

迷迭香与大豆分离蛋白涂膜对生鲜猪肉的护色及抗氧化效果

赵东方^{1,2,3}, 应丽莎^{1,2,3}, 魏丹^{1,2,3}, 张敏^{1,2,3}

(1. 西南大学, 重庆 400715; 2. 农业部农产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室, 重庆 400715; 3. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

摘要:通过在大豆分离蛋白中掺杂不同质量浓度迷迭香对生鲜猪肉进行涂膜处理,比较了不同涂膜剂与迷迭香喷洒处理对高氧气调下猪肉颜色、正铁肌红蛋白含量、TBARS 值、蛋白质羰基和硬度值的影响。结果表明纯蛋白涂膜有效延缓了猪肉 TBARS 值的形成,但无法抑制蛋白质羰基和正铁肌红蛋白的生成,而迷迭香与蛋白膜结合对猪肉表现出不同的抗氧化效果。sr250 无法抑制猪肉颜色的褐变及脂类蛋白质的氧化,sr500,sr1000 和 sr2000 对猪肉颜色、脂类、蛋白质等抗氧化效果均达到甚至超过了迷迭香直接喷洒处理的效果,总体而言,sr1000 的抗氧化活性要好于 sr500 和 sr2000。实验表明适当浓度迷迭香与大豆分离蛋白复合能显著增强两者对猪肉的抗氧化活性。

关键词: 迷迭香; 大豆分离蛋白; 颜色; 抗氧化; 猪肉

中图分类号: TS202.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)19-0018-06

Effect of Rosemary and Soy Protein Isolate Coating on Color and Oxidation Stability of Fresh Pork

ZHAO Dong-fang^{1,2,3}, YING Li-sha^{1,2,3}, WEI Dan^{1,2,3}, ZHANG Min^{1,2,3}

(1. Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Argoproducts on Storage and Preservation, Chongqing 400715, China; 3. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

Abstract: Fresh pork was coated by soy protein isolate incorporated with different concentrations of rosemary, and the effect of different coatings or rosemary on color, metmyoglobin, TBARS, protein carbonyls, and hardness of meat under high-oxygen modified atmosphere was analyzed. The results showed that the pure protein coating effectively delayed the formation of TBARS, but it can not inhibit the generation of protein carbonyl or metmyoglobin; the combinations of rosemary and soy protein isolate shows different antioxidant effect for pork; sr250 is unable to inhibit browning of pork color, and lipid and protein oxidation; sr500, sr1000 and sr2000 has excellent protection against color changing and oxidation of lipid and protein, the antioxidant activity of them are comparable to or even better than that of direct addition of rosemary to meat samples; overall, sr1000 has better antioxidant activity than sr500 and sr2000. The experiments showed that the combination of soy protein isolate with appropriate concentration of rosemary can significantly enhance the antioxidant activity of both toward pork.

Key words: rosemary; soy protein isolate; color; antioxidant; pork

颜色是消费者评价肉及肉制品可接受性的重要指标之一^[1],直接影响消费者对肉品的购买欲望^[2]。研究表明高氧气调能促进肉及肉制品中肌红蛋白的氧合,延缓肌肉表面正铁肌红蛋白的形成,使肉品呈

现吸引人的鲜红色^[3-4],但高浓度氧气同时也加速了肉品的氧化腐败。猪肉因含有高浓度的多不饱和脂肪酸极易发生脂类氧化,且脂类氧化产生的自由基又可作为肌红蛋白的促氧化因子,导致肉品变色^[5-6]。

收稿日期: 2013-03-27

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD36B02);农业部公益性行业(农业)科研专项(200903012)

