

包装袋阻隔性对腊肉储存期间品质的影响

张泓^{1,2},黄艳杰¹,胡宏海^{1,2},张春江^{1,2},黄峰^{1,2},许杨³

(1.中国农业科学院农产品加工研究所,北京 100193;

2.中国农业科学院农产品加工研究所主食加工技术研究院,黑龙江哈尔滨 151900;

3.南昌大学食品科学与技术国家重点实验室,中德联合研究院,江西南昌 330047)

摘要:为了研究包装材料阻隔性对腊肉储存期间品质的影响,本研究选取4种阻隔性不同的包装材料(普通袋 PET/NY/PE、镀氧化铝袋 PET/Al₂O₃/NY/PE、镀氧化硅袋 PET/SiO₂/NY/PE 和铝箔袋 PET/AL/NY/PE)对腊肉进行真空包装,并对储存过程中水分含量、水分活度(A_w)、酸价(AV)、过氧化值(POV)、色泽、菌落总数和大肠菌群数及氨基酸含量进行测定。结果表明,普通袋的水分含量变化最大,铝箔袋水分变化最小($p < 0.05$)。四种包装袋的A_w前4个月增加,随后逐渐降低;普通袋包装的POV的变化显著高于镀氧化硅袋、镀氧化铝袋和铝箔袋($p < 0.05$)。铝箔袋的酸价增加最少,其余三种材料的酸价显著高于铝箔袋($p < 0.05$)。镀氧化铝袋和铝箔袋包装时色泽整体变化趋势较小。普通袋包装时菌落总数和大肠菌群增加量显著高于镀氧化铝袋、铝箔袋($p < 0.05$)。储存实验结束后,四种包装袋中的腊肉的各种氨基酸含量均显著增加,但两两之间无显著差异($p < 0.05$)。因此,铝箔袋可以有有效的阻隔水分和氧气的进入,延缓腊肉储存期的品质下降,是良好的腊肉包装材料。

关键词:包装材料,阻隔性,理化指标,腊肉

The influence of barrier properties of package materials on bacon physicochemical properties during storage

ZHANG Hong^{1,2}, HUANG Yan-jie¹, HU Hong-hai^{1,2}, ZHANG Chun-jiang^{1,2}, HUANG Feng^{1,2}, XU Yang³

(1. Institute of Agro-Products Processing Science and Technology,
Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China;

2. College of Staple Food Technology, Institute of Food Science and Technology,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Harbin 151900, China;

3. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Sino-German
Joint Research Institute, Nanchang University, Nanchang 330047, China.)

Abstract: In order to study the influence of different barrier properties package materials on physicochemical properties of cured meat during storage, four kinds of packaging materials with different barrier properties (PET/NY/PE, PET/SiO₂/NY/PE, PET/Al₂O₃/NY/PE and PET/AL/NY/PE) were used to package cured meat in vacuum. The moisture content, A_w, AV, POV, color, total bacteria counts, and *E. coli* counts of cured meat were determined. The results indicated that, the water preventing ability of PET/NY/PE was the worst, and the PET/AL/NY/PE was the best ($p < 0.05$). The A_w of cured meat packaged by four packaging materials increased at first four months, and then decreased. The POV of PET/NY/PE was higher than PET/SiO₂/NY/PE, PET/Al₂O₃/NY/PE and PET/AL/NY/PE significantly ($p < 0.05$). The AV of PET/NY/PE, PET/SiO₂/NY/PE and PET/Al₂O₃/NY/PE was significantly higher than that of PET/AL/NY/PE ($p < 0.05$). The color of PET/Al₂O₃/NY/PE and PET/AL/NY/PE had small changes. The total bacteria colonies and *E. coli* of ET/NY/PE increased more than PET/Al₂O₃/NY/PE and PET/AL/NY/PE significantly ($p < 0.05$). The amino acids of cured meat packaged by four kinds of packages were significantly increased at the end of storage experiment, but there was no significant difference between four kinds of packages. Therefore, PET/AL/NY/PE could effectively prevent the entry of water and oxygen, retard degradation of cured meat, was good packaging material.

Key words: packaging materials; barrier properties; physicochemical properties; cured meat

中图分类号: TS251.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)16-0346-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.16.061

收稿日期: 2015-11-12

作者简介: 张泓(1958-),男,博士,研究员,主要从事食品工程方面的研究, E-mail: zhanghong03@caas.cn。

基金项目: 国家科技支撑计划(2014BAD04B02-03); 国家农业创新工程。

腊肉在我国历史悠久,它是将原料肉经腌制、晾晒或烘烤、烟熏等工艺加工而成,具有易加工、风味独特、耐保存等特点,深受人们的喜爱^[1]。我国腊肉种类很多,不同地区的腊肉具有不同的地域特点,江西腊肉分为烟熏和非烟熏两种,色泽鲜明,味道鲜美,脂肪透明或呈乳白色,肉身干爽、结实、富有弹性,是深受当地居民喜爱的传统肉制品。由于氧气、光照和微生物等的作用,腊肉在储存过程中会发生一系列变化,如脂肪氧化,蛋白质分解,色素、维生素等被破坏^[2-3],造成香味散失,产生“哈喇味”,致病菌和腐败菌滋生,食用品质遭到破坏,甚至食用后危害人体健康。一般常温保存2~3个月后,酸价及过氧化值指标便会超过国标中腌腊肉制品卫生标准的要求,气温高时保存时间更短^[4]。

