

包装材料阻隔性 对牛肉冷藏保鲜效果的影响

李升升¹, 靳义超^{1,*}, 谢鹏²

(1.青海省畜牧兽医科学院, 青海西宁 810016;

2.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193)

摘要:为研究包装材料阻隔性对牛肉在 0~4 °C 贮藏期间品质的影响, 采用 EVA/PE、PET/PP、PVDC/PE3 种阻隔性材料对牛肉进行真空和热收缩包装, 并对牛肉菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)、色差值(L*、a*)、持水力、剪切力、质构等指标进行跟踪分析。结果发现: 中阻隔和高阻隔组显著抑制包装袋中微生物的生长和 TVB-N 值的升高, 中阻隔和高阻隔组在货架期上要高于低阻隔组 14 d。各处理组的亮度值 L* 显著增加($p < 0.05$), 红度值 a* 差异不显著($p > 0.05$)。高阻隔组的持水力大于中阻隔和低阻隔组, 而各组剪切力显著下降($p < 0.05$)。研究表明高阻隔材料可有效延缓牛肉品质劣变, 延长牛肉的货架期。

关键词:牛肉, 阻隔性, 冷藏, 品质变化

Effect of barrier property of packaging material on the quality of beef during chilling storage

LI Sheng-sheng¹, JIN Yi-chao^{1,*}, XIE Peng²

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810016, China;

2. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to study the effect of barrier property of packaging material during chilling storage, the beef sample was packed using EVA/PE, PET/PP, PVDC/PE three different barrier packaging materials, and then physical and chemical indicators of chill beef, such as total bacteria number, total volatile basic nitrogen(TVB-N), color difference(L* value and a* value), water holding capacity, shear force and texture indexes were measured. The results indicated that medium and high barrier material group can significantly inhibit the growth of microorganisms and delay the increase of TVB-N values, the shelf life of high-barrier material group and medium-barrier material group were 14 days longer than the low-barrier material group. The L* values of the beef using three barrier packaging materials significantly increased($p < 0.05$), and the a* values were not significant($p > 0.05$). Water holding capacity of high-barrier higher than the other group while the shear force of the beef using three barrier packaging materials significantly decreased($p > 0.05$). In summary, high barrier packaging could effectively delay quality deterioration and extend shelf life of beef.

Key words: Beef; barrier property; chilling storage; quality change

中图分类号: TS206

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)15-0256-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.045

随着人们安全意识的增强, 食品安全和品质越来越被关注。冷鲜肉因其营养丰富、味道鲜美、有利于人体消化吸收而成为肉品生产和消费的发展方向之一^[1]。为了延长冷鲜肉的货架期, 国内外的专家学者开发了气调包装、真空包装、热收缩包装、活性包装和智能包装等包装技术^[2]延长冷鲜牛肉的货架期。相关研究结果表明^[3-5]影响冷鲜肉新鲜度和品质的

因素主要包括冷鲜肉的初始带菌数、包装材料、包装方式和贮藏条件。

包装材料的性能直接影响各种包装方式优势的发挥, 其中阻隔性是包装材料的主要性能指标。包装材料的阻隔性是指包装材料防止小分子气体 O₂、CO₂、N₂、水蒸气、香味及其它有机溶剂蒸汽等透过的能力, 利用高阻隔包装材料对物品进行包装, 可有效

收稿日期: 2015-01-15

作者简介: 李升升(1984-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 食品科学, E-mail: lishsh123@163.com。

* 通讯作者: 靳义超(1958-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 畜产品加工, E-mail: jinyichao88@163.com。

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201303083); 国家星火计划(2013GA870001)。

阻隔包装环境中氧气、水蒸气等的渗入,并保持包装内的气体成分,显著提高包装物品的货架期^[6-7]。张敏^[8]研究发现高阻隔性能的气调包装材料对鲜猪肉的气调保鲜效果较好。刘永吉等^[9]研究了PVDC/CPP、PET/CPP、PP/CPP材料对气调包装鱼糜制品货架期的影响,对应的货架期分别为42、28、21 d。

