

图 1 表示包装方式与贮藏温度对牛肉蒸煮损失的影响。第 0 d 牛肉的蒸煮损失为 18.15%，与文献报道相一致^[18]。由图 1a 可知，贮藏 0~5 d 期间，AP 组与 MAP1 组牛肉蒸煮损失显著上升 ($p < 0.05$)，10 d 之后 MAP1 组略有下降，而 AP 组的蒸煮损失继续上升，且在贮藏第 15 d 时 AP 组蒸煮损失达到最大值 28.93% (2 °C)，27.03% (-1.5 °C)，这可能与蛋白质水解程度不同有关^[19]。由图 1b 可知，VP 组蒸煮损失在贮藏第 5 d 时达到较高水平，并在后续贮藏中略有上升，而 MAP2 组蒸煮损失贮藏 5~30 d 显著升高 ($p < 0.05$)，其中 2 °C 下 MAP2 组在贮藏第 30 d 超过 VP。有研究表明，包装中的 CO₂ 会使样品的蒸煮损失增大，由于 CO₂ 被肌肉组织吸收，蒸煮时加热导致 CO₂ 快速释放，产生大量孔隙，最终降低了肉品食用的多汁性^[20]。

表 1 牛肉感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for beef

分值	色泽(25%)	粘度及弹性(25%)	气味(25%)	肉汤(25%)
4-5	瘦肉红色鲜艳，脂肪分布均匀呈白色，有光泽	结构良好，表面干燥不粘手，切面光泽且湿润，弹性好，指压后凹陷能立即恢复	具有牛肉特有的膻味和鲜香味，无其他异味	肉汤澄清透明，脂肪成团聚集在表面，有牛肉特有的膻味、肉香味，无其他异味
3-4	瘦肉红色不均匀，略暗淡，脂肪淡色，略有光泽	结构良好，表面微干，新切面湿润且轻微粘手，弹性较强，指压后的凹陷恢复较慢。	略有异味，但不强烈	肉汤较为澄清透明，脂肪团略黄，有不明显的异味
<3	瘦肉为暗红色，脂肪发黄，无光泽	结构较差，表面湿润水分多，新切面粘手，无弹性，指压后的凹陷不能恢复，有明显痕迹	有较为明显的氨味、酸味、哈喇味或其他腐败味	肉汤浑浊，有明显的异味

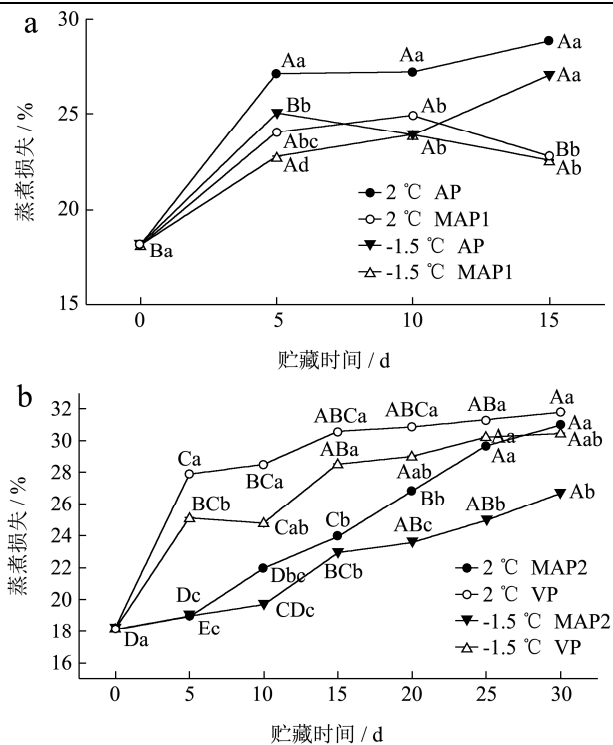


图1 包装方式与贮藏温度对牛肉蒸煮损失的影响

Fig.1 Effect of packaging mode and storage temperature on steaming loss of beef

注: 大写字母不同表示同一包装不同贮藏时间样品差异显著 ($p < 0.05$), 小写字母不同表示同一贮藏时间不同包装样品差异显著 ($p < 0.05$), 下同。