氧气、水分含量、光照是影响食品保存过程中理化指标变化的重要因素。氧气会促进食品中好氧微生物的生长,加速脂肪的氧化和蛋白质的氧化分解;水分含量超过一定值,微生物会迅速滋生,最终导致产品品质劣变;包装材料的阻隔性对食品储存期间的品质变化有很大的影响,为了延长食品货架期,要求包装材料具有一定阻光、阻湿和阻氧性能,其中氧气阻隔性对保持食品品质有重要影响^[5]。贺稚非、郭月红等研究了不同包装方式在储存过程中腊肉品质的变化,结果表明,真空包装比普通包装或散装更能有效延长货架期,保证产品的理化品质^[1,6]。梁丽敏等选用NY/PE、PET/AL/NY/PE、PET/P三种包装材料对广式腊肉进行真空包装,研究了储存6周过程中过氧化值和酸价的变化,结果表明三种材料对抑制广式腊肉酸价升高的作用不大,PET/AL/NY/PE对POV值抑制效果最好,PET/PE的效果最差^[7]。有研究表明高阻隔包装材料对氧气、水蒸气等具有很好的阻隔性,可有效减缓肉品质劣化;另外,高阻隔包装材料还具有一定的阻芳香性,可防止食品中挥发性香味成分的散失^[8-9]。

目前不同包装方式对腊肉品质的影响的研究较多,但是由于包装材料对腊肉储存过程中品质影响的研究需要较长研究周期,不同阻隔包装材料对腊肉储存中品质变化的相关研究较少。本研究选用四种不同阻隔性的包装材料对腊肉进行真空包装,采用储存期加速实验模式,研究腊肉储存过程中的水分含量、水分活度、酸价、过氧化值、色泽、菌落总数和大肠菌群数等理化指标的变化,以阐明包装材料阻隔性对腊肉品质的影响,为腊肉包装材料的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

皮薄肥瘦适度的新鲜猪五花肉5 kg、食盐150 g 超市购买;普通袋(PET/NY/PE) 北京日上包装机械有限公司;镀氧化铝袋(PET/Al₂O₃/NY/PE) 昆山达舜包装材料有限公司;镀氧化硅袋(PET/SiO₂/NY/PE) 无锡江阴宝柏包装有限公司;铝箔袋(PET/AL/NY/PE) 秦皇岛斯必得包装材料有限公司,参数见表1;碘化钾、冰乙酸(分析纯) 天津市大茂化学试剂有限公司;三氯甲烷、95%乙醇、无水乙醚、氢氧化钾、邻苯二甲酸氢钾(分析纯) 天津市永大化学试剂有限公司;0.02 mol/L 硫代硫酸钠标准溶液、1%淀粉指示剂 现用现配;PCA培养基、VRBA选择性培养基 北京奥博星生物科技有限责任公司。

SKP-02.200 恒温培养箱 黄石市恒丰医疗器械有限公司;鼓风干燥箱 黄石市恒丰医疗器械有限公司;Mettler Toledo 水分含量测定仪 瑞士 Mettler Toledo 公司;Aw-1 A 型水分活度仪 无锡市碧波电子设备厂;酸性滴定管 南昌宝灵科技有限公司;KONICA MINOLTA CR-10 色差计 日本柯尼卡美能达公司;S-433D 型氨基酸自动分析仪 SYKAM 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 腊肉制作和包装 选用猪五花肉,洗净,分切为宽2 cm的长条,根据前期减菌实验结果^[10],选用NaClO + Nisin + 蛋壳粉末 + 贝壳粉末的抑菌剂组合方式进行减菌处理,减少原料肉的带菌量,然后用冷开水冲洗干净;将洗净的肉用3%的食盐采用干腌的方法进行腌制,腌制时间7 d;腌制后的肉块冲洗去表面的食盐,在60℃烘烤24 h;烘烤后取出冷却后制得腊肉。将制得的腊肉分切,每块重量100 g,随机分为4组,每组12个样品,然后采用上述四种包装材料分别对4组样品进行真空包装。

1.2.2 储存加速实验 选取加速实验温度为40℃,Q10取2,环境温度22℃^[11-12],

$$A = Q10^{(T_e - T_a)/10} = Q10^{(40 - 22)/10} = 3.48$$

$$B = \text{期望货架期}/A = 30 \text{ d}/3.48 = 8.61 \text{ d}$$

即加速老化实验的8.6 d相当于22℃储存一个月。因此,在此实验条件下每8 d取样一次,对与腊肉鲜度相关的主要理化指标、菌落总数及大肠菌群进行测定,共取样12次,实验周期为96 d,相当于在22℃储存12个月。

1.2.3 理化值测定

1.2.3.1 水分测定 水分含量采用Mettler快速水分

表1 包装材料参数

Table 1 The parameters of packaging materials

	水蒸汽透过率(mg/(m ² ·d))	氧气透过率(mL/(m ² ·d))	阻隔性评价
普通袋(PET/NY/PE)	4.129645	52.8436	低阻隔(透明)
镀氧化铝袋(PET/Al ₂ O ₃ /NY/PE)	0.613486	0.908492	高阻隔(透明)
镀氧化硅袋(PET/SiO ₂ /NY/PE)	0.450	0.614	高阻隔(透明)
铝箔袋(PET/AL/NY/PE)	0.037649	0.045262	特高阻隔(遮光)

含量测定仪测定;水分活度采用 AW-1 型智能水分活度测定仪测定。

1.2.3.2 酸价的测定 酸价的测定参见 GB/T 55530-2005;

1.2.3.3 过氧化值(POV)测定 过氧化值测定参见 GB/T 5538-2005;

1.2.3.4 色泽测定 采用 KONICA MINOLTA CR-10 色差计分别测量每块样品瘦肉和脂肪的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.2.4 微生物检验 菌落总数和大肠菌群的测定参见 GB 4789.2-2010 和 GB 4789.2-2010。

1.2.5 氨基酸含量的测定

1.2.5.1 氨基酸水解 称取试样约 350 mg 置于 20 mL 安培瓶中,加入 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液 10 mL 抽真空融封,放入 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中水解 22 h。过滤后取滤液 1 mL,抽真空干燥后复溶,稀释至合适的倍数,备用^[13-15]。