为研究包装材料阻隔性对牛肉品质的影响,有效支撑高阻隔包装材料可延长牛肉货架期。本研究采用3种不同阻隔性的包装材料对冷鲜牛肉进行真空和热收缩包装,对贮藏过程中冷鲜牛肉菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)、色差、持水力、剪切力和质构指标进行跟踪分析,以期对冷鲜牛肉包装方式和包装材料的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

牛肉:36月龄西门塔尔牛背最长肌,0~4℃冷库成熟72 h。

包装材料:选用低、中、高3种阻隔性包装材料,包装材料组成及氧气、水蒸气透过率详见表1。

表1 包装材料氧气和水蒸气透过率

Table 1 Oxygen and water vapor transmission rate of different packaging materials

指标	低阻隔	中阻隔	高阻隔
包装材料结构	EVA/PE	PET/CPP	PVDC/PE
氧气透过率 [cm ³ /(m ² ·24 h)]	4893.30	115.00	10.65
水蒸气透过率 [g/(m ² ·24 h)]	13.64	3.32	2.67

注:低阻隔和高阻隔材料性能由中国农业科学院农产品加工所提供;中阻隔材料性能由北京印刷学院测定。

1.2 仪器与设备

TA-XT plus 型质构仪 英国 Stable Micro System 公司;CR-400 型便携式色差计 柯尼卡美能达(日本)公司;YYW-2 型应变式控制式无侧限压力仪 南京土壤仪器厂有限公司;KDY-9820 型凯氏定氮仪 北京瑞邦兴业科技有限公司;DHP-9052 型电热恒温培养箱 上海益恒实验仪器有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;LDZM-60KCS 型立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂;DZ-500/2s 型真空包装机 山东省诸城市正泰机械有限责任公司。

1.3 实验方法

1.3.1 取样及贮藏 将案板和刀具经75%(体积分数)酒精棉球擦拭后,去除牛肉上的筋膜和脂肪,分割成约180 g肉样,用高、低阻隔包装材料对牛肉进行真空热收缩包装(真空包装后,在90℃水浴中热收缩3 s,再在4℃冷水中冷却),用中阻隔材料对牛肉进行真空包装,置于0~4℃条件下贮藏,每隔7 d取样分析。

1.3.2 肉色测定 打开包装袋,将肉样切开露出新鲜的切面放置30 min后测定样品肉色^[10],通过白板校准,将样品置于光源下,读取色差计显示的亮

度值L*和红度值a*,每个肉样测定3个平行,取平均值。

1.3.3 持水力测定 按NY/T1333-1007 畜禽肉质的测定方法^[11]测定。

1.3.4 剪切力测定 采用英国TX-XT plus型质构仪测定,沿平行于肌纤维方向切取30 mm×10 mm×10 mm肉样,切刀垂直于肌纤维方向切割,剪切速度1.5 mm/s,剪切距离为40 mm。每个肉样测定5个平行,取平均值。

1.3.5 质构测定 采用英国TX-XT plus型质构仪测定样品的硬度、弹性、内聚性和咀嚼性^[12]。将肉样切成10 mm×10 mm×10 mm的方形,采用质地剖面分析TPA(Texture Profile Analysis)模式模拟口腔的咀嚼运动,通过对样品的2次压迫对肉样进行测定^[13-14]。测试参数为测试前速率为2 mm/s,测试速率为1 mm/s,测试后速率为1 mm/s,触发力为5 g,样品高度为10 mm,压缩比75%,测定间隔时间为5 s,探头型号为P/75。TPA结果采用TPA-macro分析。每个样品测定5个平行,取平均值。

1.3.6 挥发性盐基氮(TVB-N值)测定 按GB/T5009.44-2003 半微量凯氏定氮法^[15]测定。

1.3.7 菌落总数测定 按GB4789.2-2010 食品卫生微生物学检验方法^[16]测定。

1.4 数据分析

用Excel 2007及SPSS17.0进行数据处理,Excel 2007作图,用邓肯分析进行显著性分析, $p < 0.01$ 时为极显著差异, $p < 0.05$ 时为显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉菌落总数的影响

