

傅宝尚, 王源渊, 林子宸, 等. 包装方式对即食真空油炸带鱼贮藏品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(16): 264–269. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100102

FU Baoshang, WANG Yuanyuan, LIN Zichen, et al. Effect of Packaging Method on the Storage Quality of Instant Vacuum-Fried Hairtail[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(16): 264–269. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100102

· 包装与机械 ·

包装方式对即食真空油炸带鱼贮藏品质的影响

傅宝尚^{1,2}, 王源渊¹, 林子宸¹, 姜鹏飞^{1,2}, 尚 珊^{1,2}, 祁立波^{1,2,*}

(1. 大连工业大学食品学院, 辽宁大连 116034;

2. 大连工业大学国家海洋食品工程技术研究中心, 辽宁大连 116034)

摘 要: 本文通过研究不同包装的即食真空油炸带鱼在 25 ℃ 贮藏 60 d 过程中的品质变化来筛选合适的包装材料。分别采用封罐包装和铝箔袋充氮包装, 考察贮藏过程中真空油炸带鱼水分含量、水分活度、pH、过氧化值 (Peroxide value, POV)、硫代巴比妥酸值 (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)、酸价 (Acid value, AV) 的变化, 并测定贮藏终点即食真空油炸带鱼的滋味物质。结果表明: 真空油炸带鱼在贮藏过程中水分含量、水分活度呈现先增加后趋于平稳的趋势, 贮藏 60 d 时封罐包装的水分含量, 水分活度分别是铝箔袋充氮包装的 1.23 倍, 1.19 倍; 贮藏过程中脂质氧化的相关参数 (POV、TBARS、AV) 呈现时间依赖性上升趋势, 贮藏 60 d 时封罐包装的 POV、TBARS、AV 分别是铝箔袋充氮包装的 1.84 倍, 1.43 倍和 1.13 倍。因此铝箔袋充氮包装可以有效阻隔环境中的水分进入包装和减缓产品脂质氧化劣变; 通过电子舌测定贮藏终点即食真空油炸带鱼的滋味物质, 得出铝箔袋充氮包装可以在减缓苦味物质生成的同时在咸味、鲜味、丰富性方面优于封罐包装。综上所述, 铝箔袋充氮包装是更有利于即食真空油炸带鱼包装和贮藏的包装材料。

关键词: 带鱼, 真空油炸, 包装方式, 贮藏, 水分, 滋味, 封罐包装, 铝箔袋充氮包装, 脂质氧化

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)16-0264-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100102



本文网刊:

Effect of Packaging Method on the Storage Quality of Instant Vacuum-Fried Hairtail

FU Baoshang^{1,2}, WANG Yuanyuan¹, LIN Zichen¹, JIANG Pengfei^{1,2}, SHANG Shan^{1,2}, QI Libo^{1,2,*}

(1. School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China;

2. National Research Center for Marine Engineering Technology, Dalian 116034, China)

Abstract: The quality changes of ready-to-eat vacuum-fried hairtail with different packaging during 60 days storage at 25 ℃ were studied in this study to choose the optimal packaging material. The changes in water content, water activity, pH, peroxide value (POV), thiobarbituric acid value (TBARS), and acid value (AV) of vacuum-fried hairtail during storage were evaluated using plastic sealed cans packaging and nitrogen-filled aluminum foil bags packaging, respectively. Also, the taste substances of instant vacuum-fried hairtail at the end of storage were determined. The results showed that the water content and water activity increased first and then remained unchanged. After 60 days of storage, the water content and water activity of hairtail sealed with plastic cans were 1.23 times and 1.19 times more than those sealed with aluminum foil bags. The relevant parameters of lipid oxidation (POV, TBARS, and AV) of vacuum-fried hairtail showed a time-dependent upward trend during storage. The POV, TBARS, and AV values of hairtail sealed with plastic cans were 1.84, 1.43, and 1.13 times than those of hairtail with aluminum foil bag after 60 days storage. These results indicated that nitrogen-filled

收稿日期: 2022-10-13

基金项目: 辽宁省农业重大专项 (2020JH1/10200001)。

作者简介: 傅宝尚 (1989-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向: 食品资源开发与综合利用, E-mail: fubaoshang@dlpu.edu.cn。

* 通信作者: 祁立波 (1974-), 女, 硕士, 教授, 研究方向: 农 (水) 产品精深加工, E-mail: qilibo@dlpu.edu.cn。

aluminum foil bag packaging could effectively block moisture in the bag, slow down the lipid oxidation deterioration of the product. The taste substances of instant vacuum-fried hairtail at the end of storage were determined by electronic tongue, the results showed that nitrogen-filled packaging of aluminum foil bag could slow down the generation of bitter substances, superior to sealed cans packaging in terms of salty taste, delicious taste, and rich flavor. In conclusion, the nitrogen-filled aluminum foil bag would be the optimal material for the packaging and storage of instant vacuum-fried hairtail.