1.2.5.2 色谱条件 色谱柱:LCA K06/Na;柱温 $58 \sim 74 \text{ }^\circ\text{C}$ 梯度温度;流动相流速:洗脱泵 $0.45 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,衍生泵 $0.25 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$;压力: $30 \sim 40 \text{ Bar}$;检测器波长为 $570 + 440 \text{ nm}$ 。

1.3 数据处理

实验数据为三次测量取平均值,使用 GraphPad Prism 5、SPSS 17.0 进行数据处理、差异性分析和相关性分析。

2 结果与讨论

2.1 不同包装材料对腊肉水分变化的影响

由图 1 中可知,水分含量整体上呈现一个波动变化的趋势,前 6 个月逐渐增加趋于稳定,而后降低再增大,这与现有研究储存过程中水分含量逐渐下降不一致^[1]。其原因可能是储存期内肉样中水分有一个重新平衡的过程,储藏初期肉样吸收周围水分,水分含量略有提高;到储藏中期,肉样发生部分脱水,腊肉中水分含量降低,而到储藏后期水分又被腊肉吸收,腊肉中的水分含量又有所上升。此外,包装袋的阻湿性不同也可能导致腊肉中水分含量发生变化。普通袋包装的腊肉水分含量和镀氧化硅袋、镀氧化铝袋相比,储存前期差别不显著,但与铝箔袋相比差异显著($p < 0.05$)。在整个储存过程中,镀氧化铝袋的水分含量比镀氧化硅袋、铝箔袋增加显著($p < 0.05$)。因此,普通袋的阻湿性最差,高阻隔性的镀氧化硅袋、镀铝袋的阻湿性次之,超高阻隔的铝箔袋对水分的阻湿性最好,且和其他三种材料相比差别显著($p < 0.05$)。

水分活度(Aw)整体上随着储存时间延长呈现先增大后减小的趋势(图 2),前 2 个月水分活度增加较快,从第 3 个月开始水分活度变化缓慢,且逐渐减小。前期由于外界水分的渗入,水分活度随着水分含量的增加而增大,随着储存时间的延长外界水分增加缓慢,且蛋白质脂肪的分解产生一些物质可能影响体系的渗透压,水分活度也发生改变^[16]。在此过程中,普通袋与镀氧化硅袋相比 Aw 差别不显著,与镀氧化铝袋相比,前 4 个月差别显著,5 个月之后差别不显著,与铝箔袋相比前期差别不显著,6 个月

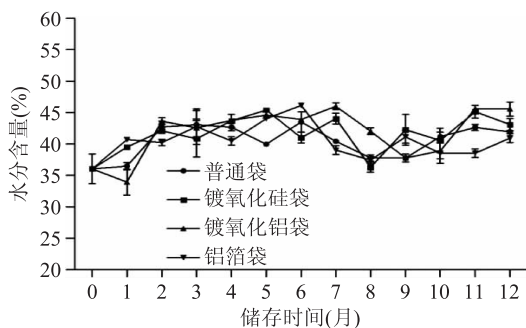


图 1 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中水分含量变化的影响

Fig.1 The effect of barrier properties of package materials on the moisture content of cured meat during storage

之后差别显著($p < 0.05$)。镀氧化硅袋和镀氧化铝袋之间腊肉水分活度没有明显差别,但与铝箔袋相比差别显著($p < 0.05$)。镀氧化铝袋和铝箔袋相比差别不显著($p < 0.05$)。水分是影响腊肉腐败变质的重要因素之一,包装材料的阻湿性对水分含量和水分活度的影响较大^[17],由于铝箔袋的阻湿性高,使腊肉在储存过程中水分活度变化相对较小。

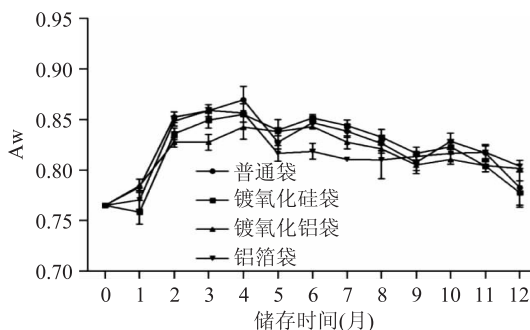


图 2 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中 Aw 变化的影响

Fig.2 The effect of barrier properties of package materials on the Aw of cured meat during storage

2.2 不同包装材料对腊肉 POV 值变化的影响

由图 3 可知,POV 值随储存时间的延长而呈现波动增加的趋势。这是因为 POV 值和脂肪氧化分解密切相关。POV 值是脂肪一级氧化的产物,受氧气的影响较大,POV 值高说明脂肪氧化产生中间产物积累的多,这些中间产物很快又会发生氧化反应生成小分子物质。因此,POV 值在腊肉制作和储存过程中呈现波动性增长的趋势^[4,18]。储存 1 个月后,普通袋、镀氧化硅袋和镀氧化铝袋包装的 POV 值超过国标(GB 2730-2015)中腌腊制品中 $\leq 0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ 的指标。在整个储存过程中,普通袋包装的腊肉 POV 值波动幅度最大,储存 1 个月时 POV 值达到 $0.869 \text{ g}/100 \text{ g}$,其变化幅度与高阻隔材料镀氧化硅袋、镀氧化铝袋和特高阻隔的铝箔袋包装相比差异显著($p < 0.05$)。镀氧化硅袋与镀氧化铝袋、铝箔袋的 POV 值之间无明显差别。包装材料的阻氧性可有效地防止氧气进入包装袋内。普通袋包装时由于阻氧性最低,POV 值一直在一个较高的水平。而铝箔袋包装的阻氧性最高,POV 值变化最小。而镀氧化硅袋和镀氧化铝袋

