

包装方式对三文鱼片贮藏品质的影响

Quality changes of salmon fillet with different packagings during the storage

沈秋霞¹ 李明元¹ 胡永正¹ 郭冀川¹ 王晓君¹

SHEN Qiu-xia¹ LI Ming-yuan¹ HU Yong-zheng¹ GUO Ji-chuan¹ WANG Xiao-jun¹

卢朝婷¹ 吉礼² 文晓慧¹ 丁文武¹

LU Chao-ting¹ JI Li² WEN Xiao-hui¹ DING Wen-wu¹

(1. 西华大学, 四川 成都 610039; 2. 四川省食品生产安全协会, 四川 成都 610051)

(1. College of Food and Biological Engineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China;

2. Food Production Safety Association, Chengdu, Sichuan 610051, China)

摘要:为探究真空包装与氮气包装三文鱼片分别在 4、10 ℃ 贮藏条件下的理化品质变化,对贮藏期间三文鱼片的感官、质构、pH 值、挥发性盐基氮 (total volatile basic nitrogen, TVB-N) 值及硫代巴比妥酸值 (thiobarbituric acid, TBA) 进行测定分析,采用电子鼻分析其挥发性物质成分 (包括负荷加载分析和主成分分析)。结果表明,随着贮藏时间的延长,三文鱼片的感官得分、弹性、回复性和咀嚼性逐渐下降,TVB-N 值与 TBA 值逐渐增加,硬度值先增后减,pH 值与硬度变化趋势相反。10 ℃ 条件下真空、氮气包装鱼片贮藏至 4 d 已出现明显腐败现象,4 ℃ 条件下 2 组鱼片贮藏至 6 d 时品质开始劣变。电子鼻分析对贮藏期间各组三文鱼片区分度良好,负荷加载分析发现其中主要挥发性物质为氮氧化合物、芳香物质、乙醇及无机硫化物等。

关键词:三文鱼片; 包装; 电子鼻; 品质变化

Abstract: In order to explore the physico-chemical quality changes of vacuum packaging and nitrogen-filled packaging salmon fillet stored at 4 ℃ and 10 ℃, and some indicators were analyzed periodically, including the sensory evaluation, texture, pH value, and the values of TVB-N and TBA. Volatile components of salmon fillet with different treatments, detected by an electronic nose, were analyzed by loading analysis (LA) and principal component analysis (PCA). The results showed that the sensory scores, elasticity, resilience and chewiness values decreased gradually with the extension of storage time; TVB-N values and TBA values decreased gradually, while hardness values of fillet increased first and then decreased, and pH

values were in the opposite. Vacuum packaging salmon fillet and nitrogen-filled packaging salmon fillet had been obvious corruption on 4th day at 10 ℃, simultaneously salmon fillet was degenerating on 6th day at 4 ℃. Analysis of electronic nose could distinguish freshness of fillets stored during different time. LA analysis showed that the main volatile components were nitroxides, aromatic compounds, ethanol, inorganic sulfide and so on.

Keywords: salmon fillet; aking; electronic nose; quality change

三文鱼属于硬骨鱼纲鲑形目^[1],其肉呈鲜橘红色或红色,肉质鲜美,口感颇佳^[2]。近年来,随着生食料理行业在内地的迅速发展,三文鱼逐渐被视为高端生食料理店的上佳原料^[3]。三文鱼因水分含量高,富含蛋白质、不饱和脂肪酸等营养物质^[1],在加工、运输及销售等流通环节中因自身酶、外界氧气及微生物的作用下,极易发生蛋白质分解、脂肪氧化酸败等一系列腐败变质现象。因此,研究三文鱼的保鲜技术对三文鱼生食料理行业的发展具有重要意义。

目前,最常见的三文鱼保鲜技术是低温保鲜^[2]、辐照保鲜^[4]、保鲜剂保鲜^[5]、真空包装保鲜^[6]等,而贮藏温度与包装方式相结合探究三文鱼理化品质变化的保鲜技术尚鲜有报道。氮气包装原理是利用氮气具有比二氧化碳低水溶性和低脂溶性的特点,同时可以减缓氧气引起的酸败及抑制好氧微生物生长等问题,可以有效防止包装崩溃;真空包装则是利用在真空及缺氧状态下抑制微生物生长来延长食品货架期^[7]。目前,生食三文鱼片以低温冷藏作为主要贮藏方式,但在运输及销售过程中可能会出现温度波动问题,而三文鱼的理化品质则会因温度的升高出现一系列劣变。针对上述问题,本试验主要通过研究真空包装与氮气包装三文鱼片分别在 4、10 ℃ 贮藏条件下的感官、质构、酸度、TVB-N 值、TBA 值变化情况,同时采用电子鼻对其挥发性物质进行 LA

基金项目:西华大学研究生创新基金(编号:ycjj2017043)