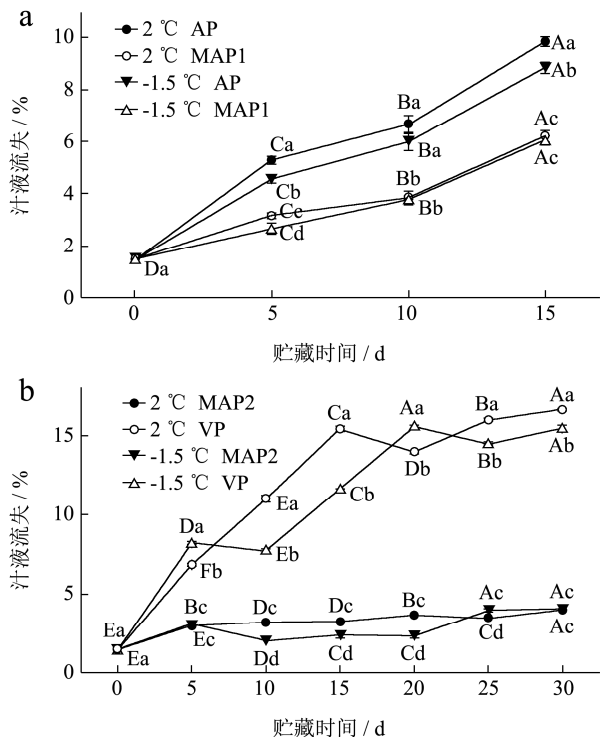


图2 包装方式与贮藏温度对牛肉汁液流失率的影响

Fig.2 Effect of packaging method and storage temperature on the loss rate of beef juice

汁液流失是评定冷鲜肉保水性的另一项重要指标^[21]。图2为包装方式与贮藏温度对牛肉汁液流失率的影响。样品初始汁液流失率为1.45%。由图2a可知,在整个贮藏期间,与MAP1组相比,AP组上升速度较快,汁液流失率始终高于MAP1组且在贮藏结束时达到最大值9.84% (2 °C)和8.85% (-1.5 °C)。褚益可^[22]研究认为,存在一定氧气浓度的气调包装可以有效降低汁液流失。由图2b可知,MAP2组在整个贮藏期间汁液流失率均维持在较低水平,这可能是由于MAP2中不含氧气,而含有40%的N₂, N₂可以降低冷却肉的失重^[23]。VP组显著高于MAP2组 ($p < 0.05$),这是因为VP增加了牛肉样品表面的压力,致使汁液流失增加,VP组在贮藏第5d时汁液流失率达到6.32%~8.03%,贮藏第30d时汁液流失率增加到16.12% (2 °C), 15.03% (-1.5 °C)。这与Cayuela等^[24]报道真空包装汁液流失高于气调包装相一致。

2.2 包装方式与贮藏温度对牛肉色差参数的影响

影响

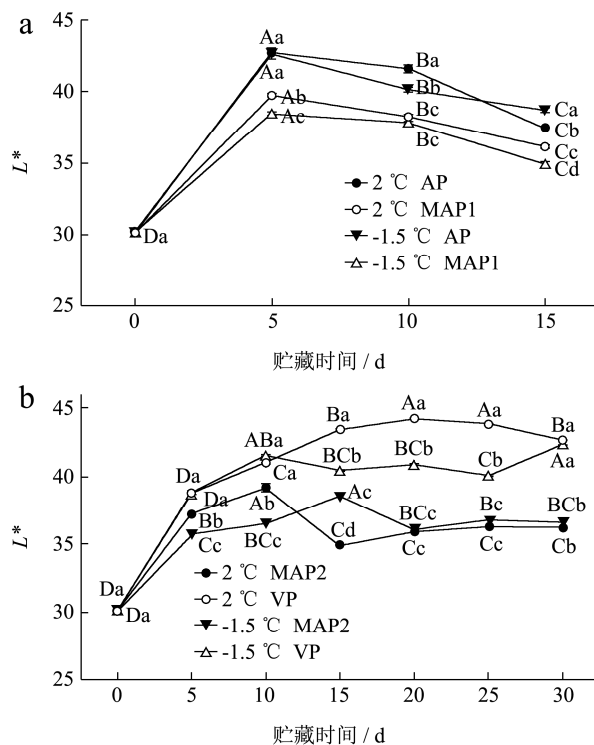


图3 包装方式与贮藏温度对牛肉L*值的影响

Fig.3 Effect of packing mode and storage temperature on L* value of beef

图3为包装方式与贮藏温度对牛肉亮度值(L*值)的影响。在整个贮藏期间,不同包装方式对牛肉L*值影响较大。AP组于贮藏第5d, L*值达到42.65 (2 °C)和42.26 (-1.5 °C),这是由于AP中的需氧微生物不

断生长繁殖,分解肉中的蛋白质,使肌纤维结构发生变化,牛肉内部的水分子迁移,流向表面,造成肉表面自由水增多,加强对光照的反射能力,使得 L^* 值不断增大^[25]。VP由于加大了肉样表面的压力,失水率较高, L^* 值也处于较高水平。MAP1组与MAP2组在整个贮藏期间 L^* 值均呈现先升后降的趋势,但总体变化较小。2℃贮藏条件下牛肉 L^* 值高于-1.5℃贮藏,这是因为贮藏温度越高牛肉保水性越差,肉样表面自由水越多的缘故^[26]。