作者简介: 赵东方(1987-),男,河南永城人,西南大学硕士生,主攻食品包装材料及技术。

通信作者: 张敏(1975-),男,湖南株洲人,硕士,西南大学副教授,主要研究方向为食品包装材料及技术。

目前,大量研究表明抗氧化剂与高氧气调结合既能增加肉品颜色的稳定性又能避免肉品因氧化反应导致的品质劣变^[7-9]。迷迭香作为一种天然高效的抗氧化剂被广泛用于肉品企业。研究报道迷迭香能有效延缓肉品氧化,增加肉品颜色稳定性^[10-13]。迷迭香等抗氧化剂通常作为食品组分添加到肉制品中,或以溶液方式对肉进行喷洒、浸渍等处理进入肉制品中,而食品最容易发生氧化腐败的部位往往位于食品表面,迷迭香的直接添加可能会与食品成分发生中和、分解等一系列复杂反应,从而导致其抗氧化活性下降。此外,对于表面并不致密的新鲜肉品而言,迷迭香会从肉品表面扩散进入食品内部,导致肉品表面迷迭香的有效浓度降低,活性下降。

近几年,由蛋白质、多糖和脂类形成的可食性涂层或薄膜越来越受到研究人员的关注,这些涂层或薄膜可以作为抗菌剂或抗氧化剂的载体,通过减少失重、延缓脂类氧化和颜色劣变等来维持并提高新鲜、冷冻或加工肌肉食品的品质^[14]。Herring 等^[15]报道对生鲜猪肉进行明胶涂覆明显延缓了肉品脂类和蛋白质的氧化及猪肉表面 *a* 值的下降。Krkic 等^[16]采用壳聚糖添加牛至油对香肠进行涂膜,发现壳聚糖活性涂膜延缓了香肠脂类氧化,但对肉品颜色并无影响。虽然有不少研究报道可食性涂膜与抗菌剂或抗氧化剂结合对猪肉^[17-18]、牛肉^[19]、火鸡^[20]等有保鲜作用,然而活性涂膜与高氧气调结合对肉品品质的影响却鲜有报道。笔者选用大豆分离蛋白制备涂膜溶液,比较大豆分离蛋白、迷迭香及两者复合对高氧气调下生鲜猪肉颜色和脂类、蛋白质等抗氧化效果的影响。

1 实验

1.1 材料与试剂

实验材料与试剂:市售猪通脊肉;迷迭香粉末,海南舒普生物科技有限公司;大豆分离蛋白,北京奥博星生物技术有限责任公司;三氯乙酸、硫代巴比妥酸、2,4-二硝基苯肼、丙三醇等购于成都市科龙化工试剂厂;1,1,3,3-四乙氧基丙烷和盐酸胍购于北京大田丰拓化学技术有限公司。所有试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

实验仪器与设备:UV-2450PC 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;UltraScan® PRO 测色仪,美国 HunterLab 公司;TA. XT 2i 物性测定仪,英国 Stable Micro

Systems 公司;1-15 PK SIGMA 冷冻离心机,德国 SIGMA 公司;JJ-1 精密增力电动搅拌器,常州博远实验分析仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 蛋白涂膜溶液的制备

取 5 g 大豆分离蛋白缓慢溶解于 100 mL 蒸馏水中,加入增塑剂并用 NaOH 调整使该混合体系的 pH 值为 10,70 ℃ 水浴加热搅拌。迷迭香用无水乙醇溶解加入到成膜溶液中,配成迷迭香质量浓度分别为 0,0.025,0.05,0.1 和 0.2 g/100 mL 的 5 组涂膜溶液,记为 sp1, sr250, sr500, sr1000, sr2000。

1.3.2 猪肉样品的制备

将猪通脊肉剔除可见脂肪,用无菌手术刀切成 1.5 cm 厚的肉排,暴露在空气中 1 h (4 ℃) 使其充分熟化^[21]。对部分肉样表面喷射 0.05 g/100 mL 迷迭香提取物(sr500),其余样品在含不同迷迭香质量浓度的涂膜溶液中浸渍 1 min 后沥干,对照组样品(con)不用迷迭香处理。

所有肉样均置于 18.5 cm×11.5 cm×2.5 cm 的聚苯乙烯塑料托盘内,用 0.1 mm 厚的聚酰胺/聚乙烯 (PA/PE) 复合袋进行 O₂(80%) + CO₂(20%) 气调包装,顶空与内容物比率为 1 : 1^[22]。最后,将样品在超市标准荧光灯下于 4 ℃ 贮藏 12 d,每 3 d 取样进行分析。

