

doi: 10.3969/j. issn. 1673 - 2227. 2009. 06. 001

气体比例对气调包装罗非鱼片货架期的影响研究

彭城宇^{1,2}, 岑剑伟², 李来好², 杨贤庆², 马海霞², 刁石强², 吴燕燕²

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003;

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 研究了气调包装中 CO₂浓度对罗非鱼片产品货架期的影响。分别采用 100% CO₂ (I)、70% CO₂/30% N₂ (II)、50% CO₂/50% N₂ (III) 和 30% CO₂/70% N₂ (IV) 的气体比例作为变量, 主要通过感官评分并结合液汁流失率与色差值、微生物数量和总挥发性盐基氮 (TVB-N) 3 个关键指标分别评定罗非鱼片的货架期。试验结果表明, 4 种不同气体比例气调包装感官评定的货架期分别为 19、22、17 和 13 d, 4 组样品货架期差异均明显 ($P < 0.05$) ; 微生物指标评定的货架期分别为 26、25、20 和 15 d, I 和 II 组差异不明显 ($P > 0.05$), 但相对 III 和 IV 组差异明显 ($P < 0.05$) ; TVB-N 评定的货架期分别为 25、23、18 和 13 d, 4 组样品货架期差异均明显 ($P < 0.05$) 。但高浓度的 CO₂会加速液汁的渗出, 因此, 使用 70% CO₂的气调包装能够更好地延长货架期与保持产品良好外观。

关键词: 罗非鱼片; 气调包装; CO₂浓度; 货架期

中图分类号: S 983.16.52

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 2227 - (2009) 06 - 0001 - 07

Effects of gas ratio on shelf-life of tilapia fillets with modified atmosphere packaging

PENG Chengyu^{1,2}, CEN Jianwei², LI Laihao², YANG Xianqing²,
MA Haixia², DIAO Shiqiang², WU Yanyan²

(1. College of Food Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Tilapia fillets packaged in controlled atmosphere with 100% CO₂ (I), 70% CO₂/30% N₂ (II), 50% CO₂/50% N₂ (III) and 30% CO₂/70% N₂ (IV) were stored respectively at $-0.7 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$. The shelf-life of tilapia fillets was evaluated by the sensory evaluation as well as key indexes such as drip loss and chromatic aberration, microbial changes, and TVB-N. The results showed that the shelf-life evaluated by sensory evaluation parameter was 19, 22, 17 and 13 d respectively, and the difference was significant ($P < 0.05$) ; the shelf-life evaluated by microbial parameter was 26, 25, 20 and 15 d respectively. There was no significant difference between I and II ($P > 0.05$), but compared with III and IV the difference was significant ($P < 0.05$) ; the shelf-life evaluated by TVB-N parameter was 25, 23, 18 and 13 d respectively, and the difference was significant ($P < 0.05$) . However, the drip loss of tilapia fillets was positively related to CO₂ concentration. In conclusion, the modified atmosphere at the level of 70% CO₂/30% N₂ was most suitable, which could extend the shelf-life of tilapia fillets effectively as well as keep their good appearance.

收稿日期: 2009-07-30; 修回日期: 2009-09-03

资助项目: 农业部“948”项目(2006-G40); 农业部2007年公益性行业(农业)科研专项(3-49); 国家农业产业技术体系项目(nycytx-48); 广东省农业重点项目(2008A020100006; 2009B020201003); 广东省海洋渔业科技推广项目(A200899B02)

作者简介: 彭城宇(1985-), 男, 硕士研究生, 从事水产品加工与贮藏研究。E-mail: pengchy@msn.com

通讯作者: 李来好, E-mail: laihao163.com

Key words: tilapia fillet; modified atmosphere packaging; CO₂ concentration; shelf-life