包装时 POV 值增加幅度处于中间水平。

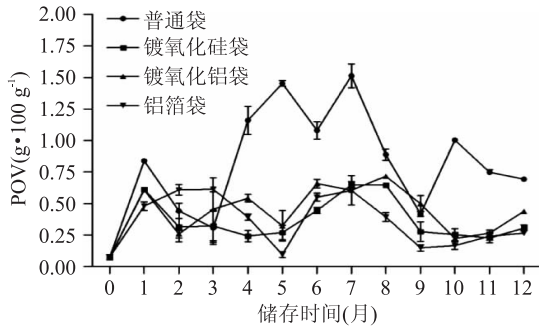


图3 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中 POV 值变化的影响

Fig.3 The effect of barrier properties of package materials on the POV of cured meat during storage time

2.3 不同包装材料对腊肉储存期间酸价变化的影响

如图4所示,腊肉的酸价随着储存时间的延长呈现先增大后降低的趋势。在储藏前期,酸价的升高与脂肪酶引起的脂肪水解有关,真空包装虽然可以去除包装中的氧气,但不能抑制脂肪酶的活性,脂肪仍被不断分解成脂肪酸和甘油^[7,19],导致酸价升高,这与前人的研究结果基本一致^[3-4]。随着储存时间的延长,游离脂肪酸产生的速率小于氧化分解的速率,酸价又逐渐降低。酸价的变化也是腊肉不断成熟的表现之一,一些风味前体物质在包装后仍在逐渐形成^[9]。对四种不同包装材料包装的腊肉酸价进行显著性分析,结果表明,普通 PE 袋、镀氧化硅袋、镀氧化铝袋之间酸价差异不显著,储存3个月后酸价迅速升高。前三者与铝箔袋相比,储存期的前3个月、第11~12个月无明显差异,第4~10个月间差异显著($p < 0.05$)。由于酸价升高是脂肪在脂肪酶作用下分解成游离脂肪酸所致,储存前期包装材料对酸价升高的影响较小^[20],而随着储存时间的延长,游离脂肪酸进一步氧化分解,而不同阻隔性包装材料包装的腊肉因氧化速率不同,游离脂肪酸累积的量有所差异^[1],因此第4~10个月酸价差异显著,第11~12个月氧化分解较彻底,游离脂肪酸剩余量较少,导致酸价无明显差异。

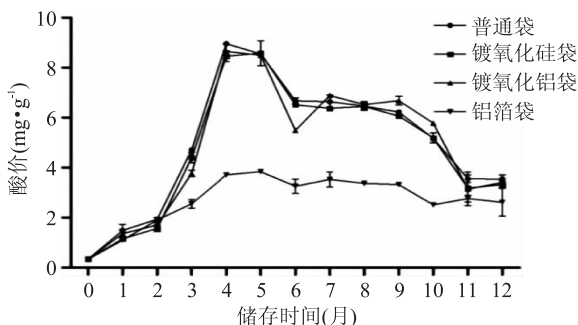


图4 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中酸价变化的影响

Fig.4 The effect of barrier properties of package materials on the acid value of cured meat during storage

2.4 不同包装材料对腊肉储存期间色泽变化的影响

由表2可知,随着储存时间的延长,四种包装材料包装的腊肉红度值 a^* 整体呈逐渐升高的趋势,即

随着储存时间的延长,腊肉的颜色越来越鲜艳,瘦肉色泽品质提升。腊肉的黄度值 b^* 随着储存时间的延长逐渐升高,表明脂肪氧化在持续进行,脂肪色泽品质下降。亮度值 L^* 均是随着储存时间的延长呈先增大后降低。色泽作为肉制品感官品质的重要指标之一,是消费者衡量肉制品品质的重要依据,腊肉的红色值增加,颜色变得鲜艳,提升产品外观品质。而黄度值的增大则严重影响产品的外观。影响食品色泽变化的影响因素很多,如光照、温度、氧气以及微生物的作用等^[21-22],其中氧气是最为关键的因素之一。普通袋对氧气的阻隔性最小,脂肪氧化程度高,色泽变化也最显著。而镀氧化铝袋和铝箔袋的阻氧性较强,可有效减缓因脂肪氧化造成的色泽变化,有利于保持腊肉的外观色泽稳定。

2.5 不同包装材料对腊肉储存期间菌落总数和大肠菌群变化的影响

由图5可知,四种包装材料包装的腊肉中的菌落总数随着储存时间的延长逐渐增加。普通包装袋的腊肉菌落数增加的最多,储存至第11~12个月时,菌落总数达到 $10^6 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$,超过国标中 $\leq 10^6 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ 的规定,而镀氧化铝和铝箔袋包装的腊肉菌落数增加幅度相对较小。普通袋包装的腊肉菌落总数增加量与镀氧化硅袋相比差别不显著,但与镀氧化铝袋、铝箔袋相比差异显著($p < 0.05$)。镀氧化硅袋和镀氧化铝袋、铝箔袋之间在前6个月菌落总数没有明显差别,在第6个月之后差异显著,镀氧化铝袋和铝箔袋之间无明显差别($p < 0.05$)。普通包装袋的阻氧性差,为好氧微生物的生长繁殖创造了良好条件。

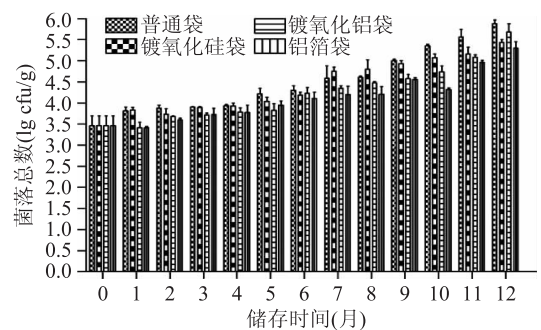


图5 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中菌落总数变化的影响

Fig.5 The effect of barrier properties of package materials on the total bacterial counts of cured meat during storage

