

真空包装对鲈鱼冰鲜贮藏品质的影响

邱文兴^{1,2}, 谌玲薇^{1,2}, 杜 柳^{1,2}, 熊光权^{2*}, 乔 宇², 汪 超^{1*}

(1. 湖北工业大学生物工程与食品学院, 武汉 430068; 2. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 农业农村部农产品冷链物流技术重点实验室, 武汉 430064)

摘 要: **目的** 研究真空包装冰鲜贮藏对鲈鱼品质的影响。**方法** 以不去内脏的整条鲈鱼为原料, 将鲈鱼分为真空包装和未包装放置于 0~4℃碎冰包埋条件下进行冰鲜贮藏, 研究贮藏过程中鲈鱼的菌落总数、硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值、pH、持水率、色度、气味、感官等的变化情况。**结果** 在冰鲜贮藏过程中, 鲈鱼的菌落总数呈上升趋势, 真空包装组在第 9 d 达到不可食用临界值(6.55 log CFU/g), 未包装组在第 6 d 达到不可食用临界值(7.30 log CFU/g), 同时 TBARS 值总体呈上升的趋势; 鱼肉中的 pH 在贮藏过程中先降后升, 真空包装组 pH 下降程度大于未包装组。真空包装与未包装鲈鱼的剪切力、白度值、持水率、感官等指标整体呈下降的趋势, 并在贮藏后期有一定的波动; 经电子鼻分析发现, 冰鲜贮藏过程中真空包装组与未包装组的气味存在较大差异。**结论** 鲈鱼经真空包装处理后可以有效延长鲈鱼的贮藏时间, 更有利于保持鲈鱼的品质。

关键词: 鲈鱼; 真空包装; 冰鲜贮藏; 品质变化

Effects of vacuum packing on storage quality of chilled *Micropterus salmoides*

QIU Wen-Xing^{1,2}, SHEN Ling-Wei^{1,2}, DU Liu^{1,2}, XIONG Guang-Quan^{2*}, QIAO Yu², WANG Chao^{1*}

(1. College of Bioengineering and Food, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China; 2. Key Laboratory of Agricultural Products Cold Chain Logistics Technology, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Institute of Agro-product Processing and Nuclear Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

ABSTRACT: Objective To study the effect of vacuum packing chilled storage on the quality of *Micropterus salmoides*. **Methods** The whole *Micropterus salmoides* without viscera were used as raw material in this experiment, and the *Micropterus salmoides* was divided into vacuum-packed and unpacked and placed under the condition of 0~4℃ crushed ice for chilled storage. The changes of the total number of colonies, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), pH, water holding capacity, chromaticity, smell and sensory of *Micropterus salmoides* during storage were studied. **Results** During the chilled storage, the total number of colonies of

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-46)、湖北省农业科技创新中心 2020 年重大科技研发专项(2020-620-000-002-03)

Fund: Supported by the Special Funds for Modern Agricultural Industry Technology System (CARS-46), and the Hubei Agricultural Science and Technology Innovation Center's 2020 Major Science and Technology Research and Development Project (2020-620-000-002-03)

***通信作者:** 熊光权, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: xionguagnquan@163.com

汪 超, 教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: 14352016@qq.com

***Corresponding author:** XIONG Guang-Quan, Professor, Key Laboratory of Agricultural Products Cold Chain Logistics Technology, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Institute of Agro-product Processing and Nuclear Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, No.5, Nanhu Road, Hongshan District, Wuhan 430064, China. E-mail: xionguagnquan@163.com

WANG Chao, Professor, Hubei University of Technology, No.28, Nanli Road, Hongshan District, Wuhan 430068, China.
E-mail: 14352016@qq.com

Micropterus salmoides showed an upward trend, the vacuum packaging group reached the inedible critical value (6.55 log CFU/g) on the 9th day, and the unpackaged group reached the inedible critical value (7.30 log CFU/g) on the 6th day. Meanwhile, the TBARS value showed an upward trend as a whole; the pH of fish meat decreased first and then increased during storage, and the pH of vacuum packaging group decreased more than that of non packaging group. The shear force, whiteness, water holding capacity and sensory indexes of vacuum packaging and unpackaged *Micropterus salmoides* showed downward trends, and fluctuated in the later period of storage; the electronic nose analysis showed that there was a great difference between the vacuum packaging group and the non packaging group in the smell of chilled storage. **Conclusion** The storage time of *Micropterus salmoides* can be effectively prolonged after vacuum packaging, which is more conducive to maintaining the quality of *Micropterus salmoides*.

KEY WORDS: *Micropterus salmoides*; vacuum packaging; chilled storage; quality change

0 引 言

大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)原产于加拿大和美国,广泛分布于亚洲、美洲和其他大陆^[1]。近几年来,大口黑鲈的年产量逐渐上升,截至目前已经达到 60 多万 t^[2]。与其他淡水水产养殖鱼类相比,大口黑鲈是最具商业价值的鱼类之一,并且其肉质紧致弹滑、骨刺极少,因而受到广大消费者的喜爱^[3]。但由于鲈鱼鱼体水分含量较高,其蛋白质及脂肪含量丰富,极易容易发生脂肪氧化、肉质腐败等现象,从而导致鱼体死后引起品质劣变,因此开发有效的保鲜贮藏技术对于鲈鱼等水产产业的发展具有重要意义^[4]。

