

真空、空气和气调包装对冷藏鱼糜制品品质的影响

励建荣^{1*}, 刘永吉¹, 朱军莉¹, 张旭光¹,
傅俏¹, 赵羽¹, 周小敏², 李钰金³

(1. 浙江工商大学食品与生物工程学院, 浙江 杭州 310035;

2. 浙江兴业集团有限公司, 浙江 舟山 316101;

3. 泰祥集团, 山东省海洋食品营养研究院, 山东 荣成 264309)

摘要: 为研究真空、空气和气调3种不同包装方式对冷藏鱼糜制品品质的影响,以鱼糜制品中的鱼丸为对象,通过测定鱼丸在 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 冷藏期间微生物的种类和数量、理化指标和感官指标的变化情况,评价真空包装(vacuum packaging, VP)、空气包装(Air)、气调包装(M1, $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$; M2, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$)对鱼丸品质的影响。结果表明,空气包装和真空包装鱼丸中的优势腐败菌是微球菌属、明亮发光杆菌和乳酸菌属,其次是假单胞菌和酵母菌。 $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装鱼丸中主要的优势腐败菌是明亮发光杆菌和乳酸菌属,其次是微球菌属。与空气包装和真空包装相比, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装完全抑制了酵母菌、假单胞菌的生长。 $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装比真空包装和空气包装更有利于抑制鱼丸中微生物的生长和TVB-N值的增加,保持pH、白度和感官品质的稳定,延长鱼丸的货架期。在 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 冷藏条件下不同包装对鱼丸品质的保持效果好坏依次为M2, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2 > \text{M1}, 50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2 > \text{VP} > \text{Air}$,其对应的货架期分别为49、42、21和14 d。

关键词: 鱼糜; 鱼丸; 真空包装; 气调包装; 微生物; 货架期

中图分类号: S 983

文献标识码: A

鱼糜是鲜鱼肉经脱骨绞碎制成的,它经进一步加工成为鱼糜制品,如鱼丸、模拟蟹棒、鱼糕等。鱼糜制品加工对原料要求不高,生产工艺简单,是目前水产品深加工和提高水产资源综合利用率的重要途径。鱼丸是中国传统的鱼糜制品,但鱼丸丰富的营养和高水分含量使其在常温下极易变质。传统冷冻或高温加工会影响鱼丸的质构并影响其口感和风味,同时能耗高。改进鱼糜制品生产加工储运工艺,降低能耗,具有重要低碳经济意义和产业意义。

真空包装(vacuum packaging, VP)技术是应用较为广泛的技术,但目前市场的鱼丸多采用冷冻空气包装。气调包装保鲜技术(modified

atmosphere packaging, MAP)是用一种或几种混合气体代替食品包装袋内的空气,抑制产品的腐败,延长食品保鲜期的一种新型保鲜技术^[1-2]。在国内外MAP技术已经被开发用于生鲜肉、水产品、凝乳、鲜奶酪、果蔬和即食食品^[3]。在我国,水产品气调保鲜包装在商业上的应用仍处于研究和起步阶段。多数研究结果表明MAP与低温结合可以显著的延长水产品的货架期^[4-5],且MAP对水产品的保鲜效果优于相同条件下的空气包装和真空包装^[6]。如: 4°C 下沙丁鱼在MAP($60\% \text{CO}_2 + 40\% \text{N}_2$)、真空包装和空气包装条件下的货架期分别是12、9和3 d^[7]。MAP气体通常由 CO_2 、 O_2 、 N_2 3种或其中的2种组成。MAP

收稿日期:2010-09-07 修回日期:2010-11-18

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA091806);浙江省科技厅海洋生物资源综合加工与利用优先主题项目(2009C03017-5);浙江工商大学大学生创新项目(1110XJ1710120)

通讯作者:励建荣, Tel:0571-88056656, E-mail:lijianrong@zjgsu.edu.cn

中的 CO₂ 是起保鲜作用的主要气体,它对鱼类表面污染的细菌和真菌具有抑制性,能够抑制或影响腐败微生物的生长。研究表明,25%~100%浓度的 CO₂ 均可抑制水产品中的微生物^[8-9];在一定范围内,气调包装中的 CO₂ 含量越高其抑菌效果越好。

目前对冷藏(非冷冻)气调包装鱼糜制品的研究较少,DEL NOBILE 等^[10]研究了 4℃气调包装结合植物活性物质对鱼糜香肠品质的影响,结果表明高浓度 CO₂ 包装有利于延长鱼糜香肠的货架期。国内仅有研究表明气调保鲜与冰温(-1℃)结合能很好地延长鱼丸的货架期^[11],而其他关于鱼糜制品冷藏气调保鲜、真空保鲜方面的研究还较少。此外,水产品的腐败主要是由微生物引起的,而关于 MAP 鱼糜制品在冷藏期间微生物变化的研究也较少。本文以鱼糜制品中的鱼丸为对象,研究冷藏(3±0.5)℃条件下,鱼糜制品在气调包装、真空包装和空气包装条件下的微生物变化规律和理化品质变化规律,为探索延长冷藏鱼糜制品货架期的保鲜工艺提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