菌落总数是食品品质的重要评价指标,反映食品的新鲜度。由图1不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉菌落总数的影响可看出,随着贮藏时间的延长,各处理组的菌落总数呈增大趋势,且低阻隔组菌落总数显著大于中阻隔和高阻隔组($p < 0.05$),低、中、高3种阻隔材料包装牛肉的菌落总数分别在0~4℃贮藏的第7、21、21 d达到GB18406.3-2001农产品安全质量无公害畜禽肉安全要求规定^[17]的菌落总数的最大限制6 lgCFU/g,说明高阻隔材料包装可有效抑制包装中微生物的繁殖,从而延长样品的货架期。这与李念研究^[18]包装材料的阻隔性越高,氧气的透过率越低,腐败菌的增殖速度越慢,贮存时间越长的结果一致。

2.2 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉TVB-N值的影响

挥发性盐基氮(TVB-N)是肉品的水浸液在碱性条件下能与水蒸气一起蒸馏出来的总氮量,是评价肉品鲜度的重要指标^[19-20]。实验初始牛肉TVB-N含量为7.33 mg/100 g,贮藏期间TVB-N的变化趋势如图2所示,几组样品的TVB-N值随贮藏时间的延长呈现持续上升的趋势,其中低阻隔组牛肉的TVB-N含量增长最快,中、高阻隔组TVB-N含量增长较缓慢,贮藏期间中、高阻隔组牛肉TVB-N的含量和增

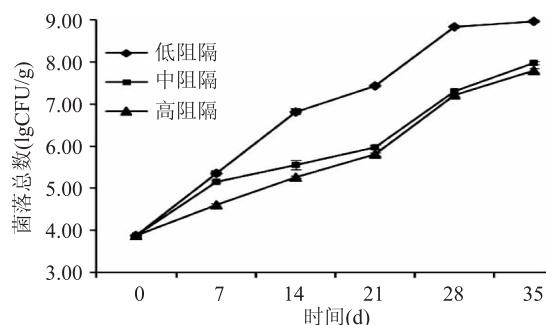


图1 不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉菌落总数的影响

Fig.1 The effect of different packaging materials on total bacterial count of beef during storage

长速度显著低于低阻隔组 ($p < 0.05$)。低、中、高3种阻隔材料包装牛肉的TVB-N值分别在0~4℃贮藏的第7、21、21 d左右达到GB2707-2005^[21]规定的针对生鲜或冷冻畜肉的TVB-N值最大限制15 mg/100 g,这说明高阻隔包装材料可有效抑制包装中微生物的繁殖,从而减缓蛋白质的降解,降低TVB-N含量的升高速度,使牛肉的品质缓慢下降。

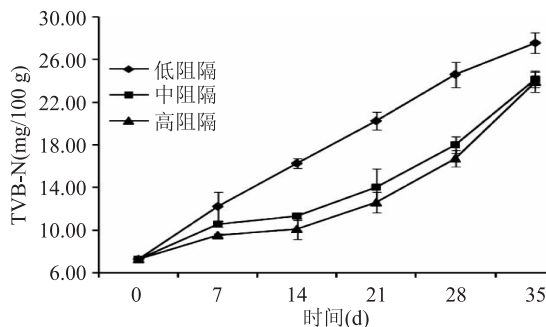


图2 不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉TVB-N的影响

Fig.2 The effect of different packaging materials on TVB-N of beef during storage