由图6可知,储存前6个月大肠菌群未检出,第7个月普通袋的腊肉检出大肠菌群,之后数量逐渐增加。到第8个月普通袋和镀氧化铝袋的大肠菌群数增至超过 $10^2 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$,其中以普通袋包装的腊肉大肠菌群数增加为最快。显著性分析结果表明,普通袋和镀氧化硅袋相比差别不显著,与镀氧化铝袋、铝箔袋相比储存8个月之后大肠菌群数差异显著($p < 0.05$)。镀氧化硅袋和铝箔袋相比无显著性差异($p < 0.05$)。镀氧化硅袋与镀氧化铝袋,镀氧化铝袋和铝箔袋均在第8个月之后有显著性差异($p < 0.05$)。由此可见,高阻隔性和特高阻隔性的包装材料也可以

表2 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中色泽变化的影响

Table 2 The effect of barrier properties of package materials on the color of cured meat during storage

		0	1	2	3	4	5	6
普通袋	a^*	3.2 ± 0.2	4.8 ± 0.4	4.7 ± 0.5	4.7 ± 0.8	5.3 ± 0.5	5.7 ± 0.3	8.1 ± 0.6
	b^*	8.7 ± 1.4	10.4 ± 0.3	13.1 ± 0.2	13.3 ± 1.6	14.2 ± 1.5	16.3 ± 2.5	12.8 ± 1.1
	L^*	53.2 ± 2.3	54.3 ± 1.1	56.7 ± 0.9	62.4 ± 2.4	65.7 ± 2.6	56.2 ± 3.3	55.1 ± 3.6
镀氧化铝袋	a^*	3.2 ± 0.2	4.4 ± 0.7	3.5 ± 0.7	4.4 ± 0.3	5.3 ± 2	4 ± 0.1	6.9 ± 0.6
	b^*	8.7 ± 1.4	8.6 ± 0.3	11.3 ± 0.8	11.9 ± 1.1	11.2 ± 2.1	16.7 ± 1.2	14.1 ± 1.2
	L^*	53.2 ± 2.3	59 ± 1.1	60.2 ± 2.1	57.4 ± 2.1	64.3 ± 1.6	50 ± 2.7	59.8 ± 5.6
镀氧化硅袋	a^*	3.2 ± 0.2	4.9 ± 0.2	4.2 ± 0.2	4.2 ± 0.6	4.1 ± 1.1	4.3 ± 1.1	7.5 ± 0.9
	b^*	8.7 ± 1.4	12.5 ± 0.9	10.3 ± 0.5	11.5 ± 0.3	15.4 ± 0.6	15.3 ± 2.6	12.8 ± 1.6
	L^*	53.2 ± 2.3	53.5 ± 0.7	60.2 ± 1.3	55 ± 1.9	57.9 ± 4.8	58 ± 3.7	58.3 ± 3.7
铝箔袋	a^*	3.2 ± 0.2	4.4 ± 0.1	4.3 ± 0.4	4.4 ± 0.4	6 ± 0.8	6.9 ± 1.1	7.2 ± 0.6
	b^*	8.7 ± 1.4	11.93 ± 0.3	10.6 ± 0.6	11.5 ± 2.4	15.6 ± 4.5	12.7 ± 3.4	13.5 ± 1.3
	L^*	53.2 ± 2.3	53.8 ± 1.9	58.2 ± 2.2	50.8 ± 3.6	60.2 ± 6.5	55.2 ± 5.3	55.6 ± 4.1
		7	8	9	10	11	12	
普通袋	a^*	7.8 ± 1.6	9.8 ± 1.9	10.7 ± 1.9	10.8 ± 0.9	14.2 ± 1.4	15.7 ± 0.9	
	b^*	17 ± 2.3	10.7 ± 1.3	15.6 ± 2.7	11.3 ± 1.5	12.6 ± 1.6	14.7 ± 1.3	
	L^*	54.1 ± 3.1	52.7 ± 2.1	50.9 ± 4.6	47.1 ± 3.4	47.4 ± 3.4	47.2 ± 2.1	
镀氧化铝袋	a^*	6.5 ± 0.5	8.7 ± 1.5	8.4 ± 1.6	8.4 ± 1.2	8.3 ± 0.7	8.9 ± 0.3	
	b^*	10.6 ± 1.2	12.2 ± 1.6	11.2 ± 2.9	13.4 ± 1.1	14 ± 1.2	15.3 ± 0.6	
	L^*	57.9 ± 2.4	44.3 ± 6.4	51.2 ± 6.5	51.4 ± 3.6	49 ± 4.2	48.5 ± 1.9	
镀氧化硅袋	a^*	7.2 ± 1.3	6.7 ± 0.2	7.7 ± 1.3	8.7 ± 0.6	8.6 ± 0.1	9.3 ± 0.8	
	b^*	16.6 ± 2.7	16 ± 5.2	9.8 ± 1.6	11.5 ± 0.7	11.7 ± 1.8	12.9 ± 1.3	
	L^*	55.8 ± 2.3	51.6 ± 2.1	53.2 ± 4.4	44.8 ± 2.1	49.7 ± 2.1	46.9 ± 0.4	
铝箔袋	a^*	10.3 ± 1.1	5.9 ± 0.3	7.2 ± 0.6	8.3 ± 1.1	8.9 ± 0.7	10.4 ± 0.2	
	b^*	13.6 ± 1.5	15.2 ± 3.6	13.6 ± 0.8	13.6 ± 1.3	10.8 ± 1.2	15.1 ± 0.6	
	L^*	53.5 ± 4.2	49.4 ± 3.4	53.5 ± 3.7	47 ± 3.1	53.2 ± 2.3	48.6 ± 2.2	