冷冻鱼糜由浙江兴业集团有限公司提供。

1.2 主要试验仪器

H360 气调包装机(苏州森瑞保鲜设备有限公司);FOSS KJELTEC2300 全自动定氮仪(瑞典福斯特卡托公司);CHROMA METER CR400 色差仪(日本 KONICA MINOLTA 公司);CM-14 斩拌机(西班牙 MAINCA 公司);TA-XT2i 型质构仪(英国 Stable Micro Systems 公司);0℃冰箱(东莞昊昕仪器设备有限公司)。

1.3 试验方法

鱼丸制作工艺 每 100 克鱼丸样品配方:冷冻鱼糜 67 g,淀粉 15 g,水 15 g,盐 3 g。

鱼丸制作工艺 0℃下解冻后的鱼糜→斩拌 3 min→加入盐、水、淀粉等→继续斩拌 17 min→成型→水浴(45℃)凝胶化 20 min→沸水煮 3 min→冰水冷却→气调包装→3℃贮藏。

气调包装及贮藏试验 将冷却后的鱼丸在低温环境下随机分组包装:空气包装(Air);真空包装(vacuum packaging,VP);气调包装 1(M1,

50% CO₂ + 50% N₂);气调包装 2(M2,75% CO₂ + 25% N₂);气调包装气体体积与鱼丸质量比为 3 mL:1 g。本试验所用包装材料(聚对苯二甲酸乙二醇酯+流延聚丙烯,PET/PP)的渗透参数为:透二氧化碳率,0~1 mL/(m²·24 h·101 325 Pa),20℃,65%相对湿度;透氧率 81.3 mL/(m²·24 h·101 325 Pa),23℃,0 相对湿度;透水蒸气率:4.7 g/(m²·24 h),38℃,90%相对湿度。将包装后的各组样品于(3±0.5)℃下贮藏,每 7 天随机取样测定感官、微生物和挥发性盐基氮(TVB-N)等指标,以评定各组样品的品质变化。

微生物分析 细菌总数按 GB/T 4789.2-2008 规定的方法进行平板计数。

为分析鱼丸在冷藏期间微生物的变化情况,根据水产品中常见的腐败微生物,试验采用特定的选择性培养基分离培养了酵母菌属、假单胞菌属、乳酸菌属、微球菌属、明亮发光杆菌 5 种微生物。不同微生物和对应的培养基如下:酵母菌属培养(孟加拉红培养基);假单胞菌属(假单胞菌分离琼脂);乳酸菌属(MRS 培养基);微球菌属(甘露醇氯化钠琼脂培养基);明亮发光杆菌选择性培养基的配制采用 DALGAARD 等^[12]的方法。

pH 的测定 按 GB/T 4789.2-2003 规定的方法进行测定。

挥发性盐基总氮(total volatile basic nitrogen,TVB-N)测定 TVB-N 使用全自动定氮仪,参考文献[13]的方法并加以改进测定。用无氮称量纸称量 10.0 g 捣碎样品到 750 mL 的蒸馏管中。加入 50 mL 蒸馏水到蒸馏管中,摇匀。然后加入 1 g MgO 和 3 滴消泡剂,连接到蒸馏器上。设定仪器条件为 1% 硼酸接收液 30 mL,蒸馏时间 5 min,0.1 mol/L 盐酸标准滴定液。每批样品做空白试验,TVB-N 值,单位为 mg N/100 g。

白度 使用色差计测量,测定亮度值 L* (lightness),红绿值 a* (redness/greenness) 和黄蓝值 b* (yellowness/blueness),白度计算公式如下^[14]:白度 = 100 - [(100 - L*)² + a*² + b*²]^{1/2}

质构(texture profile analysis,TPA)测定 用质构分析仪测定各样品鱼丸的质构特性。质构仪被广泛用于测定食品的质构特性,TPA 分析是质构仪模拟口腔的咀嚼运动,对样品进行测试并采集数据,通过软件分析得出所测样品质构特性

参数。测定时将鱼丸切成约 1.5 cm^3 的立方体,在质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)模式下测定。测定指标包括硬度(hardness)、弹性(springiness)和咀嚼性(chewiness)。TPA 模式测定参数为测量前探头下降速度: 3.0 mm/s ; 测试速度: 0.5 mm/s ; 测量后探头回程速度: 3.0 mm/s ; 测试距离: 4 mm ; 触发力值: 5 g ; 2次压缩时间间隔: 5 s ; 探头类型: $p/5$; 数据采集速率: 200.00

pps。每个样取不同鱼丸重复测量 5 次,取平均值。

感官评定 感官评定由 5 名专业人员组成的感官评定小组进行,针对鱼丸的气味、色泽、表观特征 3 个方面分别评分。每项指标分 5 个等级(表 1)。3 分以下则表示鱼丸已经腐败且感官上不可接受。具体评分表见表 1。

表 1 鱼丸感官评定分值表
Tab. 1 List of sensory evaluation standards of fish balls

	新鲜(5分) fresh	较新鲜(4分) less fresh	一般(3分) ordinary	腐败(2分) decay	严重腐败(1分) very decay
气味 smell	有鱼肉鲜味,特殊的鱼丸腥香味,无异味	鱼肉鲜味较淡,鱼丸腥香味淡	无鱼肉鲜味,鱼腥味浓,无鱼丸香味	有酸臭味,有腐败的鱼腥臭味	浓烈酸臭味,及鱼类腐败气味
色泽 color	乳白,有光泽,无杂色	乳白,稍暗	灰白,无光泽,局部有黄点	鱼丸多处泛黄,暗淡无光泽	整个鱼丸暗黄,暗淡无光泽
表观特征 appearance	表面致密光滑,无汁液流失,无其他不良特征	表面致密光滑,有少量小孔,有少量汁液流失	表面有粗糙感,汁液流失较明显,汁液清亮	表面松软发黏,少量有黄色或白色菌落状斑点,汁液流失较多,汁液稍浑浊	表面发黏,有明显塌陷,有较多黄色或白色菌落状斑点,汁液流失多而浑浊