水产传统低温保鲜技术主要有冰鲜和冻藏,广泛应用于水产品保鲜贮藏过程中。其中冰鲜贮藏技术是应用最为广泛的低温保鲜贮藏技术之一^[5],具有设备简单、操作便捷等优点^[6-7]。根据世界粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)统计,冰鲜保藏能够有效地抑制大部分微生物生长繁殖等生命活动,是目前最常见的延缓鱼类腐败及品质劣变的方法,占比约为 46.9%^[8]。在国内外也有相关的研究,王倩等^[9]研究冰鲜大黄花鱼品质与微生物多样性的变化,发现可有效延长货架期;ÖZOGUL 等^[10]研究冰鲜贮藏野生欧洲鳊鱼可有效延长其货架期,保持良好的贮藏品质;SHIEKH 等^[11]研究冰鲜太平洋白虾结合黄姜处理可以有效防止黑变病的发生和微生物的生长。因此,冰鲜保鲜贮藏可有效地抑制水产品中的微生物生长繁殖以及脂肪氧化酸败,但在长期贮藏过程中水产品仍会发生一系列品质劣变的现象,导致其贮藏品质发生变化。

本研究以完整带内脏不做任何处理的鲈鱼为原料,将整条鲜活鲈鱼放在泡沫箱里用碎冰包埋冻死同时不对鱼体做任何处理,随后一部分装入聚乙烯封口薄膜袋进行真空包装后于 0~4℃冰鲜温度条件下进行包埋贮藏,另一部分未包装直接于 0~4℃冰鲜温度条件下进行包埋贮藏,研究贮藏过程中鲈鱼的菌落总数、硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值、pH、持水率、色度、电子鼻、感官等特性指标的变化情况,并分

析真空包装和未包装鲈鱼在冰鲜贮藏过程中品质变化的差异,以期对鲈鱼的冰鲜贮藏品质变化和低温保藏技术的开发应用提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜大口黑鲈,2022 年 1 月 4 日购于湖北省武汉市洪山区悦活里生活超市,且规格基本一致,质量为 800 g±50 g。

碳酸钠、氧化镁、硼酸、氯化钠、2-硫代巴比妥酸、冰乙酸、液体石蜡、乙醇(分析纯)、盐酸、硫酸(优级纯)(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

YC-BZ600 真空包装机(北京燕诚神州食品机械有限公司);BPBJ-400 制冰机(杭州艾博生物与医药有限公司);PEN3 电子鼻(德国 AIRSENSE 公司);SF200/300/400 手压式薄膜封口机(永康市喜尚工贸有限公司);XHF-DY 高速分散器(宁波新芝生物科技股份有限公司);CR-400 色差仪(日本柯尼卡公司);YX280 压力蒸汽灭菌锅(上海三申医疗器械有限公司);PB-10PH 计(德国赛多利斯公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品前处理

将整条鲜活鲈鱼放在泡沫箱里用碎冰包埋冻死同时不对鱼体做任何处理,随后一部分装入高密度聚乙烯封口薄膜袋进行真空包装后于 0~4℃冰鲜温度条件下进行包埋贮藏,另一部分非真空包装直接于 0~4℃冰鲜温度条件下进行包埋贮藏,同时置于一个泡沫箱中,每 1 d 换一次碎冰,每 3 d 测定真空包装和未包装下鲈鱼的菌落总数、TBARS 值、pH、剪切力、色度、电子鼻等特性指标,直至其达到腐败变质(微生物的菌落总数达到 10⁶ log CFU/g 以上)为止。

1.3.2 菌落总数测定

按照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数的测定》稍作修改后测定。取 10 g 鱼鳃剪碎并加入 90 mL 灭菌处理的生理盐水中,充分振荡,

根据样品贮藏时间选择 3 个适宜的稀释梯度, 制备样品梯度稀释液。采用稀释平板计数法, 吸取 1 mL 样品梯度稀释液置于营养琼脂培养基中, 适当摇匀, 待平板冷却凝固后倒置于 30℃生化恒温箱内培养 72 h。

1.3.3 硫代巴比妥酸反应物的测定

参考 SALIH 等^[12]的方法测定 TBARS 值。

1.3.4 pH 的测定

按照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》, 用 pH 计分别测定真空包装组和未包装组冰鲜鲈鱼样品的 pH, 每个样品平行测定 3 次, 取平均值。

1.3.5 质构的测定

参考谭明堂等^[13]的方法稍作修改。将切割好的鱼块置于质构仪剪切探头 HDP/BS 下进行测定。力臂为 25 kg, 测前速率为 5 mm/s, 测中速率为 1 mm/s, 测后速率为 5 mm/s, 压缩形变为 50%, 平行测定 5 组, 取平均值。

1.3.6 色度的测定

参考雷跃磊等^[14]的方法稍作修改。色差计在使用前要在白板上进行校准, 然后测定样品表面的亮度值 L^* 、红度值 a^* 、黄度值 b^* 。每一个样品平行测定 6 次, 其中 L^* 为正值则偏亮, 为负值则偏暗; a^* 值为正值则偏红, 为负值则偏绿; b^* 值为正值则偏黄, 为负值则偏蓝。白度值(W)的计算公式见式(1):

$$W=100-\sqrt{(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}} \quad (1)$$

式中: W——白度值;