气调包装作为一门新兴保鲜技术已广泛应用于果蔬、畜肉和水产品等领域^[1]。据相关研究, 其关键气体CO₂能有效抑制产品中微生物的生长繁殖, 从而达到改善产品质量与延长货架期的作用。鱼类死后气味、色泽和肌肉弹性等会发生一系列的变化, 即所谓的感官变化, 这主要是由于微生物活动所引起的。总挥发性盐基氮(TVB-N)是鱼类在贮藏过程中由于酶和细菌的作用, 蛋白质被分解而产生的氨以及胺类等碱性含氮物质, 从而导致产品散发出难闻的腥臭气味, TVB-N已被中国和世界上大多数国家作为肉、鱼类新鲜度的标准^[2]。从目前国内大量文献中可以看到, 感官质量、微生物和TVB-N是用于评价鱼类新鲜度和货架期等最常用的指标^[3~6]。因此, 通过研究鱼类贮藏过程中这3个指标的变化情况, 可以从一定程度上判断并预测产品的货架期。

文章以罗非鱼经初加工后的鱼片为研究对象, 主要通过感官质量、微生物及TVB-N, 并结合液汁渗出、色差及pH等指标, 试图为不同CO₂浓度气调包装对罗非鱼片货架期的影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 主要仪器设备及试剂

1.1.1 仪器设备 森瑞MAP-D400复合气调保鲜包装机(苏州生产);日本SANYO精密低温培养箱;DC-P3型全自动测色色差计(北京市兴光测试仪器公司出品);明鉴SPX型智能生化培养箱(宁波江南仪器厂出品);Sartorius PB-10型精密pH计;ULTRA TURRAX T25B型均质机;MM-2型快速漩涡振荡器(江苏高康健生化器具厂出品);天孚牌电子计数天平(常熟市金羊生化器具厂出品);立式压力蒸汽灭菌器LDZX-75KBS型(上海申安生产);超净工作台(苏州净化设备有限公司出品)。

1.1.2 主要试剂 TTC营养琼脂、蛋白胨、NaCl、KCl、高氯酸、NaOH、盐酸、硼酸、酚酞、甲基红、次甲基蓝和无水乙醇等均为国产分析纯。

1.2 方法

1.2.1 原料与贮藏试验 原料罗非鱼片(未发色)购自广州市恒发水产品有限公司。加冰保藏于泡沫箱中, 0.5 h内运回实验室称重包装, 每片100~150 g。样品装入7层高阻隔PET/PT包装袋

中。用配有真空泵的全自动真空气调包装机经抽真空、充气和热封3道工序进行气调包装, 充气体积与样品重量比为3/1(V/W), 置于精密低温冰箱中贮藏。试验分I、II、III和IV4组, 气体比例分别为100%CO₂(高CO₂浓度对照)、70%CO₂/30%N₂、50%CO₂/50%N₂和30%CO₂/70%N₂(低CO₂浓度对照)。4组样品于贮藏后第0、5、10、15、20、25和30天每组各取3包样品进行分析, 考察样品感官质量、液汁流失率、色差值、菌落总数、TVB-N值和pH值等指标的变化情况。

1.2.2 罗非鱼片冰点测定 罗非鱼片冰点测量采用传统的冻结法^[7]。将数显温度计探头插入鱼片内部, 置于-30℃低温冰箱中, 每隔1 min记录温度。根据降温曲线的性质来确定冰点, 平缓区间维持在-0.5~-0.9℃之间。由此确定样品冰点为-0.7℃, 控制培养箱温度为-0.7±0.3℃。

1.2.3 感官评价 参考文献[8]的评定方法。由5位经过训练的固定人员组成评定小组, 观察并记录贮藏期间样品气味、色泽和肌肉弹性等的变化。并对样品的气味(指将包装袋剪开后即刻释放出来的气味)指标进行评分, 评分规则:0分, 新鲜鱼片特有的气味;2分, 无异味;3分, 略有鱼腥味;4分, 鱼腥味;5分, 强烈鱼腥味;6分, 腥臭氨味。