1.4 指标测定

1.4.1 表面颜色测定

样品的表面颜色参照 Rubio 等^[23]方法,根据 CIE L* a* b* 颜色标准采用色差仪于室温下测得。采用 D65 照明光源,10° 标准观察角。每个样品取上表面均匀分布的 6 处不同位置进行测量并求其平均值。

1.4.2 正铁肌红蛋白(MetMb)测定

正铁肌红蛋白的测定参照 Krzywicki 等^[24]方法。正铁肌红蛋白用冷的 0.04 mol/L, pH 值为 6.8 的磷酸盐缓冲液提取,样品和缓冲液的比例为 1 : 10。样品匀浆以 10 000 g 离心 30 min(4 ℃)后,吸取在 525, 545, 565 和 572 nm 处的上清液并测其吸光值。正铁肌红蛋白的质量分数根据公式(1)计算:

$$\text{正铁肌红蛋白的质量分数} = (-2.541A_{572}/A_{525} + 0.777 A_{565}/A_{525} + 0.800 A_{545}/A_{525} + 1.098) \times 100\% \quad (1)$$

1.4.3 脂肪氧化测定

脂肪氧化的测定参照 Sørensen 等^[25]方法。取 5 g 肉样加入到 15 mL 三氯乙酸(TCA)(7.5%) 溶液中

匀质,过滤。滤液与同体积 0.02 mol/L 硫代巴比妥酸(TBA)混合,置于 100 ℃ 水中水浴 80 min,后冷却至室温。在 532 nm 处取上清液比色。作丙二醛标准曲线,由曲线可得样品的硫代巴比妥酸反应值(TBARS)。

1.4.4 蛋白质氧化测定

蛋白质氧化的测定参照 Oliver 等^[26]方法。取 1 g 猪肉在磷酸盐缓冲液中高速匀浆,移取 2 份等量提取液分别与 TCA(20%)反应,其中一份用二硝基苯肼(DNPH)(0.2%)处理,另一份用 2 mol/L HCl 作空白对照。体系置于 25 ℃ 水浴反应 30 min,加 1 mL TCA 冷冻离心,弃上清液。沉淀经乙醇/乙酸乙酯(1:1)洗涤 3 次后溶解于 6 mol/L 盐酸胍中,于 370 nm 波长下测定其吸光值。总蛋白质含量(mg)通过测定 HCl 空白组在 280 nm 处的吸光值并以牛血清白蛋白(BSA)作标准曲线计算可得。结果用每毫克蛋白质中含有与 DNPH 结合的蛋白浓度(n mol)表示。

1.4.5 质构剖面分析(TPA)

质构剖面分析参照 Martinez 等^[27]方法。采用物性仪对肉样进行压缩实验,测试使用直径 5 mm 的不锈钢圆柱形探头,测前、测中和测后速度分别为 2,1,5 mm/s,压缩比为 50%,2 次下压时间间隔为 5 s,测试时力的方向与肌纤维方向垂直。

1.5 数据处理

使用 SPSS 13.0 软件对各指标进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 颜色

生鲜猪肉贮藏期间 CIE a^* 值的变化情况见图 1。实验发现迷迭香喷洒的肉品 r500 从第 9 天开始 a^* 值明显大于对照组($P<0.05$),表现出护色作用。纯蛋白涂膜在前 6 d 能较好地维持肉品的红色,但之后 a^* 值急剧下降,低浓度迷迭香与蛋白膜复合即 sr250 处理组肉品整个贮藏期间与对照组肉品的 a^* 值均无显著差异($P>0.05$)。蛋白膜中迷迭香浓度的增加则使该活性涂层对猪肉颜色表现出较强的持留能力。sr500,sr1000 和 sr2000 等 3 组活性涂膜肉品的 a^* 值均大于 r500($P>0.05$),且从第 6 天开始明显增加了肉品 a^* 值的持留能力($P<0.01$),其中 sr1000 处理组肉品在整个贮藏期间 a^* 值始终大于其余各组,且到贮藏末期 a^* 值仍维持在 9 以上。

