不同包装方式对调理预制烤猪肉冰温贮藏中微生物和理化特性影响

任静[1]，程龙[1]，韩齐[1]，张欢[2]，孔保华[1]
（1.东北农业大学食品学院，食品安全与营养协同创新中心，黑龙江哈尔滨 150030）
（2.东北农业大学生命科学学院，黑龙江哈尔滨 150030）

摘要：本文研究不同包装方式对调理预制烤猪肉冰温（-1 ℃）贮藏中微生物和理化特性的影响。结果表明，-1 ℃冰温贮藏 28 d 后托盘包装样品的细菌总数（7.53 lg cfu/g）显著高于真空包装样品的细菌总数（5.54 lg cfu/g）（P<0.05），其优势腐败菌为假单胞菌和热杀索丝菌。真空包装样品优势菌为热杀索丝菌、乳酸菌和假单胞菌。贮藏 28 d 后，托盘包装的样品红度（a*）值为 9.88、pH 为 6.37、硫代巴比妥酸（TBARS）值达到了 3.02 mg/kg、挥发性盐基氮（TVB-N）值为 56.6 mg/100 g、感官基本不可接受，而真空包装的 a* 值为 10.87、pH 为 6.13、TBARS 值为 1.62 mg/kg、TVB-N 值为 43.9 mg/100 g、感官仍有一定的可接受性。SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳结果表明贮藏期间真空包装样品的所有蛋白条带的强度强于托盘包装的样品，直到贮藏结束时，真空包装样品的蛋白条带仍然较粗且清晰。研究表明冰温结合真空包装可有效的延长调理预制烤猪肉的保质期。

关键词：预制烤猪肉；包装；冰温；微生物；理化性质
文章篇号：1673-9078(2015)10-182-189 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.031

Effect of Different Packaging Methods on Microbial Growth and Physicochemical Properties of Pre-processed Roast Pork at IceTemperature Storage

REN Jing[1], CHENG Long[1], HAN Qi[1], ZHANG Huan[2], KONG Bao-hua[1]
(1.College of Food Sciences, Northeast Agricultural University, Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition, Harbin 150030, China) (2.College of Life Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The purpose of this study was to determine the influence of different packaging methods on the microbial growth and physicochemical properties of uncooked, pre-processed roast pork ice-temperature storage (at -1 ℃). The results showed that the total bacterial count of tray-packed samples after 28-d storage at -1 ℃ (7.53 lg cfu/g) was significantly higher than that of vacuum-packaged samples (5.54 lg cfu/g) (P < 0.05). The dominant spoilage bacteria of the tray-packed samples were *Pseudomonas* and *Brochothrix thermosphacta*; the dominant spoilage bacteria of the vacuum-packaged samples were *B. thermosphacta*, *Lactobacillus*, and *Pseudomonas*. After 28 days of storage, for tray-packed samples, the *a** value, pH value, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value, and total volatile base nitrogen (TVB-N) value were 9.88, 6.37, 3.02 mg/kg, and 56.6 mg/100 g, respectively, and the sensory quality was unacceptable; for vacuum-packaged samples, the *a** value, pH value, TBARS value, and TVB-N value were 10.87, 6.13, 1.62 mg/kg, and 43.9 mg/100 g, respectively, and sensory quality remained acceptable. The results of sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide-gel electrophoresis (SDS-PAGE) showed that the intensity of all protein bands of vacuum-packaged samples were stronger than that of tray-packed samples and were still thick and clear by the end of storage period. The study showed that ice temperature storage coupled with vacuum packaging can effectively extend the shelf life of raw, pre-processed roast pork.

Key words: raw pre-processed roast pork; packaging; ice temperature; microorganism; physicochemical properties

收稿日期：2014-11-14
基金项目：黑龙江省科技计划项目（GC13B212）；国家十二五科技支撑计划（2012BAD28B02）
作者简介：任静（1979-），女，博士，副教授，研究方向畜产品加工
通讯作者：孔保华（1963-），女，教授，博士生导师，研究方向畜产品加工