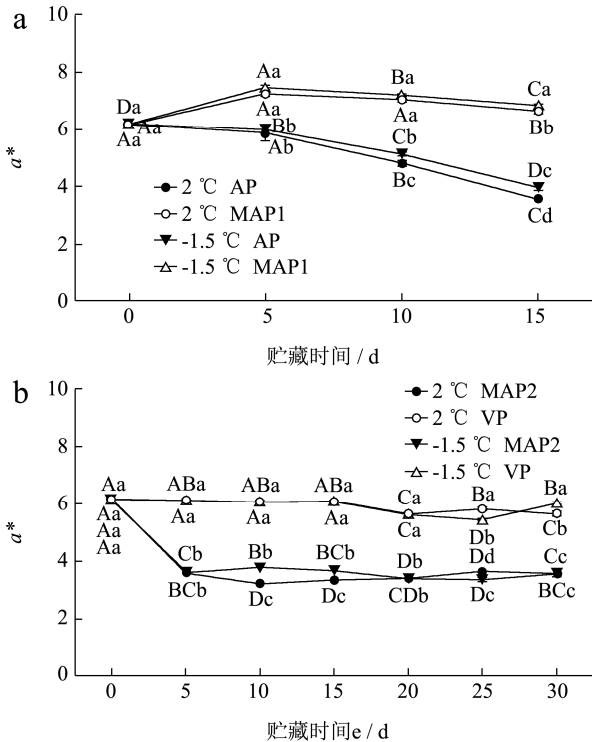


图4 包装方式与贮藏温度对牛肉 a^* 值的影响

Fig.4 Effect of packing mode and storage temperature on a^* value of beef

图4a为AP与MAP1牛肉在贮藏期间 a^* 值的变化。贮藏0~5 d, MAP1组牛肉的 a^* 值升高,且显著高于AP组($p<0.05$),这是由于MAP1中含有高浓度的氧气,它与牛肉中肌红蛋白生成氧合肌红蛋白,使 a^* 值上升。贮藏5~15 d时,MAP1组的 a^* 值维持在7~8之间,AP组的 a^* 值显著下降($p<0.05$),这主要是因为贮藏过程中AP牛肉的氧合肌红蛋白发生氧化转化为褐色高铁肌红蛋白,但气调包装条件下,包装中的氧气促进了肉中色素氧化,在牛肉表面形成的氧合肌红蛋白薄层掩饰了高铁肌红蛋白薄层,从而延长了红色的氧合肌红蛋白的颜色^[27]。图4b为MAP2与VP牛肉在贮藏过程中 a^* 值的变化。由图可以看出,随着贮藏期延长,VP组的 a^* 值基本维持在5.60~6.10,而MAP2组的 a^* 值在贮藏前期(0~5 d)显著下降($p<0.05$),这是因为MAP2中含有较高浓度的 CO_2 , CO_2 易溶于肌

肉中生成碳酸,碳酸能与牛肉肌原纤维蛋白发生反应,产生颜色变化而导致 a^* 值降低^[28]。扶庆权等^[29]以真空包装为对照,研究了托盘包装和气调包装(80% O_2 +20% CO_2)对牛肉4℃贮藏过程中食用品质的影响,发现在贮藏7 d后气调包装和真空包装牛肉样品的 a^* 值显著高于托盘包装,这与本研究结果相一致。