1.2.4 微生物计数 菌落总数(aerobic bacterial count)参照GB/T 4789.2-2003方法测定^[9]。称取剪碎鱼肉25 g, 加入225 mL 0.1%蛋白胨无菌生理盐水, 振荡混匀, 以10倍稀释将鱼肉浆稀释后, 取数个浓度合适的稀释液1 mL倾注培养(25℃)。每个样品至少取2个梯度稀释液, 每个稀释液倾注3个平皿, 48±2 h后取菌落数在30到300区间的培养皿观察计数。

1.2.5 pH测定 称取切碎鱼肉10.0 g, 加入0.5 mol·L⁻¹ KCl溶液10 mL, 均质2 min, 用精密pH计测定^[10]。

1.2.6 TVB-N测定 TVB-N参照SC/T 3032-2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》方法测定^[11]。

1.2.7 液汁渗出率 参考文献[12]的方法。贮藏前称量包装袋质量(W₀), 测定指标时将包装袋剪一小口排尽袋内气体, 称取样品、包装袋及残留在包装袋内渗出的肉汁的总质量(W₁)。小心剪开包

装袋，缓慢将袋中的鱼片取出，称量包装袋和肉汁重量(W_2)。计算方法为：肉汁流失率 = $(W_2 - W_0)/(W_1 - W_0) \times 100\%$

1.2.8 色差值 样品置于色差计所配量具中，白板校准。将样品置于色差计光源下，读取色差计显示的数值[亮度(L^*)、红绿色度(a^*)和黄蓝色度(b^*)]。对此试验来说，重点考察的是白肉 L^* 与红肉 a^* 。

1.3 统计方法

应用SPSS 17.0软件进行数据分析，单因素方差(One-Way ANOVA)分析，差异检验采用Duncan's multiple-range test检验组间的差异，以 $P < 0.05$ 作为差异显著的标准。数据以平均值±标准偏差(Mean ± SD)表示。

2 结果与分析

2.1 CO₂浓度对感官质量的影响

2.1.1 气味、色泽与肌肉弹性 各组感官质量

从第10天开始出现差异，主要表现为第IV组品质已明显不如前3组，鲜味消失、红肉色泽减退和指压肌肉复原较慢(表1)。第15天IV组出现腥味，色泽及弹性均不可接受，感官评定已腐败。I、II和III组前15 d品质区别不大，至第20天时III组出现腥味，而I和II组仍然保持无异味状态，但I组液汁的澄清度及弹性方面不如II组。纵观整个贮藏周期，II组感官腐败最慢，I组次之，IV组最差。

气味是鱼类贮藏过程中感官变化最突出的一个指标，样品贮藏过程中气味得分第20天I、II、III和IV组评分分别为 2.77 ± 0.15 、 2.47 ± 0.15 、 3.50 ± 0.20 和 5.30 ± 0.20 ，若以无异味(即<3.00分)为可接受标准，I和II组货架期可达20 d以上，而III和IV组已腐败且后者重度腐败，对比非常明显(图1)。

2.1.2 色差值 样品白肉 L^* 和红肉 a^* 的测定结果见表2。贮藏过程中 L^* 组间差异或随时间增长差异均不大($P > 0.05$)，处于49~54之间，因此，

表1 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中的感官变化

Tab. 1 Sensory evaluation of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