冰温保鲜技术在农产品和肉及肉制品的贮藏保鲜以及流通中不仅能起到长时间保鲜的作用，而且可以延缓产品品质变化。随着人们生活水平的提高，人们对食品的品质要求也随之提高，这就给食品的流通保鲜提出了很高的要求，而冰温技术的应用可以很好地解决这样的问题。目前日本在冰温保鲜方面技术已比较成熟，而我国冰温贮藏保鲜技术研究尚处于起步阶段，技术不成熟，设备不完善，推广应用还有待开展。冰温技术目前在畜禽保鲜方面的研究主要集中在鸡肉和鲜猪肉的冰温保鲜。姜长红等采用-1 ℃冰温保鲜，以 5 ℃冷藏鸡肉作为对照，发现对照组在第 8 d 时变质，而冰温保鲜组在第 27 d 时各项感官指标完全符合国家二级鲜肉统一标准要求[1]。张瑞宇等报道鲜猪肉在-1 ℃冰温保鲜，其保质期可延长至 14 d，而冷藏（4~5 ℃）处理组在第 8 d 时已经变质[2]。而目前国外在冰温技术方面的研究主要在水产品的冰温保鲜方面居多。Sohn 等研究表明冰温贮藏能够控制鳕鱼肌肉脂质氧化与颜色的恶化[3]。Moini 等研究表明通过测定红牙鱼或（别名三牙）贮藏在冰温条件下生物胺及菌数的变化结果发现其货架期可延长至 10 d[4]。Okpala 等研究表明冰温贮藏的太平洋白对虾在贮藏 12 d 期间其样品的滴定酸度显著降低，这在某种程度上可以反映冰温贮藏可以起到一定的防腐保鲜的作用[5]。在猪肉的冰温保鲜研究方面也鲜有报导，Duun 等研究真空包装的烤猪肉在-2 ℃冰温贮藏与传统的 3.5 ℃冷藏相比可获得显著延长的货架期，在冰温贮藏期间，烤猪肉可保持良好的感官品质与较低的微生物数量[6]。Jeremiah 等研究发现真空包装的猪腰肉在-1.5 ℃冰温贮藏能够具有 12 周以上的贮藏期[7]。目前国内外肉品包装方式主要有托盘包装、真空包装、气调包装、抗菌包装、纳米包装等[8]，其中，托盘包装是近几年来适应肉类超市经营、连锁销售而广泛采用的一种包装形式，一般冷却肉在工厂经真空包装，到超市销售前再临时打开真空包装袋，切分后，再采用聚苯乙烯托盘配以无毒聚氯乙烯自粘薄膜的托盘包装方式。故本文选择了这两种目前市面上常用的托盘包装及真空包装方式进行对比研究，比较不同包装方式对调理预制烤猪肉冰温（-1 ℃）贮藏过程中微生物和理化特性的影响，为调理肉制品冰温保鲜提供一定的理论和应用基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

猪背最长肌：购于大润发超市；食用盐、味素、绵白糖、淀粉、烧烤调料、辣椒粉、熟芝麻、大料粉、孜然粉、金龙鱼大豆色拉油：市售；蛋白胨、示蛋白胨、酵母提取物、牛肉膏、琼脂、葡萄糖、乳糖、D-甘露醇、胆盐：北京奥博星生物技术有限责任公司；氯化钠、无水硫酸镁、磷酸氢二钾、无水硫酸钾、无水氯化镁、甘油、酚红：天津市津东天正精细化学试剂厂；丙烯酰胺（Acr）、四甲基乙二胺（TEMED）、过硫酸铵（APS）、三羟甲基氨基甲烷（Tris）、考马斯亮蓝 R-250：Sigma 试剂公司，美国；2-硫代巴比妥酸：哈尔滨市万太生物药品公司；三氯乙酸：天津市巴斯夫化工有限公司。

1.2 仪器与设备

SPX-250B-D2 型振荡培养箱：上海博远事业有限公司医疗设备厂；真空包装机：上海星贝包装机械有限公司；LG10-2.4A 型高速离心机：北京医用离心机厂；OWERPAC BASIC POWER SUPPLY 电泳仪：美国 BIO-RAD 公司；Mini 水平电泳槽：美国 BIO-RAD 公司；ZE-6000 色差计：日本电色（NIPPON DENSHOKU）；722-2000 分光光度计：山东高密彩虹仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 冰温贮藏条件托盘包装和真空包装调理预制烤猪肉的处理

将猪肉切成 1 cm 左右的厚度，再将孜然粉、辣椒粉、马铃薯淀粉、食用盐、味精、白糖、大料粉、食用大豆油等调料加入肉中进行腌制。采用两种包装形式，每种包装为 15 袋，每袋为 100 g，在每个贮藏时间每组样品取出三袋进行测定。贮存温度为-1 ℃，于第 0、7、14、21、28 d 取样进行各项指标的测定。

1.3.2 调理预制烤猪肉贮藏过程中品质的测定

1.3.2.1 培养基的配制

培养基或培养基配料加入蒸馏水后，加热煮沸溶解，假单胞菌和葡萄球菌选择性培养基在加热煮沸后还要调节 pH，分装，121 ℃高温灭菌 15 min 后备用。

1.3.2.2 微生物计数的方法

微生物计数参照 GB4789.2-2010 的方法，略微改动。取 25 g 调理预制烤猪肉样品用灭菌剪刀剪碎后加入到装有 225 mL 生理盐水的灭菌三角瓶内，4 ℃摇床摇晃 30 min，静置 5 min。取 1 mL 该稀释液加入到含有 9 mL 生理盐水的灭菌试管内，摇匀，即为 1:100 稀释液。按照上述操作制备 10 倍梯度稀释液，选取 3 个适宜的稀释梯度进行平板培养。取 0.1 mL 稀释液于灭菌培养皿中，用灭菌涂布棒将稀释液均匀涂在培养

皿上，随后放置于不同温度的培养箱内培养，48 h 后观察计数。分别测定了细菌总数、乳酸菌数、热杀索丝菌数、假单胞菌数、葡萄球菌数。

1.3.2.3 红度值（*a**值）的测定

参照 Recamales 等[9]的实验方法，略作改动。使用 ZE6000 色差仪测定调理预制烤猪肉的 *a**值。白板色度值 *L**=95.26，*a**=-0.89，*b**=1.18。按连续测试方式进行色差仪的调试，先打开包装，在空气中放置 30 min 后将其放入样品盒中，并将测试头放在样品盒上进行测定。使用 O/D 测试头，可测定样品本身的颜色和光泽及各样品之间的色度差值。*a**值表示样品的红度值，该值越高，说明颜色越红。重复测定三次，每次将样品旋转 120°，结果取平均值。