2.3 包装方式与贮藏温度对牛肉MetMb的影响

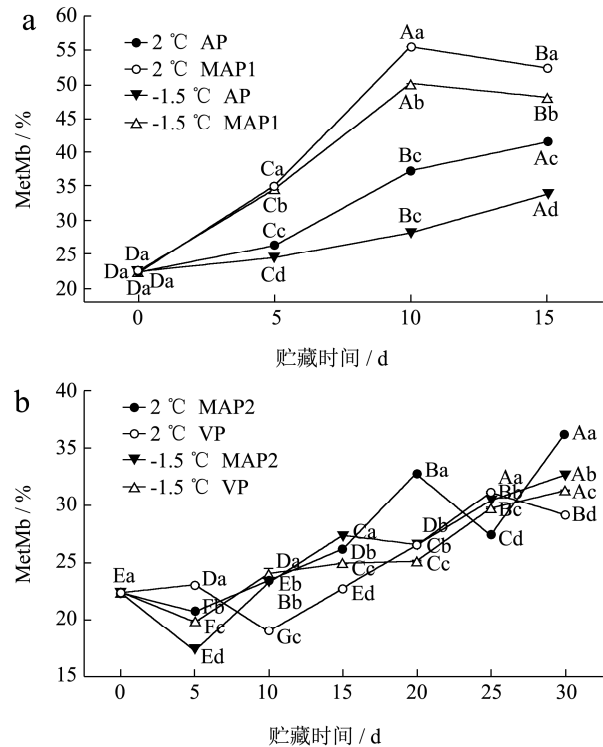


图5 包装方式与贮藏温度对牛肉MetMb的影响

Fig.5 Effect of packaging mode and storage temperature on MetMb of beef

图5为包装方式与贮藏温度对牛肉MetMb的影响。贮藏前期,牛肉中的肌红蛋白主要是以氧合肌红蛋白的形式存在,但随着贮藏时间的延长,氧合肌红蛋白中的二价铁离子(Fe^{2+})不断被氧化为三价铁离子(Fe^{3+})形成MetMb,使肉色逐渐变为褐色^[30]。由图5可知,贮藏初期牛肉的MetMb含量为22.38%,贮藏结束时,各组牛肉的MetMb均显著高于初始值($p<0.05$)。不同包装方式比较可知,MAP1组的MetMb始终高于其他组,并在贮藏第10 d时达到最大值54.39%(2℃)和48.69%(-1.5℃),这是由于MAP1中高浓度的氧气(78.8%)促进了MetMb的快速生成。贮藏10~15 d期间,MAP1组MetMb略有下降,这可能是由于在高铁肌红蛋白还原酶作用下,部分高铁肌红蛋白被还原所致。有研究指出,当MetMb含量达到肌红蛋白总量的40%时,就会严重影响鲜肉色泽,消费者购买欲下降^[31,32]。因此,贮藏10 d之后

的 MAP1 牛肉因 MetMb 过高而影响产品品质。

2.4 包装方式与贮藏温度对牛肉 TBARS 值的影响

影响

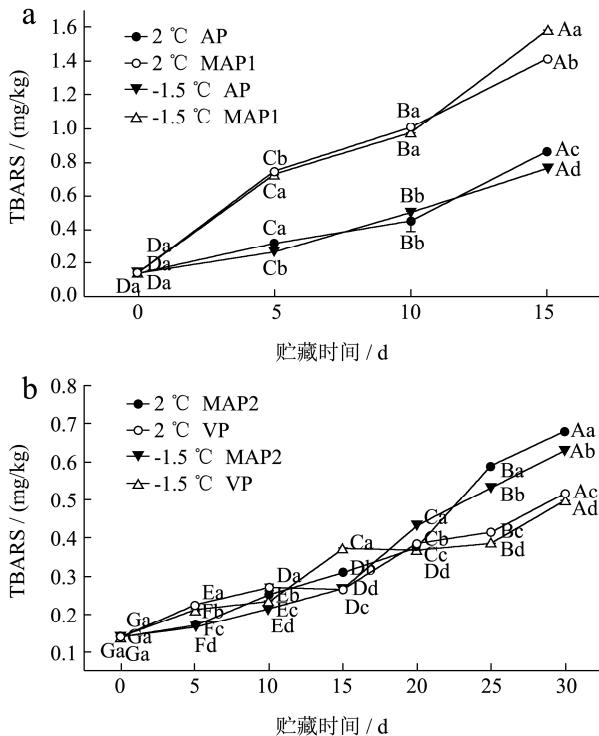


图 6 包装方式与贮藏温度对牛肉 TBARS 值的影响

Fig.6 Effect of packing mode and storage temperature on TBARS value of beef

TBARS 值反映了动物性油脂中的不饱和脂肪酸氧化产生的衍生物和 TBA 反应的结果^[33]。最终生成物的量可以通过 TBARS 值反映，脂肪氧化的程度越深，生成物量就越多，TBARS 值越大。

由图 6 可知，TBARS 值随着贮藏时间延长呈上升趋势。贮藏过程中，MAP1 组的 TBARS 值显著高于 AP 组 ($p < 0.05$)。这与 Jayasingh 等^[34]研究发现高氧气调包装的碎牛肉脂肪氧化水平在贮藏第 10 d 极显著大于托盘包装结果相同。MAP2 组与 VP 组 TBARS 值上升速度较为缓慢且整体处于较低水平。由于高氧气调包装氧气含量高在贮藏过程中加速了氧化过程，引起脂肪氧化，脂肪氧化过程中氢过氧化物分解产生小分子的酮类和醛类物质产生异味而引起鲜肉酸败。有学者试验表明，当 TBARS 值大于 0.7 mg MAD/kg 时，就会因脂肪氧化而出现酸败味^[35]。