组别 group	贮藏时间/d storage time						
	0	5	10	15	20	25	30
I 具有新鲜鱼片特有的令人愉悦的气味；白肉、红肉对明显，外观很好且具有光泽；体表覆盖一层透明粘液；质地紧密、弹性很好，指压表面肌肉立即复原	鲜味减淡；肉色正常，对比明显；体表粘液澄清；弹性很好	鲜味较淡；肉色正常，红色良好；粘液及渗出液汁澄清；弹性好	鲜味消失，无异味；红色肉色减退；粘液及渗出液汁较澄清；弹性较好	无异味；红色肉色暗淡；粘液及渗出液汁较浑浊；弹性较差	红肉出现腥味；红色肉色暗淡；粘液及渗出液汁浑浊；弹性较差	浓重腥味；肉色难看；粘液及渗出液汁浑浊；弹性很差	
II 具有新鲜鱼片特有的令人愉悦的气味；白肉、红肉对明显，外观很好且具有光泽；体表覆盖一层透明粘液；质地紧密、弹性很好，指压表面肌肉立即复原	鲜味减淡；肉色正常，对比明显；体表粘液澄清；弹性很好	鲜味较淡；肉色正常，红色良好；粘液及渗出液汁澄清；弹性好	鲜味消失，无异味；肉色良好；粘液及渗出液汁较澄清；弹性较好	无异味；肉色减退；粘液及渗出液汁较澄清；弹性较好	淡淡腥味；肉色较其他组好；粘液及渗出液汁较浑浊；弹性较差	浓重腥味；肉色难看；粘液及渗出液汁浑浊；弹性差	
III 具有新鲜鱼片特有的令人愉悦的气味；白肉、红肉对明显，外观很好且具有光泽；体表覆盖一层透明粘液；质地紧密、弹性很好，指压表面肌肉立即复原	鲜味减淡；肉色正常，对比明显；体表粘液澄清；弹性很好	鲜味很淡；肉色正常，红色略变暗；粘液及渗出液汁澄清；弹性较好	鲜味消失，无异味；红色肉色暗淡；粘液及渗出液汁较浑浊；弹性较差	淡淡腥味；肉色暗淡；粘液及渗出液汁十分浑浊；弹性很差	腥臭味；肉色难看；粘液及渗出液汁十分浑浊；弹性很差		各项感官已不可接受
IV 具有新鲜鱼片特有的令人愉悦的气味；白肉、红肉对明显，外观很好且具有光泽；体表覆盖一层透明粘液；质地紧密、弹性很好，指压表面肌肉立即复原	鲜味较淡；肉色正常，对比明显；体表粘液澄清；弹性好	鲜味消失，无异味；红色肉色减退；粘液及渗出液汁较清澈；弹性一般	出现腥味；红色肉暗淡无光；粘液及渗出液汁较浑浊；弹性差	浓重腥味；色泽非常难看；粘液及渗出液汁十分浑浊；弹性柔软，已重度腐败	气味、色泽外观均不可接受；肉质十分柔软，已重度腐败		各项感官已不可接受，且鱼片表面及包装袋出现黄色菌斑

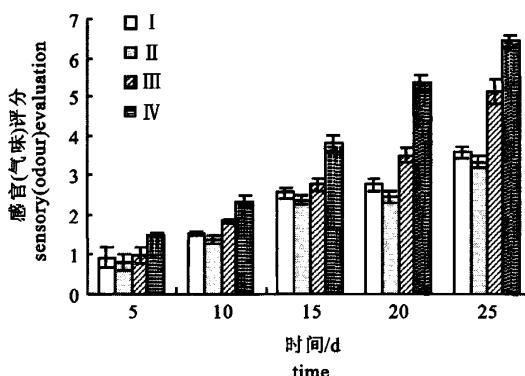


图1 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中
感官(气味)的对比

Fig. 1 Contrast of sensory (odour) evaluation of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

气体比例对气调包装罗非鱼片 L* 的影响不大；a* 的组间差异是明显的，IV 组第 10 天时与前 3 组差异显著 ($P < 0.05$)，为 6.11 ± 0.67 ；第 15 天时 III 组与前 2 组差异显著，为 5.78 ± 0.60 ；II 组在贮藏期间 a* 一直高于 I 组，但并不具有统计学意义上的显著差异 ($P > 0.05$)。

2.1.3 液汁渗出率 鱼片在贮藏过程中表面会渗出肉汁，影响产品包装外观。CO₂浓度对样品液汁渗出率(量)的影响显著，成正相关性，即 CO₂浓度越高，液汁渗出率(量)越大(图 2)。至第 20 天时，高浓度对照组 I 肉渗率高达 $(7.95 \pm 0.30)\%$ ，而低浓度对照组 IV 仅为 $(2.48 \pm 0.11)\%$ ，