Key words: hairtail; vacuum frying; packaging; storage; water; taste; plastic sealed cans packaging; nitrogen-filled aluminum foil bags packaging; lipid oxidation

带鱼(*Trichiurus lepturus*)是我国主要经济鱼类,根据 2022 年中国渔业统计年鉴显示 2021 年海洋鱼类捕捞量为 6451504 吨,其中带鱼捕捞量为 914469 吨,占鱼类总捕捞量的 14.17%^[1]。新鲜带鱼营养丰富,蛋白质含量约为 17.57%,脂肪质量分数为 5.16%^[2]。带鱼不但捕捞量大而且营养丰富,因此长久以来一直是内陆地区主要食用的海洋鱼类。目前,对于带鱼的研究主要集中在鲜鱼贮藏和鲜鱼肉加工。例如高乾坤等^[3]研究不同生物保鲜剂对于带鱼冷藏效果的比较,得出 ϵ -聚赖氨酸和乳酸菌发酵液显示出较强的保鲜效果,为带鱼的冷链运输提供了理论依据。Wang 等^[4]研究鹰嘴豆和花生分离蛋白对带鱼凝胶特性的影响,为植物蛋白在带鱼糜加工中的应用提供理论依据。对于带鱼产品的加工,近几年已有学者开展了部分研究,例如丁怡萱等^[5]研究了高温油炸和空气炸两种炸制方式对于带鱼品质和风味的影响,发现空气炸带鱼的氨基酸模式符合 FAO/WHO 的理想模型,属于优质蛋白,且 EPA+DHA 在油炸带鱼中的含量显著低于空气炸带鱼。傅宝尚等^[6]开展了即食真空油炸带鱼调理食品的工艺研究,确定了带鱼低温油炸的最佳工艺条件。带鱼经真空油炸处理后水分含量较低,可以将真空油炸休闲带鱼食品归类为水产干制品。

目前,市场上干制品的包装方式以常压包装、真空包装和改性空气包装为主,由于真空油炸带鱼质地酥脆,对包装内部进行抽气会破坏产品的外形与口感,因此不适用于真空油炸带鱼食品。封罐包装可以保护产品的组织结构免受外力挤压,被广泛用于干制品包装。此外,干制品还常用到塑料薄膜袋和复合薄膜袋包装,塑料薄膜主要有聚乙烯(Polyethylene, PE)、聚丙烯(Polypropylene, PP)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(Polyethylene glycol terephthalate, PET)、聚氯乙烯(Polyvinyl chloride, PVC)等^[7]。铝箔包装袋为聚乙烯(PE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)及铝箔(Al)复合而成。铝箔复合包装袋(AL+PE+PET)对光、氧气和环境湿度具有阻隔作用,还可以对包装内的空气进行改性提升贮藏效果。

因此,本实验选择封罐包装及铝箔袋充氮两种不同包装形式对真空油炸带鱼进行包装,考察 60 d 贮藏过程中真空油炸带鱼水分含量、水分活度、pH 值、过氧化值、硫代巴比妥酸值、酸价的变化,并通过电子舌测定贮藏结束后真空油炸带鱼的滋味,探究

包装形式对真空油炸带鱼贮藏稳定性和脂质氧化的影响,为实现真空油炸带鱼产业转化应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻带鱼(约 500±10 g) 大连市新长兴市场(-20 ℃ 贮存待用);棕榈油 聚龙集团;PET 塑料密封罐(宽 85 mm,高 85 mm) 阳光包装制品厂;铝箔袋(AL+PE+PET) 大连华君包装制品有限公司;石油醚 天津科密欧试剂有限公司;三氯甲烷、冰乙酸、碘化钾 天津大茂化学试剂厂;硫代硫酸钠标准溶液、氢氧化钠标准溶液 阿拉丁试剂;可溶性淀粉 上海麦克林生化科技有限公司;硫代巴比妥酸、三氯乙酸 国药集团化学试剂有限公司;正己烷、酚酞 天津大茂化学试剂厂;异丙醇、无水乙醚 西陇化工股份有限公司。