注:表中 a^* 代表瘦肉的红色, b^* 代表脂肪的黄色, L^* 代表瘦肉的亮度。

减缓大肠杆菌的繁殖速度。

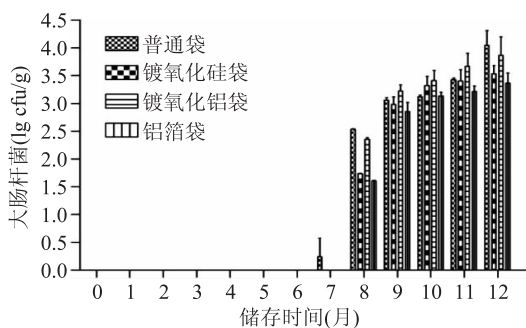


图6 包装材料阻隔性对腊肉储存过程中大肠菌群数变化的影响

Fig.6 The effect of barrier properties of package materials on the *E.coli* counts of cured meat during storage

2.6 不同包装材料腊肉储存期间氨基酸含量的变化

由表3可知,加速实验前腊肉含量较高的几种氨基酸分别是谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、酪氨酸。总氨基酸的含量为 $27.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,必需氨基酸占10.63%,鲜味氨基酸占10.93%,其中必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)量为38.82%。加速实验后四种包装材料包装的腊肉中各种氨基酸含量均较实验前有显著增加($p < 0.05$),与普通袋相比,镀氧化硅袋的总氨基酸含量、必需氨基酸含量、鲜味氨基酸增加显

著;镀氧化铝袋的总氨基酸和非必需氨基酸含量增加显著;铝箔袋的总氨基酸含量、必需氨基酸含量和非必需氨基酸含量增加显著($p < 0.05$)。镀氧化硅袋、镀氧化铝袋和铝箔袋两两相比较,总氨基酸的含量、必需氨基酸含量和非必需氨基酸含量差异显著,EAA/TAA无显著性差别($p < 0.05$)。腊肉在储存期间,蛋白质和脂肪会分解成其他小分子物质,氧气和脂质的氧化均对蛋白质的氧化分解产生影响^[23-24],这些氧化分解也是腊肉滋味和风味形成的主要途径。因此,储存12个月后蛋白质分解,总氨基酸的含量、必需氨基酸、非必需氨基酸含量、EAA/TAA均显著增加。由于不同的包装材料对氧气、光照等因素的阻隔性不同,蛋白质氧化分解程度也不同,进而对腊肉的滋味影响不同。镀氧化铝袋和铝箔袋包装时必需氨基酸和鲜味氨基酸含量显著比其他包材高,对于腊肉的营养组成和滋味较有利。

2.7 测定指标与包装材料阻隔性相关性分析

通过对储存6个月和12个月的测定指标和包装材料阻隔性进行相关分析得知,水蒸气透过率与水分含量、 A_w 、POV值、酸价、红度值、黄度值、菌落总数和大肠菌群呈正相关,与亮度、必需氨基酸、鲜味氨基酸呈负相关(表4)。这说明水分透过率越大,腊肉水分含量和 A_w 越大;水分含量高有利于脂肪氧化分解,这是因为水分增加了氧的溶解度和脂类大分子

表3 四种包装材料包装的腊肉的氨基酸含量的变化

Table 3 The amino acid content of cured meat packaged by different materials during storage