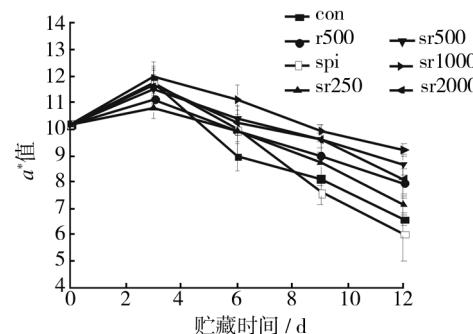


图 1 不同处理方式对新鲜猪肉 CIE a^* 值的影响

Fig. 1 CIE a^* values of fresh pork with different treatments

2.2 正铁肌红蛋白

由前期试验得出 0.05 g/100 mL(即 r500 处理组)为迷迭香对猪肉直接喷洒处理的最佳抗氧化浓度^[28],由图 2 可知,r500 处理组从第 9 天开始正铁肌

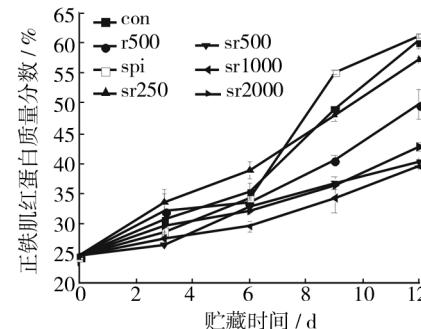


图 2 不同处理方式对新鲜猪肉正铁肌红蛋白含量的影响

Fig. 2 Metmyoglobin content (%) of fresh pork with different treatments

红蛋白含量明显小于对照组($P<0.01$),这与猪肉颜色 a^* 值的变化趋势相反,且两者呈现显著负相关($P<0.01$),说明该实验中迷迭香喷洒处理有效延缓了肉品后期颜色的褐变。实验发现除 spi 和 sr250 外,活性涂膜处理组 sr500,sr1000 和 sr2000 正铁肌红蛋白含量均低于对照组和迷迭香喷洒处理组。且 sr1000 在整个贮藏期间对猪肉正铁肌红蛋白的抗氧化能力始终强于 r500 处理组($P<0.05$)。

2.3 脂肪氧化

迷迭香对高氧气调包装的肉品脂类氧化的抑制作用已被广泛报道^[9,29],实验中迷迭香 r500 处理组从第 6 天开始 TBARS 值明显低于对照组($P<0.01$),有效抑制了高氧气调下生鲜猪肉脂肪的急剧氧化。由图 3 可知,实验中纯蛋白涂膜对猪肉 TBARS 值也表现出一定的抑制作用。Shon 等^[14]报道大豆分离蛋

白涂膜能有效减少鲜切猪肉硫代巴比妥酸反应值和过氧化物值。大量研究者认为涂膜对肉品脂类氧化的抑制作用是由于涂层对氧气的阻隔性^[15,30],而大豆蛋白涂层对紫外线的阻隔性能^[31]也可能是 spi 组肉品 TBARS 值降低的原因。

由图 3 可知,大豆蛋白与不同浓度迷迭香复合对

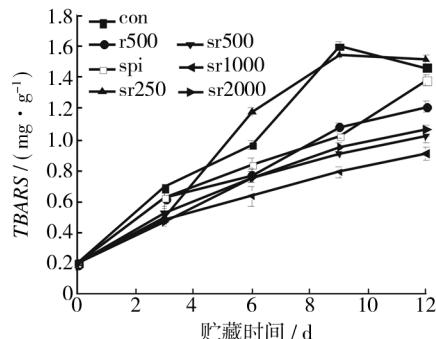


图 3 不同处理方式对新鲜猪肉脂质氧化(TBARS 值)的影响

Fig. 3 Evolution of lipid oxidation (TBARS) values of fresh pork with different treatments