表 1 培养基的配制

Table 1 Medium preparation

细菌类别	培养基名称	培养基组成或来源	培养条件
细菌总数	Plate count agar （PCA）	北京陆桥有限公司成品	37 ℃，48 h
假单胞菌	Pseudomonades selective agar （PSA）	蛋白胨 20 g，无水氯化镁 1.4 g，无水硫酸钾 1.0 g，琼脂 13.6 g，甘油 10 mL，蒸馏水 1000 mL，pH 7.2~7.4	25 ℃，48 h
乳酸菌	De Man Rogosa Sharpe agar （MRSA）	北京陆桥有限公司成品	30 ℃，48 h
热杀索丝菌	Streptomycin thalliumacetate actidion agar （STAA）	蛋白胨 20 g，甘油 15 g，硫酸镁 1 g，酵母提取物 2 g，硫酸氢二钾 1 g，琼脂 13 g，蒸馏水 1000 mL，将以上培养基用 121 ℃灭菌 15 min 溶化后，加入下列制备并灭过菌的水溶液：链霉素-硫酸盐 500 μg/mL，环己六亚胺 50 μg/mL，乙酸盐 5 0μg/mL。	30 ℃，48 h
葡萄球菌		牛肉膏 1 g，示蛋白胨 10 g，D-甘露醇 10 g，氯化钠 75 g，1%酚红 2.5 mL，琼脂 20 g，蒸馏水 1000 mL，pH 7.2~7.6	37 ℃，48 h

1.3.2.4 pH 的测定方法

pH 的测定按照 GB/T9695.5-2008 肉与肉制品 pH 测定进行。取 10 g 调理预制烤猪肉样品剪碎后加入含有 90 mL 蒸馏水中，摇床振摇 30 min，然后过滤，用 pH 计测定滤液的 pH。

1.3.2.5 硫代巴比妥酸（TBARS）值的测定方法

TBARS 值的测定参照 Wang 等[10]方法，略作修改。取 2 g 样品放入试管中，加入 1.5 mL 硫代巴比妥酸溶液，7.5 mL 三氯乙酸−盐酸溶液，混匀后沸水浴中反应 30 min，冷却，取 5 mL 样品加入等体积的氯仿，1000 *g* 下离心 10 min，532 nm 处读取吸光值。TBARS 值以每升脂质氧化样品溶液中丙二醛的毫克数表示。计算公式如下：

$$TBARS\,(\mathrm{mg/kg}) = A_{532}/W \times 9.48$$

式中 A_{532} 为溶液的吸光值；W 为称量样品的质量（g）；9.48 为常数。

1.3.2.6 挥发性盐基氮（TVB-N）值的测定方法

按照 GB/T 5009.44-2003 半微量定氮法测定。将样品绞碎，称取 10.0 g 置于锥形瓶中，加 100 mL 水，振摇 30 min 后过滤。再将盛有 10 mL 的硼酸吸取液及 5~6 滴混合指示液的锥形瓶置于冷凝管下端，吸取 5 mL 样液和 5 mL 氧化镁悬液（10 g/L），通入蒸汽蒸溜 5 min，吸收液用盐酸标准滴定溶液（0.010 mol/L）滴定至蓝紫色。

1.3.2.7 感官评定

感官评定参考汪岩等[11]的方法，略作改动。感官评定要在无异味、无噪音、照明充足的房间进行。防止评定前通过身体或视觉的接触，使评定员得到一些片面的、不正确的信息，影响他们感官反应和判断，要避免评定员看到样品准备全过程。气温应控制在 20 ℃~22 ℃的范围内，相对湿度应保持在 50%~55%左右，通风情况良好，保持其中无气味，无噪音。样品的准备要具有代表性，而且要适量、要均匀一致。样品的准备一般要在评定开始前 1 h 以内，并严格控制样品温度至室温。评鉴用器具统一、肉样进行随机编号。

感官评定小组的 15 人都有关于评定肉类产品的经验，并且之前对小组成员进行烤肉制品特殊性质评定的培训。分别评定调理烤肉的色泽、气味、组织状态、口感和总体可接受性，并且根据不同包装条件和时间制成样品。调理预制烤猪肉打开包装后立即在烤箱中烤制 5 min 左右，制成熟烤烤制品，让小组成员品尝，并且品尝下一个样品前都用纯净水漱口。评定标准为：色泽 7 分为红润有食欲，1 分为发白无食欲；气味 7 分为具有烤肉特有香气，1 分为有明显哈败的气味；组织状态 7 分为烤肉致密有弹性，1 分为烤肉

不致密无弹性；口感 7 分为有烤肉特有的优质口感，1 分为有明显酸败味；总体可接受性 7 分为受消费者喜欢，1 分为消费者不可接受。在所有的感官评定数值中，分别去掉一个最高分和一个最低分，然后计算其平均值。

1.3.2.8 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳（SDS-PAGE）

电泳样品配制：用样品溶解液（内含 4% SDS，10% β-巯基乙醇，20%甘油，0.02%溴酚蓝，0.125 mol/L Tris-HCl 缓冲液，pH 6.8）配制成最终蛋白浓度为 1 mg/mL，震动混合 1 min，100 ℃水浴 3 min，备用。