JS-5 型真空油炸设备 上海劲森轻工机械有限公司;ME204 型电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;YP6001N 型万分之一天平 上海精密科学仪器有限公司;DZ-500/2S 型真空包装机 山东小康机械有限公司;CW180 型恒温恒湿培养箱 上海舍岩仪器有限公司;DHS20-A 型快速水分测定仪 上海舍岩仪器有限公司;Aqualab TDL 水分活度仪 美国 Decagon 公司;M200 型酶标定量测定仪 瑞士 Tecan Infinite 公司;PHS-3CB 型精密 pH 计 上海右一仪器有限公司;Thermo Fisher 冷冻离心机 上海卡耐兹试验仪器设备有限公司;TS-5000Z 型电子舌 日本 Insent 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程及操作要点 冷冻带鱼→解冻→预处理→预干燥→回软→速冻→真空油炸→脱油→包装→成品

操作要点:

a.解冻:冷冻带鱼在室温下解冻至用刀能进行分割切块时即可。

b.预处理:去除鱼头、鳍、内脏,用冰水冲洗带鱼腹中血水,将带鱼切成约为 3 cm×4 cm×1.5 cm 的带鱼块,并在带鱼块两面沿对角线各剖一刀,以增大水分蒸发面积。

c.预干燥:将腌制处理的带鱼均匀铺在铁丝网上,放置于精密鼓风干燥箱中进行预干燥处理,预干

干燥温度为 50 ℃, 每隔 25~30 min 将带鱼翻面, 预干燥带鱼水分含量达到 67%, 停止预干燥。对预干燥后带鱼进行表面形态感官评定。

d.回软: 将预干燥的带鱼装入自封袋中并在室温条件下静置 1 h。

e.速冻: 将回软的带鱼放入速冻机-40 ℃ 速冻 1.5 h 左右。

f.真空油炸: 将冷冻状态下的带鱼置于真空油炸锅中进行低温真空油炸, 真空度-94 kPa, 油炸温度为 98 ℃, 油炸时间 61 min。

g.脱油: 油炸结束后, 真空状态下对产品进行脱油, 真空度-94 kPa, 脱油时间为 300 s。

h.包装: 对脱油后的产品进行包装。

1.2.2 样品制备 随机称取 150 g 左右真空油炸带鱼样品, 分别采用封罐包装和铝箔袋充氮包装(抽气时间: 1.20 s, 加热时间: 2.30 s, 充氮时间: 4.90 s), 置于培养箱(温度: 25 ℃, 湿度: 65%)贮藏 60 d, 每隔 10 d 取样测定各项指标。

1.2.3 水分含量的测定 采用 DHS20-A 型快速水分测定仪对贮藏样品水分进行快速测定。

1.2.4 水分活度的测定 参照 GB 5009.238-2016 水分活度仪扩散法^[8]进行测定。

1.2.5 pH 的测定 准确称取 3 g 粉碎的样品, 加入 30 mL 去离子水, 以 10000 r/min 的速度匀浆 1 min, 过滤。使用 pH 计对滤液进行测定。

1.2.6 过氧化值的测定 参照 GB 5009.227-2016 滴定法^[9]进行测定。

1.2.7 硫代巴比妥酸值的测定 参照 John 等^[10]的方法进行测定, 简要测定步骤如下: 准确称取 1.0 g 样品, 加入 5 mL 硫代巴比妥酸溶液(0.375% 2-硫代巴比妥酸, 15% 三氯乙酸, 0.25 mol/L 盐酸溶液), 充分混匀后, 在沸水浴中加热 20 min, 等待溶液变红, 用自来水冷却, 在 4 ℃ 下以 5000 r/min 离心 20 min, 取上清液于 532 nm 处测定吸光度。结果计算公式如下:

$$\text{TBA}(\text{mg/kg}) = A_{532}(\text{样品}) \times 0.003 \times 72.07 \times 1000 \times 1000 / 1.56 \times 10^5 \times 0.50$$

1.2.8 酸价的测定 参照 GB 5009.229-2016 冷溶剂指示滴定法^[11]进行测定。

1.2.9 电子舌的测定 参照胡琴等^[12]的方法, Insent TS-5000Z 电子舌 AAE、CT0、CA0、CO0、AE1 传感器分别代表鲜味、鲜味、酸味、苦味、涩味。称取 10 g 样品, 以 1:5 的比例加入 40 ℃ 的去离子水, 然后以 5000 r/min, 离心 10 min, 取上清液进行过滤, 得到的滤液装入两个样品杯, 制备参比溶液: 准确称取 2.2365 g 氯化钾和 0.045 g 酒石酸, 定容至 1000 mL。将每个样品的数据采集时间设置为 120 s, 以 1 s 为周期采集数据, 选取第 120 s 出现的响应值作为电子舌原始数据信号。电子舌传感器每次检测后均用去