猪肉脂类表现出不同的抗氧化效果。sr500, sr1000 和 sr2000 3 组明显延缓了猪肉整个贮藏期间 TBARS 值的增加($P<0.01$),其中 sr1000 处理组肉品硫代巴比妥酸反应值一直维持在一个较低水平,明显低于迷迭香直接喷洒处理组($P<0.01$)。而 sr500 和 sr2000 从第 9 天开始对猪肉脂类表现出的抗氧化能力同样明显好于 r500($P<0.01$),这可能是因为迷迭香随贮藏时间延长逐渐消耗,故而其抗氧化作用缓慢减弱,而将迷迭香和蛋白溶液复合使迷迭香被包埋于大豆分离蛋白基质中,实现了迷迭香在肉品表面缓慢而持续的释放或实现在薄膜内部的固定清除,增加并延长了迷迭香的作用效果。

2.4 蛋白质氧化

迷迭香与蛋白涂膜处理对猪肉贮藏期间蛋白质羰基含量的影响见图 4。由图 4 可知,spi 和 sr250 并未表现出对猪肉蛋白质羰基的抑制作用,相反,这 2 个处理组从第 9 天开始其蛋白质羰基含量明显大于对照组($P<0.05$)。这可能是由于在高氧气调中蛋白涂层自身发生氧化,产生的自由基又加速了肌肉中蛋白质的氧化。实验发现迷迭香喷洒虽然能有效延缓脂类氧化,但在贮藏末期才显示出对蛋白质轻微的抗氧化能力($P<0.05$)。而 sr500, sr1000 和 sr2000 等 3 组对猪肉 TBARS 值和蛋白质羰基均起到了良好的抑制作用,3 组肉品从第 6 天开始蛋白质羰基含量远

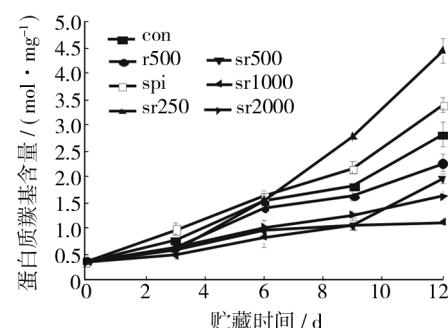


图 4 不同处理方式对新鲜猪肉蛋白质羰基含量的影响

Fig. 4 Evolution of protein carbonyls values of fresh pork with different treatments

远低于对照组($P<0.01$),其中 sr1000 和 sr2000 2 组从第 6 天开始蛋白质羰基含量明显低于迷迭香直接喷洒处理组,显示出优秀的抗氧化能力。

2.5 硬度

生鲜猪肉贮藏期间硬度值的变化见图 5。由图 5

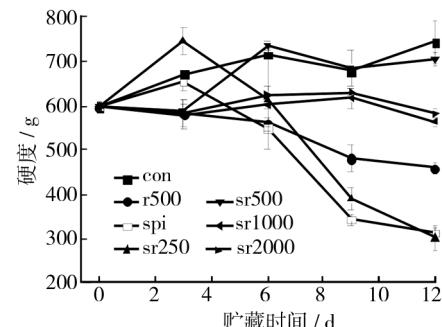


图 5 不同处理方式对新鲜猪肉硬度的影响

Fig. 5 Hardness of fresh pork with different treatments

可知,对照组肉品在贮藏前期硬度值明显增加($P<0.05$),这可能是由于蛋白质在高氧化环境中形成分子间交联,降低了蛋白质的溶解性和其对蛋白酶的敏感性,阻止了蛋白质的嫩化^[32]。实验发现 sr500 对猪肉硬度值的维持仅限于贮藏前 3 d,从第 6 天开始 sr500 组的硬度值与对照组并无明显差异($P>0.05$),sr1000, sr2000 和 r500 均有效抑制了肉品在高氧气调环境中硬度值的增加($P<0.01$),其中 r500 处理组贮藏 9 d 后硬度值略有下降,而 sr1000 和 sr2000 使肉品在整个贮藏期间硬度值基本维持在 600 g 左右。