1.4 数据分析

试验重复 2 次,所有数据至少进行 3 次重复测定,通过肖维勒准则对可疑值进行剔除,采用 Origin 7.5 绘图,SPSS 13.0 进行重复测量方差分析,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 贮藏过程中微生物的变化

微球菌属(Micrococcus)的变化 不同包装条件对微球菌属细菌的影响有显著差异($P < 0.05$)。在不同包装下微球菌属细菌数量随时间的变化如图 1。在 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 冷藏下,空气包装(Air)和真空包装(VP)对微球菌属细菌的生长没有抑制作用;冷藏期间其数量迅速增长,21 d 后其数量($\log_{10} \text{ CFU/g}$)分别达到 5.13 和 5.18。M1 (50% CO_2 + 50% N_2) 和 M2 (75% CO_2 + 25% N_2) 2 组气调包装对微球菌属细菌的生长有很好的抑制效果;冷藏 49 d 后其数量($\log_{10} \text{ CFU/g}$)分别达到 4.35 和 2.86。

明亮发光杆菌(Photobacterium phosphoreum)的变化 明亮发光杆菌属于发光杆菌属的一种,在中低温条件下能够生长。明亮发光杆菌耐 CO_2 的能力较强^[15],它被认为是多种气调包装水产品(鳕等)的特定腐败菌^[16]。本试验中不同包

装条件下明亮发光杆菌数量的变化如图 2。在空气、真空和气调 M1 组包装下明亮发光杆菌的增长速度均较快,在 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 下贮藏 28 d 后其数量($\log_{10} \text{ CFU/g}$)分别为:5.72、4.98 和 4.13。在 $3 \text{ }^\circ\text{C}$ 下,M1 组贮藏至 35 d 和 M2 组贮藏至 49 d 时明亮发光杆菌的数量($\log_{10} \text{ CFU/g}$)分别达到 4.68 和 5.08。含有 50% CO_2 的 M1 组气调包装对磷发光杆菌的抑制效果较差,这可能与明亮发光杆菌的耐 CO_2 的特性有关,中低浓度的 CO_2 对其抑制效果较差。在贮藏过程中,75% CO_2 包装的 M2 组样品中的明亮发光杆菌的增长速度显著($P < 0.05$) 优于其他 3 组。

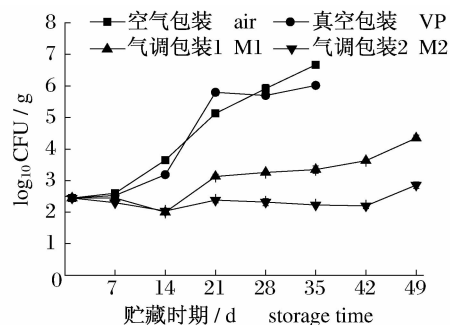


图 1 贮藏过程中各组鱼丸中微球菌属数量的变化
Fig. 1 Changes in *Micrococcus* counts of fish balls during storage time

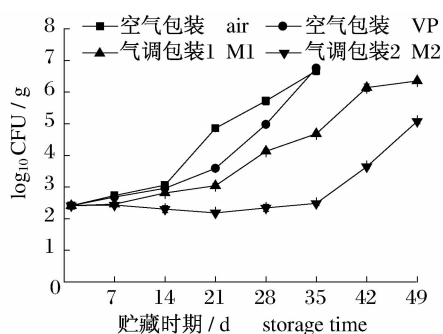


图2 贮藏过程中各组鱼丸发光杆菌的变化
Fig. 2 Changes in *P. phosphoreum* counts of fish balls during storage time

表2 贮藏过程中酵母菌属、假单胞菌属和乳酸菌属数量的变化

Tab. 2 Changes in <i>Saccharomyces</i> , <i>Pseudomonas</i> and lactic acid bacteria		\log_{10} CFU/g							
		1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d
酵母菌 <i>Sac</i>	Air	≤ 1	≤ 1	2.36 ± 0.12	2.98 ± 0.02	3.71 ± 0.05	4.48 ± 0.06	—	—
	VP	≤ 1	≤ 1	1.78 ± 0.10	2.86 ± 0.05	3.30 ± 0.08	4.02 ± 0.03	—	—
	M1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	M2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
假单胞菌 <i>Pse</i>	Air	2.08 ± 0.04	2.94 ± 0.08	3.55 ± 0.11	4.88 ± 0.03	4.60 ± 0.13	5.23 ± 0.06	—	—
	VP	2.08 ± 0.04	2.76 ± 0.09	3.05 ± 0.02	4.34 ± 0.01	4.27 ± 0.04	4.21 ± 0.15	—	—
	M1	2.08 ± 0.04	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	M2	2.08 ± 0.04	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
乳酸菌 <i>Lacs</i>	Air	≤ 1	2.65 ± 0.06	3.60 ± 0.07	5.38 ± 0.01	6.70 ± 0.02	6.66 ± 0.11	—	—
	VP	≤ 1	2.40 ± 0.10	3.35 ± 0.03	4.15 ± 0.16	4.94 ± 0.08	5.60 ± 0.05	—	—
	M1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1.90 ± 0.04	3.91 ± 0.03	5.63 ± 0.14	6.81 ± 0.07
	M2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	1.88 ± 0.02	2.70 ± 0.1	4.97 ± 0.13

注：“—”表示未测试。

Notes: “—”: did not test.