离子水进行清洗, 清洗周期 10 s。

1.3 数据处理

所有实验均采用五次平行, 实验结果以平均值±标准差(SD)表示, 用 Microsoft Excel 2019 进行数据统计; 采用 SPSS 20.0 对数据进行显著性分析, 差异显著水平为 0.05; 采用 Origin 2018 进行数据绘图。

2 结果与分析

2.1 包装方式对真空油炸带鱼水分含量的影响

水分含量与食品的质地、风味和保藏性等诸多方面关系密切。微生物的生长、化学反应的发生都与食品水分有着较密切的关系, 因此, 选择合适的包装方式来维持食品水分稳定能有效延长食品的货架期, 由图 1 可知, 贮藏前, 真空油炸带鱼的水分含量为 2.86%, 贮藏 0~30 d 时, 封罐包装的真空油炸带鱼含水量升高, 引起此现象的原因可能是封罐包装内部残留有空气, 而真空油炸带鱼本身组织疏松多孔极易吸潮导致样品水分含量略微升高, 沈艳奇等^[13]的研究发现常规包装的小黄鱼水分含量上升较 100% 氮气包装的上升幅度大, 是因为空气中的水分进入鱼体导致水分含量的升高, 这与本研究结果一致。贮藏结束, 封罐包装的水分含量 3.52%, 充氮包装的水分含量为 2.87%, 贮藏 60 d 时充氮包装的水分含量变化与贮藏 0 d 时差异性不显著($P>0.05$), 而封罐包装的水分含量变化与贮藏 0 d 时差异性显著($P<0.05$)。铝箔袋包装材料具有很强的阻隔性, 能阻隔环境中的水分进入包装影响产品的水分含量, 从而可以很好地稳定贮藏条件。

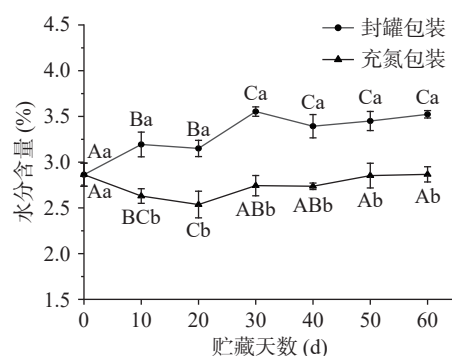


图 1 包装方式对真空油炸带鱼水分含量的影响
Fig.1 Effect of packaging methods on moisture content of vacuum fried hairtail

注: 大写字母表示同一包装方式在不同贮藏时间下具有显著性差异($P<0.05$); 小写字母表示不同包装方式在同一贮藏时间下具有显著性差异($P<0.05$); 图 2~图 6 同。

2.2 包装方式对真空油炸带鱼水分活度的影响

水分活度能更可靠地反映食品稳定性和安全性, 是食品行业检测食品保质期和质量的重要参考指标之一。不同的微生物最适生长繁殖的 A_w 不同, 当 $A_w<0.6200$ 时, 几乎所有微生物的生长繁殖活动受到抑制^[14]。由图 2 可知, 贮藏前, 真空油炸带鱼的水分活度为 0.2800, 充氮包装的真空油炸带鱼水分

活度在贮藏前期(0~20 d)变化差异性不显著($P>0.05$),贮藏 30 d 时,水分活度上升至 0.3234,水分活度的增加可能是由于食品从环境中吸收的水分逐渐通过包装材料渗透^[15]。30~60 d 的水分活度变化不显著,说明铝箔袋充氮包装可以很好地维持食品水分活度的稳定。封罐包装样品的水分活度均高于同一贮藏时间铝箔袋充氮包装样品的水分活度。封罐包装样品和铝箔袋充氮包装样品在贮藏结束时的水分活度分别为 0.3822 和 0.3217,均低于 0.6200,表明产品微生物增长繁殖活动仍受到抑制作用。本产品由油炸工艺制作,虽然经过脱油操作,但是产品中依然会残留一定的外来油脂,在适宜的温度下贮藏,油脂容易受到氧化,产生酸败现象。