2.3 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉色差值的影响

肉品颜色是肉品感官品质的重要指标,是消费者选购产品的主要依据^[1]。对于牛肉的亮度值 L^* 和红色值 a^* 能客观的反映牛肉的颜色变化,因此本实验选择 L^* 值和 a^* 值作为牛肉色泽的评价指标,结果如图3所示。从图3中可见,低阻隔和高阻隔组的 L^* 值逐渐增大,中阻隔组的 L^* 呈波动变化趋势,且低阻隔组和高阻隔组的 L^* 值显著大于中阻隔组 ($p < 0.05$)。亮度值 L^* 反映肉样表面水分对光的反射能力,肉样表面水分含量大则反射能力强, L^* 值大^[22]。初步分析认为中阻隔组为真空包装,而低阻隔和高阻隔组为热收缩包装经过冷热刺激,破坏了肉样组织结构,导致其保水性下降,肌肉内部水分渗出,使肉样表面自由水增多,结果表现为低阻隔和高阻隔组亮度值 L^* 大于中阻隔组。

从图3中可见,各处理组 a^* 值先增大后减少。红色值 a^* 与肌红蛋白和氧气发生反应生成鲜红色的氧合肌红蛋白有关,开始时牛肉处于有氧状态,肌红蛋白和氧气发生反应暂时生成不稳定的鲜红色氧合肌红蛋白,随着贮藏时间的延长,由于氧气消耗,形

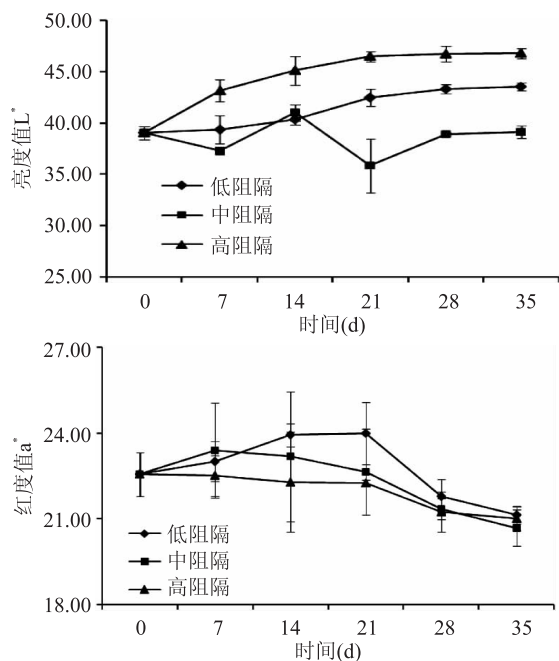


图3 不同阻隔性包装材料对贮藏期间 L^* 值和 a^* 值的影响

Fig.3 The effect of different packaging materials on L^* values and a^* values of beef during storage

成大量的高铁肌红蛋白,高铁肌红蛋白的大量积累,导致肉发生褐变,红色值 a^* 下降^[5]。说明高阻隔热收缩包装有利于牛肉色泽的保持,延缓牛肉色泽的劣变。

2.4 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉持水力的影响

持水性与肉品的颜色、多汁性、嫩度等食用品质密切相关,还会影响食品的感官品质,也是评价食品品质的一个重要指标^[23]。从图4不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉持水力的影响可以看出,各组的持水力基本上是随着贮藏时间的延长而逐渐下降;中阻隔和高阻隔组牛肉的持水性下降较低阻隔组慢,说明材料阻隔性越高,牛肉的持水性越好。

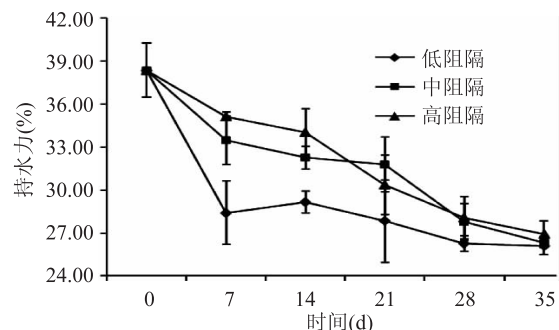


图4 不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉持水力的影响

Fig.4 The effect of different packaging materials on water holding capacity of beef during storage

2.5 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉剪切力的影响

剪切力反映肉品的嫩度,与肉品的食用品质和加工品质密切相关。从图5不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉剪切力的影响可以看出,随着贮藏时间的延长,各包装组牛肉的剪切力逐渐降低(高阻隔