作者简介:沈秋霞,女,西华大学在读硕士研究生。

通信作者:李明元(1965—),男,西华大学教授,硕士。

E-mail: limingyuan519@qq.com

收稿日期:2018-01-08

分析和 PCA 分析,比较包装方式及贮藏温度变化对三文鱼片理化品质的影响,旨为三文鱼片在运输及销售过程中贮藏方式的改进提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

三文鱼:每条重量为 2 kg 左右,通威(成都)三文鱼有限公司;

硼酸、盐酸、溴甲酚绿、甲基红、氧化镁、高氯酸、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

试验用水为蒸馏水。

1.2 仪器与设备

电子分析天平:TB-214 型,北京赛多利斯仪器系统有限公司;

便携式电子鼻系统:PEN3 型,德国 Airsense 公司;

质构仪:TA-XT plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

酸度计:PHS-320 型,成都世纪方舟科技有限公司;

全自动定氮仪:KDN-04B 型,山东海能科学仪器有限公司;

紫外-可见分光光度:UV2800 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

台式离心机:TD-5M 型,四川蜀科仪器有限公司;

恒温水浴锅:DK-98A 型,天津泰斯特有限公司。

1.3 试验方法

将活鱼内脏清除、去皮,鱼肉清洗干净后取背脊肉并分割成质量相差不大的鱼片,再次清水清洗干净,用已灭菌的 PET/PE(聚对苯二甲酸二甲酯+聚乙烯)复合包装袋进行分装(每袋 4 片,每片 20~30 g),装袋后迅速用包装机对其进行抽真空及充氮封口处理。将包装好的鱼片分别于 4,10 ℃ 条件下贮藏,每 2 d 对样品进行电子鼻分析,同时进行感官评价并测定其 TVB-N 值、TBA 值、质构以及 pH 值等指标,综合各项检测指标结果评价包装方式及贮藏温度对三文鱼片理化品质的影响。

1.3.1 感官评价 由 10 名经过训练的评价员组成感官评定小组,根据表 1 的评分标准,对 4,10 ℃ 贮藏条件下真空、氮气包装三文鱼片表观特征进行感官评价打分(10 分制),规定 10 分为最好,6 分以上为较好,4 分以下为不可接受,即腐败变质^[8]。评价结束后,将小组成员的感官评价结果取平均值。

1.3.2 质构测定 取背脊部鱼肉切成长 1 cm×1 cm×1 cm 左右的鱼块,采用质构仪在 TPA 模式下测定硬度和弹性指标。TPA 模式参数设定参考张奎^[3]、戴志远^[9] 的方法,具体测定参数为:测量前探头下降速度 3.0 mm/s;测试速度 1.0 mm/s;测量后探头回程速度 1.0 mm/s;压缩程度 50%,两次压缩间隔时间 5 s;探头类型 P/0.5;数据的采集数率 200.00 pps(每秒钟采集的数据数),每组样品测定 6 次,取平均值。

1.3.3 pH 值测定 参考丁婷等^[1] 的方法,取 10.000 g 绞碎

表 1 三文鱼片的感官评价标准表

Table 1 Sensory evaluation standard of salmon fillet	
评分	表观特征
8~10	橘红色,色泽明亮,白色条纹清晰;有明显脂肪层,具有三文鱼特有的鲜味和香味;肌肉有弹性、肉质结实、饱满
6~8	颜色较明亮,纹理可辨;鲜味降低,鱼腥味加重;肌肉较有弹性、较结实
4~6	无光泽,纹理模糊;无鲜味,腥味浓且带不愉快气味;肌肉弹性较差、不结实,稍微发黏
2~4	呈苍白色或灰黄色,有浑浊液体流出;稍有异味,略带腐臭味;肌肉无弹性、松软、发黏

的鱼糜于烧杯中,加入蒸馏水 100 mL,用玻璃棒搅拌充分后静置 30 min,过滤。取滤液 50 mL 用 pH 计测其 pH 值,每组样品做 3 次平行试验,取平均值。

1.3.4 TVB-N 测定 参考文献[10]的方法并略做改进,将三文鱼用绞肉机搅碎成鱼糜状,称取 10.000 g 鱼糜于锥形瓶中,加入 0.6 mol/L 的高氯酸溶液 100 mL,每隔 5 min 振摇 1 次,浸提 30 min 后,用滤纸过滤分离样液。准确吸取 10 mL 滤液于消化管中,再加入质量分数为 1% 的氧化镁溶液 10 mL,立即连接到凯氏定氮仪上。另取一锥形瓶,于瓶内加入 20 g/L 硼酸溶液 10 mL 作为吸收液,再滴加 6~8 滴混合指示剂,用自动定氮仪进行测定,设定蒸馏时间为 3 min。蒸馏结束后,硼酸吸收液用 0.01 mol/L 盐酸滴定至颜色变为紫红色。每组做 3 次平行试验,取均值(注:首先用 10 mL 0.6 mol/L 高氯酸溶液进行样品的空白测定,取得空白值)。