2.5 包装方式与贮藏温度对牛肉 TVB-N 值的影响

影响

TVB-N 是指动物性食品在酶和细菌的作用下，蛋白质分解而产生氨和胺类等碱性含氮物质，它是表征肉品品质的重要指标^[35]。图 7 为包装方式与贮藏温度对牛肉 TVB-N 值的影响。牛肉初始 TVB-N 值为 6.44 mg/100 g。随着贮藏时间的延长，各处理组 TVB-N 值呈上升趋势。由图 7a 可知，贮藏 0~5 d 期间 AP 与 MAP1 牛肉 TVB-N 值差异不显著 ($p > 0.05$)，15 d 后，AP 组的 TVB-N 值显著升高 ($p < 0.05$)，第 15 d 达到 22.56 mg/100 g，而 MAP1 组上升速率较缓，这可能是 MAP1 所含的 18.8% CO₂ 起了作用。由图 7b 可知，贮藏 0~20 d 时，VP 与 MAP2 牛肉 TVB-N 值无显著变化 ($p > 0.05$)，贮藏 20~30 d 期间，VP 组和 MAP2 组 TVB-N 值迅速升高。TVB-N 值在贮藏后期迅速增加的原因是贮藏后期微生物大量繁殖，使得氨基酸被微生物分解，加剧了脱氨反应，促使反应加快。

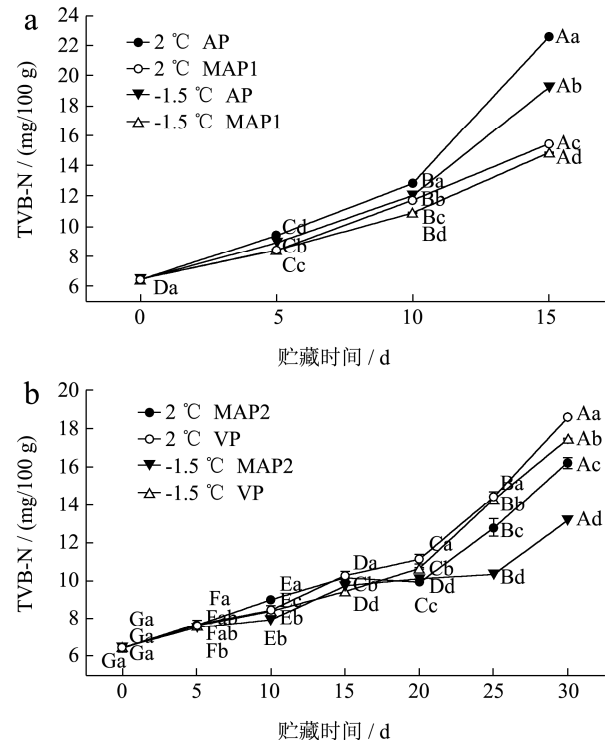


图 7 包装方式与贮藏温度对牛肉 TVB-N 值的影响

Fig.7 Effect of packaging mode and storage temperature on TVB-N value of beef

由此可见，就包装方式而言，MAP2 与 VP 在贮藏前 20 d 可以显著抑制 TVB-N 值的产生，使 TVB-N 值维持在较低水平，AP 和 MAP1 抑制作用较小，该结论与闫文杰等^[36]研究发现冷鲜鸡胸肉在 4 °C 环境下，真空包装组理化指标下降最慢，肉的品质最佳的结论相吻合。就贮藏温度而言，冰温更能有效抑制蛋白质的分解。

2.6 感官评定

表 2 贮藏期间牛肉感官评分表

Table 2 Packaging method and storage temperature sensory scoring table for beef during storage

贮藏时间/d	2 °C AP	2 °C MAP1	2 °C MAP2	2 °C VP	-1.5 °C AP	-1.5 °C MAP1	-1.5 °C MAP2	-1.5 °C VP
0	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}	20.00±0 ^{Aa}
5	14.72±0.08 ^{Bc}	17.12±0.06 ^{Ba}	17.20±0.07 ^{Ba}	17.20±0.02 ^{Ba}	15.60±0.03 ^{Bb}	17.20±0.07 ^{Ba}	17.4±0.06 ^{Ba}	17.32±0.04 ^{Ba}
10	9.60±0.02 ^{Cf}	14.64±0.12 ^{Cd}	16.92±0.05 ^{Bab}	16.72±0.07 ^{Cb}	11.28±0.06 ^{Ce}	15.80±0.09 ^{Cc}	17.20±0.48 ^{Ba}	17.00±0.09 ^{Cab}
15	5.12±0.02 ^{De}	11.40±0.04 ^{Dc}	15.60±0.02 ^{Cb}	15.40±0.03 ^{Db}	5.80±0.04 ^{Dd}	11.72±0.05 ^{Dc}	15.92±0.12 ^{Ca}	15.72±0.06 ^{Dab}
20			14.20±0.12 ^{Da}	12.40±0.08 ^{Eb}			14.20±0.07 ^{Da}	12.40±0.11 ^{Eb}
25			12.60±0.07 ^{Ea}	10.92±0.01 ^{Fd}			12.20±0.05 ^{Eb}	11.32±0.08 ^{Fc}
30			9.60±0.02 ^{Fa}	7.32±0.04 ^{Gb}			10.40±0.05 ^{Fa}	7.92±0.12 ^{Gb}