表2 不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉质构指标的影响
Table 2 The effect of different packaging materials on texture indexes of beef during storage

指标	时间	处理		
		低阻隔	中阻隔	高阻隔
硬度(kg)	0	16.00 ± 0.74 ^a	16.00 ± 0.74 ^{ab}	16.00 ± 0.74 ^{ab}
	7	16.22 ± 0.87 ^{aAB}	13.76 ± 1.89 ^{cB}	17.29 ± 0.76 ^{aA}
	14	15.46 ± 0.84 ^{ab}	15.25 ± 0.82 ^{abc}	16.613 ± 0.23 ^a
	21	14.35 ± 1.19 ^{bcA}	16.89 ± 0.93 ^{ab}	15.89 ± 0.48 ^{abAB}
	28	13.43 ± 0.43 ^{cA}	16.86 ± 0.34 ^{ab}	14.65 ± 2.11 ^{bAB}
	35	12.96 ± 0.60 ^{cA}	14.60 ± 0.23 ^{bcB}	14.35 ± 0.31 ^{bB}
弹性(mm)	0	0.52 ± 0.05 ^a	0.52 ± 0.05	0.52 ± 0.05
	7	0.51 ± 0.03 ^a	0.49 ± 0.02	0.514 ± 0.04
	14	0.45 ± 0.03 ^b	0.49 ± 0.03	0.518 ± 0.04
	21	0.53 ± 0.02 ^a	0.53 ± 0.06	0.503 ± 0.02
	28	0.48 ± 0.01 ^{ab}	0.50 ± 0.02	0.502 ± 0.03
	35	0.48 ± 0.02 ^{ab}	0.51 ± 0.08	0.550 ± 0.02
内聚性(g)	0	0.59 ± 0.02 ^a	0.59 ± 0.02	0.59 ± 0.02 ^a
	7	0.56 ± 0.01 ^{abA}	0.56 ± 0.01 ^A	0.59 ± 0.02 ^{ab}
	14	0.56 ± 0.02 ^{ab}	0.53 ± 0.05	0.57 ± 0.02 ^{abc}
	21	0.54 ± 0.03 ^b	0.54 ± 0.03	0.57 ± 0.02 ^{ab}
	28	0.56 ± 0.02 ^{ab}	0.58 ± 0.71	0.55 ± 0.00 ^{bc}
	35	0.58 ± 0.00 ^{ab}	0.51 ± 0.07	0.54 ± 0.02 ^c
咀嚼性	0	4.93 ± 0.51 ^a	4.93 ± 0.51 ^a	4.93 ± 0.51 ^{ab}
	7	4.59 ± 0.14 ^{abAB}	3.79 ± 0.46 ^{bB}	5.23 ± 0.50 ^{aA}
	14	3.94 ± 0.15 ^{cA}	4.07 ± 0.51 ^{abAB}	4.92 ± 0.60 ^{abB}
	21	4.15 ± 0.52 ^{bc}	4.81 ± 0.45 ^a	4.56 ± 0.26 ^{ab}
	28	3.60 ± 0.10 ^{cA}	4.88 ± 0.54 ^{ab}	4.06 ± 0.83 ^{bAB}
	35	3.60 ± 0.35 ^{cA}	3.73 ± 0.13 ^{bAB}	4.23 ± 0.29 ^{abB}

注:表中同一指标同列上标相同小写字母或无上标表示差异不显著($p > 0.05$),同列上标不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$);表中同一指标同行上标相同大写字母或无上标表示差异不显著($p > 0.05$),同行上标不同大写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

组第21 d 除外),且差异显著($p < 0.05$)。低阻隔和高阻隔热收缩包装组的剪切力小于中阻隔真空包装组,初步分析认为热收缩包装经过骤热和骤冷过程破坏了牛肉的肌纤维结构,导致牛肉剪切力下降。说明热收缩包装可显著降低牛肉的剪切力,改善牛肉的嫩度,提高牛肉的食用品质。