假单胞菌属 (*Pseudomonas* sp.) 的变化
假单胞菌属是需氧型微生物,在不同包装条件下其数量变化见表2。空气包装和真空包装条件下,假单胞菌属微生物的数量迅速增长;冷藏至21 d时其数量(\log_{10} CFU/g)分别达到4.88和4.34。在两组气调包装条件下,假单胞菌属的生长明显受到抑制,冷藏7 d后其数量均低于10 CFU/g。

乳酸菌属 (lactic acid bacteria) 的变化
冷藏条件下不同包装样品中乳酸菌属微生物数量的变化见表2。在空气包装和真空包装条件下乳酸菌属微生物数量迅速增长,冷藏21 d后其数量(\log_{10} CFU/g)分别达到5.38和4.15。M1组气调包装样品中乳酸菌属的数量在冷藏前期(1~21 d)的生长完全受到抑制,数量低于10 CFU/g;在冷藏后期(28~42 d)其数量迅速增长,冷藏至

酵母菌属 (*Saccharomyces*) 的变化
不同包装条件下鱼丸中酵母菌属微生物的生长情况有明显差异,如表2。在试验统计中,酵母菌属的数量在3℃冷藏下,M1组和M2组气调包装对鱼丸中的酵母菌属有明显的抑制,在整个贮藏过程中总数均低于10 CFU/g。但真空包装和空气包装(对照组)对酵母菌属微生物的生长没有抑制作用,冷藏至28 d时其数量(\log_{10} CFU/g)分别达到3.30和3.71。这可能是由于含有50%和75% CO₂的气调包装抑制了兼性好氧的酵母菌的生长,而真空包装和空气包装没有这种抑制作用。

42 d时其数量(\log_{10} CFU/g)达到5.63。M2组气调包装样品冷藏至28 d时其数量仍低于10 CFU/g,冷藏至49 d时其数量(\log_{10} CFU/g)达到4.97。

菌落总数的变化
方差分析和数据统计结果表明:在(3±0.5)℃冷藏条件下,不同包装条件和储藏时间对鱼丸中的菌落总数有显著影响($P < 0.05$)。各组样品的初始细菌总数为2.55 \log_{10} CFU/g,不同条件下鱼丸中细菌总数的变化如图3。结果表明,不同包装对鱼丸的保鲜效果: M2(75% CO₂ + 25% N₂) > M1(50% CO₂ + 50% N₂) > VP > Air。其中空气包装组的细菌总数(\log_{10} CFU/g)增长最快,储藏21 d后达5.42;真空包装组28 d后达5.26;气调包装的M1和M2样品在49 d后分别为5.62和3.52。

由微生物试验结果知,在空气包装和真空包

装条件下,微球菌属、明亮发光杆菌和乳酸菌是最主要的优势腐败菌,其次是假单胞菌属和酵母菌属。在两组气调包装中,明亮发光杆菌和乳酸菌属是主要的优势菌,其次是微球菌属。气调包装 M1 组和 M2 组完全抑制了酵母菌、假单胞菌的生长;贮藏前期基本抑制了发光杆菌、乳酸菌和微球菌的生长。这是因为假单胞菌属和微球菌属均为好氧菌,无氧的气调包装对其有较好的抑制效果。尽管本研究中的鱼丸不是鲜鱼,但也发现了与鲜鱼气调包装中相似的优势腐败菌,如,明亮发光杆菌和乳酸菌。在 50% CO₂:50% N₂ 或空气包装的鳕鱼中,发光杆菌属、腐败希瓦氏菌属和假单胞菌属是优势菌^[17]。HOVDA 等^[18]发现发光杆菌属也是 MAP 大比目鱼中的优势菌群之一。MAP 鲭鱼(50% CO₂ + 50% N₂) 在 3 °C 或 6 °C 下微生物种群最多的为乳酸菌类和热死环丝菌、其次为腐败希瓦菌和肠杆菌科^[19]。

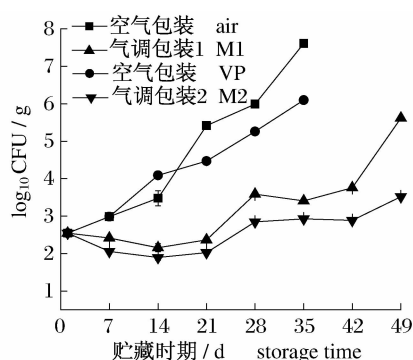


图3 贮藏过程中各组鱼丸菌落总数变化
Fig.3 Changes in total viable counts of fish balls during storage time