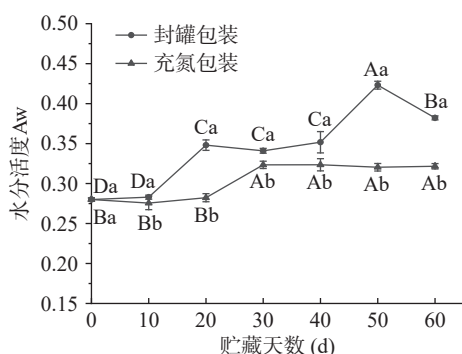


图2 包装方式对真空油炸带鱼水分活度的影响

Fig.2 Effect of packaging methods on water activity of vacuum fried hairtail

2.3 包装方式对真空油炸带鱼 pH 的影响

pH 是测定样品溶液中氢离子(H^+)的浓度,以此表示样品的酸碱度,是食品品质评价的重要化学指标之一。由图 3 可知,贮藏前真空油炸带鱼的 pH 为 7.06。贮藏期间,两种包装样品的 pH 均呈先降后升的趋势。贮藏 20 d 时,封罐包装和充氮包装带鱼的 pH 均下降至最低点,分别为 6.65 和 6.67。可能是贮藏初期带鱼体内糖原和 ATP 分解产生了乳酸和磷酸导致 pH 降低^[16],也有可能是贮藏样品脂质发生水解产生游离脂肪酸导致 pH 降低^[17]。贮藏 20 d 后,两种包装形式的带鱼的 pH 均开始回升,可能是因为贮藏样品蛋白质发生降解产生了碱性物质导致 pH 上

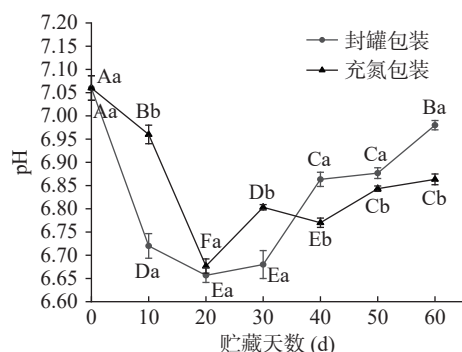


图3 包装方式对真空油炸带鱼 pH 的影响

Fig.3 Effect of packaging methods on pH value of vacuum-fried hairtail

升^[18]。pH 的上升侧面表明了鱼体内碱性物质的积累和贮藏样品新鲜度的下降。因此, pH 可以作为表征样品新鲜程度的理化指标。贮藏 30~60 d 内,封罐包装带鱼的 pH 上升幅度明显高于充氮包装带鱼的 pH。表明充氮包装在一定程度上能抑制 pH 的上升,延缓蛋白质降解。

2.4 包装方式对真空油炸带鱼 POV 值的影响

POV 反映的是油脂氧化和氢过氧化物分解互相平衡后的结果,衡量脂肪氧化初期的氧化程度。由图 4 可知,贮藏前,真空油炸带鱼的 POV 为 0.023 g/100 g。贮藏期间,两种包装样品的 POV 均呈现时间依赖性上升的趋势,表明真空油炸带鱼在贮藏期间的初级氧化反应持续发生。贮藏 20~30 d 时,封罐包装样品的氧化速率显著增大,样品 POV 由 0.040 g/100 g 上升至 0.078 g/100 g,显著高于同期内铝箔袋充氮包装内样品的 POV($P<0.05$)。贮藏 30~40 d 时,两种包装内的 POV 随时间的延长均无显著性变化($P>0.05$)。贮藏结束后,封罐包装的真空油炸带鱼 POV (0.099 g/100 g)显著高于充氮包装的真空油炸带鱼 POV (0.053 g/100 g) ($P<0.05$)。SADALLAH 等^[19]研究番茄皮和漆树提取物对于冷冻羔羊肉品质变化中也发现贮藏后期 POV 变化主要来源于包装环境中的氧气。铝箔袋充氮包装能显著抑制氢过氧化物的产生,从而有效减缓真空油炸带鱼的品质劣变。