L^* ——亮度值;

a^* ——红/绿值;

b^* ——黄/蓝值。

1.3.7 持水率的测定

参照夏雨婷等^[15]的方法测定持水率。

1.3.8 气味的测定

参考周明珠等^[16]的方法稍作修改。准确称取 2 g 鱼肉置于 50 mL 进样瓶中, 加入 3 粒转子和 2 mL 0.18 g/mL 氯化钠。然后置于磁力搅拌器中, 顶空平衡温度为 40℃, 顶空平衡时间为 40 min, 每个样品各制备 3 个平行。采用 PEN₃ 型便携式电子鼻对每组样品进行检测, 电子鼻测定条件: 清洗时间 120 s, 测定时间 150 s, 特征值提取时间点设定为

146~150 s。最后对特征时间段内的信息进行主成分分析(principal component analysis, PCA)处理, 去掉异常值。

1.3.9 感官评定

参考岑剑伟等^[17]感官评定方法稍作修改, 对新鲜鱼的颜色、组织形态、气味以及肌肉的弹性 4 个层次来进行评定, 感官评分由受过专业训练的 5 位同学进行评定, 从冰鲜保藏库中随机取出真空包装和未包装鲈鱼各 1 条, 放置于清洁的白色盘上进行检验^[18], 以色泽、组织形态、气味、肌肉弹性为评价项目, 以 10 分制来打分, 得分大于 8 分为品质好, 得分 6~8 分为品质较好, 得分 3~5 分为鲜度下降, 得分小于 3 分为其品质发生明显劣变。具体的评分标准由表 1 所示。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2016 进行统计, 用 Origin 2019 作图, 并用 DPS 9.01 进行相关性分析。

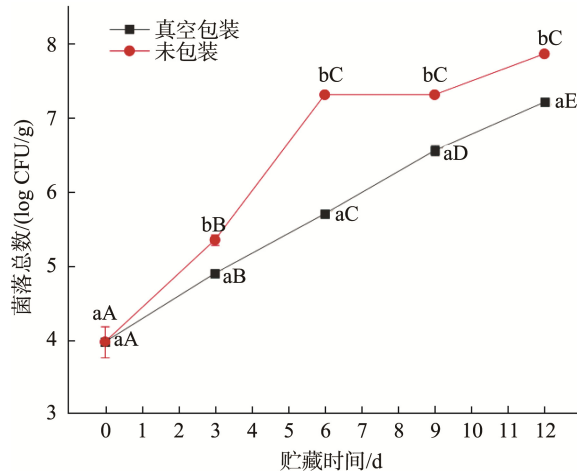
2 结果与分析

2.1 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼菌落总数的影响

微生物指标是评价水产品贮藏品质的重要指标之一, 也是衡量水产品腐败变质氧化降解的重要参数之一^[19]。在健康活鱼中, 微生物存在于鱼体的外表面, 如皮肤和黏液, 以及一些内表面, 如鳃和肠道, 据 GB 18406.4—2001《农产品安全质量 无公害水产品安全要求》规定, 当菌落总数小于 4.00 log CFU/g 时水产品为一级鲜度, 小于 5.00 log CFU/g 时水产品为二级鲜度, 大于等于 6.00 log CFU/g 时水产品则达到腐败不可食用临界值^[20]。冰鲜鲈鱼在贮藏过程中菌落总数的变化结果如图 1 所示, 真空包装与未包装鲈鱼的菌落总数随着贮藏时间增长均呈上升趋势, 符合菌落生长曲线。此结果与卞丹^[21]一致, 新鲜鱼体在腐败过程中菌落总数呈上升趋势。新鲜鲈鱼的菌落总数为 3.98 log CFU/g, 此时表明鲈鱼为一级鲜度, 在贮藏第 6 d, 未包装组鲈鱼菌落总数为 7.30 log CFU/g, 表示已经超过不可食用临界值; 而真空包装组鲈鱼在第 9 d 才超过不可食用临界值(6.55 log CFU/g); 由此可见, 在冰鲜贮藏过程中, 真空包装能够有效抑制微生物生长, 延长鲈鱼的贮藏时间, 有效保持鲈鱼的新鲜度。

表 1 感官评定表
Table 1 Sensory evaluation form

等级	色泽(25%)	组织形态(25%)	气味(25%)	弹性(25%)
品质好 (9~10 分)	切面有光泽 脂肪白色	组织致密 纹理清晰	有鲈鱼特有的鱼腥气 腥味较淡	肌肉弹性较好, 指压后凹陷立即消失
品质较好 (6~8 分)	切面有光泽 脂肪略有黄色	组织略有松散 纹理较清晰	鱼腥味略重	肌肉弹性下降, 指压后凹陷消失较慢
鲜度下降 (3~5 分)	切面光泽度下降 脂肪较黄	组织大部分松散 纹理大部分不清晰	稍有腥臭味, 但较淡	肌肉略有弹性, 指压后凹陷消失很慢
品质发生明显劣变 (0~2 分)	切面光泽暗淡 脂肪发黄	组织基本完全松散 纹理已看不清晰	腥臭味较浓	肌肉松散, 易于鱼骨分离, 指压时凹陷不能恢复或手指可将鱼肉刺穿



注: 不同小写字母表示相同贮藏天数不同处理方式之间差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示相同处理方式不同贮藏天数之间差异显著 ($P<0.05$), 下同。

图 1 真空包装对冰鲜鲈鱼菌落总数的影响 ($n=3$)

Fig.1 Effects of vacuum packing on total colony count of chilled *Micropterus salmoides* ($n=3$)