3 结语

实验结果表明纯蛋白涂膜延缓了猪肉贮藏期间

的脂类氧化,但并未表现出明显的护色作用,且 spi 组肉品蛋白质羰基含量略大于对照组,这可能是由于蛋白涂层在高氧环境中自身被氧化,从而诱发猪肉蛋白质的氧化,导致蛋白质降解,肉品硬度下降。

不同质量浓度迷迭香与蛋白结合对猪肉表现出不同的抗氧化效果, sr250 处理对猪肉没有表现出护色作用,在贮藏后期反而极大地促进了蛋白质羰基的形成,同时降低了肉品的硬度。而 sr500, sr1000 和 sr2000 均有效延缓了猪肉 a^* 值的下降,对 TBARS 值和蛋白质羰基的生成也起到了抑制作用,这 3 组的作用效果均达到甚至超过了迷迭香直接喷洒处理组。其中 sr1000 在整个贮藏期间对 MetMb, TBARS 的抑制作用均明显大于 r500,基本上维持了肉品的硬度值。总体而言,sr1000 处理组为大豆分离蛋白与迷迭香的最适浓度组合。

由此可见,适当浓度迷迭香与大豆分离蛋白结合增强了两者对猪肉的抗氧化效果,这可能是由于迷迭香对蛋白涂层在高氧环境中的氧化起到了一定的抑制作用,而蛋白基质的存在则避免了迷迭香有效浓度的迅速降低。迷迭香可能在蛋白质涂层里实现对自由基的固定清除或通过迁移行为缓慢释放到肉品表面,增加并延长了迷迭香对猪肉的抗氧化效果,这有待后续的进一步研究。

参考文献:

- [1] BEKHIT A E D, FAUSTMAN C. Metmyoglobin Reducing Activity [J]. Meat Science, 2005, 71(3) :407–439.
- [2] MANCINI R A, HUNT M C. Current Research in Meat Color [J]. Meat Science, 2005, 71(1) :100–121.
- [3] SINGH P, WANIA A A, SAENGERLAUB S, et al. Understanding Critical Factors for the Quality and Shelf-life of MAP Fresh Meat: A Review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2011, 51(2) :146–177.
- [4] McMILLIN K W. Where is MAP Going A Review and Future Potential of Modified Atmosphere Packaging for Meat [J]. Meat Science, 2008, 80(1) :43–65.
- [5] MERCIER Y, GATELLIER P, RENERRE M. Lipid and Protein Oxidation in Vitro, and Antioxidant Potential in Meat from Charolais Cows Finished on Pasture or Mixed Diet [J]. Meat Science, 2004, 66(2) :467–473.
- [6] ALLEN K, CORNFORTH D. Comparison of Spice-derived Antioxidants and Metal Chelators on Fresh Beef Color Stability [J]. Meat Science, 2010, 85(4) :613–619.
- [7] DJENANE D, MARTINEZ L, SANCHEZ-ESCALANTE A, et al. Antioxidant Effect of Carnosine and Carnitine in Fresh Beef Steaks Stored under Modified Atmosphere [J]. Food Chemistry, 2004, 85(3) :453–459.
- [8] KIM Y H, KEETON J T, SMITH S B, et al. Evaluation of Antioxidant Capacity and Colour Stability of Calcium Lactate Enhancement on Fresh Beef under Highly Oxidising Conditions [J]. Food Chemistry, 2009, 115(1) :272–278.