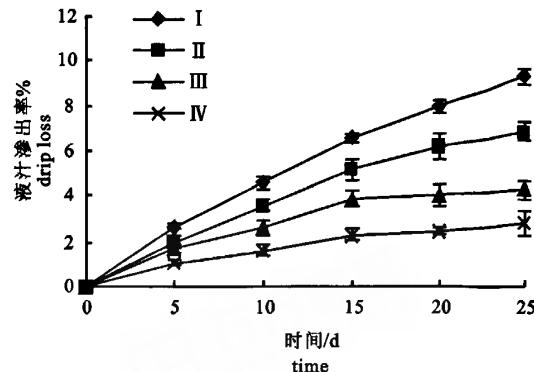


图2 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中
液汁流失率的比较

Fig. 2 Contrast of drip loss of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

I 组分别是 III 和 IV 的 2 倍与 3 倍多。

2.2 CO₂浓度对菌落总数的影响

气调包装主要通过 CO₂抑制微生物生长来达到保鲜作用。细菌增殖速度与 CO₂浓度成负相关性(图 3)，但 II 组与高浓度对照组 I 的差异不明显，可能当 CO₂浓度达到约 70% 时其抑菌能力已达到最大作用。冰温贮藏的低温环境使得各组初期的细菌生长延滞期较长、甚至出现下降的情况，这可能是由于鱼片初始表面的细菌不耐低温所致。第 20 天时 I、II、III 和 IV 组菌落总数平均值分别为 2.88×10^4 、 5.50×10^4 、 7.08×10^5 和 3.24×10^6 cfu · g⁻¹，若以 10^6 cfu · g⁻¹ 为微生物可接受限值^[8,13-14]，

表2 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中色差值 L* 和 a* 的比较

Tab. 2 Contrast between L* and a* value of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

组别 group	贮藏时间/d storage time					
	0	5	10	15	20	25
I	50.22 ± 1.66 ^a 10.28 ± 1.89 ^b	50.67 ± 1.98 ^a 8.63 ± 0.95 ^b	51.94 ± 2.99 ^a 7.06 ± 0.36 ^b	53.37 ± 2.13 ^a 6.26 ± 2.25 ^b	50.65 ± 1.99 ^a 2.72 ± 0.91 ^b	
II	L* = 51.01 ± 0.69	50.03 ± 1.62 ^a 10.66 ± 0.61 ^b	51.74 ± 3.92 ^a 9.36 ± 1.13 ^b	52.51 ± 2.36 ^a 7.19 ± 0.71 ^b	53.77 ± 0.92 ^a 6.87 ± 1.44 ^b	51.73 ± 3.13 ^a 3.42 ± 1.31 ^b
III	a* = 11.36 ± 1.57 (后同)	49.31 ± 0.99 ^a 9.93 ± 0.37 ^b	50.33 ± 1.71 ^a 8.05 ± 1.13 ^b	50.94 ± 1.79 ^a 5.78 ± 0.60 ^c	52.20 ± 1.20 ^a 1.29 ± 1.51 ^c	Ne
IV		49.92 ± 2.37 ^a 9.93 ± 0.73 ^b	50.27 ± 3.70 ^a 6.11 ± 0.67 ^c	51.37 ± 0.81 ^a 2.20 ± 0.70 ^d	Ne	Ne

注：同列不同字母标记的数值表示差异显著 ($P < 0.05$)；Ne。样品已腐败故未测定

Note: The different letters on the parameters in the same array stand for significant difference ($P < 0.05$)；Ne. Means no evaluation due to spoilage.