氨基酸	缩写	实验前含量 (mg/g)	实验后含量(mg/g)			
			普通袋	镀氧化硅袋	镀铝袋	铝箔袋
天冬氨酸	Asp	2.74 ± 0.13 ^a	11.31 ± 0.32 ^b	13.71 ± 1.02 ^b	10.63 ± 0.89 ^b	15.43 ± 1.37 ^b
苏氨酸	Thr	1.37 ± 0.07 ^a	5.49 ± 0.21 ^b	6.86 ± 0.44 ^b	5.49 ± 0.09 ^b	7.54 ± 0.63 ^b
丝氨酸	Ser	1.37 ± 0.04 ^a	5.14 ± 0.11 ^b	6.17 ± 0.31 ^b	4.45 ± 0.11 ^b	6.86 ± 0.48 ^b
谷氨酸	Glu	4.08 ± 0.11 ^a	17.49 ± 0.56 ^b	21.60 ± 1.22 ^b	16.80 ± 0.43 ^b	23.31 ± 2.41 ^b
甘氨酸	Gly	1.37 ± 0.05 ^a	6.86 ± 0.07 ^b	7.20 ± 0.45 ^b	5.14 ± 0.08 ^b	7.89 ± 0.43 ^b
丙氨酸	Ala	1.71 ± 0.08 ^a	7.89 ± 0.84 ^b	9.16 ± 0.11 ^b	7.20 ± 0.34 ^b	10.63 ± 1.02 ^b
半胱氨酸	Cys	0.00 ± 0.01 ^a	0.34 ± 0.01 ^b	0.69 ± 0.01 ^b	0.69 ± 0.02 ^b	1.03 ± 0.02 ^b
缬氨酸	Val	1.03 ± 0.02 ^a	4.80 ± 0.34 ^b	5.83 ± 0.33 ^b	4.80 ± 0.47 ^b	6.51 ± 0.44 ^b
甲硫氨酸	Met	1.03 ± 0.03 ^a	3.42 ± 0.11 ^b	4.11 ± 0.33 ^b	3.08 ± 0.06 ^b	4.80 ± 0.13 ^b
异亮氨酸	Ile	1.03 ± 0.02 ^a	4.46 ± 0.25 ^b	5.49 ± 0.21 ^b	4.46 ± 0.10 ^b	6.17 ± 0.09 ^b
亮氨酸	Leu	1.03 ± 0.09 ^a	9.26 ± 0.14 ^b	11.31 ± 1.00 ^b	9.26 ± 0.67 ^b	13.03 ± 1.33 ^b
酪氨酸	Tyr	2.40 ± 0.12 ^a	4.11 ± 0.22 ^b	4.80 ± 0.22 ^b	4.11 ± 0.12 ^b	5.14 ± 0.07 ^b
苯丙氨酸	Phe	1.03 ± 0.10 ^a	5.49 ± 0.32 ^b	6.17 ± 0.65 ^b	5.14 ± 0.09 ^b	6.86 ± 0.21 ^b
组氨酸	His	1.03 ± 0.06	5.49 ± 0.36 ^b	7.20 ± 0.17 ^b	5.14 ± 0.48 ^b	8.23 ± 0.38 ^b
赖氨酸	Lys	1.71 ± 0.08 ^a	9.60 ± 0.48 ^b	11.31 ± 0.33 ^b	9.26 ± 0.31 ^b	12.34 ± 0.46 ^b
精氨酸	Arg	2.40 ± 0.17 ^a	7.20 ± 0.45 ^b	8.23 ± 0.14 ^b	6.51 ± 0.12 ^b	9.94 ± 1.14 ^b
脯氨酸	Pro	1.03 ± 0.05 ^a	5.14 ± 0.27 ^b	5.83 ± 0.33 ^b	4.46 ± 0.63 ^b	6.51 ± 0.39 ^b
总氨基酸	-	27.38 ± 1.25 ^a	113.49 ± 5.32 ^b	135.67 ± 7.04 ^c	106.62 ± 4.86 ^d	152.22 ± 6.48 ^e
必需氨基酸	-	10.63 ± 0.47 ^a	42.52 ± 1.89 ^b	51.08 ± 3.46 ^c	41.49 ± 1.33 ^d	57.25 ± 3.69 ^e
非必需氨基酸	-	16.75 ± 0.79 ^a	70.97 ± 3.11 ^b	84.59 ± 3.68 ^c	65.13 ± 3.35 ^d	94.87 ± 4.26 ^e
鲜味氨基酸	-	10.93 ± 0.53 ^a	46.97 ± 2.45 ^b	55.75 ± 2.88 ^c	42.85 ± 2.98 ^c	62.06 ± 3.44 ^c
必需氨基酸/总氨基酸	-	38.82 ± 2.22% ^a	37.47 ± 1.99% ^b	37.64 ± 1.49% ^b	38.91 ± 1.66% ^b	37.61 ± 1.53% ^b

表4 储存6个月和12个月时测定指标与包装材料阻隔性相关性分析

Table 4 Correlation analysis between physicochemical properties and packaging materials barrier properties at storage six and twelve month

项目	水分含量	Aw	POV值	酸价	红度	黄度	亮度	菌落总数	大肠菌群数	必需氨基酸	鲜味氨基酸
6个月	水汽透过率	0.161	0.579	0.934	0.609	0.855	0.503	-0.524	0.827	-	-
	氧气透过率	-0.055	0.483	0.949	0.516	0.876	0.528	-0.617	0.769	-	-
12个月	水汽透过率	0.231	0.545	0.938	0.626	0.946	0.09	-0.486	0.830	0.788	-0.559
	氧气透过率数	-0.309	-0.460	0.926	0.539	0.977 [*]	0.120	-0.460	0.796	0.752	-0.504

注：“*”表示在0.05水平显著，“-”表示指标未检出或未测定。

的肿胀,曝露出更多的催化部位,从而加速了氧化进程^[25];而水分含量的增加降低了必需氨基酸和鲜味氨基酸占总重量的比例。氧气透过率与POV值、酸价、红度值、黄度值、菌落总数和大肠菌群呈正相关,这说明氧气是脂肪氧化分解的重要因素^[17]。氧气与红度值密切相关,这是因为氧气与肌红蛋白化学存在形式密切相关,肌红蛋白的转化受氧分压的影响^[24];氧气的进入还促进菌落总数和大肠菌群的增长。

3 结论

四种包装材料阻隔性与腊肉储存期间理化值变化密切相关,普通袋对氧气和水分的阻隔效果较差,腊肉的理化指标变化最明显,其次是镀氧化铝袋、镀氧化硅袋;铝箔袋对水分、酸价、过氧化值、菌落数和大肠菌群等理化值的变化有很好的抑制或减缓作用,并能很好地保持腊肉的滋味。因此,选择合适阻

隔性的包装材料对腊肉储存过程中的品质控制十分必要。超高阻隔的铝箔袋对抑制脂肪氧化酸败和微生物生长、保持腊肉风味有较好的效果,是较好的包装材料。但是,铝箔袋包装效果虽好但不透明,消费者不能很直观的看到腊肉的感官状态,镀氧化铝和镀氧化硅包材是腊肉透明包装的合理选择。现在新型的包装材料和包装形式的研究越来越多,包装材料的选择要综合考虑多种因素,如采用复合抗菌膜、生物活性包装材料、微孔膜包装材料等^[26],对提高腊肉的货架期均有不同程度的良好效果。

参考文献

[1] 贺雅非,薛山,李洪军,等.川味腊肉货架期间的品质变化[J].食品工业科技,2013(18):318-321.
 [2] Pateiro M, Franco D, Carril J A, et al. Changes on physico- (下转第373页)

Advanced Materials, 2011, 23: H119-H124.

[31] Ezat H A, Freddy D, Ronny B, et al. An improved electrochemical aptasensor for chloramphenicol detection based on aptamer incorporated gelatine [J]. Sensors, 2015, 15 (4): 7605-7618.