样品中 TVB-N 含量按式(1)计算:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 14 \times 1\,000}{m}, \tag{1}$$

式中:

X——样品中 TVB-N 的含量,mg/100 g;

V₁——样品消耗盐酸标准溶液体积,mL;

V₂——试剂空白消耗盐酸标准溶液体积,mL;

c——盐酸标准溶液的浓度,mol/L;

m——样品的质量,g;

14——与 1.00 mL 盐酸标准溶液(c_{HCl} = 1 mol/L)相当的氮质量,mg。

1.3.5 TBA 测定 参考文献[1,11]的方法,略做改进,称取 10.000 g 鱼糜于锥形瓶中,平行 3 份。加入 10%三氯乙酸与蒸馏水各 25 mL,用保鲜膜封口,恒温水浴振摇 30 min。分装于离心管中,以 5 000 r/min 离心 10 min,取 5 mL 上清液,加入 0.02 mol/L TBA 溶液 5 mL,摇匀,于 100 ℃ 水浴 40 min,取出冷却 1 h,静置分层,分别取上清液置于 532,600 nm 下测定吸光值。

样品中 TBA 含量按式(2)计算:

$$TBA = \frac{(A_{532} - A_{600}) \times M}{R}, \tag{2}$$

式中:

TBA——样品中丙二醛的含量,mg MDA/kg;

A_{532} ——样品在 532 nm 处的吸光度;
 A_{600} ——样品在 600 nm 处的吸光度;
 M ——丙二醛的相对分子质量 72.06;
 R ——毫摩尔吸光系数,155。

1.3.6 电子鼻分析 参考文献[5,12~13]的方法并稍加修改。称取 1.000 g 绞碎三文鱼肉于 25 mL 顶空瓶中,加盖密封。于 40 ℃ 恒温加热 30 min 后,用电子鼻吸取顶空瓶中气体进行检测分析。电子鼻测定参数设定:清洗时间 60 s,传感器归零时间 10 s,检测时间 90 s,进样流量 300 mL/min。利用电子鼻 WinMuster 软件对样品进行 LA 分析和 PCA 分析,每组样品做 6 次平行试验,分析比较去掉异常值。电子鼻各传感器性能见表 2。

表 2 电子鼻各传感器性能描述表

Table 2 Sensor properties of electronic nose

传感器序号	传感器名称	传感器响应特性
R(1)	W1S	对芳香物质灵敏
R(2)	W5S	灵敏度大,对氮氧化合物灵敏
R(3)	W3C	对氨水、芳香物质灵敏
R(4)	W6S	对氢气有选择性
R(5)	W5C	对烷烃、芳香物质灵敏
R(6)	W1C	对甲烷灵敏
R(7)	W1W	对无机硫化物灵敏
R(8)	W2S	对乙醇灵敏
R(9)	W2W	对有机硫化物灵敏
R(10)	W3S	对烷烃灵敏

2 结果与分析

2.1 三文鱼感官的变化

图 1 为 4,10 ℃ 条件下,真空包装与氮气包装三文鱼鱼片的感官得分图。从图 1 中可以看出,4 组鱼片初始感官得分均为满分,鱼肉具有三文鱼特有的鲜味,色泽呈现鲜橘红色,纹理清晰,肉质紧实有弹性;随着贮藏时间的延长,10 ℃ 条件下真空包装与氮气包装三文鱼片感官得分近乎呈直线下降,第 4 天时两者得分分别下降至 3.8,3.4 分,鱼肉颜色由鲜橘红色变为灰白色,肉质表面发黏,鱼腥味明显,已达到感

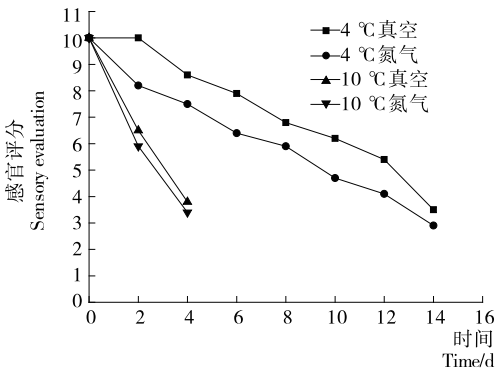


图 1 三文鱼片贮藏过程中的感官评分

Figure 1 Sensory evaluation value of salmon fillet during the storage

官拒绝接受点之下;相比较而言,4 ℃ 贮藏条件下真空包装与氮气包装三文鱼片感官得分下降较平缓,贮藏至 6 d 时两者评分分别为 7.9,6.4 分,鱼片颜色变暗,有鱼腥味产生,且肉质弹性变差;第 14 天时真空包装与氮气包装三文鱼片感官得分分别下降至 3.5,2.9 分,已超出感官可接受范围,鱼肉散发出明显的鱼腥味和腐臭味,肌肉汁液流失现象严重,肉质松软,肉色呈苍白色,鱼肉整体呈现出明显的腐败特征。综合 4 组鱼片感官得分可以看出,在贮藏过程中,贮藏温度的高低对鱼片感官品质影响显著。