2.2 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼 TBARS 值的影响

TBARS 是脂肪物质中不饱和脂肪酸的氧化产物丙二醛与 TBA 试剂反应生成稳定的红色化合物, 是评价水产品中脂肪氧化酸败的主要指标之一^[22]。鲈鱼中的脂肪随着贮藏时间的延长发生水解而产生游离脂肪酸, 从而加快鱼肉腐败变质的速率, 也加快了鱼肉品质劣变的速率^[23]。冰鲜鲈鱼在贮藏期间 TBARS 值的变化结果如图 2 所示, 随着贮藏时间的延长, 真空包装与未包装鲈鱼的 TBARS 值总体呈上升趋势, 与微生物的结果是一致的。在贮藏第 3~12 d, 未包装组鲈鱼的 TBARS 值始终高于真空包装组鲈鱼的 TBARS 值, 可能是在冰鲜贮藏过程中真空包装采用聚氯乙烯薄膜袋封装鲈鱼可有效隔绝鱼体与氧气的接触, 从而减缓了鱼肉的脂肪氧化速率。由此可见, 在冰鲜贮藏过程中, 真空包装相较于未包装能够有效抑制鱼肉的脂肪氧化, 延缓鲈鱼的贮藏品质劣变, 并有效保持鲈鱼的贮藏新鲜度。

2.3 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼 pH 的影响

鲈鱼从鲜活到死亡以及最后冰鲜贮藏的过程中会相继经历僵硬、自溶及腐败等阶段。由于鱼类贮藏过程中产生的生化反应与微生物生长繁殖可改变鱼类产品的 pH, 因此 pH 是评价水产品品质的重要指标之一。pH 的大小在一定程度上可以反映鱼肉的新鲜程度^[24]。冰鲜鲈鱼在贮藏期间的 pH 变化结果如图 3 所示, 随着贮藏时间的延长, 真空包装组和未包装组鲈鱼的 pH 均呈先下降后上升的趋势。这与姜晓娜等^[25]研究的鲈鱼贮藏过程中趋势一致。在贮藏第 3~12 d, 真空包装组鲈鱼的 pH 和未包装组鲈鱼的 pH 均呈上升的趋势, 可能是鱼肉蛋白质随着贮藏时间的延长在酶

及微生物的作用下分解为氨基酸、三甲胺等含氮类的碱性物质, 致使 pH 升高^[26]。

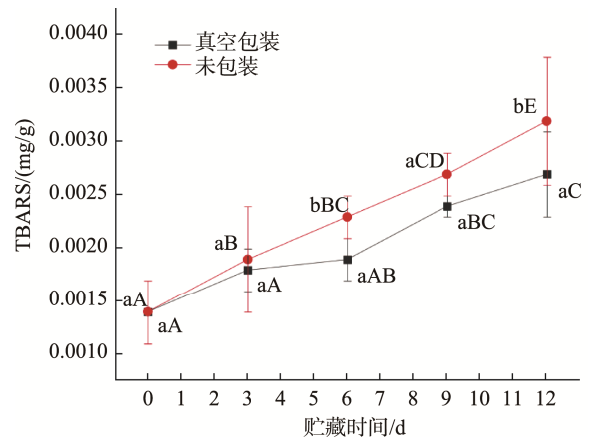


图 2 真空包装对冰鲜鲈鱼 TBARS 值的影响 ($n=3$)

Fig.2 Effects of vacuum packing on TBARS values of chilled *Micropterus salmoides* ($n=3$)

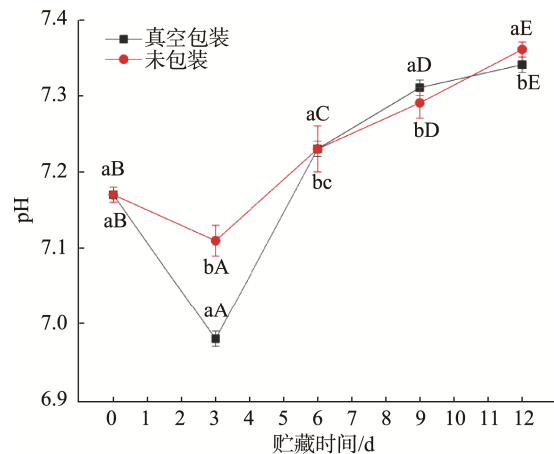


图 3 真空包装对冰鲜鲈鱼 pH 的影响 ($n=3$)

Fig.3 Effects of vacuum packing on pH of chilled *Micropterus salmoides* ($n=3$)

2.4 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼剪切力的影响

剪切力下降是鱼肉冰鲜过程中品质劣变的主要体现之一^[27]。冰鲜鲈鱼在贮藏期间的剪切力变化结果如表 2 所示, 随着贮藏时间的延长, 真空包装和未包装鲈鱼的剪切力均呈先下降后上升的趋势, 并且在贮藏后期呈现一定的波动。在贮藏第 0 至第 6 d, 真空包装组和未包装组鲈鱼的剪切力均呈下降的趋势, 可能是由于随着贮藏时间的延长, 鱼体的内源酶与微生物降解肌肉蛋白导致鱼肉组织劣变, 从而致使剪切力降低^[28]。贮藏下降趋势与 YANG 等^[29]相同。并且在贮藏第 6 d, 真空包装组显著高于 ($P<0.05$) 未包装组, 可能是真空包装组采用聚氯乙烯薄膜袋封装鲈鱼隔