Ⅲ组已接近腐败终点，而Ⅳ组已经超过，各组货架期(平均值)分别为26.67、25.67、20.33和15 d。

2.3 CO₂浓度对TVB-N的影响

TVB-N的变化呈现先慢后快的趋势(图4)。在前20 d内Ⅰ和Ⅱ组TVB-N值均小于15 mg·100 g⁻¹，而到第25天时Ⅱ组已达22.15±3.00 mg·100 g⁻¹(各平行样品差距较大)；Ⅲ和Ⅳ组TVB-N值增长较快，分别于20和15 d超过20 mg·100 g⁻¹。以中国水产品标准GB/2733-2005规定淡水鱼TVB-N值≤20 mg·100 g⁻¹为限，4组样品货架期平均值分别为25.67、23.00、18.33和13.33 d。

2.4 气体比例对pH值的影响

鱼类贮藏过程中由于微生物活动分解产生大量碱性物质导致肌肉pH上升，鱼片初始pH值为

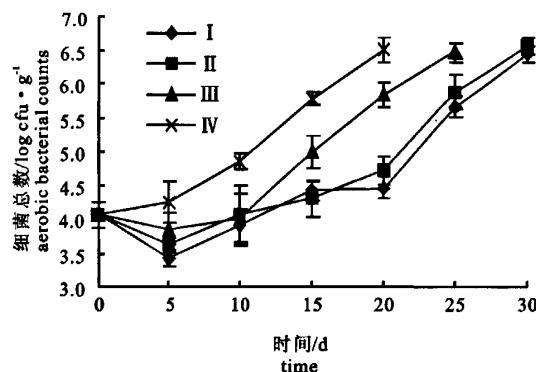


图3 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中细菌总数的比较

Fig. 3 Contrast of total aerobic bacterial count of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

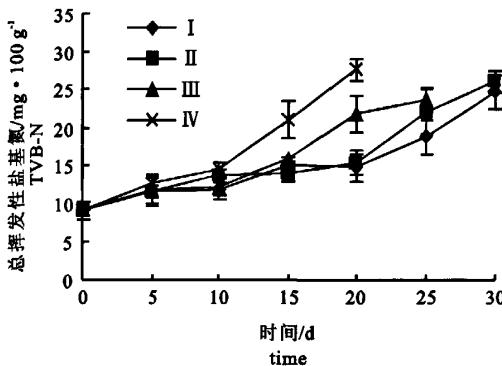


图4 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中TVB-N的比较

Fig. 4 Contrast of TVB-N of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

6.56±0.04，各组样品差异不大，而Ⅰ、Ⅱ组在整个贮藏过程中pH较后2组低，说明CO₂通过抑制细菌生长减缓了微生物的代谢；此外，在试验中出现pH下降的情况，高浓度对照Ⅰ组下降的幅度最大。陈椒等^[8]报道，CO₂会溶解于体表的粘液中，从而导致肌肉酸化和pH降低。Ⅰ组最低下降至6.42±0.02，可能就是由于上述原因引起(图5)。从总体趋势上看，pH在贮藏前期变化较平稳(低CO₂浓度的气调包装)，后期上升明显，可以从一定程度上反映样品的腐败情况。

2.5 货架期对比

根据2.1、2.2和2.3的试验结果，分别以感官(气味)<3分、色泽a*>5.68(初始值一半)、菌落总数<10⁶ cfu·g⁻¹、TVB-N<20 mg·100 g⁻¹为可接受限值，应用感官评价、微生物及TVB-

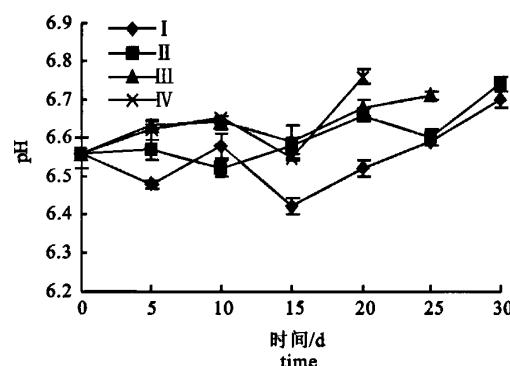


图5 不同气调包装罗非鱼片贮藏过程中pH的比较

Fig. 5 Contrast of pH of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

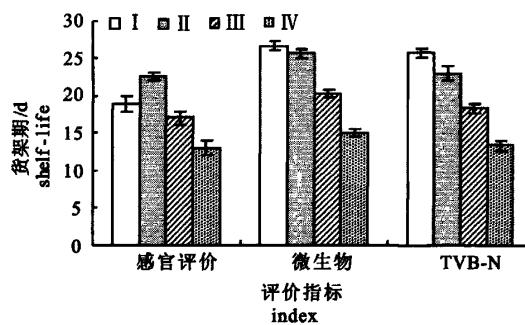


图6 各指标对不同气调包装罗非鱼片货架期的影响

Fig. 6 Effects of different indexes on the shelf-life of tilapia fillets packaged with various modified atmospheres during storage