2.2 三文鱼质构的变化

三文鱼在贮藏过程中鱼肉会出现僵硬、自溶、腐败等一系列变化^[7],而这些变化则可以通过质构参数(弹性、硬度、回复性、咀嚼性)反映出来,因此可将 4 个指标变化作为三文鱼质构变化的评价指标。图 2 为 4,10 ℃ 条件下真空组与氮气组鱼片弹性、硬度、回复性、咀嚼性变化图。

从图 2(a)可见,4 组鱼片的弹性值随着贮藏时间的延长均呈现下降趋势。贮藏 4 d 时 10 ℃ 条件下真空组和氮气组鱼片的弹性值分别为 0.587,0.602,与初始值比较,其平均下降率分别达到了 26.35%,24.47%;4 ℃ 条件下真空组与氮气组鱼片的弹性值平均下降率分别为 10.04%,10.16%。说明贮藏温度对三文鱼片的弹性值影响较为明显。4 ℃ 条件下,真空组和氮气组鱼片的弹性值在 4~14 d 时下降趋势较平缓,第 14 天时两者弹性值分别下降至 0.666,0.658,分别降低了 16.45%,17.44%,说明真空包装和氮气包装处理对鱼片弹性值的影响不明显。三文鱼片在贮藏期间弹性值下降的原因可能是蛋白质结构遭到破坏,以及细胞间凝聚力下降综合导致的^[2]。

由图 2(b)可知,10 ℃ 条件下真空包装与氮气包装三文鱼片硬度随贮藏时间的延长急剧下降,第 4 天时两组鱼片硬度已分别下降至 453.501,453.365 g,与初始值相比分别降低了 42.07%,42.21%。同时,4 ℃ 条件下真空组和氮气组三文鱼片硬度变化呈现先增后减的趋势,贮藏至第 2 天时两者硬度分别上升至 863.575,892.446 g,产生此种变化的原因可能是鱼体死后肌肉失水形成肌球蛋白凝胶,使得鱼肉收缩导致硬度增大;第 2 天后硬度开始逐渐下降,直至第 14 天时真空组和氮气组鱼片硬度分别下降至 421.093,533.333 g,下降率分别为 46.21%,31.87%。结果表明,贮藏期间氮气包装鱼片的硬度略高于真空包装鱼片,可能是氮气的填充作用使得袋内维持一个正压环境,有效地防止了鱼片因挤压造成的质构受损。

由图 2(c)、(d)可以看出,4 组鱼片的回复性与咀嚼性均随着贮藏时间的延长呈现逐渐下降的趋势。其中,10 ℃ 条件下真空组与氮气组鱼片第 4 天时回复性分别为 0.105,0.103,与初始值相比下降率分别为 40.68%,41.81%;4 ℃ 条件下真空组与氮气组鱼片的回复性下降较为缓慢,贮藏至 14 d 时分别下降了 35.59%,31.64%。同时,10 ℃ 条件下真空组与氮气组鱼片第 4 天时咀嚼性由初始值 130.807 g 分别下降至 63.145,66.201 g;4 ℃ 条件下贮藏至第 4 天时,真空组与氮气组鱼片咀嚼性仅分别下降了 17.44%,13.23%,第