SDS-PAGE：参照 Laemmli[12]和郭尧君[13]的 SDS 不连续电泳方法，分离胶浓度 15%，浓缩胶浓度 5%，电极缓冲液含 0.05 mol/L Tris，0.384 mol/L 甘氨酸，0.1% SDS（pH 8.3）。电泳采用 1 mm 凝胶板；上样量为 12 μL；开始电泳时电压为 80 V，待样品进入分离胶后改为 120 V；电泳结束后，取出胶片用考马斯亮蓝染色 30 min（染色液含有 50%的甲醇，6.8%的冰醋酸和 1 mg/mL 的考马斯亮蓝），再用固定液固定 30 min，然后用甲醇/冰醋酸脱色液脱至透明（脱色液中含有 5%的甲醇和 7.5%的冰醋酸）。电泳胶片置于天能凝胶成像仪摄像，结合 Tanon 软件进行分析和处理。SDS-PAGE 标准分子量蛋白由中科院上海生物化学研究所提供。标准分子量蛋白如下：肌球蛋白（猪），分子量（M_W）为 200 kDa；β-半乳糖苷酶、大肠杆菌，分子量为 116 kDa；磷酸酶 b（兔子肌肉），分子量为 97.2 kDa；牛血清白蛋白，分子量为 66.4 kDa；卵清蛋白（鸡蛋白），分子量为 44.3 kDa；碳酸苷酶（牛），分子量为 29.0 kDa；胰蛋白酶抑制剂（大豆），分子量为 20.1 kDa；溶菌酶（鸡蛋白），分子量为 14.3 kDa；抑制肽（牛），分子量为 6.5 kDa。

1.3.3 数据统计分析

所得数据均为三次实验的平均值，数据统计分析采用 Statistix8.1 中线性模型程序进行，使用 Tukey HSD 程序进行差异显著性分析（p<0.05），利用 Sigmaplot11.0 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 冰温贮藏过程中微生物数量的变化

不同包装条件下冰温贮藏的调理预制烤猪肉的微生物生长随时间变化的规律如图 1 所示。由图 1（a）中可以看出，托盘包装的样品在贮藏过程中，微生物的数量随着贮藏天数的增加而增加。贮藏至第 28 d 时，样品的细菌总数（7.53 lg cfu/g）超过 7.00 lg cfu/g，此时该调理预制烤猪肉已经腐败。贮藏过程中，细菌总数、假单胞菌、热杀索丝菌的数量随贮藏时间的延长而快速增加，且贮藏末期热杀索丝菌的数量（7.34 lg cfu/g）与细菌总数十分接近。热杀索丝菌和假单胞菌贮藏第 14 d 前增长速度较慢，但第 14 d 后增加的速率非常显著，最终接近细菌总数。乳酸菌与葡萄球菌在贮藏过程中生长速率十分缓慢，第 28 d 的菌数（乳酸菌为 4.15 lg cfu/g、葡萄球菌为 4.47 lg cfu/g）与第 0 d 的菌数（乳酸菌为 3.61 lg cfu/g、葡萄球菌为 3.94 lg cfu/g）没有明显差异，说明在贮藏期间生长受到抑制。因此，假单胞菌和热杀索丝菌是托盘包装条件下调理预制烤猪肉冰温贮藏过程中的优势腐败菌。