N等3个指标对冰温贮藏罗非鱼片货架期的评定见图6。I、II、III和IV组感官评定的货架期分别为19、22.67、17和13 d；微生物评定的货架期分别为26.67、25.67、20.33和15.00 d；TVB-N值评定的货架期分别为25.67、23.00、18.33和13.33 d。因此，CO₂浓度对气调包装罗非鱼片货架期的影响显著。综合此试验结果，采用70% CO₂/30% N₂气体比例的气调包装第20天时样品仍无异味，菌落总数约为 7.76×10^4 cfu·g⁻¹、TVB-N为15.4 ± 1.67 mg·100 g⁻¹，远低于国家规定的相关标准，液汁渗出率为(6.2 ± 0.55)%，可以保持产品良好的外观并有效地延长货架期。

3 讨论

气调包装产品货架期预测是目前国内外保鲜研究的热点之一。SOLDATOU等^[5]应用微生物、色泽及脂质氧化(TBA)等的变化来评价“Souvlaki”(一种希腊汉堡)产品的货架期；而ROSNES等^[15]则是用感官、微生物及TVB-N来评价花狼鱼*Anarhichas minor*的货架期。可以看到，评定指标并非是统一的，产品种类和气体比例对气调包装货架期评定指标的选取有很大的影响。然而，国外一些学者认为水产品的腐败主要是由微生物引起，贮藏过程中腐败菌生长代谢生成胺、硫化物、醇、醛、酮和有机酸等，产生不良气味和异味，导致产品在感官上不可接受；贮藏后期TVB-N的快速增长也主要是由于细菌活动而引起的^[16-17]。自DAL-GAARD^[18]提出特定腐败菌(specific spoilage organism)的概念之后，国内外大量文献报道利用预报微生物学来分析与预测水产品的货架期，这些研究学者认为微生物是最关键的指标，同时也是预测货架期最简单有效的工具。在此试验中，分别应用感官、微生物及TVB-N值评定的货架期具有较好的同步性，进一步证明了微生物是导致水产品腐败的根源。但结果显示，感官评定的货架期相对后2个指标要短，这可能主要是由于试验采用的是未经发色的罗非鱼片，此外，样品个体差异以及主观因素也可能导致这一结果。

试验中发现，CO₂浓度与罗非鱼片表面液汁渗出呈显著正相关性，而过高的液汁渗出会对产品外观带来不利的影响。此结果与ROSNES等^[15]对花狼鱼的研究结论相似，其发现普通空气包装的样品

液汁渗出仅有2%，而气调包装样品达到3.2%~8.6%；此外也与陈椒等^[8]对冷藏青鱼*Mylopharyngodon piceus*的研究结论一致，但吕峰等^[19]在对气调包装牛肉进行研究时认为，不同气调组合对牛肉失水率的影响没有规律。因此，肉品的种类以及肌肉组织结构的不同可能会导致液汁渗出与CO₂浓度的相关性存在差异。

目前，气调包装技术应用在果蔬、畜肉产品上的报道较多，并且大多是结合保鲜剂或杀菌剂发挥协同作用以延长产品货架期，获得了良好的结果^[20-22]。在水产品方面的应用则较为匮乏，水产品气调包装若能结合一些安全、有效及合适的保鲜剂或杀菌剂来使用，相信可以更有效地延长水产品的货架期。