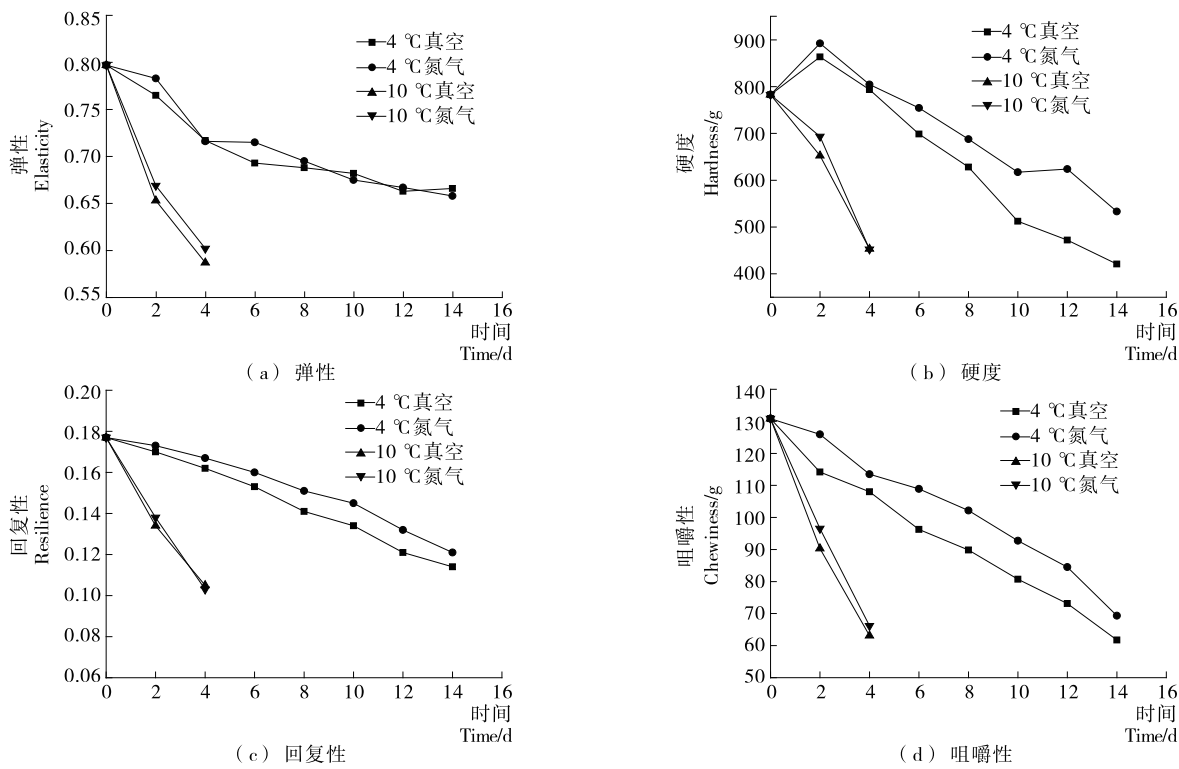


图 2 三文鱼片贮藏过程中质构的变化

Figure 2 Changes of salmon's texture during the storage

14 天时两组鱼片咀嚼性分别下降至 61.742, 69.332 g。4 组鱼片贮藏期间回复性及咀嚼性下降的原因可能与肌球蛋白变性造成肌肉间结合力下降有关,同时也可能是鱼片硬度、细胞间凝聚力下降以及弹性变化等原因综合导致的^[14],且与硬度、弹性变化结果具有一致性。

2.3 三文鱼酸度的变化

由图 3 所示,随着贮藏时间的延长,4 组鱼片的 pH 值总体呈现先减后增的趋势,鱼片 pH 初始值为 6.61,贮藏至第 2 天时,10 °C 条件下真空、氮气包装鱼片的 pH 值分别降至 6.38, 6.30, 4 °C 条件下真空、氮气包装鱼片的 pH 值降至 6.41, 6.36, 第 2 天之后 4 组鱼片 pH 值开始逐渐上升,贮藏至第 4 天时 pH 值分别增加至 6.51, 6.45, 6.43, 6.38;此外, 4 °C 条件下贮藏中期真空包装、氮气包装鱼片的 pH 值变化呈波动趋势,贮藏后期两组鱼片 pH 值呈缓慢增加,第 14 天

时其值分别为 6.52, 6.50。4 组鱼片贮藏初期 pH 值下降的原因可能是鱼体死亡后,肌肉中的糖原发生酵解,同时,三磷酸腺苷通过降解作用产生磷酸等一系列变化综合导致的^[1-2];而随着贮藏时间的延长,鱼片 pH 值上升的原因则是鱼体中的蛋白质由于酶及外界环境因素作用分解生成氨、胺类和硫化氢等碱性化合物导致的^[1]。结果显示,贮藏期间真空包装鱼片 pH 值略高于氮气包装的,同时,贮藏温度的变化对鱼片 pH 值未见规律性的影响。

2.4 三文鱼 TVB-N 值的变化

TVB-N 值作为评价水产品新鲜度的主要理化指标之一,其含量可反映水产品中蛋白质及非蛋白物质在自身内源酶和外界环境中微生物作用下分解产生的氨和胺类等碱性含氮类化合物的多少,据此可对水产品新鲜度进行判断^[5]。4, 10 °C 条件下真空包装与氮气包装鱼片在贮藏期间的 TVB-N 值变化见图 4。

由图 4 可知,4 组鱼片 TVB-N 初始值为 8.382 mg/100 g,贮藏前期 10 °C 条件下真空包装、氮气包装鱼片的 TVB-N 值呈直线上升,第 4 天时分别达到 29.758, 31.112 mg/100 g,均已远超出 GB 2733—2005《鲜、冻动物性水产品卫生标准》中规定的淡水鱼挥发性盐基氮值 ≤ 20 mg/100 g 的要求,而 4 °C 条件下真空包装、氮气包装鱼片在贮藏初期(0~2 d) TVB-N 值增长较为缓慢,第 2 天后两组鱼片 TVB-N 值开始加速上升,第 8 天时分别升至 22.721, 24.164 mg/100 g,已超出淡水鱼食用标准范围;第 14 天时真空包装、氮气包装鱼片的 TVB-N 值已分别增加至 30.684, 32.540 mg/100 g;贮藏期间 4 组鱼片的 TVB-N 值变化趋势与感官综合得分基本一