[32] Barthelmebs L, Jonca J, Hayat A, et al. Enzyme - Linked Aptamer Assays (ELAAs), based on a competition format for a rapid and sensitive detection of Ochratoxin A in wine [J]. Food Control, 2011, 22(5): 737-743.

[33] Wang S, Liu J, Wei Y, et al. A direct competitive assay - based aptasensor for sensitive determination of tetracycline residue in Honey [J]. Talanta, 2015, 131c: 562-569.

[34] Veronika O, Hana V, Jiri H, et al. Effect of the immobilisation of DNA aptamers on the detection of thrombin by means of surface plasmon resonance [J]. Analytical & Bioanalytical Chemistry, 2008, 391(5): 1861-1869.

[35] Goeders K M, Colton J S, Bottomley L A. Microcantilevers; Sensing Chemical Interactions via Mechanical Motion [J].

Chemical Reviews, 2008, 108: 522-542.

[36] Cherian S, Gupta R K, Mullin B C. Detection of Copper Ions using Microcantilever Immunosensors and Enzyme - linked Immunosorbent assay [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2003, 19: 411-416.

[37] Hou H, Bai X, Xing C, et al. Aptamer-based cantilever array sensors for oxytetracycline detection [J]. Analytical Chemistry, 2013, 85(4): 2010-2014.

[38] Lee J F, Stovall G M, Ellington A D. Aptamer therapeutics advance [J]. Current Opinion in Chemical Biology, 2006, 10: 282-289.

[39] Kim Y S, Jung H S, Matsuura T, et al. Electrochemical detection of 17 β -estradiol using DNA aptamer immobilized gold electrode chip [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2007, 22: 2525-2531.

[40] Kim K, Gu M, Kang D, et al. High-sensitivity detection of oxytetracycline using light scattering agglutination assay with aptasensor [J]. Electrophoresis, 2010, 31(18): 3115-3120.

(上接第 351 页)

chemical properties, lipid oxidation and volatile compounds during the manufacture of celta dry - cured loin [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(8): 4808-4818.

[3] Waraho T, McClements D J, Decker E A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions [J]. Trends in Food Science & Technology, 2011, 22(1): 3-13.

[4] 白卫东, 蔡培钿, 赵文红, 等. 广式腊味贮存过程中酸价和过氧化值的变化 [J]. 食品与机械, 2010(1): 49-51, 63.

[5] Belcher J N. Industrial packaging developments for the global meat market [J]. Meat Science, 2006, 74(1): 143-148.

[6] 郭月红. 腊肉中脂肪氧化变化及其影响因素研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2006.

[7] 梁丽敏, 徐勇, 王三永, 等. 不同包装材料对广式腊肉储藏保鲜效果的研究 [J]. 食品工业科技, 2007, 28(6): 176-177.

[8] 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.

[9] 路立立, 胡宏海, 张春江, 等. 包装材料阻隔性对德州扒鸡的品质影响分析 [J]. 现代食品科技, 2014(8): 194-200.

[10] 黄艳杰, 许杨, 张泓. 几种抑菌剂对腊肉原料肉的减菌化效应 [J]. 食品工业科技, 2014, 20: 165-169.

[11] Chakraborty K, Chakkalakal S J, Joseph D. Response of pro-inflammatory prostaglandin contents in anti-inflammatory supplements from green mussel *Perna viridis* L. in a time-dependent accelerated shelf-life study [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 7: 527-540.

[12] Martin J N, Brooks J C, Brooks T A, et al. Storage length, storage temperature, and lean formulation influence the shelf-life and stability of traditionally packaged ground beef [J]. Meat Science, 2013, 95(3): 495-502.

[13] 章超桦, 吴红棉, 洪鹏志, 等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成 [J]. 水产学报, 2000, 24(2): 180-184.

[14] 金素钰, 马崑, 郑玉才. 牦牛肉中游离氨基酸含量的分析

[J]. 草业与畜牧, 2007(3): 44-46.

[15] 王雪峰, 李春萍, 吴佳佳, 等. 臭鳊鱼发酵中滋味成分的鉴定与分析 [J]. 中国食品学报, 2015(1): 222-229.

[16] 宋翠英. 重组腊肉火腿工艺优化及其理化特性变化研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.

[17] Liu D, Qu J, Sun D W, et al. Non-destructive prediction of salt contents and water activity of porcine meat slices by hyper spectral imaging in a salting process [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 20: 316-323.

[18] Huang Y, Li H, Huang T, et al. Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon [J]. Food Chemistry, 2014, 149: 31-39.

[19] Yang H, Ma C, Qiao F, et al. Lipolysis in intramuscular lipids during processing of traditional Xuanwei ham [J]. Meat Science, 2005, 71: 670-675.

[20] 赵巧灵, 廖明涛, 刘书臣, 等. 蓝鳍金枪鱼脂肪氧化和鱼肉色泽的变化研究 [J]. 中国食品学报, 2014(7): 79-86.

[21] 张泓, 刘玉芳, 黄志兵, 等. 不同阻氧性包装材料对加工蔬菜氧化变色的影响 [J]. 食品工业科技, 2011(6): 332-335.

[22] Møller JKS, Hinrichsen LL, Andersen HJ. Formation of amino acid (1-leucine, 1-phenylalanine) derived volatile flavour compounds by *Moraxella phenylpyruvica* and *Staphylococcus xylosum* in bacon model systems [J]. International Journal of Food Microbiology, 1998, 42: 101-117.

[23] 孟彤, 刘源, 仇春洪, 等. 蛋白质氧化及对肉品质影响 [J]. 中国食品学报, 2015(1): 173-181.

[24] 阙建全主编. 食品化学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.

[25] 向丹. 不同理化因素对猪肉肌红蛋白稳定性的影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2010.

[26] 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.