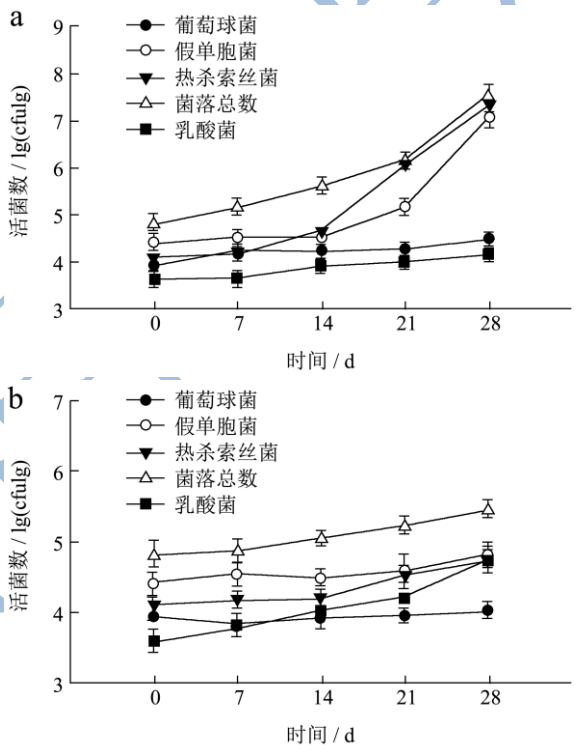


图 1 托盘包装（a）及真空包装（b）调理预制烤猪肉在−1℃冰温贮藏过程中微生物生长变化

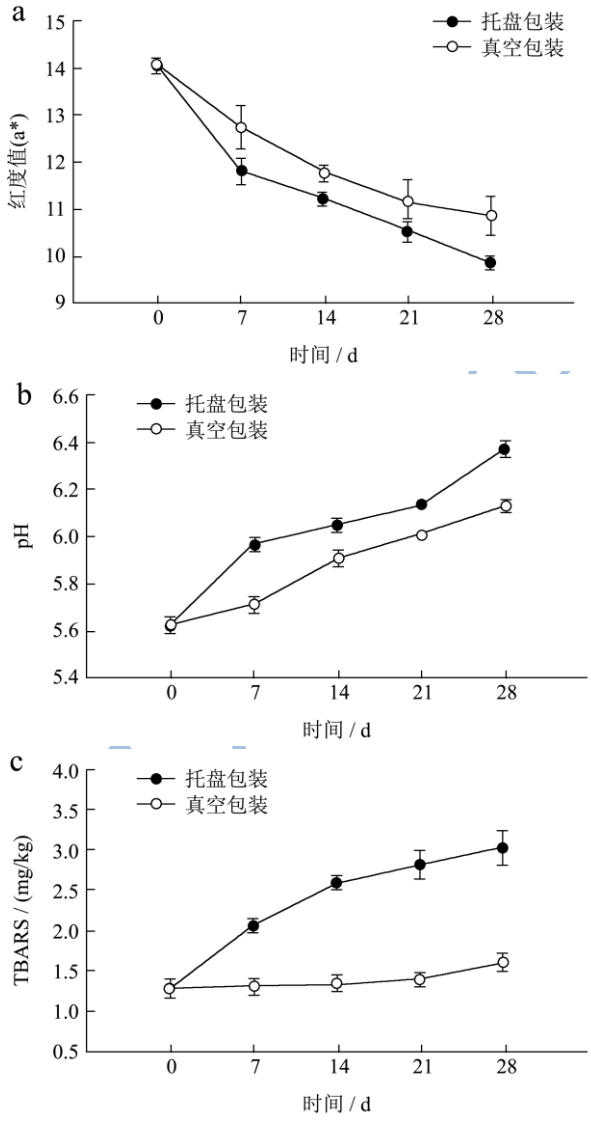
Fig.1 Changes in the microbial growth of tray-packed (a)and vacuum-packaged (b) uncooked, pre-processed roast meat during ice temperature storage at -1℃

由图 1（b）中可以看出，真空包装的样品在贮藏过程中，微生物的数量也随着贮藏时间延长而增加，但是生长速率显著低于托盘包装的样品。贮藏至第 28 d 时，样品的细菌总数（5.54 lg cfu/g）低于 7.00 lg cfu/g，该调理预制烤猪肉仍然没有腐败。说明在冰温贮藏过程中真空包装的样品比托盘包装的样品具有更好的抑菌效果，可以有效延长样品的保质期。贮藏过程中，细菌总数、乳酸菌和热杀索丝菌随时间延长而有明显增加。其中，乳酸菌生长速率最快，热杀索丝菌和假单胞菌虽然增加较慢，但贮藏末期仍有较高菌数，原因是由于假单胞菌的初始菌数（4.40 lg cfu/g）较多。

贮藏第 28 d 时热杀索丝菌的数量为 4.73 lg cfu/g、乳酸菌的数量为 4.78lg cfu/g、假单胞菌的数量为 4.80 lg cfu/g。而葡萄球菌的生长最为缓慢，第 28 d 的菌数（4.02 lg cfu/g）与第 0d 时的菌数（3.94 lg cfu/g）无明显差异。因此，热杀索丝菌、乳酸菌和假单胞菌是真空包装条件下调理预制烤猪肉冰温贮藏过程中的优势腐败菌。真空包装虽能抑制大部分需氧菌的生长，但即使氧气含量降到 0.8%，仍无法抑制好气性假单孢菌的生长。有研究表明在低温下，假单孢菌会逐渐被乳酸菌所取代[8]。故真空包装条件下调理预制烤猪肉冰温贮藏过程中的优势腐败菌中增加了乳酸菌。

2.2 冰温贮藏过程中理化性质的变化

本测定是将真空包装的样品打开包装袋后，置于空气中 30min 左右再进行测定，可使低氧分压真空包装的猪肉的色素蛋白部分由高铁肌红蛋白转化为氧合肌红蛋白。



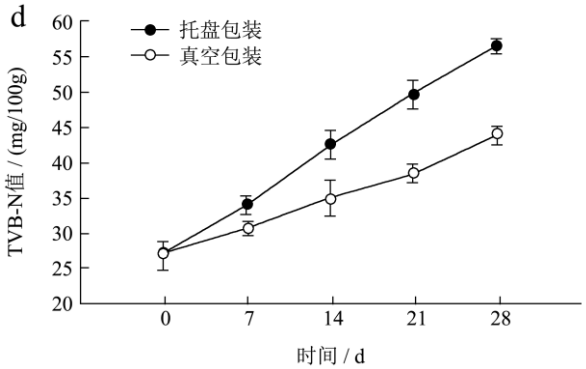


图 2 调理预制烤猪肉不同包装方式在−1℃冰温贮藏过程中红度（*a**）值（a）、pH（b）、硫代巴比妥酸（TBARS）值（c）、挥发性盐基氮（TVB−N）值（d）的变化

Fig.2 Influence of different packaging methods on *a value (a), pH (b), TBARS value (c) and TVB-N value (d) of uncooked, pre-processed roast meat during ice temperature storage at -1℃**

从图 2（a）中可以看出，随着贮藏时间的延长托盘包装和真空包装的样品红度值（*a**）呈现逐渐降低的趋势，且托盘包装的样品表面颜色变化快于真空包装的样品。因为肌肉中正铁血红素色素（即肌红蛋白和血红蛋白）中的铁离子是二价的（Fe^{2+}），6 位键是空的，暴露在氧气中，血红素铁的 6 位键与氧结合后，生成鲜红色的氧合肌红蛋白和氧合血红蛋白，肉色变得鲜红，不过这时的铁仍是二价。继续氧化一段时间后，则 Fe^{2+}变成 Fe^{3+}，生成氧化肌红蛋白和氧化血红蛋白，呈褐色，继而变为绿色或黄色，故样品 *a**值会逐渐降低[14]。贮藏至第 28 d 时，真空包装的样品 *a** 值显著高于托盘包装的样品（$P<0.05$），说明真空包装方式可以减少肉颜色的氧化，抑制 *a**值降低的速率，冰温结合真空贮藏对调理预制烤猪肉有一定的护色作用。