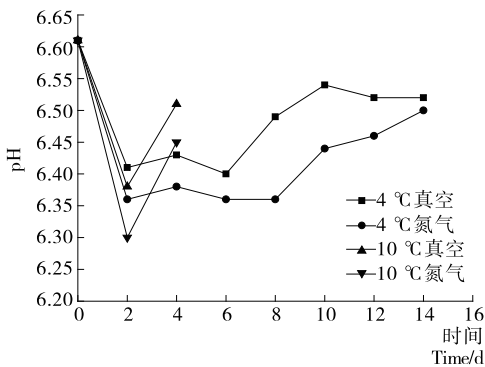


图 3 三文鱼片贮藏过程中酸度的变化

Figure 3 Changes of salmon's pH during the storage

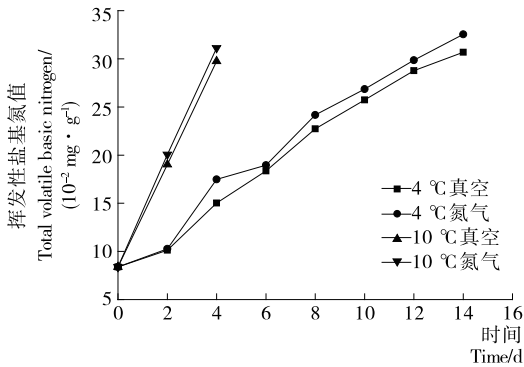


图 4 三文鱼片贮藏期间 TVB-N 值的变化
Figure 4 Changes of salmon's TVB-N during the storage

致。综上得出,温度变化对贮藏期间三文鱼片 TVB-N 值有显著影响,同时贮藏期间真空包装鱼片的 TVB-N 值低于氮气包装的,可能是真空贮藏环境减缓了鱼肉中蛋白及非蛋白类物质的一系列复杂化学分解反应导致的。

2.5 三文鱼 TBA 值的变化

三文鱼肉类中 EPA、DHA 等高不饱和脂肪酸含量高,在贮藏过程中会发生氧化水解反应生成一系列醛、酮类等具有不愉快气味的物质^[1],因此 TBA 值可被用于反映水产品脂肪氧化程度的一项指标^[15]。4、10 °C 条件下真空包装与氮气包装鱼片在贮藏期间 TBA 值的变化见图 5。从图 5 中可以看出,4 组鱼片的 TBA 值随着贮藏时间的延长逐渐增加,其中 10 °C 条件下真空包装与氮气包装鱼片的 TBA 值急速上升,第 4 天时两组鱼片的 TBA 值分别增加至 0.924, 0.995 mg MDA/kg,可能是温度升高促进了游离基的产生,同时加快了氢过氧化物的分解。相比较而言,4 °C 条件下真空包装、氮气包装鱼片的 TBA 值在贮藏初期(0~6 d)增加速率较为缓慢,第 6 天后加速上升,贮藏至 14 d 时真空包装、氮气包装鱼片的 TBA 值分别增至 0.936, 1.035 mg MDA/kg。结果表明,贮藏期间真空包装鱼片的 TBA 值一直略低于氮气包装鱼片,该变化与 TVB-N 值及感官综合得分变化趋势基本一致。

2.6 电子鼻分析

2.6.1 传感器载荷分析 电子鼻传感器载荷分析能够有效反映某个传感器对样品整体信息的贡献率大小,传感器负载值越大,则其贡献也越大^[12]。图 6 为不同处理方式下三文

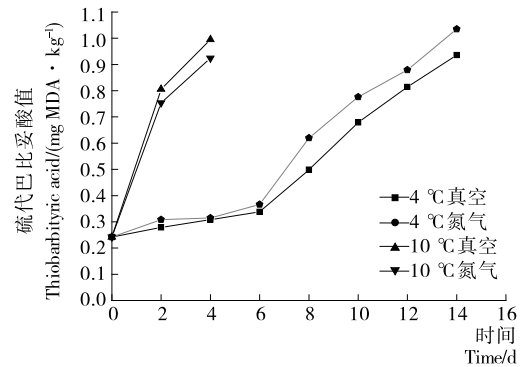


图 5 三文鱼片贮藏期间 TBA 值的变化
Figure 5 Changes of salmon's TBA during the storage

鱼片贮藏期间 Loadings 负荷加载分析图。从图 6(a)中可以看出,R1 和 R8 号传感器对第 1 主成分贡献率最大,其分别对芳香成分物质及乙醇等挥发性物质灵敏;R4 号传感器则对第 2 主成分贡献率最大,即对氢气有选择性。图 6(b)为 4 °C 条件下真空包装、氮气包装三文鱼片贮藏 6~14 d 的 Loadings 负荷加载分析图。由图 6(b)可见,贡献率最大的传感器依次为 R8、R1、R7 和 R2,其分别对乙醇、芳香成分物质、无机硫化物和氮化合物等挥发性物质灵敏。