重要指标^[24-25]。质地剖面分析(TPA)模式模拟口腔的咀嚼运动而开发出的用于客观评价产品品质的力学测定方法^[12]。不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉硬度、弹性、内聚性和咀嚼性等质构指标的影响如表2所示。

硬度反映了食品保持原有形状的内部结合力,决定了肉的食用品质^[26]。低阻隔和高阻隔热处理组样品的硬度在贮藏期间先上升后下降,且高阻隔组硬度下降速度较慢;中阻隔处理组样品的硬度先下降再缓慢上升再下降。分析认为低阻隔和高阻隔组由于热收缩作用,使牛肉硬度迅速上升,之后由于牛肉结构在微生物及酶的作用下逐渐破坏,使得硬度呈现先上升后下降的趋势,由于高阻隔材料可更好抑制微生物的繁殖所以高阻隔组硬度下降较慢;中阻隔处理组为真空包装没有热收缩过程,牛肉硬度上升较慢,随后也在微生物及酶的作用下呈下降趋势。说明真空包装可延迟牛肉硬度的上升,热收缩包装可促进牛肉硬度的上升;高阻隔材料有利于牛肉咀嚼硬度的保持。样品的弹性反映在外力作用下的恢复程度^[27],是肉品组织结构的重要参数。由表2可见,牛肉的弹性在贮藏期间与初始值相比总体呈现下降趋势,随着贮藏时间的延长,蛋白质的大量变

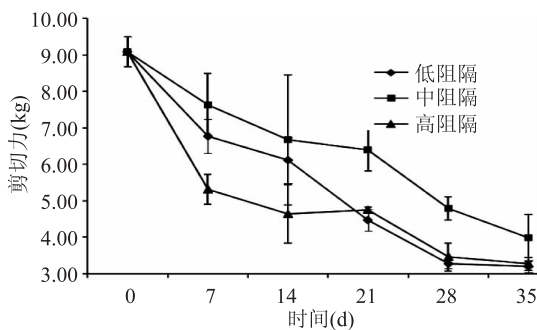


图5 不同阻隔性包装材料对贮藏期间牛肉剪切力的影响
Fig.5 The effect of different packaging materials on shear force of beef during storage

2.6 不同阻隔性包装材料对冷鲜牛肉质构指标的影响

质构指标是反映产品品质及消费者可接受性的

性导致肌肉间结合力的下降,从而造成牛肉弹性下降。在贮藏期间只有低阻隔组差异显著($p < 0.05$),中阻隔和高阻隔组差异不显著($p > 0.05$)。说明中阻隔和高阻隔材料有利于牛肉弹性的保持。内聚性也是反映肉品质构的主要指标之一。低阻隔和高阻隔热收缩包装组牛肉的内聚性呈现显著下降($p < 0.05$),中阻隔真空组差异不显著($p > 0.05$)。从数值上看,高阻隔组内聚性较大,说明高阻隔包装材料有利于牛肉内聚性的保持。咀嚼性反映样品对咀嚼发生时的持续抵抗,是对牛肉质地的综合评价参数。低阻隔和高阻隔热处理组样品的咀嚼性在贮藏期间先上升后下降,且高阻隔组硬度下降速度较慢;中阻隔处理组样品的咀嚼性先下降再缓慢上升再下降,与样品硬度的变化趋势一致。说明真空包装可延迟牛肉咀嚼性的上升,热收缩包装可促进牛肉咀嚼性的上升;高阻隔材料有利于牛肉咀嚼性的保持。

总的来看,各处理组牛肉质构指标均随贮藏时间的延长呈现下降趋势,表明牛肉的质构品质在不断的下降,但是高阻隔热收缩包装牛肉的质构指标下降速度较慢,说明高阻隔热收缩包装可延缓牛肉硬度、弹性、内聚性、咀嚼性等质构指标的劣变,使牛肉具有更好的质构品质。