由细菌总数结果知:3 °C 冷藏条件下,气调包装比真空包装和空气包装更有利于鱼丸保鲜;含 75% CO₂ 的气调包装对鱼丸的保鲜效果优于含 50% CO₂ 的气调包装。在空气包装(Air)和真空包装(VP)条件下(图3),细菌总数随贮藏时间的延长持续增加。因为营养丰富的鱼糜制品在冷藏条件下会迅速劣变,如在 4 °C 下,空气包装的草鱼鱼糕保藏 15 d 后细菌总数高达 9.1 log₁₀ CFU/g^[20],而真空包装的鲷科鱼丸保藏 15 d 后需氧菌数量达 6.72 log₁₀ CFU/g^[21]。在气调包装条件下(M1 和 M2),细菌的生长明显地受到抑制,鱼丸中的细菌总数先降低再经过一段明显的延滞期后缓慢增加。这是因为在气调包装条件下 CO₂ 延长

了微生物生长的延滞期,也降低了微生物在对数生长期的生长速率^[22],DALGAARD^[23]报道在 0 °C 下 60% 浓度的 CO₂ 能降低腐败希瓦氏菌最大增长速率的 65%^[23]。无氧的空气包装能降低冷藏 MAP 鲭中嗜温菌和嗜冷菌的增长速度,延长鲭货架期^[24]。在两组气调包装样品中,含 75% CO₂ 的 M2 组样品的细菌总数始终低于含 50% CO₂ 的 M1 组样品。可能较高的 CO₂ 浓度的气调包装更能抑制微生物的生长。

2.2 贮藏过程中鱼丸 pH 的变化

贮藏过程中鱼丸 pH 的变化如图 4。鱼丸初始 pH 约为 6.84,真空包装和空气包装组在冷藏至 21 d 时有明显下降,28 ~ 35 d 显著降低,空气包装组低于真空包装组。M1 和 M2 组鱼丸冷藏 7 d 后 pH 明显下降,低于空气和真空包装组;此后至 21 d,这两组样品 pH 一直维持较低水平。这是由于 CO₂ 溶解于含水量较高鱼丸中使其 pH 降低^[25],而且在低温条件下 CO₂ 在水中的溶解量更大;同时还可能因为 CO₂ 抑制了鱼丸中微生物的生长繁殖^[26],减少了微生物利用底物产生的碱性物质含量。各组鱼丸在冷藏至 21 ~ 28 d 中 pH 上升较明显,这是由于腐败微生物的生长繁殖分解产生成了氨类等碱性化合物,造成 pH 升高^[27-28],这也与细菌总数的变化相对应。储藏 28 d 后各组的 pH 出现一定下降,这可能是由于产酸微生物发酵产生酸性物质,因为此时空气和真空包装组样品的细菌总数已分别高达 7.61 和 6.10 log₁₀ CFU/g,此时感官鉴定有明显的酸味。从图 4 可知,两组气调包装比空气和真空包装组样品稳定,有利于保持鱼丸的良好品质。

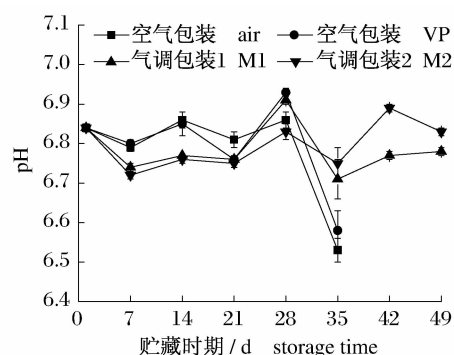


图4 贮藏过程中各组鱼丸 pH 的变化
Fig.4 Changes in pH of samples during storage time

2.3 储藏过程中 TVB-N 值的变化

TVB-N 值是评价水产品鲜度的常用指标,它反映水产品蛋白质因内源性酶或微生物的作用分解而产生的挥发性的氨和胺类化合物的情况^[29],这些化合物含量愈低则 TVB-N 值越低,鱼丸的新鲜度愈高。从图 5 知,各组样品的 TVB-N 值在冷藏期间有如下特点:M2 < M1 < VP < Air。其中,空气包装组冷藏至 28 d 后 TVB-N 值达到 5.12 mgN/100 g,效果最差;而 M2 组样品冷藏 49 d 后其值为 2.80 mgN/100 g,仅略高于初始值,效果最好。试验结果与日本鲭^[30]、剑鱼^[31]和沙丁鱼^[7]等鲜鱼在气调、真空和空气包装下的 TVB-N 值变化趋势相似。

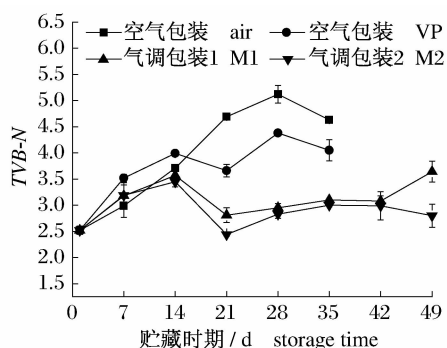


图 5 储藏过程中各组 TVB-N 值的变化
Fig. 5 Changes in TVB-N of samples during storage time

气调包装样品中 TVB-N 的增加较慢或不增加可能一方面是由于前期不耐冷微生物的生长受到抑制、代谢速率降低,而耐冷微生物的生长速率还比较小;另一方面是因为气调包装抑制了微生物的代谢,减少了 TVB-N 的生成^[32]。并且气调包装中的 CO₂溶于鱼丸中后形成的酸性物质可能与代表 TVB-N 值的挥发性的氨和胺类碱性化合物发生反应,同时这些碱性化合物也可能部分溶于物料流失的汁液中,使检测到的 TVB-N 值下降。鱼丸在整个冷藏期间的 TVB-N 值都较小,这可能因为引起 TVB-N 值变化的内源性酶类在鱼糜蒸煮成型过程中受到破坏失活,使鱼丸在贮藏中的 TVB-N 值变化仅与其中的微生物作用有关。关于冷藏气调包装鱼糜制品 TVB-N 的变化需进一步研究。