注：不同大写字母表示样品在同一包装不同贮藏时间差异显著 ($p < 0.05$)，不同小写字母表示同一贮藏时间不同包装差异显著 ($p < 0.05$)。

图 8 为不同包装方式与贮藏温度下牛肉色泽、粘度弹性、气味及肉汤澄清度的感官评分图。由图 8a 可知：随着贮藏时间的延长，牛肉色泽的感官评分逐渐下降，颜色由樱桃红变为灰暗色，但 MAP1 组色泽保持优于其他组，这是因为 MAP1 中含有 78.8% 的氧气的缘故，与氧气接触时，鲜肉表面会形成一层氧合肌红蛋白。有研究表明，当氧气体积分数在 60%~80% 时，具有较好的护色效果^[21]；由图 8b 和图 8c 可知：AP 组与 MAP1 组粘度、弹性和气味变化较快，贮藏 10 d 和 15 d 时有明显腐败气味，组织结构变差，无弹性，VP 组与 MAP2 组牛肉粘度、弹性和气味保持较好；由图 8d 可知，贮藏过程中肉汤逐渐由澄清变为浑浊，但 VP 组与 MAP2 组在贮藏 25 d 之前评分较高。

表 2 为牛肉在贮藏期间感官评分表，当感官评分小于 12 分时表明该产品不可食用。由表 2 可知，在整个贮藏期间，AP 组感官评分快速下降，分值最低，在贮藏 10 d 时感官评分低于 12 分；MAP1 组在贮藏 10 d 感官评分为 14.64~15.80，贮藏 15 d 时，评分低于 12 分。MAP2 组于贮藏 30 d、VP 于贮藏 25 d 时，感官评分低于 12 分。由感官评分可知，AP 组的货架期为 5 d，MAP1 组为 10 d，VP 组为 20 d，MAP2 可达到 25 d。不同贮藏温度进行比较，无论是色泽、粘度弹性、气味、肉汤澄清度还是总体评分，冰温贮藏都优于低温贮藏。

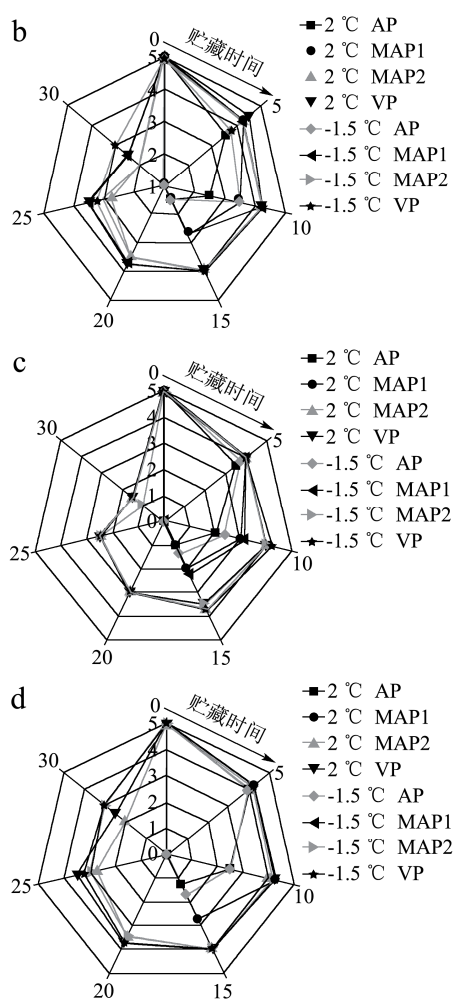
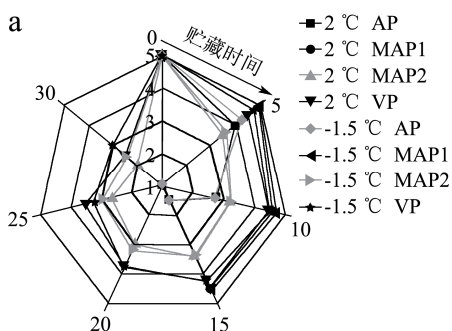


图 8 包装方式与贮藏温度对牛肉感官品质的影响

Fig.8 Effect of packaging method and storage temperature on sensory evaluation of beef