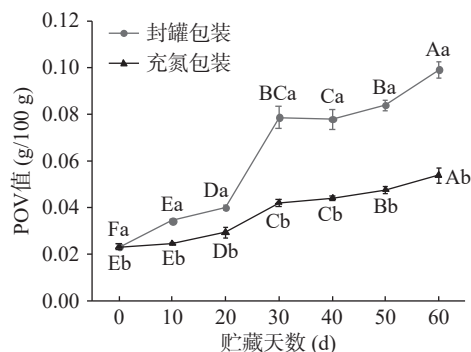


图4 包装方式对真空油炸带鱼 POV 的影响

Fig.4 Effect of packaging methods on POV of vacuum-fried hairtail

2.5 包装方式对真空油炸带鱼 TBA 值的影响

TBA 测定的是氢过氧化物分解产生的次级氧化产物,反映脂肪最终氧化程度。由图 5 可知,贮藏前,真空油炸带鱼的 TBA 含量为 0.83 mg/kg,整个贮藏期间,两种包装样品的 TBA 含量均呈现时间依赖性上升的趋势且封罐包装内样品 TBA 增长速率最快,显著高于铝箔袋充氮包装。这是因为铝箔袋充氮包装可以避免样品脂肪受到光、热和氧气的作用发生氧化。Hearn 等^[20]研究气调包装对于鸡肉颜色和脂肪变化的研究也得出了相似结论。贮藏 60 d 时,封罐包装带鱼的 TBA 含量为 2.46 mg/kg,较贮藏前增大了 2.96 倍。因此,充氮包装可以更好地降低真空油炸带鱼油脂品质劣变程度,敖晓林等^[7]发现铝箔袋

包装能够抑制烤制鲢鱼 TBA 的增长趋势,这与本研究结果一致。

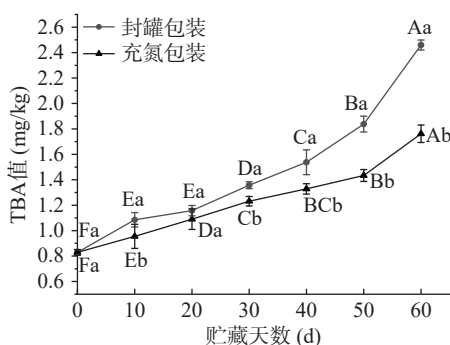


图5 包装方式对真空油炸带鱼 TBA 的影响
Fig.5 Effect of packaging methods on TBA of vacuum fried hairtail

2.6 包装方式对真空油炸带鱼 AV 值的影响

AV 表征脂肪中游离脂肪酸含量的理化分析指标,反映了脂肪酸的水解降解程度^[21]。油炸食品贮藏期间 AV 升高的原因主要包括^[22]:其一,脂肪受到酶、微生物和热的作用而发生水解产生游离脂肪酸,其二,初级氧化产物和次级氧化产物会进一步继续降解生成酸类物质。由图 6 可知,贮藏前,真空油炸带鱼的 AV 为 1.03 mg/g。贮藏 0~10 d 内,充氮包装样品的 AV 增长变化差异性不显著($P>0.05$),表明贮藏初期充氮包装样品的脂肪水解还未发生。贮藏 10~60 d 内,两种包装下的样品 AV 均呈现时间依赖性上升的趋势。封罐包装真空油炸带鱼的 AV 增长速率高于充氮包装真空油炸带鱼 AV 的增长速率,这是因为封罐包装内残留空气,空气中的氧气增加真空油炸带鱼的水解程度,而铝箔袋充氮包装不仅可以使使用氮气置换掉包装内的空气,而且铝箔袋具有一定的避光性和阻碍性,可以避免贮藏环境中的光和氧气进入包装加速产品水解。Xie 等^[23]研究表明贮藏过程中蛤蜊 AV 也会随时间延长而增加,这与本研究结果一致。

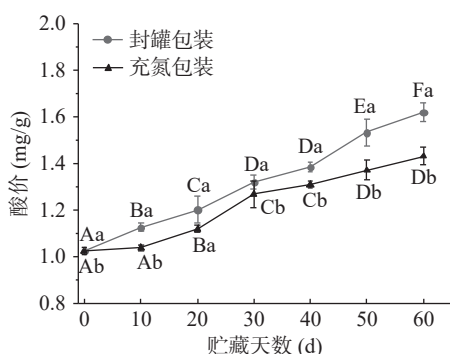


图6 包装方式对真空油炸带鱼 AV 的影响
Fig.6 Effect of packaging methods on AV of vacuum fried hairtail