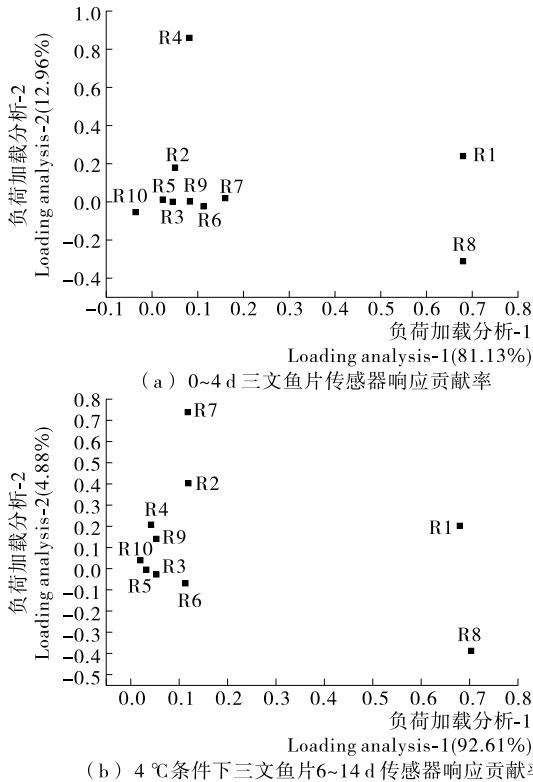


图 6 三文鱼片贮藏期间电子鼻 Loadings 分析
Figure 6 Loadings analysis of salmon fillet during the storage

2.6.2 三文鱼贮藏期间电子鼻 PCA 分析 PCA 主成分分析法通过将电子鼻 10 个传感器提取的样品信息进行数据转换和降维处理,并对处理结果进行线性分类,最后在坐标轴上形成一个两维散点图,从而快速归纳解释样品整体信息^[12,16-17]。一般情况下,PCA 分析两主成分总贡献率达到 70%~85%,此分析方法即可使用^[18]。不同处理方式下三文鱼片的电子鼻 PCA 分析结果见图 7。由图 7(a)可见,PCA-1 和 PCA-2 的贡献率分别为 81.13%,12.96%,两者总贡献率为 94.09%,说明该方法采集的数据信息包含原始数据的绝大部分信息。0~4 d 贮藏期间,不同处理方式下的三文鱼片挥发性物质响应值对应区域无相互重叠区域,区分情况较好;其中,贮藏 4 d 时 4 组鱼片响应值区域与原样区域距离明显增大。

图 7(b)为 4 °C 条件下三文鱼片贮藏 6~14 d 期间的电子鼻 PCA 分析。从图 7(b)中可以看出,第 1 主成分贡献率为 92.61%,第 2 主成分贡献率为 4.88%,总贡献率为 97.49%,

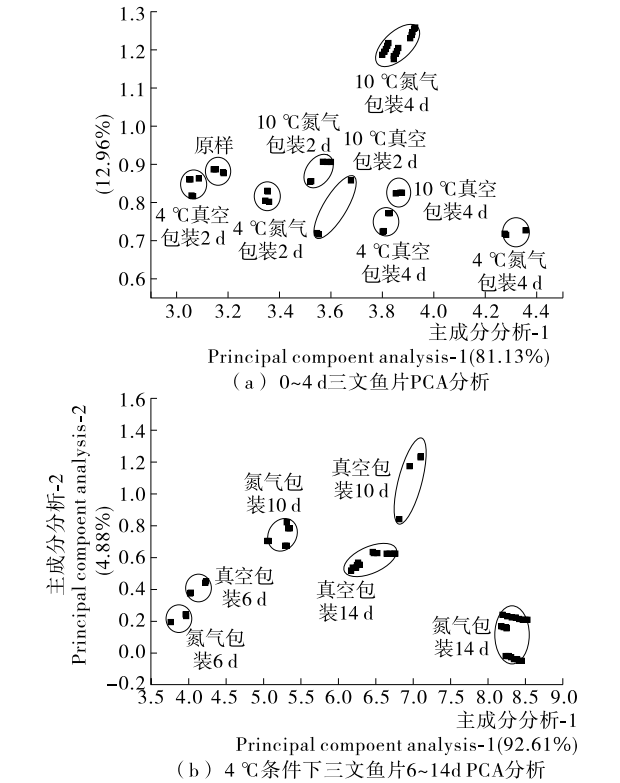


图 7 三文鱼片贮藏期间电子鼻 PCA 图

Figure 7 PCA analysis of salmon fillet during the storage

且不同贮藏时间 2 种包装鱼片的风味物质响应值分布在不同区域且区分情况良好。贮藏至 6 d 时,真空包装鱼片与氮气包装鱼片的响应值区域距离较近,说明此时 2 组鱼片新鲜度相差不大;第 10,14 天时,2 组鱼片风味物质响应值区域之间的距离明显增大,表明第 6 天后鱼片已开始出现品质变坏现象,第 14 天时氮气包装鱼片的响应值区域与第 6 天比较已具有明显差异,而真空包装鱼片响应值区域之间距离则相对较近。PCA 分析结果基本符合 TVB-N 值与 TBA 值的变化趋势。