绝了氧气，能够有效抑制内源酶与微生物降解肌肉蛋白。在贮藏后期，真空包装组和未包装组鲈鱼的剪切力呈现一定的波动。在贮藏第 12 d，真空包装组鲈鱼的剪切力为 29.98 g，未包装组鲈鱼的剪切力为 27.38 g，真空包装组显著高于($P<0.05$)未包装组，但贮藏第 12 d 与第 0 d 相比较，真空包装组鲈鱼剪切力的变化程度小，与新鲜鱼样的剪切力接近。由此可见，在冰鲜贮藏过程中，真空包装相较于未包装能够有效抑制鱼肉组织劣变，有利于冰鲜鲈鱼贮藏过程中的良好品质。

2.5 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼白度值的影响

颜色是评判水产品品质的重要指标之一，并且能够直接影响消费者对产品的第一印象以及购买欲^[30]。冰鲜鲈鱼在贮藏期间的白度值变化结果如表 3 所示，鱼肉颜色随着贮藏时间的延长，白度值总体呈现先升后降的趋势，并在贮藏后期呈现一定的波动。在贮藏的第 0 至第 3 d，真空

包装组和未包装组呈上升趋势。在贮藏第 3 d 直至第 6 d，真空包装组呈下降趋势，推测原因是随着贮藏时间的延长，鱼肉中的脂肪氧化会产生自由基和其他中间产物，破坏了鱼肉中的色素成分，使其白度值下降^[31]。在贮藏后期，两者的白度值均呈现一定的波动。

2.6 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼持水率的影响

持水率是判断水产品新鲜程度的重要指标之一，越新鲜的水产品，持水率越高。由图 4 可知，随着贮藏时间的延长，未包装和真空包装鲈鱼的持水性均呈下降的趋势；在贮藏 0~3 d 内持水性都迅速下降，而后下降速度相对缓慢；随着贮藏时间的增加，内源性蛋白酶会使肌源蛋白降解，导致鱼肉持水率降低^[32]。在贮藏第 6 d 后，未包装和真空包装鱼肉的持水性差异呈现明显趋势，真空包装的持水性相对明显优于未包装贮藏，说明隔绝了氧气，会降低肌原纤维降解的速度。

表 2 真空包装对冰鲜鲈鱼剪切力的影响($n=3, g$)
Table 2 Effects of vacuum packing on shear force of chilled *Micropterus salmoides* ($n=3, g$)

处理方式	0 d(新鲜鱼)	3 d	6 d	9 d	12 d
真空包装		27.01±1.76 ^{aA}	24.52±1.92 ^{aA}	24.94±1.39 ^{aA}	29.98±0.91 ^{aB}
未包装	32.26±2.09 ^{aC}	26.48±0.86 ^{bB}	20.71±1.79 ^{bA}	26.84±0.41 ^{bB}	27.38±1.96 ^{bB}

注：每列不同小写字母表示相同贮藏天数不同处理方式之间差异显著($P<0.05$)，每行不同大写字母表示相同处理方式不同贮藏天数之间差异显著($P<0.05$)，下同。

表 3 真空包装对冰鲜鲈鱼白度值的影响($n=3$)
Table 3 Effects of vacuum packing on whiteness values of chilled *Micropterus salmoides* ($n=3$)

处理方式	0 d(新鲜鱼)	3 d	6 d	9 d	12 d
真空包装		40.91±2.67 ^{aC}	38.52±1.33 ^{aB}	38.21±0.71 ^{aB}	37.39±1.62 ^{aA}
未包装	38.99±1.17 ^{aB}	41.64±1.94 ^{bC}	36.38±2.07 ^{bA}	38.69±1.12 ^{bB}	39.54±0.45 ^{bB}

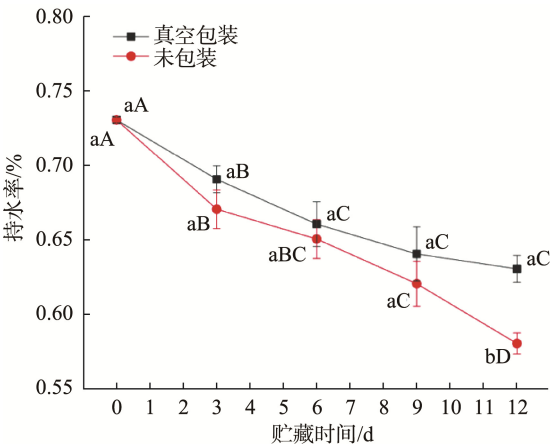


图 4 真空包装对鲈鱼持水率的影响($n=3$)

Fig.4 Effects of vacuum packing on water holding capacities of *Micropterus salmoides* ($n=3$)

2.7 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼感官评定的影响

感官评价是指在贮藏的过程中，鱼体的蛋白酶水解，脂质氧化会导致鱼的气味、组织形态、弹性等发生不同程度的变质，最后达到无法接受的程度^[33]。由图 5 可知，随着冰鲜时间的持续，未包装和真空包装的感官评分都逐渐下降；从第 3 d 开始，未包装和真空包装的感官评定差异逐渐变大，未包装的下降斜率大于真空包装。未包装的鲈鱼暴露在空气中，会加速鲈鱼的劣变。由此可见，真空包装鲈鱼的色泽、组织形态、气味、弹性优于未包装贮藏的鲈鱼。

2.8 冰鲜贮藏中真空包装对鲈鱼气味的影响

PCA 分析是将所提取的信息进行数据转换和降维，从而将多个指标转化为少数几个综合指标的一种统计方法^[34-35]，图形分别用 X 轴和 Y 轴来表示，经过降维转换