2.4 储藏期间鱼丸的白度变化

鱼丸的白度能反映鱼丸的色泽,是评价鱼丸

物理品质的重要指标。试验结果见图 6,冷藏条件下,气调包装比空气包装和真空包装更能保持鱼丸良好的白度($P < 0.05$)。在冷藏期间,空气包装和真空包装组鱼丸白度变化相似;14 d 后,两组的白度低于气调包装组。真空包装并不比空气包装更有利于保持鱼丸的白度。这可能是鱼丸白度的变化主要是由鱼丸中微生物数量决定的,而受空气中高含量的 O₂影响较小。

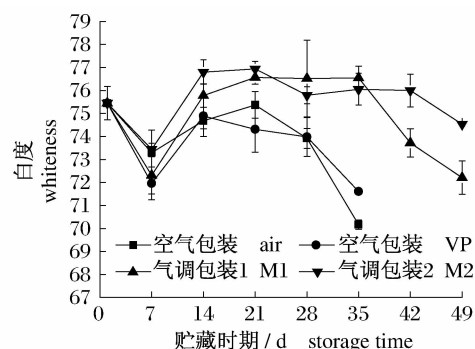


图 6 冷藏过程中各组鱼丸白度变化
Fig. 6 Changes in whiteness of samples during storage time

2.5 冷藏期间鱼丸的质构变化

冷藏期间各组样品的硬度、弹性和咀嚼性的变化见表 3。随时间延长,各组样品的硬度和咀嚼度均先增大后下降,空气和真空包装组比两个气调包装组下降的快;各组样品的弹性均呈下降趋势,冷藏时间对弹性的影响有显著差异($P < 0.05$),4 种不同处理间无显著差异($P > 0.05$)。有结果表明,鱼糜香肠在 4 °C 下 12 d 冷藏过程中其硬度和粘着性并无显著变化^[33]。试验中,各组鱼丸的硬度先增加,在 35 d 后开始下降,并且具有较高的硬度值,而此时空气和真空包装组鱼丸的细菌总数已分别高达 10⁷ 和 10⁶ CFU/g。这可能是因为经蒸煮预冷后的鱼丸在 (3 ± 0.5) °C 冷藏温度下内部结构持续收缩使鱼丸的硬度和咀嚼度升高,而微生物的生长和品质的劣变使鱼丸硬度和咀嚼度降低。同时,鱼丸的变质多是由表及里,但测量时鱼丸被切成方块,去掉了表面部分,使后期测得的硬度和咀嚼度仍较高。

2.6 感官品质变化

各组鱼丸的感官评价呈下降趋势。空气包装组在冷藏 21 d 后表面部分发黄,有明显臭味。真空包装组冷藏至 21 d (细菌总数 4.09 log₁₀ CFU/g) 时无鱼丸腥香味,色泽变灰暗;至 28 d 时鱼丸

有明显臭味,表面汁液流失较多。气调 M1 组在冷藏 42 d ($3.76 \log_{10}$ CFU/g) 后仍有淡淡的鱼丸腥味,无臭味,但表面无光泽,呈暗白色,有汁液流失;至 49 d 时,感官上不可接受。气调 M2 组冷藏至 49 d ($3.52 \log_{10}$ CFU/g) 时仍有较好的感官

特性,但有明显的汁液流失现象。这与气调包装常引起物料汁液流失的报道一致^[19]。空气、真空、M1 和 M2 包装组鱼丸的感官货架期分别为 14~21、21~28、42~49 和 49 d 以上。

表 3 冷藏期间各组样品的硬度、弹性和咀嚼性的变化

Tab. 3 Changes in hardness, springiness and chewiness of samples during refrigerated period