注：a：色泽；b：粘度及弹性；c：气味；d：肉汤澄清度。



3 结论

本试验考察了牛肉在四种包装形式和两种贮藏温度下品质的变化，结果发现与 AP 和 MAP1 相比，MAP2 和 VP 能有效抑制脂肪氧化，维持 TVB-N 值及

MetMb 处于较低水平;与冷藏(2℃)相比,冰温(-1.5℃)贮藏能较长时间维持牛肉色泽,抑制保水性的降低,并延缓脂肪氧化与蛋白质的分解。而且通过感官评价得出 MAP2 的货架期为 25 d,对比其他三个处理组货架期延长了。综上所述,将牛肉进行无氧包装(60% CO₂和 40% N₂)并结合冰温可以有效延长牛肉货架期,提高牛肉质量。所以后续试验可以深入研究冰温贮藏结合无氧气调包装对牛肉理化品质的影响机制。

参考文献

- [1] 王佳佳,邓源喜,王丹丹,等.牛肉的营养价值及牛肉嫩化技术的研究进展[J].肉类工业,2019,9:55-58
WANG Jiajia, DENG Yuanxi, WANG Dandan, et al. Research progress on tenderizing technology of beef and nutritive value of beef [J]. Meat Industry, 2019, 9: 55-58
- [2] 李文慧,刘飞,李应彪,等.植物多酚对肉制品蛋白氧化的抑制机理及其延长货架期的应用[J].食品科学,2019,40(21): 266-272
LI Wenhui, LIU Fei, LI Yingbiao, et al. Inhibitory mechanism of plant polyphenols on protein oxidation and their application for shelf-life extension of meat products: a literature review [J]. Food Science, 2019, 40(21): 266-272
- [3] 李墨琳,罗欣,刘国星.活性包装对肉制品品质及货架期影响的研究进展[J].食品科学,2019,40(11):313-320
LI Molin, LUO Xin, LIU Guoxing. A review of current research on the effect of active packaging on the quality and shelf-life of meat products [J]. Food Science, 2019, 40(11): 313-320
- [4] 扶庆权,刘瑞,张万刚.不同包装方式下蛋白质氧化对鲜肉品质的影响研究进展[J].肉类研究,2019,33(4):49-54
FU Qingquan, LIU Rui, ZHANG Wangang. Progress in our understanding of the influence of protein oxidation on the quality of fresh meat with different packaging treatments [J]. Meat Research, 2019, 33(4): 49-54
- [5] Fernandes R P, Freire M T, De Paula E S, et al. Stability of lamb loin stored under refrigeration and packed in different modified atmosphere packaging systems [J]. Meat Science, 2014, 96(1): 554-561
- [6] 孙天利.冰温保鲜技术对牛肉品质的影响研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2013
SUN Tianli. Influences of controlled freezing point storage on beef [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013
- [7] 栗云鹏,高晨,王蕊,等.气调包装保鲜技术对猪肉冷藏保鲜效果的影响[J].北京农学院学报,2017,32(1):43-47
LI Yunpeng, GAO Chen, WANG Rui, et al. Effect of modified atmosphere packaging on chilled pork preservation [J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2017, 32(1): 43-47
- [8] FU Qingquan, LIU Rui, ZHOU Guanghong, et al. Effects of packaging methods on the color of beef muscles through influencing myoglobin status, metmyoglobin reductase activity and lipid oxidation [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2016, 41(1): 1-8
- [9] Lan Y, Shang Y, Song Y, et al. Changes in the quality of super chilled rabbit meat stored at different temperatures [J]. Meat Science, 2016, 117: 173-181
- [10] 许立兴,荆红彭,赵菲,等.冰温贮藏对鸭胸肉品质变化的影响[J].食品科学,2015,14:248-253
XU Lixing, JING Hongpeng, ZHAO Fei, et al. Quality properties of duck breasts during ice temperature storage [J]. Food Science, 2015, 14: 248-253
- [11] Youssef M K, Gill C O, Yang X. Storage life at 2℃ or -1.5℃ of vacuum-packaged boneless and bone-in cuts from decontaminated beef carcasses [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2014, 94(15): 3118-3124
- [12] Li X, Zhang Y, Li Z, et al. The effect of temperature in the range of - 0.8 to 4℃ on lamb meat color stability [J]. Meat Science, 2017, 134: 28-33
- [13] Krzywicki, Karol. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef [J]. Meat Science, 1979, 3(1): 1-10
- [14] 曹辰辰,冯美琴,孙健,等.功能性发酵剂对发酵香肠氧化稳定性及挥发性风味物质的影响[J].食品科学,2019,40(20): 106-113
CAO Chenchen, FENG Meiqin, SUN Jian, et al. Effect of functional starter culture on antioxidant and volatile compound in fermented sausages [J]. Food Science, 2019, 40(20): 106-113
- [15] 国家卫生和计划生育委员会.GB 5009.228-2016《食品中挥发性盐基氮的测定》[S]
National Health and Family Planning Commission. GB 5009.228-2016 Determination of Total Volatile Base Nitrogen in Food [S]
- [16] 张振江,方海田,刘慧燕.冷却肉肌肉保水性及其影响因素[J].肉类研究,2008,12:20-24
ZHANG Zhenjiang, FANG Haitian, LIU Yanhui. Water holding capacity of chilled meat and its effect factors [J]. Meat Science, 2008, 12: 20-24