参考文献：

- EILERT S J. New packaging technologies for the 21st century [J]. Meat Sci, 2005, 71 (1): 122~127.
- 马成林, 陈琦昌, 李力权, 等. 应用三甲胺评价鱼类新鲜度与TVBN/TMA比值的研究 [J]. 食品科学, 1993 (11): 16~19.
- ZENG Qingzhu, KRISTIN A T, GUERUN O. Research on quality changes and indicators of *Pandalus borealis* stored under different cooling conditions [J]. J Fish China, 2005, 29 (1): 88~95.
- LU Shengmin. Effect of bactericides and modified atmosphere packing on shelf-life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) [J]. Food Sci Tech, 2009, 42 (1): 286~291.
- SOLDATOU N, NERANTZAKI A, KONTOMINAS M G, et al. Physicochemical and microbiological changes of "Souvlaki" – A Greek delicacy lamb meat product; evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters [J]. Food Chem, 2009, 113 (1): 36~42.
- GUNRUN O, HELENE L L, EMILIA M, et al. Evaluation of shelf life of superchilled cod (*Codus morhua*) fillets and the influence of temperature fluctuations during storage on microbial and chemical quality indicators [J]. J Food Sci, 2006, 71 (2): 97~109.
- 吕凯波, 李红霞, 熊善柏. 二氧化碳浓度对冰温气调贮藏鱼丸品质的影响 [J]. 食品科学, 2008, 29 (2): 430~434.
- 陈椒, 周培根, 吴建中, 等. 不同CO₂气调包装对冷藏青鱼块质量的影响 [J]. 上海水产大学学报, 2003, 12 (4): 331~337.
- 刘宏道, 计融, 付萍, 等. GB/T4789.2-2003, 食品卫生微生物学检验菌落总数测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- SIVERTSVIK M, ROSNES J T, KLEIBERG G H. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets

- [J]. Food Microbiol Saf, 2003, 68 (4): 1 467 - 1 472.
- [11] 李来好, 杨贤庆, 岑剑伟, 等. SC/T3032-2007, 水产品中挥发性盐基氮的测定 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [12] 吕凯波. 冰温气调保鲜对黄鳝片品质及其菌相的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [13] 龚婷, 熊善柏, 陈加平, 等. 冰温气调保鲜草鱼片加工过程中的减菌化处理 [J]. 华中农业大学学报, 2009, 28 (1): 111 - 115.
- [14] 翁丽萍. 养殖大黄鱼气调保鲜工艺研究及其特定腐败菌动力学模型的初步分析 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2007.
- [15] ROSNES J T, KLEIBERG G H, SIVERTSVIK M, et al. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the shelf-life of farmed ready-to-cook spotted wolf-fish (*Anarhichas minor*) [J]. Packaging Tech Sci, 2006, 19 (6): 325 - 333.
- [16] 杨宪时, 许钟, 肖琳琳. 水产食品特定腐败菌与货架期的预测和延长 [J]. 水产学报, 2004, 28 (1): 106 - 110.
- [17] GRAM L, HANS H H. Microbiological spoilage of fish and fish product [J]. Int J Food Microbiol, 1996, 33 (1): 121 - 137.
- [18] DALGAARD P. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish [J]. Int J Food Microbiol, 1995, 26 (3): 319 - 333.
- [19] 吕峰, 林勇毅, 宋丽君, 等. 牛肉冰温气调保鲜技术的研究 [J]. 江西食品工业, 2008 (4): 15 - 18.
- [20] RUNGSINEE S, PEERIYA K. Quality and shelf-life of washed fresh-cut asparagus in modified atmosphere packaging [J]. Food Sci Tech, 2009, 42 (9): 1 484 - 1 490.
- [21] ROSNES T, POURNIS N, NTZIMANI A, et al. Nisin-EDTA treatments and modified atmosphere packaging to increase fresh chicken meat shelf-life [J]. Food Chem, 2009, 114 (4): 1 470 - 1 475.
- [22] SUMAN S P, MANCINI R A, RAMANATHAN R, et al. Effect of lactate-enhancement, modified atmosphere packaging, and muscle source on the internal cooked colour of beef steaks [J]. Meat Sci, 2009, 81 (4): 664 - 670.