从图 2（b）中可以看出，随着贮藏时间的延长，托盘包装与真空包装的样品 pH 值都呈现显著上升的趋势（$P<0.05$）。这可能是由于肉中内源蛋白酶和微生物分泌的蛋白分解酶的作用，降解肌肉蛋白质为多肽和氨基酸，并释放出碱性基团，从而使肉的 pH 值上升[15]。但真空包装是指除去包装内的空气，然后应用密封技术，使包装袋内的食品与外界隔绝。由于除掉了空气中的氧气，因而抑制并减缓了好氧性微生物的生长，减少了蛋白质的降解和脂肪的氧化酸败[8]。另 Thomas 等研究发现采用低 pH，低水活性，真空包装能够显著降低（$P<0.05$）猪肉香肠在贮藏期间品质特性的恶化速度。我们的研究与这一结论也正相符[16]。故与托盘包装的样品相比，真空包装的样品 pH 值增加的速度较慢，初始的 pH 值为 5.63，贮藏末期托盘

包装样品的 pH 值为 6.37，真空包装样品的 pH 值为 6.13。说明托盘包装更容易引起肉的腐败，而真空包装由于氧气含量少，可以减缓肉的腐败。

从图 2（c）中可以看出，随着贮藏时间的延长，托盘包装和真空包装的样品 TBARS 值都呈逐渐上升趋势，这说明在贮藏过程中脂肪发生氧化并产生低分子产物。与托盘包装的样品相比，真空包装的样品在贮藏期间的 TBARS 值增加的速度较慢。而且可以看出，真空包装样品的初始 TBARS 值（1.29 mg/kg）与第 28 d 的 TBARS 值（1.62 mg/kg）相比差异不显著（P>0.05），而托盘包装第 28 d 的 TBARS 值达到了 3.02 mg/kg，显著高于真空包装（P<0.05），说明与托盘包装相比，真空包装在冰温贮藏过程中可以有效阻止脂肪的氧化。

由图 2（d）中可以看出，随着贮藏时间的延长，托盘包装和真空包装样品的 TVB−N 值均呈显著上升的趋势（P<0.05），其主要原因是微生物对蛋白质产生了分解作用。另外，有日本学者认为低温会诱导生物体防御反应，随着温度缓慢下降到冻结点，生物细胞为避免被冻结，部分蛋白质会分解成氨基酸，同时细胞还会分泌出无机盐、葡萄糖、可溶性蛋白质等物质以保持组织细胞的生存状态，细胞质浓度会逐渐增加，冻结点逐渐降低[17]。这也可能是样品的 TVB−N 值均呈上升趋势的原因。真空包装的样品在贮藏期间的 TVB−N 值增加速度较慢，显著低于托盘包装（P<0.05）。贮藏至第 28 d 时，托盘包装的 TVB−N 值为 56.6 mg/100g，而真空包装的 TVB−N 值为 43.9 mg/100g，这说明真空包装方式在冰温贮藏过程中可以缓解调理预制烤猪肉蛋白质的分解。

2.3 感官评定

由表 2 可以看出，随着贮藏时间的延长，托盘包装和真空包装的样品在各方面感官指标上均有不同程度的降低。而且在贮藏 14 d 后随着贮藏时间的延长，两种包装的样品在口感和总体可接受性方面的评分均出现明显下降的趋势，但是真空包装的样品降低的速度较慢，仍具有较高的评分。托盘包装的样品在第 21 d 时各项指标都与第 0 d 时的样品呈现显著的降低（P<0.05），说明贮藏 21 d 后的样品食用品质较低。尤其在贮藏期达到 28 d 时，托盘包装的样品各项指标评分极低，基本失去食用价值。而与托盘包装的样品相比较，真空包装的样品在贮藏至第 28 d 时仍然具有较高的感观分值，而且食用时没有出现酸败味，说明真空包装的调理预制烤猪肉在贮藏 28 d 后仍然具有较高的食用价值。说明真空包装的调理预制烤猪肉在 -1 ℃冰温贮藏条件下可以更好的延长其保质期。

表 2 调理预制烤猪肉不同包装方式在−1℃冰温贮藏过程中的感官质量

Table 2 Sensory evaluation of uncooked, pre-processed roast meat with different packaging methods during ice temperature storage at -1 ℃