后具有相似特征的样本在距离上会更加接近, 因此可以利用输出的图形来确定组间的差异, 并对组内样本进行比较, PCA 分析可以最大化所有样本之间的差异, X 轴和 Y 轴所表示的图形位置是新的 PC₁ 和 PC₂ 变量的值, 值越大则表明所含重要的原始信息量越大, 如果两个变量的总方差贡献率不小于 95%, 则原则上可以包括所有样本的原始信息。当总贡献率超过 70%~85% 时, 则表示此方法可以使用^[36]。鲈鱼在冰鲜贮藏过程中电子鼻响应值的 PCA 分析结果如图 6 所示, 在 PCA 中, 第一主成分(PC₁)的贡献率达到 79.30%, 第二主成分(PC₂)的贡献率达到 17.39%, 2 种主成分累计贡献率达到 96.69%, 说明该方法采集的数据信息可以替代在冰鲜贮藏过程中真空包装和未包装鲈鱼气味信息的全部特征。如图 6 所示, 不同贮藏时间鲈鱼的响应值距离较远, 说明真空包装及未包装鲈鱼随着贮藏时间的延长, 气味发生了较大变化。相同贮藏天数的真空包装及未包装鲈鱼的响应值没有重叠, 说明真空包装与未包装鲈鱼的气味存在较大差异。

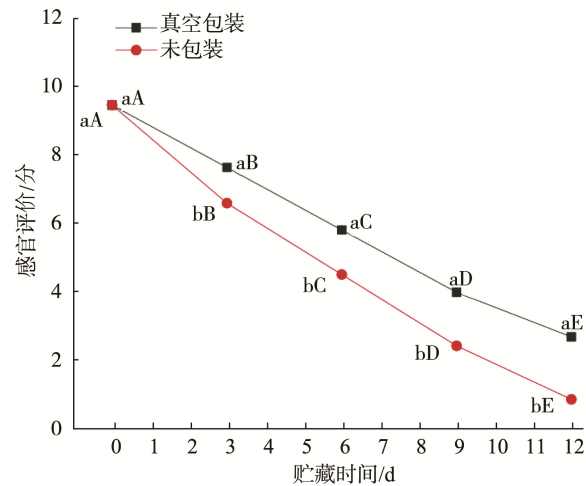


图 5 真空包装对鲈鱼感官评定的影响(n=3)

Fig.5 Effects of vacuum packing on sensory evaluation of *Micropterus salmoides* (n=3)

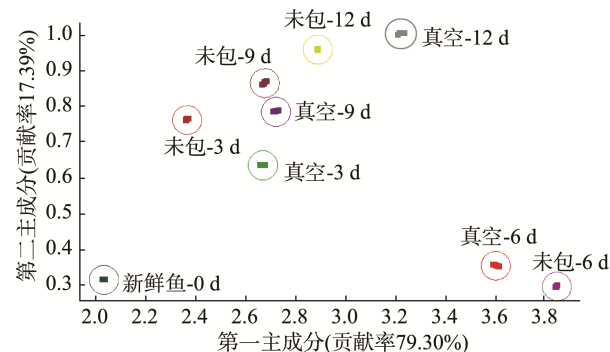


图 6 冰鲜鲈鱼电子鼻响应值的 PCA 分析(n=3)

Fig.6 PCA analysis of electronic nose response of chilled *Micropterus salmoides* (n=3)

3 结 论

在冰鲜贮藏过程中, 对真空包装和未包装的大口黑鲈的菌落总数、TBARS、pH、剪切力、持水率、感官分析、电子鼻进行测定。本研究表明, 在冰鲜贮藏过程中, 真空包装可以有效隔绝氧气, 相较于未包装能够有效抑制微生物生长和脂肪氧化, 延长鲈鱼的贮藏时间, 有效保持鲈鱼的新鲜度。通过对真空包装鲈鱼冰鲜贮藏品质的研究, 表明真空包装在鲈鱼冰鲜贮藏过程中发挥着重要作用, 并为后续实验对水产品冰鲜贮藏以及低温保鲜技术的开发提供了基础。

参考文献

- [1] WAN JL, CAO AL, CAI LY. Effects of vacuum or sous-vide cooking methods on the quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Int J Gastron Food, 2019, 18: 100181.
- [2] 陈剑斌, 许耀升, 徐杭忠, 等. 复合型营养添加剂对大口黑鲈肝脏的修复效果[J]. 当代水产, 2022, 47(6): 69-70.
CHEN JB, XU YS, XU HZ, et al. Repairing effect of complex nutritional additives on the liver of largemouth bass [J]. Curren Fish, 2022, 47(6): 69-70.
- [3] 卞宇豪, 杨航, 许晓莹, 等. 发酵豆粕、肉骨粉及其混合物替代鱼粉对大口黑鲈生长、血清生化指标和肠道组织学的影响[J]. 水产学报, 2022. DOI: 10.11964/jfc.20211113151
BIAN YH, YANG H, XU XY, et al. Effects of replacing dietary fish meal with fermented soybean meal and bone meal and their mixture on growth, serum biochemical indices and intestinal histology of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. J Fish Chin, 2022. DOI: 10.11964/jfc.20211113151
- [4] 林仕梅, 陈拥军, 周文豪, 等. 大口黑鲈高质量发展之营养调控策略[J]. 饲料工业, 2022, 43(10): 12-17.
LIN SM, CHEN YJ, ZHOU WH, et al. Nutritional regulation strategies for high-quality development of *Largemouth bass* [J]. Feed Ind, 2022, 43(10): 12-17.
- [5] 黄卉, 郑陆红, 李来好, 等. 不同预冷温度对鲈鱼冰藏期间质构和色差的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 302-308.
HUNAG H, ZHENG LH, LI LH, et al. Effects of different precooling temperature on texture and color of *Micropterus salmoides* during ice storage [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(24): 302-308.
- [6] 张海燕, 吴燕燕, 李来好, 等. 鲈鱼保鲜加工技术研究现状[J]. 广东海洋大学学报, 2019, 39(4): 115-122.
ZHANG HY, WU YY, LI LH, et al. Opportunity, status and prospect of bass processing development [J]. J Guangdong Ocean Univ, 2019, 39(4): 115-122.
- [7] 张皖君, 蓝蔚青, 赖晴云, 等. 不同冰藏处理对鲈鱼品质、ATP 关联物及微生物变化的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(18): 35-42.