2.7 包装方式对真空油炸带鱼滋味的影响

包装方式对真空油炸带鱼贮藏后滋味特征的影响

响如图 7 所示,电子舌可以准确地量化真空油炸带鱼经两种包装形式贮藏后酸、苦、咸、鲜、涩和两种回味等味觉指标。由图 7 可知,贮藏后充氮包装样品的酸味上的响应强度低于封罐包装和贮藏前,表明封罐包装贮藏的样品中蛋白质的降解及含氮有机物含量高于充氮包装贮藏样品,这与贮藏 60 d 时两种包装方式的 pH 呈极显著正相关($r=0.927, P<0.01$)。封罐包装的苦味含量高于充氮包装处理组,这可能是因为贮藏过程中,微生物和酶作用,使核苷酸降解为核苷,形成苦味,且充氮包装能更好减缓微生物的生长繁殖^[24-25]。充氮包装样品的咸味、鲜味、丰富性强度都明显高于封罐包装处理组,综合评价,充氮包装贮藏的味觉变化要优于封罐包装。

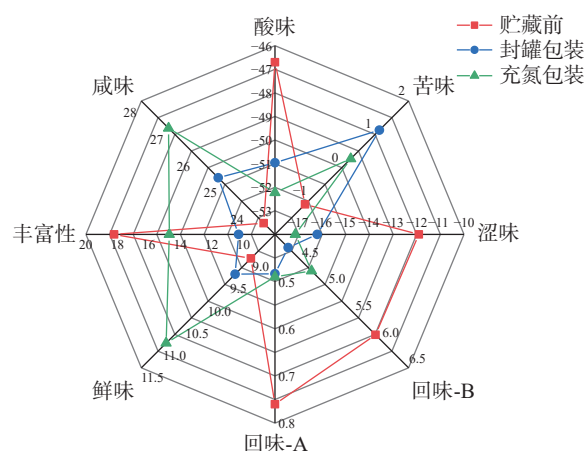


图7 包装方式对真空油炸带鱼贮藏后滋味的影响
Fig.7 Effects of packaging methods on the taste of vacuum-fried hairtail after storage

3 结论

本研究采用封罐包装和铝箔袋充氮包装对不同贮藏时间即食真空油炸带鱼品质变化进行研究,研究发现,在 60 d 贮藏时间内,充氮包装可以较好地维持真空油炸带鱼的水分含量及水分活度的稳定,使贮藏过程中 POV 值、TBA 值、AV 值增长速率降低,减缓油脂酸败,电子舌结果表明充氮包装样品的咸味、鲜味、丰富性强度都明显高于封罐包装处理组,封罐包装贮藏的样品中蛋白质的降解及含氮有机物的提高导致其酸味响应值高于充氮包装贮藏样品,这与贮藏 60 d 时两种包装方式的 pH 呈极显著($P<0.01$)正相关。本研究为即食真空油炸带鱼的贮藏品质提供参考,为铝箔袋充氮包装在油炸类即食带鱼产品中的应用提供理论基础。

参考文献

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局. 2022 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022: 38-40. [Ministry of Agriculture and Rural Affairs Fisheries Administration. 2022 China fisheries statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022: 38-40.]
- [2] 揭珍, 徐大伦, 杨文鸽. 新鲜带鱼营养成分及风味物质的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(11): 1201-1205. [JIE Z, XU D L, YANG W G. Analysis of nutritional and flavor components in the fresh trichiurus lepturus muscle[J]. Journal of Food Science and

Biotechnology, 2016, 35(11): 1201-1205.]

[3] 高乾坤, 杜贺超, 赵云飞, 等. 不同生物保鲜剂对带鱼冷藏保鲜效果的比较[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 270-275. [GAO Q K, DU H C, ZHAO Y F, et al. Comparisons of different natural preservatives on the chilled storage of hairtail[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(22): 270-275.]

[4] WANG H N, ZHANG W, LIU X L, et al. Effects of chickpea and peanut protein isolates on the gelling properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) myosin[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 163: 113562.

[5] 丁怡莹, 周婷, 廖月琴, 等. 两种炸制方式对带鱼品质及风味的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(24): 244-253. [DING Y X, ZHOU T, LIAO Y T, et al. Influence of two frying methods on the quality and flavor of hairtail were studied[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(24): 244-253.]

[6] 傅宝尚, 林子宸, 姜鹏飞, 等. 即食真空油炸带鱼调理食品的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(11): 126-134. [FU B S, LIN Z C, JIANG P F, et al. Study on the technology of ready-to-eat vacuum-fried hairtail prepared food[J]. Food Research and Development, 2022, 43(11): 126-134.]

[7] 敖晓林, 傅宝尚, 祁立波, 等. 不同包装材料对烤制鱿鱼贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(16): 279-285. [AO X L, FU B S, QI L B, et al. Effect of different packaging materials on quality changes of baked squid during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(16): 279-285.]