	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d	
硬度 (g) hardness	Air	144.67 ± 21.09	160.53 ± 22.49	140.09 ± 39.98	177.63 ± 12.97	232.67 ± 28.33	225.89 ± 25.46	215.75 ± 2.62	209.72 ± 14.77
	VP	144.67 ± 21.09	161.67 ± 15.25	155.56 ± 9.21	184.04 ± 23.55	192.00 ± 15.06	199.56 ± 8.25	189.53 ± 28.14	194.60 ± 12.02
	M1	144.67 ± 21.09	148.69 ± 20.68	145.87 ± 7.06	212.11 ± 32.03	232.20 ± 6.88	208.13 ± 11.92	199.93 ± 17.46	204.87 ± 13.69
	M2	144.67 ± 21.09	161.67 ± 7.86	104.20 ± 3.54	204.10 ± 10.79	207.90 ± 21.24	198.14 ± 14.05	204.50 ± 22.81	224.21 ± 34.47
弹性 springiness	Air	1.47 ± 0.20	1.27 ± 0.21	1.34 ± 0.24	1.15 ± 0.26	1.40 ± 0.18	1.22 ± 0.12	1.16 ± 0.22	1.01 ± 0.04
	VP	1.47 ± 0.20	1.13 ± 0.17	1.20 ± 0.21	1.24 ± 0.27	1.22 ± 0.25	1.20 ± 0.23	1.12 ± 0.23	1.06 ± 0.11
	M1	1.47 ± 0.20	1.16 ± 0.20	1.31 ± 0.30	1.19 ± 0.25	1.37 ± 0.23	1.30 ± 0.23	1.21 ± 0.29	1.10 ± 0.16
	M2	1.47 ± 0.20	1.31 ± 0.07	1.31 ± 0.18	1.19 ± 0.24	1.30 ± 0.19	1.30 ± 0.20	1.19 ± 0.16	1.15 ± 0.26
咀嚼性 chewiness	Air	168.51 ± 35.75	153.01 ± 23.03	155.80 ± 45.46	177.99 ± 26.48	225.26 ± 20.62	255.83 ± 17.73	221.71 ± 40.65	187.46 ± 23.67
	VP	168.51 ± 35.75	136.30 ± 29.64	146.64 ± 29.19	175.94 ± 48.40	206.22 ± 47.85	246.60 ± 215.40	167.37 ± 40.52	161.00 ± 7.85
	M1	168.51 ± 35.75	134.01 ± 30.71	154.89 ± 25.64	188.92 ± 38.69	251.23 ± 21.89	211.07 ± 6.70	210.45 ± 45.44	196.78 ± 30.28
	M2	168.51 ± 35.75	144.76 ± 20.58	112.04 ± 4.62	161.08 ± 27.69	234.43 ± 28.67	219.57 ± 21.69	206.63 ± 19.59	203.29 ± 49.51

根据感官试验结果和各微生物试验结果,参考国家规定的鱼糜制品细菌总数不超过 5×10^4 CFU/g 的准标 (GB 10132-2005), 确定鱼丸在空气、真空、气调 M1 和气调 M2 组包装条件的货架期分别为 14、21、42 和 49 d。

3 讨论

在 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装比真空包装和空气包装更有利保持鱼丸的品质, 抑制鱼丸中微生物数量和挥发性盐基氮 (TVB-N) 值的增加、保持 pH 值和白度的稳定, 同时也能保持鱼丸良好的感官品质, 延长鱼丸的货架期。在冷藏条件下不同包装对鱼丸品质的保持效果好坏依次为: 气调包装 2 ($\text{M2}, 75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$) > 气调包装 1 ($\text{M1}, 50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$) > VP > Air, 其对应的货架期分别为 49、42、21 和 14 d。

在空气包装和真空包装条件下, 冷藏鱼丸中最主要的优势腐败菌是微球菌属、明亮发光杆菌和乳酸菌, 其次是假单胞菌和酵母菌。在 $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装条件下, 冷藏鱼丸中最主要的优势腐败菌是明亮发光杆菌和乳酸菌属, 其次是微球菌属。与空气包

装和真空包装相比, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 和 $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ 的气调包装完全抑制了酵母菌、假单胞菌的生长; 在冷藏前期也抑制了发光杆菌、乳酸菌和微球菌的生长。

在非冷冻条件下 $(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $75\% \text{CO}_2 + 25\% \text{N}_2$ 的气调包装能够使鱼糜制品货架期达到 49 d 以上, 比冷冻鱼丸节约大量能源。但本试验未对更多的气调包装气体比例做研究, 仍需要进一步探索气调保鲜鱼糜制品的工艺技术及其保鲜机理。

参考文献:

- [1] VAZHIYIL V. Seafood processing: Adding value through quick freezing, retortable packaging, cooking-chilling and other methods [M]. Florida: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006: 167-196.
- [2] RUIZ-CAPILLS C, MORAL A. Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Neprops norvegicus*) in controlled and modified atmosphere during chilled storage [J]. Food Chemistry, 2004, 86(1): 85-91.
- [3] SANDHYA. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 381-392.
- [4] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Combined

- effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes [J]. Food Chemistry, 2007, 100 (1): 287-296.
- [5] FAGAN J D, GORMLEY T R, UIMHUIRCHARTAIGH M M. Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(2): 205-214.
- [6] STAMATIS N, ARKOUELOS J. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging [J]. Food Control, 2007, 18(4): 292-300.
- [7] ÖÖGUL F, POLAT A, ÖÖGUL Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*) [J]. Food Chemistry, 2004, 85(1): 49-57.
- [8] STAMMEN K, GERDES D. Modified atmosphere packaging of seafood [J]. Crit Rev Food Sci, 1990, 29(5): 301-331.
- [9] PARRY R T. Principles and applications of Modified atmosphere packaging of food [M]. New York, USA: Blackie Academic And Professional, 1993: 1-18.
- [10] DEL NOBILE M A, CORBO M R, SPERANZA B. Combined effect of MAP and active compounds on fresh blue fish burger [J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 135(3): 281-287.
- [11] 李红霞. 鱼糜制品冰温气调保鲜技术研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2003: 42-44.
- [12] DALGAARD P, MEJLHOLM O, HUSS H H. Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products [J]. Journal of Applied Bacteriology 1996, 81 (1): 57-64.
- [13] Foss 公司. ASN 3140 鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮 (TVB-N) 的测定 [J]. FOSS 应用子报, 2002(8): 1.
- [14] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, TUEKSUBAN J. Changes in physico-chemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*) during post-mortem storage in ice [J]. Food Chemistry, 2003, 80(4): 535-544.
- [15] DALGAARD P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish [J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 26(3): 305-317.
- [16] SIVERTSVIK M, WILLY K, JEKSRUD J, et al. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002, 37(2): 107-127.
- [17] HOVDA M B, LUNESTAD B T, SIVERTSVIK M, et al. Characterisation of the bacterial flora of modified atmosphere packaged farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) by PCR-DGGE of conserved 16S rRNA gene regions [J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117(1): 68-75.
- [18] HOVDA M B, SIVERTSVIK M, LUNESTAD B T, et al. Characterisation of the dominant bacterial population in modified atmosphere packaged farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) based on 16S rDNA-DGGE [J]. Food Microbiology, 2007, 24(4): 362-371.
- [19] STAMATIS N, ARKOUELOS J. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging [J]. Food Control, 2007, 18(4): 292-300.
- [20] WU T, MAO L C. Application of chitosan to maintain the quality of kamaboko gels made from grass carp (*Ctenopharyngodon Idellus*) during storage [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2009, 33(2): 218-230.
- [21] KOK T N, PARK J W. Extending the shelf life of set fish ball [J]. Journal of Food Quality, 2007, 30(1): 1-27.
- [22] FARBER J M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review [J]. Food Protection, 1991, 54(1): 58-70.
- [23] DALGAARD P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish [J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 26(3): 305-317.
- [24] MOHAN C O, RAVISHANKAR C N, SRINIVASA G T K, et al. Biogenic amines formation in seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packed with O₂ scavenger during chilled storage [J]. Food Research International, 2009, 42(3): 411-416.
- [25] SIVERTSVIK M, ROSNES J T, JEKSRUD W K. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 2: Raw fish fillets [J]. Journal of Food Engineering, 2004(63): 451-458.
- [26] SIVERTSVIK M, WILLY K, JEKSRUD J, et al. A review of modified atmosphere packaging of fish and

- fishery products-significance of microbial growth, activities and safety[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002, 37(2): 107-127.
- [27] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. Eur Food Res Technol, 2007, 224(2): 545-553.
- [28] 马丽珍, 南庆贤, 戴瑞彤. 不同气调包装方式的冷却猪肉在冷藏过程中的微生物变化[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 160-164.
- [29] FAN W J, SUN J X, CHEN Y H, *et al.* Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage [J]. Food Chemistry, 2009, 115(1): 66-70.
- [30] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. Eur Food Res Technol, 2007, 224(5): 545-553.
- [31] PANTAZI D, PAPAVERGOU A, POURNIS N, *et al.* Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes[J]. Food Microbiology, 2008, 25(1): 136-143.
- [32] DEBEVERE J, BOSKOU G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 1996, 31(1-3): 221-229.
- [33] MURPHY S C, GILROY D, KERRY J F, *et al.* Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology [J]. Meat Science, 2004, 66(3): 689-701.

Influence of vacuum packaging, air packaging and modified atmosphere packaging on the quality of refrigerated surimi-based product

LI Jian-rong^{1*}, LIU Yong-ji¹, ZHU Jun-li¹, ZHANG Xu-guang¹, FU Qiao¹,
ZHAO Yu¹, ZHOU Xiao-min², LI Yu-jin³

(1. College of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China;

2. Zhejiang Xingye Group, Zhoushan 316101, China;

3. Taixiang Group, Shandong Institute of Marine Food Nutrition, Rongcheng 264309, China)

Abstract: Influences of vacuum packaging (VP), air packaging and modified atmosphere packaging (M1, 50% CO₂ + 50% N₂; M2, 75% CO₂ + 25% N₂) on the quality of surimi-based product fish balls were studied in refrigeration (3 ± 0.5) °C storage. Microbiological (total viable counts, *Micrococcus*, *Photobacterium phosphoreum*, lactic acid bacteria, *Pseudomonas* and *Saccharomyces*) analysis, chemical and physical indices (pH, TVB-N, whiteness, hardness, springiness and chewiness) test and sensory evaluation were performed. The microbiological analysis results showed that the dominant microbial floras of the fish balls were *Micrococcus*, *Photobacterium phosphoreum* and lactic acid bacteria, and the secondary floras were *Pseudomonas*, *Saccharomyces* under air packaging or vacuum packaging. *Photobacterium phosphoreum* and lactic acid bacteria took the first account of floras followed by *Micrococcus* in fish-balls with MAP1 and MAP2. Compared with the fish-balls packaged by vacuum or air, the samples packaged by modified atmosphere had more positive value in microbiology counts, TVB-N value, pH, whiteness and sensory value. The effect of different packagings on the quality of the fish balls at (3 ± 0.5) °C followed the order: 75% CO₂ + 25% N₂ > 50% CO₂ + 50% N₂ > VP > Air, and the shelf-life was 49 days, 42 days, 21 days and 14 days, respectively.

Key words: surimi-based product; fish balls; vacuum packaging; modified atmosphere packaging; microbes; shelf-life

Corresponding author: LI Jian-rong. E-mail: lijianrong@zjgsu.edu.cn