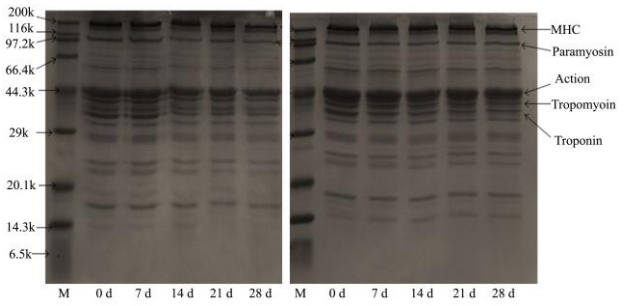
贮藏天数/d		0	7	14	21	28
色泽	托盘包装	6.43±0.79^{a}	5.86±0.89^{ab}	4.86±1.07^{bc}	3.57±0.98^{c}	1.71±0.76^{d}
	真空包装	6.43±0.79^{a}	6.29±0.95^{a}	5.71±0.95^{ab}	5.43±0.98^{ab}	4.71±1.11^{b}
气味	托盘包装	6.29±0.95^{a}	5.14±0.69^{ab}	4.43±0.98^{b}	2.43±0.98^{c}	1.29±0.49^{c}
	真空包装	6.29±0.95^{a}	5.86±0.89^{a}	5.57±1.13^{ab}	5.14±0.89^{ab}	4.29±1.11^{b}
组织状态	托盘包装	5.71±0.76^{a}	5.14±0.89^{ab}	4.29±1.11^{b}	2.00±0.82^{c}	1.43±0.79^{c}
	真空包装	5.71±0.76^{a}	5.57±0.98^{a}	5.00±1.15^{ab}	4.86±0.89^{ab}	3.86±1.35^{b}
口感	托盘包装	6.71±0.49^{a}	6.29±0.95^{a}	4.71±0.76^{b}	2.43±0.98^{c}	1.00±0.00^{d}
	真空包装	6.71±0.49^{a}	6.57±0.53^{a}	5.57±0.53^{ab}	5.00±0.82^{b}	4.29±1.50^{b}
总体可接受性	托盘包装	6.43±0.79^{a}	5.71±1.11^{a}	5.43±0.98^{a}	2.71±1.38^{b}	1.14±0.38^{c}
	真空包装	6.43±0.79^{a}	6.14±0.69^{a}	5.29±0.76^{ab}	4.43±1.34^{bc}	3.43±1.27^{c}

注：a、b、c 表示同一行之间差异的显著性（P<0.05），字母不同表示差异显著，相同则表示差异不显著。

2.4 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳的变化

图 3 为-1 ℃冰温贮藏过程中采用托盘包装方式及真空包装的调理预烤猪肉蛋白的 SDS-PAGE 图。从电泳图可看到分子量为 220 kD 的肌球蛋白重链（MHC）、100 kD 的副肌球蛋白（Paramyosin）、43 kD 的肌动蛋白（Action）、36 kD 的原肌球蛋白（Tropomyosin）、35 kD 的肌原蛋白（Troponin）从上到下依次排列。

从图 3a 中可以看出，随着贮藏时间的延长，托盘包装调理预烤猪肉蛋白的条带变化显著，贮藏至第 14 d 时，副肌球蛋白、肌动蛋白、原肌球蛋白、肌原蛋白的条带开始逐渐变淡变窄。与第 0 d 的样品相比，贮藏末期时蛋白的条带明显较窄较淡，这表明托盘包装的调理预制烤猪肉在-1 ℃冰温贮藏期间蛋白发生了变性，且有不同程度的降解。



a b

图 3 调理预制烤猪肉托盘包装（a）与真空包装（b）在−1℃冰温贮藏过程中对蛋白 SDS−PAGE 的影响

Fig.3 Influence of tray packing (a) and vacuum packaging (b) methods on the SDS-PAGE protein pattern of uncooked, pre-processed roast pork samples during ice temperature storage at -1℃

注：M 为标准蛋白。

从图 3b 中可以看出，随着贮藏时间的延长，真空包装的调理预制烤猪肉蛋白的条带也有不同程度的变化，其中肌动蛋白、原肌球蛋白和肌原蛋白的条带稍有变窄。这表明真空包装的样品在-1 ℃冰温贮藏过程中蛋白同样发生变性，且有不同程度的降解。但相对于托盘包装的样品，真空包装条件下的样品变化较慢，仅贮藏 28 d 时样品的蛋白条带才明显较第 0 d 的窄，贮藏期间变化不十分显著。这说明在相同贮藏时间的情况下，特别是在贮藏 14 d 后，真空包装样品的所有蛋白条带的强度均强于托盘包装的样品。因此，真空包装方式对调理预制烤猪肉的蛋白起到了有效的保护作用。直到贮藏结束时，真空包装样品的蛋白条带仍然较粗且清晰。这说明真空包装方式在-1 ℃冰温贮藏过程中一定程度上抑制了蛋白的变性。

在-1 ℃冰温贮藏过程中，随着贮藏时间的延长，两种包装方式的调理预制烤猪肉 pH 均逐渐增加、硫代巴比妥酸（TBARS）值逐渐增大，挥发性盐基氮（TVB-N）值逐渐增大，红度（a^*）值逐渐减小，说明贮藏过程中托盘包装和真空包装的样品在理化品质上均有不同程度的降低。但真空包装方式理化指标变化的速度明显低于托盘包装，且 TBARS 值、红度值（a^*）等的变化速度十分缓慢，可以有效减慢脂肪和蛋白质氧化的速度，并达到保鲜护色的目的，是较好的贮藏条件。但两种包装对于 TVB-N 值影响较小，都不能很有效延缓 TVB-N 值的增加，原因可能是因为在腌制过程中所添加的调料对调理预制烤猪肉的 TVB-N 产生了较大的影响[18]。而且通过调理预制烤猪肉蛋白质 SDS-PAGE 的结果可知相比托盘包装方式，真空包装方式更加有效的抑制了蛋白质在-1 ℃冰温贮藏期间的变性。从感官评价的结果看，托盘包装的样品在第 14 d 时各项指标出现明显下降，而且贮藏 28 d 时已经酸败，完全失去食用价值。而真空包装的样品贮藏 28 d 后仍然具有较高的感官评价分值，还具有较高的食用价值。