- [9] HOYLE PARKS A R, BRASHEARS M M, MARTIN J N, et al. Shelf Life and Stability Traits of Traditionally and Modified Atmosphere Packaged Ground Beef Patties Treated with Lactic Acid Bacteria, Rosemary Oleoresin, or Both Prior to Retail Display [J]. Meat Science, 2012, 90(1) :20–27.
- [10] LIU D C, TSAU R T, LIN Y C, et al. Effect of Various Levels of Rosemary or Chinese Mahogany on the Quality of Fresh Chicken Sausage During Refrigerated Storage [J]. Food Chemistry, 2009, 117(1) :106–113.
- [11] MARTINEZ L, CILLA I, BELTRAN J A, et al. Effect of Illumination on the Display Life of Fresh Pork Sausages Packaged in Modified Atmosphere. Influence of the Addition of Rosemary, Ascorbic Acid and Black Pepper [J]. Meat Science, 2007, 75(3) :443–450.
- [12] HERNANDEZ-HERNANDEZ E, PONCE-ALQUICIRA E, JARAMILLO-FLORES M E, et al. Antioxidant Effect Rosemary (Rosmarinus Officinalis L) and Oregano (Origanum Vulgare L) Extracts on TBARS and Colour of Model Raw Pork Batters [J]. Meat Science, 2009, 81 (2) :410–417.
- [13] LARA M S, GUTIERREZ J I, TIMON M, et al. Evaluation of two Natural Extracts (Rosmarinus officinalis L and Melissa officinalis L) as Antioxidants in Cooked Pork Patties Packed in MAP [J]. Meat Science, 2011, 88(3) :481–488.
- [14] SHON J, KIM J-H, EO J-H, et al. Effect of Soy Protein Isolate Coating on Meat Quality of Pork Fresh Cut during Refrigerated Storage [J]. Journal of Applied Biological Chemistry, 2012, 55(1) :27–34.
- [15] HERRING J L, JONNALONGADDA S C, NARAYANAN V C, et al. Oxidative Stability of Gelatin Coated Pork at Refrigerated Storage [J]. Meat Science, 2010, 85(4) :651–656.
- [16] KRKIC N, LAZIC V, SAVATIC S, et al. Application of Chitosan Coating with Oregano Essential Oil on Dry Fermented Sausage [J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2012, 51(1) :60–68.
- [17] 潘思轶,王可兴,杨东旭.魔芋涂膜保鲜冷却肉研究 [J]. 食品科学, 2004, 25(8) :177–180.
PAN Si-yi, WANG Ke-xing, YANG Dong-xu. Preservation