- ZHANG WJ, LAN WQ, LAI QY, *et al.* Changes in quality, ATP-related compounds and microorganisms of perch (*Lateolabrax japonicus*) treated with different ice storages [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(18): 35–42.
- [8] 吴俊颀, 陈昕, 靖静, 等. 黄颡鱼的性别调控机制及传统选育研究[C]. 中国科协第 264 次青年科学家论坛论文摘要集, 2013.
- WU JJ, CHEN X, JING J, *et al.* Gender regulation mechanism and traditional breeding of yellow catfish [C]. Abstract Collection of Papers of the 264th Young Scientists Forum of China Association for Science and Technology, 2013.
- [9] 王倩, 蓝蔚青, 张墨言, 等. 冷链与断链流通对冰藏大黄鱼品质与微生物多样性的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(9): 221–229.
- WANG Q, LAN WQ, ZHANG MY, *et al.* Effects of cold chain and broken-off cold chain on the quality and microbial diversity of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) stored in ice [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 19(9): 221–229.
- [10] ÖZOGUL Y, ÖZOGUL F, GÖKBULUT C. Quality assessment of wild European eel (*Anguilla anguilla*) stored in ice [J]. Food Chem, 2006, 95(3): 458–465.
- [11] SHIEKH KA, BENJAKUL S. Melanosis and quality changes during refrigerated storage of Pacific white shrimp treated with chamuang (*Garcinia cowa* Roxb.) leaf extract with the aid of pulsed electric field [J]. Food Chem, 2020, 309: 125516.
- [12] SALIH AM, SMITH DM, PRICE JF, *et al.* Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry [J]. Poult Sci, 1987, 66(9): 1483–1488.
- [13] 谭明堂, 谢晶, 王金锋. 解冻方式对鲢鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(13): 94–101.
- TAN MT, XIE J, WANG JF. Effects of different thawing methods on quality of squid [J]. Food Sci, 2019, 40(13): 94–101.
- [14] 雷跃磊, 卢素芳, 张光华, 等. 湖北风味发酵鳊鱼加工关键工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 155–160.
- LEI YL, LU SF, ZHANG GH, *et al.* Key Process of Hubei flavor fermented mandarin fish [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(16): 155–160.
- [15] 夏雨婷, 吴玮伦, 章蔚, 等. 真空辅助加压腌制对草鱼块品质的影响[J]. 食品科学, 2022. DOI: 11.2206.TS. 20220414.1434.118.html
- XIA YT, WU WL, ZHANG W, *et al.* Effect of vacuum-assisted pressure curing on quality of grass carp pieces [J]. Food Sci, 2022. DOI: 11.2206.TS. 20220414.1434.118.html
- [16] 周明珠, 乔宇, 廖李, 等. 超高压处理不同时间对鲈鱼挥发性风味的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(12): 125–130.
- ZHOU MZ, QIAO Y, LIAO L, *et al.* Effect of ultra-high pressure treatment on volatile flavor of bass at different time [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(12): 125–130.
- [17] 岑剑伟, 蒋爱民, 李来好, 等. 高压静电场结合冰温技术对罗非鱼片贮藏期品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 282–288.
- CEN JW, JIANG AIM, LI LH, *et al.* Effect of high voltage electrostatic field combined with modified atmosphere packaging and controlled freezing-point storage on the quality of tilapia fillet [J]. Food Sci, 2016, 37(22): 282–288.
- [18] 朱海滨, 洪扬, 王则金, 等. 真空包装结合食盐水处理对海鲈鱼冷藏保鲜品质的影响[J]. 渔业研究, 2021, 43(1): 53–60.
- ZHU HB, HONG Y, WANG ZJ, *et al.* Effects of vacuum packaging combined with brine treatment on the fresh quality of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) [J]. J Fish Res, 2021, 43(1): 53–60.
- [19] 赵宏强, 吴金鑫, 张苑怡, 等. 超高压处理对冷藏鲈鱼片品质及组织结构变化的影响[J]. 高压物理学报, 2017, 31(4): 494–504.
- ZHAO HQ, WU JX, ZHANG YY, *et al.* Effect of high pressure processing on quality and structure of *Lateolabrax japonicus* fillets during cold storage [J]. Chin J High Press Phys, 2017, 31(4): 494–504.
- [20] 徐永霞, 张朝敏, 张颖, 等. 基于电子鼻的冷藏大菱鲆品质变化研究[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(8): 170–174
- XU YX, ZHANG ZM, ZHANG Y, *et al.* Quality changes of turbot during refrigerated storage detected by electronic nose [J]. Food Ferment Ind, 2015, 41(8): 170–174.
- [21] 卞丹. 冰鲜鱼体优势腐败菌的形成机理及益生菌的粘附拮抗作用[D]. 福州: 福州大学, 2018.
- BIAN D. Formation mechanism of dominant spoilage bacteria in iced fish and competitive inhibition of probiotic [D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2018.
- [22] 胡科娜, 谷贵章, 高兴杰, 等. 苣荬多酚协同低剂量电子束辐照对鳊鱼鲞菌落总数微生物和油脂氧化的作用[J]. 食品科学, 2021, 42(19): 157–163.
- HU KN, GU GZ, GAO XJ, *et al.* Effects of *Enteromorpha prolifera* polyphenols combined with low-dose electron beam irradiation on microbial count and lipid oxidation in dried salted eel [J]. Food Sci, 2021, 42(19): 157–163.
- [23] 李立杰, 柴春祥, 鲁晓翔. 微冻保鲜对水产品品质的影响[J]. 食品工业, 2013, 34(3): 170–173.
- LI LJ, CHAI CX, LU XX. Influence of preservation by partial freezing on the quality of aquatic product [J]. Food Ind, 2013, 34(3): 170–173.
- [24] 陈依萍, 崔文萱, 高瑞昌, 等. 冷藏与微冻贮藏过程中鲟鱼肉品质变化[J]. 渔业科学进展, 2020, 41(1): 178–186.
- CHEN YP, CUI WX, GAO RC, *et al.* Changes in quality of sturgeon fillet refrigerated and lightly frozen partial freezing storage [J]. Prog Fish Sci, 2020, 41(1): 178–186.
- [25] 姜晓娜, 孟璐, 冯俊丽, 等. 鲈鱼贮藏过程中的品质变化及腐败微生物多样性分析[J]. 中国食品学报, 2019, 19(10): 197–205.
- JHANG XN, MENG L, FENG JL, *et al.* Analysis of quality change and microbial assessment of *Chub mackerel* in storage [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 19(10): 197–205.
- [26] DUAN J, JIANG Y, CHERIAN G, *et al.* Effect of combined chitosan-krill

- oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets [J]. Food Chem, 2010, 122(4): 1035–1042.
- [27] 李新, 汪兰, 丁安子, 等. 液氮/液氨速冻鲮鱼片理化性质与组织结构变化[J]. 肉类研究, 2020, 34(10): 64–69.
- LI X, WANG L, DING ANZ, *et al.* Changes in physicochemical properties and microstructure of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets quick frozen with liquid nitrogen or liquid ammonia [J]. Meat Res, 2020, 34(10): 64–69.
- [28] LUAN LL, WANG LP, WU TT, *et al.* A study of ice crystal development in hairtail samples during different freezing processes by cryosectioning versus cryosubstitution method [J]. Int J Refrig, 2018, 87: 39–46.
- [29] YANG F, JIA S, LIU J, *et al.* The relationship between degradation of myofibrillar structural proteins and texture of superchilled grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet [J]. Food chem, 2019, 301: 125278.
- [30] 张心壮, 白东义, 芒来, 等. 蒙古斑点马不同部位肉品质及营养成分的比较分析[J/OL]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版): 1–11. [2021-04-25]. DOI: 10.16853/j.cnki.1009-3575.2021.03.001
- ZHANG XZ, BAI DY, MANG L, *et al.* Comparative analysis of meat quality and nutritional components in different parts of mongolian spotted horse [J/OL]. J Inner Mongolia Agric Univ (Nat Sci Ed): 1–11. [2021-04-25]. DOI: 10.16853/j.cnki.1009-3575.2021.03.001
- [31] 刘蒙佳, 周强, 戴玉梅, 等. 不同解冻方法及添加抗冻剂处理对冷冻海鲈鱼鱼片解冻品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(8): 210–218.
- LIU MJ, ZHOU Q, DAI YM, *et al.* Effect of different thawing methods and antifreeze treatment on the quality of frozen sea bass (*Perca fluviatilis*) fillets [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(8): 210–218.
- [32] LIU Z, XIONG YL, CHEN J. Protein oxidation enhances hydration but suppresses water-holding capacity in porcine longissimus muscle [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(19): 10697–10704.
- [33] GOMES MSA, KATO LS, DE CAPA, *et al.* Sodium replacement on fish meat products-A systematic review of microbiological, physicochemical and sensory effects [J]. Trends Food Sci Technol, 2021, 118: 639–657.
- [34] 白一凡, 贡慧, 张睿梅, 等. 电子鼻对酱牛肉煮制过程中老汤风味的检测[J]. 肉类研究, 2014, 28(11): 27–29.
- BAI YF, GONG H, ZHANG RM, *et al.* Detection of flavor compounds in the broth during cooking of sauced beef by electronic nose [J]. Meat Res, 2014, 28(11): 27–29.
- [35] 曹荣, 刘楠, 王联珠, 等. 不同采收期坛紫菜的风味比较[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(5): 811–817.
- CAO R, LIU L, WANG LZ, *et al.* Flavor analysis of *Porphyra haitanensis* harvested during different periods [J]. J Shanghai Ocean Univ, 2019, 28(5): 811–817.
- [36] 黄小万. 基于电子鼻定性定量分析八角茴香精油的研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2020.
- HUANG XW. Study on qualitative and quantitative analysis of star anise essential oil based on electronic oil based on electronic nose [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2020.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



邱文兴, 硕士研究生, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。
E-mail: 908192481@qq.com



熊光权, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。
E-mail: xiongguangquan@163.com



汪 超, 教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。
E-mail: 14352016@qq.com