3 结论

对于调理预制烤猪肉的传统平板培养方法测定微生物变化结果显示，托盘包装的样品在-1 ℃冰温贮藏 28 d 后菌落总数为 7.53 lg cfu/g，已发生腐败变质，其优势腐败菌为假单胞菌、热杀索丝菌。真空包装的样品在贮藏末期菌落总数为 5.45 lg cfu/g，没有腐败，其优势腐败菌为热杀索丝菌、乳酸菌和假单胞菌。故调理预制烤猪肉最好的保存方式是冰温结合真空包装的方式。冰温结合真空包装的方式最能减慢调理预制烤猪肉-1 ℃冰温贮藏 28 d 后各项理化指标的变化速度，SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳的结果也表明冰温结合真空包装的样品在贮藏期间蛋白质降解的速度最慢。

参考文献

[1] 姜长红,万金庆,王国强.冰温贮藏鸡肉的试验研究[J].食品与机械,2008,24(1): 63-66
JIANG Chang-hong, WAN Jin-qing, WANG Guo-qiang. Experimental research on fresh chicken under controlled freezing-point temperature [J]. Food and Machinery, 2008, 24(1): 63-66

[2] 张瑞宇,殷翠茜.新鲜猪肉冰温保鲜的研究[J].食品科技,2006,2:113-116
ZHANG Rui-yu, YIN Cui-xi. Research on preservation of fresh pork under ice-temperature [J]. Food Science and Technology, 2006, 2: 113-116

[3] Sohn J H, Ohshima T. Control of lipid oxidation and meat color deterioration in skipjack tuna muscle during ice storage [J]. Food Science and Technology, 2010, 76: 703-710

[4] Moini S, Sotoodeh A M, Haghoo A, et al. Changes in biogenic amines and bacteria of tiger-toothed croaker (*otolithes ruber*) during ice storage [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2012, 21: 147-155

[5] Okpala C O R, Choo W S, Dykes G A. Quality and shelf life assessment of pacific white shrimp (*litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice [J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 55: 110-116

[6] Duun A S, Hemmingsen A K T, Haugland A, et al. Quality changes during superchilled storage of pork roast [J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41: 2136-2143

[7] Jeremiah L E, Gibson L L, Argnosa G C. The influence of controlled atmosphere and vacuum packaging upon chilled pork keeping quality [J]. Meat Science, 1995, 40: 79-92

[8] 孔保华,刁新平.冷却肉包装保鲜技术的研究进展[J].肉类研究,2008,2:54-59
KONG Bao-hua, DIAO Xin-ping. The review of extending the shelf-life of chilled meat by packaging [J]. Meat Research, 2008, 2: 54-59

[9] Recamales A F, Sayago A, Gonzalez-Miret M L, et al. The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine [J]. Food Research International, 2006, 39: 220-229

[10] Wang L L, Xiong Y L. Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato protein is related to its reducing and radical scavenging ability [J]. J. Agric. Food Chem., 2005, 53(23): 9186-9192

[11] 汪岩,赵百忠,陈涛.亚麻籽胶在高温火腿肠中应用性能的研究[J].肉类研究,2005,19(8):43-46
WANG Yan, ZHAO Bai-zhong, CHEN Tao. Study on application performance of flaxseed gum on ham sausage at high temperature [J]. Meat Research, 2005, 19(8): 43-46

[12] Laemmli U K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 [J]. Nature, 1970, 227: 680-685

[13] 郭尧君.蛋白质电泳实验技术[M].科学出版社,2005
GUO Yao-jun. Experimental technique of protein electrophoresis [M]. Science Press, 2005

[14] 刘国庆,张黎利,宗凯,等.冷鲜猪肉货架期品质测定及主要致腐微生物预报[J].食品科学,2009,30(18):394-399
LIU Guo-qing, ZHANG Li-li, ZONG Kai, et al. Shelf-life properties of chilled pork and forecasting of main putrescence microorganisms [J]. Food Science, 2009, 30(18): 394-399

[15] 周梁,卢艳,周佺,等.猪肉冰温贮藏过程中的品质变化与机理研究[J].现代食品科技,2011,27(11):1296-1311
ZHOU Liang, LU Yan, ZHOU Quan, et al. Changes in physical-chemical and sensory characteristics of pork under controlled freezing point storage conditions [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(11): 1296-1311

[16] Thomas R, Anjaneyulu A S R, Kondaiah N. Quality of hurdle treated pork sausages during refrigerated (4±1 ℃) storage [J]. J. Food Sci. Technol., 2010, 47(3): 266-272

[17] 姚志勇,万金庆,庞文燕,等.真空冷诱导对冰温贮藏罗非鱼片鲜度和滋味的影响[J].现代食品科技,2014,30(2):198-203
YAO Zhi-yong, WAN Jin-qing, PANG Wen-yan, et al. Effect of vacuum cold-induction on freshness and taste of tilapia fillets stored at ice temperature [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(2): 198-203

[18] 马跃龙,俞淑,薛峰,等.调理肉制品挥发性盐基氮的研究[J].农产品加工,2012,5:112-119
MA Yue-long, YU Shu, XUE Feng, et al. The research of tvb-n of prepared meat [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2012, 5:112-119