- Study on Chilled Meat Coated by Konjac Glucomannan [J]. Food Science, 2004, 25(8): 177-180.
- [18] 刘国庆, 张黎利, 宗凯, 等. 涂膜保鲜剂中添加茶多酚对冷鲜猪肉贮藏品质的影响 [J]. 食品科学, 2009, 30(24): 452-456.
- LIU Guo-qing, ZHANG Li-li, ZONG Kai, et al. Effect of Tea Polyphenols in Preservative Coating on Quality of Chilled Meat [J]. Food Science, 2009, 30(24): 452-456.
- [19] 汪学荣, 阚建全, 汪水平. 海藻酸钠涂膜保鲜牛肉的研究 [J]. 食品科学, 2008, 29(3): 475-477.
- WANG Xue-rong, KAN Jian-quan, WANG Shui-ping. Study on Fresh-keeping of Beef by Coating with Sodium Alginate [J]. Food Science, 2008, 29(3): 475-477.
- [20] JIANG Zheng, NEETOO H, CHEN Hai-qiang. Efficacy of Freezing, Frozen Storage and Edible Antimicrobial Coatings Used in Combination for Control of Listeria Monocytogenes on Roasted Turkey Stored at Chiller Temperatures [J]. Food Microbiology, 2011, 28(7): 1394-1401.
- [21] DJENANE D, SANCHEZ-ESCA LANTE A, BELTRAN J A, et al. Ability of Alpha-tocopherol, Taurine and Rosemary, in Combination with Vitamin C, to Increase the Oxidative Stability of Beef Steaks Packaged in Modified Atmosphere [J]. Food Chemistry, 2002, 76(4): 407-415.
- [22] JAKOBSEN M, BERTELSEN G. Colour Stability and Lipid Oxidation of Fresh Beef. Development of a Response Surface Model for Predicting the Effects of Temperature, Storage Time, and Modified Atmosphere Composition [J]. Meat Science, 2000, 54(1): 49-57.
- [23] RUBIO B, MARTINEZ B, GARCIA-CACHAN M D, et al. Effect of the Packaging Method and the Storage Time on Lipid Oxidation and Colour Stability on Dry Fermented Sausage Salchichon Manufactured with Raw Material with a High Level of Mono and Polyunsaturated Fatty Acids [J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1182-1187.
- [24] KRZYWICKI K. The Determination of Haem Pigments in
- Meat [J]. Meat Science, 1982, 7(1): 29-36.
- [25] SØRENSEN G, JØRGENSEN S S. A Critical Examination of Some Experimental Variables in the 2-thiobarbituric Acid (TBA) Test for Lipid Oxidation in Meat Products [J]. Zeitschrift Für Lebensmitteluntersuchung Und-Forschung A, 1996, 202(3): 205-210.
- [26] OLIVER C N, AHN B W, MOERMAN E J, et al. Age-related Changes in Oxidized Proteins [J]. Journal of Biological Chemistry, 1987, 262(12): 5488-5491.
- [27] MARTINEZ O, SALMERON J, GUILLEN M D, et al. Texture Profile Analysis of Meat Products Treated with Commercial Liquid Smoke Flavourings [J]. Food Control, 2004, 15(6): 457-461.
- [28] 应丽莎, 赵东方, 傅阳, 等. 迷迭香与高氧气调对生鲜猪肉的护色及抗氧化效果 [J]. 食品科学, 2013, 34(2): 256-261.
- YING Li-sha, ZHAO Dong-fang, FU Yang, et al. Individual and Combined Effects of Rosemary and High-oxygen Modified Atmosphere on Color and Oxidative Stability of Fresh Pork [J]. Food Science, 2013, 34(2): 256-261.
- [29] PARKS A R H, BRASHEARS M M, MARTIN J N, et al. Shelf Life and Stability Traits of Traditionally and Modified Atmosphere Packaged Ground Beef Patties Treated with Lactic Acid Bacteria, Rosemary Oleoresin, or Both Prior to Retail Display [J]. Meat Science, 2012, 90(1): 20-27.
- [30] SATHIVEL S. Chitosan and Protein Coatings Affect Yield, Moisture Loss, and Lipid Oxidation of Pink Salmon (*Onchorhynchus gorbuscha*) Fillets During Frozen Storage [J]. Journal of Food Science, 2005, 70(8): e455-e459.
- [31] GUERRERO P, STEFANI P M, RUSECKAITE R A, et al. Functional Properties of Films Based on Soy Protein Isolate and Gelatin Processed by Compression Molding [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(1): 65-72.
- [32] DAVIES K J A. Degradation of Oxidized Proteins by the 20S Proteasome [J]. Biochimie, 2001, 83(3/4): 301-310.

(上接第 17 页)

- WANG Zhi-wei, SUN Bin-qing, LIU Zhi-gang. On Migration of Constitutes of Packaging Materials [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 1-4, 10.
- [7] 王志伟, 黄秀玲, 胡长鹰. 多类型食品包装材料的迁移研究 [J]. 包装工程, 2008, 29(10): 1-7.
- WANG Zhi-wei, HUANG Xiu-ling, HU Chang-ying. Study on Migration of different type Food Contact Materials [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 1-7.
- [8] 刘志刚, 胡长鹰, 王志伟. 3 种聚烯烃抗氧剂迁移的试验分析及数值模拟 [J]. 包装工程, 2007, 28(1): 1-3, 9.
- LIU Zhi-gang, HU Chang-ying, WANG Zhi-wei. Experimental Analysis and Numerical Simulation on Migration of Three Antioxidants in Polyolefins [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 1-3, 9.
- [9] WANG Zhi-wei, HUANG Xiu-ling, HU Chang-ying. A Systematic Study on the Stability of UV Ink Photoinitiators in Food Simulants Using GC [J]. Packaging Technology and Science, 2009, 22(3): 151-159.