- [17] Ferguson D M, Bruce H L, Thompson J M, et al. Factors affecting beef palatability - farmgate to chilled carcass [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2001, 41: 879-891
- [18] 岳喜庆,张秀梅,孙天利,等.冰温结合真空包装牛肉的品质变化[J].食品与发酵工业,2013,39(6):225-229
YUE Xiqing, ZHANG Xiumei, SUN Tianli, et al. Study on freezing points combined with vacuum packaging of beef quality [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(6): 225-229
- [19] Lund M N, Lametsch R, Hviid M S, et al. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage [J]. Meat Science, 2007, 77(3): 295-303
- [20] Jakobsen M, Bertelsen G. The use of CO₂ in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: a review [J]. Journal of Muscle Foods, 2002, 13(2): 143-168
- [21] 袁璐,高峰,周光宏.高氧气调包装和真空包装对冷鲜肉贮藏过程中保水性和脂质氧化的影响[J].食品科学,2012,18: 307-311
YUAN Lu, GAO Feng, ZHOU Guanghong. Effects of high oxygen modified atmosphere packaging and vacuum packaging on water-holding capacity and lipid oxidation of porcine longissimus dorsi during chilled storage [J]. Food Science, 2012, 18: 307-311
- [22] 褚益可.牛肉保鲜工艺的研究[D].上海:上海海洋大学,2011
CHU Yike. Study on technology of chilled beef [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011
- [23] Seideman S C, Smith G C, Carpenter Z L, et al. Modified atmospheres and changes in beef during storage [J]. Food Science, 1979, 44: 1036
- [24] José María Cayuela, María Dolores Gil, Sancho Bañón, et al. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality of pork loin [J]. European Food Research & Technology, 2004, 219(4): 316-320
- [25] Xiaoyin Yang, Yimin Zhang, Lixian Zhu, et al. Effect of packaging atmospheres on storage quality characteristics of heavily marbled beef longissimus steaks [J]. Meat Science, 2016, 117
- [26] Offer G, Knight P, Jeacocke R, et al. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products [J]. Food Microstructure, 1989, 8: 151-170
- [27] Mancini R A, Hunt M C. Current research in meat color [J]. Meat Science, 2005, 71(1): 100-121
- [28] 明丹丹,张一敏,董鹏程,等.牛肉肉色的影响因素及其控制技术研究进展[J].食品科学,2020,41(1):284-291
MING Dandan, ZHANG Yimin, DONG Pengcheng, et al. Recent progress in studies of factors influencing beef color and techniques for controlling it [J]. Food Science, 2020, 41(1): 284-291
- [29] 扶庆权,张万刚,王海鸥,等.包装方式对宰后牛肉成熟过程中食用品质的影响[J].食品与机械,2018,34(6):127-132
FU Qingquan, ZHANG Wangang, WANG Haiou, et al. Effects of different packaging methods on beef quality during the postmortem age [J]. Food & Machinery, 2018, 34(6): 127-132
- [30] 朱宏星,孙冲,王道营,等.肌红蛋白理化性质及肉色劣变影响因素研究进展[J].肉类研究,2019,33(6):55-63
ZHU Hongxing, SUN Chong, WANG Daoying, et al. Progress in the physicochemical properties of myoglobin and factors influencing meat color stability [J]. Meat Science, 2019, 33(6): 55-63
- [31] Renner M. Comparisons of metmyoglobin formation in beef muscles [J]. Science Aliments, 1984, 4: 567
- [32] Jeong J Y, Claus J R. Color stability of ground beef packaged in a low carbon monoxide atmosphere or vacuum [J]. Meat Science, 2011, 87(1): 1-6
- [33] Grotta L, Castellani F, Palazzo F, et al. Treatment optimisation and sample preparation for the evaluation of lipid oxidation in various meats through TBARs assays before analysis [J]. Food Analytical Methods, 2016, 10(6): 1-11
- [34] Jayasingh P, Cornforth D P, Brennan C P, et al. Sensory evaluation of ground beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(9)
- [35] 张曼.冷却牛肉保鲜技术研究[D].南京:南京农业大学,2003
ZHANG Man. Study on the technology of chilled beef preservation [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003
- [36] 闫文杰,李兴民.不同包装材料对冷鲜鸡胸肉品质的影响[J].食品研究与开发,2016,37(17):29-32
YAN Wenjie, LI Xingmin. Effects of different packing materials on the quality of chilled chicken breast meat [J]. Food Research and Development, 2016, 37(17): 29-32