[8] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.238-2016 食品安全国家标准 食品水分活度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2. [State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. GB 5009.238-2016 National standard of food safety. Determination of food water activity[S]. Beijing: China Standards Press, 2016: 1-2.]

[9] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.227-2016 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2-5. [State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. GB 5009.227-2016 National standards for food safety. Determination of peroxide in food[S]. Beijing: China Standards Press, 2016: 2-5.]

[10] JOHN L, CORNFORTH D, CARPENTER C E, et al. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 441-449.

[11] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.229-2016 食品安全国家标准 食品中酸价的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2-5. [State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. GB 5009.229-2016 National food safety standard. Determination of fatty acids in foods[S]. Beijing: China Standards Press, 2016: 2-5.]

[12] 胡琴, 黄旭辉, 祁立波, 等. 佛跳墙冷冻调理食品在不同复热方式下的品质变化[J]. 现代食品科技, 2021, 37(4): 163-171.

[HU Q, HUANG X H, QI L B, et al. Quality changes of frozen prepared fottiaoqiang product reheated by different methods[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(4): 163-171.]

[13] 沈艳奇, 李学鹏, 王金厢, 等. 低温真空油炸小黄鱼加工工艺优化及包装方式对其贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(24): 110-119. [SHEN Y Q, LI X P, WANG J X, et al. Optimization of low-temperature vacuum fried small yellow croaker processing technology and the effect of packaging method on its quality during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(24): 110-119.]

[14] 王鑫. 不同包材不同储藏条件下干果保藏化学成分变化[D]. 大连: 大连工业大学, 2017. [WANG X. Changes of nuts chemical component under different packing materials and storage condition[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2017.]

[15] NITIPONG J, NONGNUCH R, KAMONWAN R, et al. Effects of combined antioxidants and packing on lipid oxidation of salted dried snakehead fish (*Channa striata*) during refrigerated storage[J]. International Food Research Journal, 2014, 21(1): 91-99.

[16] 丁莫. 脆肉鲩鱼片加工工艺及贮藏过程品质变化研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018. [DING M. Study on processing technology quality changes during storage of crisp grass carp[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018.]

[17] 李泽众, 陈红, 李世俊, 等. 云南三川火腿加工过程中的理化性质变化[J]. 肉类研究, 2017, 31(11): 1-6. [LI Z Z, CHEN H, LI S J, et al. Changes in physical and chemical properties during processing of yunnan sanchuan ham[J]. Meat Research, 2017, 31(11): 1-6.]

[18] BENNER R A, MIGET R, FINNE G, et al. Lactic acid/melanosis inhibitors to improve shelf life of brown shrimp (*Penaeus aztecus*) [J]. Journal of Food Science, 1994, 59(2): 242-245.

[19] SADALLAH M W, ALHAJI T. Effect of freeze storage on the quality of lamb meat treated with tomato peel and sumac extracts[J]. Mesopotamia Journal of Agriculture, 2021, 49(1): 76-88.

[20] HEARN K, DENZER M, MITACEK R, et al. Effects of modified atmospheric packaging on ground chicken color and lipid oxidation[J]. Meat and Muscle Biology, 2021, 5(1): 1-9.

[21] DRINIC Z, MUDRIC J, ZDUNIC G, et al. Effect of pomegranate peel extract on the oxidative stability of pomegranate seed oil[J]. Food Chemistry, 2020, 333: 127501.

[22] 颜明月. 臭氧水处理对罗非鱼片蛋白质和脂质氧化及品质的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2015. [YAN M Y. Effects of ozone water treatment on protein oxidation and lipid oxidation and quality of tilapia fillets[D]. Nanning: Guangxi University, 2015.]

[23] XIE H, ZHOU D, HU X, et al. Changes in lipid profiles of dried clams (*Macra chinensis philippi* and *ruditapes philippinarum*) during accelerated storage and prediction of shelf life[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(29): 7764-7774.

[24] 张维, 李海露, 王金厢, 等. 包装方式对四角蛤蜊卤制风味产品贮藏品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(22): 8219-8228. [ZHANG W, LI H L, WANG J X, et al. Effects of packaging methods on the quality of marinated *Macra quadrangularis* during storage[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(22): 8219-8228.]

[25] DONG M, QIN L, MA L X, et al. Postmortem nucleotide degradation in turbot mince during chill and partial freezing storage[J]. Food Chemistry, 2020, 311: 125900.