3 结论

通过对 4,10 °C 贮藏条件下真空包装、氮气包装三文鱼片在贮藏期间的感官、理化指标进行检测分析,结果表明,随着贮藏时间的延长 4 组鱼片的感官得分、弹性值、回复性和咀嚼性均逐渐降低;TVB-N 值与 TBA 值逐渐增加,硬度先增加后减小,pH 值与硬度变化趋势相反。10 °C 贮藏条件下真空包装、氮气包装鱼片贮藏至 4 d 时鱼肉已出现明显腐败变质特征,不可食用;4 °C 条件下 2 种包装鱼片贮藏至 6 d 时鱼肉各项理化指标开始发生显著变化,第 8 天时 2 组鱼片 TVB-N 值均已超出淡水鱼限量标准。同时,利用电子鼻能够较好地地区分贮藏期间鱼片的新鲜度变化,通过进行负荷加载分析、PCA 分析,发现鱼片贮藏期间引起其理化品质变化的主要挥发性物质为芳香成分物质、乙醇、无机硫化物及氮氧化合物等,且分析结果与感官、理化指标结果基本一致。综合各项检测指标表明,贮藏温度波动对三文鱼片的贮藏品质具有显著影响,同时真空包装在三文鱼脂肪氧化、TVB-N

值、pH 值指标方面优于氮气包装,但在三文鱼质构方面差于氮气包装。

参考文献

[1] 丁婷,李婷婷,顾建荣. 0 °C 冷藏三文鱼片新鲜度综合评价[J]. 中国食品学报, 2014, 14 (11): 252-259.
 [2] 包海蓉,张奎. 不同冷藏温度对生鲜三文鱼品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 344-347.
 [3] 包海蓉,张奎. 零度冷藏生鲜三文鱼肉理化品质变化的研究[J]. 湖南农业科学, 2011(19): 102-103, 111.
 [4] YANG Zhen, WANG Hai-yan, WANG Wei, et al. Effect of 10 MeVE-beam Irradiation Combined with Vacuum-packaging on the Shelf life of Atlantic Salmon Fillets during Storage at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2014, 145: 535-541.
 [5] 李圣艳,李学英,靳春秋,等. 保鲜剂对冰藏三文鱼品质变化的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(4): 128-133.
 [6] 包海蓉,张元元,王锡昌. 真空包装鱼片冷藏货架期预测[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 285-290.
 [7] 孙丽霞. 气调包装结合生物保鲜剂对冷藏大黄鱼品质及菌相的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013: 1-6.
 [8] SERAP Cosansu, SUHENDAN Mol, DIDEM UCOK Alakav-uk, et al. The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of Sous Vide Packaged Whiting (Merlangius merlangus euxinus, Nordmann, 1840)[J]. Food Bioprocess Technol, 2013, 6: 283-289.
 [9] 戴志远,崔雁娜,王宏伟. 不同冻藏条件下养殖大黄鱼肉质变化的研究[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(8): 188-191.
 [10] 陈培基,李好来,李刘东,等. 水产品中挥发性盐基氮测定方法的改良[J]. 中国水产科学, 2003, 13(1): 147-150.
 [11] 李莎,李来好,杨贤庆,等. 罗非鱼片在冷藏过程中的品质变化研究[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 444-447.
 [12] 刘寿春,钟赛意,李平兰,等. 基于电子鼻技术判定冷鲜罗非鱼片品质劣变进程[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 189-195.
 [13] 杨震,贡慧,刘梦,等. 基于电子鼻技术的秋刀鱼新鲜度评价[J]. 肉类研究, 2017, 31(3): 40-44.
 [14] 王一帆,宋晓燕,刘宝林. 冷藏期间三文鱼片的力学特性变化[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 212-216.
 [15] CHYTIRIS, CHOULIARA I, SAVVAIDIS I N, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout [J]. Food Microbiology, 2004, 21(2): 157-165.
 [16] 张井,张维一,李燕,等. 基于电子鼻分析的碳酸饮料识别判定技术研究[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(5): 214-218.
 [17] 杨华,耿利华. 不同贮藏温度下美国红鱼风味的电子鼻检测研究[J]. 食品科技, 2011, 36(4): 276-280.
 [18] 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.