3 结论

本文研究了包装材料阻隔性对贮藏过程中牛肉品质的影响。结果表明,中阻隔和高阻隔包装材料显著抑制包装袋中微生物的生长、减缓 TVB-N 值的升高、延长牛肉的货架期;热收缩包装较真空包装可使牛肉具有更好色泽、剪切力、硬度、弹性、内聚性和咀嚼性。由此可见,高阻隔材料能更好保持冷鲜牛肉的色泽、延缓品质指标的劣变、延长货架期。

参考文献

- [1] 胡长利,郝慧敏,刘文华,等.不同组分气调包装牛肉冷藏保鲜效果的研究[J].农业工程学报,2007,2(7):241-246.
- [2] 赵艳云,连紫璇,岳进.食品包装的最新研究进展[J].中国食品学报,2013,13(4):1-10.
- [3] Lee K T. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials [J]. Meat Science, 2010, 86(1): 138-150.
- [4] M.G.O`Suhivan, M.Cruz-Romero, J P Kerry. Carbon dioxide flavor taint in modified atmosphere packed beef steaks [J]. Food Science and Technology, 2013, 44(10): 2193-2198.
- [5] 邱淑冰,张一敏,罗欣,等.冷藏温度下真空包装牛肉微生物及品质变化[J].食品与发酵工业,2012,38(1):181-185.
- [6] 岳青青.阻隔性包装材料的应用现状及发展趋势[J].塑料包装,2011,21(3):19-21.
- [7] 万重,朱立民,刘燕.新型高阻隔包装材料在乳品包装领域的应用[J].食品研究与开发,2009,30(5):175-177.
- [8] 张敏.不同阻隔性的包装材料对气调包装鲜肉品质的影响[J].食品工业科技,2008,29(1):238-240.
- [9] 刘永吉,励建荣,郭红辉.不同包装材料对气调包装鱼糜制品货架期的影响[J].食品科技,2013,38(4):135-138.
- [10] Katikou P, Ambrosiadis I, Georgantelis D. Effect of Lactobacillus-protective cultures with bacteriocin-like inhibitory substances producing ability on microbiological, chemical and sensory changes during storage of refrigerated vacuum-packaged sliced beef [J]. Journal of Applied Microbiology, 2005, 99(6): 1303-1313.
- [11] NY/T1333-2007. 畜禽肉质的测定 [S]. 北京: 农业出版社, 2007.
- [12] Di Monaco R, Cavella S, Masi P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements [J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39(2): 129-149.
- [13] Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J J. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(3): 693-696.
- [14] 孙彩玲,田纪春,张永祥.TPA 质构分析模式在食品研究中的应用 [J]. 实验科学与技术, 2007, 5(2): 1-4.
- [15] GB/T5009.44-2003. 半微量凯氏定氮法测定挥发性盐基氮含量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [16] GB4789.2-2010. 食品卫生微生物学检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] GB18406.3-2001 农产品安全质量无公害畜禽肉安全要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [18] 李念. 抗菌衬垫及包装材料对肉品保鲜效果影响的研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [19] 田璐, 李苗云, 赵改名, 等. 气调包装冷却肉生物胺及腐败特性研究 [J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 75-82.
- [20] Lund M N, Lametsch R, Hvid 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.
- [21] GB2707-2005. 鲜(冻)畜肉卫生标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [22] Wulf D M W. Measuring muscle color on beef carcasses using the lab color space [J]. Animal Science, 1997, 77(6): 2418-2427.
- [23] Clausen I, Jakobsen M, Ertbjerg P, et al. Modified atmosphere packaging affects lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index and eating quality of beef [J]. Package Technology Science, 2009, 22(2): 85-96.
- [24] Hyldig G, Nielsen D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle [J]. Journal Texture Study, 2001, 329(3): 219-242.
- [25] Rown L J, Maddock K R, Lonergan S M, et al. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of u-calpain [J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(11): 3254-3266.
- [26] Chambers E N, Bowers J R. Consumer perception of sensory quality in muscle foods [J]. Food Technol, 1993, 47(11): 116-120.
- [27] 李里特. 食品物性学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.