

臭氧水浸渍后冰温贮藏提高鲳鱼块的保鲜品质

施建兵, 谢晶^{*}, 高志立, 熊青

(上海海洋大学食品学院, 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要: 为了延长鲳鱼的货架期, 该文研究了冷藏、冰温贮藏和臭氧水处理后冰温贮藏下鲳鱼品质的变化。根据鲳鱼的冻结曲线, 得到鲳鱼的冰点为 -1.2°C 。通过测定鲳鱼感官、菌落总数 (APC)、挥发性盐基氮 (TVB-N)、硫代巴比妥酸 (TBA)、三甲胺 (TMA)、pH 值以及 K 值等指标, 结果表明: 冷藏条件下、鲳鱼块的货架期为 6 d, 从第 2 天开始感官得分显著低于与冰温贮藏组和臭氧水冰温贮藏组, 冷藏组的 APC、TVB-N、TBA、 K 值的变化速率均显著 ($P < 0.05$) 高于冰温贮藏组和臭氧水冰温贮藏组; 冰温贮藏与臭氧水冰温贮藏的 TVB-N、TBA、TMA 等指标在 14 d 以后才急剧增加, 货架期较冷藏分别延长了 10 和 11 d; 与冰温贮藏组相比臭氧水处理后冰温贮藏能够通过减少鲳鱼块的初始微生物数量, 延长货架期, 而对 TVB-N、TBA、TMA、pH 值等指标没有显著影响 ($P > 0.05$)。冰温贮藏能够有效抑制微生物的活动以及各种酶的活性, 显著提升水产品的品质, 延长货架期, 而臭氧水处理对鲳鱼块的前处理则具有一定的辅助作用。研究结果为鲳鱼的贮藏保鲜提供了理论参考。

关键词: 贮藏, 臭氧水处理, 水产业, 冰温技术, 保鲜

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.06.034

中图分类号: S983

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-06-0274-06

施建兵, 谢晶, 高志立, 等. 臭氧水浸渍后冰温贮藏提高鲳鱼块的保鲜品质[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 274-279.

Shi Jianbing, Xie Jing, Gao Zhili, et al. Effects of ozone water dipping and super-chilling on improving preservation quality of pomfret fillet[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(6): 274-279. (in Chinese with English abstract)

0 引言

鲳鱼 (*pampus argenteus*, Pomfret) 又名镜鱼。受捕捞季节、地理条件以及气候等多种因素的制约, 鲳鱼在运输、贮藏、销售期间, 易腐败变质, 致使其品质下降。冰温保鲜是将食品贮藏在 0°C 以下冰点以上的温度区域内的保鲜方法。国内外许多学者对不同温度下的带鱼、大西洋鲑鱼等研究发现, 冰温贮藏保鲜技术对水产品的口感、风味、鲜度有着独特的优势^[1-2]。如 Mami A. 等^[3]研究表明冰温贮藏能够明显抑制微生物的生长, 明显延缓 K 值的上升, 提升鲑鱼的风味品质。Gallart-jornet L. 等^[4]研究结果表明冰温保藏能比冰藏的货架期延长 9 d, 对鱼肉的蛋白质降解、变性程度、结构变化等均有明显的改善。

臭氧对微生物具有广谱、高效和无污染的特点, 已广泛用于食品保鲜、贮运、自来水生产等多领域。Laura P. 等^[5]用臭氧水处理新鲜刚捕捞上的鳕鱼研究表明: 臭氧水处理能够明显减少微生物的生长, 延长鳕鱼的货架期。Cao R. 等^[6]用臭氧水处理太平洋牡蛎的研究表明: 臭氧水处理减少了牡蛎的初始菌落总数 (臭氧水处理组 $2.26\text{lg}(\text{CFU}/\text{g})$, 对照组 $3.51\text{lg}(\text{CFU}/\text{g})$), 货架期延长了 2 d。闫师杰等^[7]用臭氧水对鲢鱼肉保鲜效果的研究表明: 在 0°C 贮藏条件下, 臭氧水能够有效抑制鱼肉中微生物的生长繁殖, 且臭氧浓度为 $5\text{mg}/\text{L}$ 的臭氧水的效果最佳。

国内外用臭氧水处理或冰温保鲜鲳鱼的研究还不多^[8-10]。本文通过感官评分、菌落总数和理化指标分析, 以获得不同贮藏条件下鲳鱼的货架期及臭氧水处理对鲳鱼的保鲜效果影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜鲳鱼购于上海市浦东新区芦潮港市场, 选择新鲜、质量在 $120\sim 150\text{g}$ 的鲳鱼, 用碎冰片保藏迅速送往实验室。

UDK15 型全自动凯氏定氮仪 (意大利 VELP 公司); CR-400 型色差计 (日本 Konica Minolta 公

收稿日期: 2012-11-24 修订日期: 2013-02-07

基金项目: “十二五”国家支撑计划项目 (2012BAD38B09); 上海市科委工程中心建设 (11DZ2280300)

作者简介: 施建兵 (1990-), 男, 江西南昌人, 研究方向: 食品保鲜。上海 上海海洋大学食品学院, 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 201306。Email: shijianbingv@126.com

^{*}通信作者: 谢晶 (1968-), 女, 教授, 博士生导师。上海 上海海洋大学食品学院, 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 201306。Email: jxie@shou.edu.cn

司); LC-2010C HT 型高效液相色谱仪和 UV-VIS 型检测器(岛津公司); inertsil ODP-SP (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 色谱柱(日本 GL Sciences 公司); UV-3000 PC 型紫外可见分光光度计(上海美谱达仪器有限公司); 雷磁 PHS-3C pH 计(上海精密科学仪器有限公司); Fluke-NetDAQ32 多点温度采集仪(美国 Fluke 公司); OZ-6000 活氧水机(昆山芳成金属科技有限公司); PE 保鲜袋(上海城湾工贸有限公司生产)。

标准品三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP), 二磷酸腺苷(adenosine diphosphate, ADP), 肌苷酸(adenosine monophosphate, AMP), 肌苷酸(inosinic acid, IMP), 次黄嘌呤(inosine, Hx) 和次黄嘌呤核苷(inosine, HxR) 均购自 Sigma 公司。甲醇、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾均为色谱级, 均购自上海安谱科学仪器有限公司。

1.2 样品预处理

将购买的新鲜鲳鱼, 去头去尾去内脏后冰水洗净, 取躯干部鱼肉块约 50 g (13 cm × 7 cm), 随机分成 3 组, (冷藏组约 60 块, 冰温组和臭氧冰温组各约 120 块)。由预试验确定冰温臭氧组用流动臭氧水浸渍 10 min 后沥干, 分装到 PE 保鲜袋, -0.6℃冰温贮藏; 其他 2 组保鲜袋包装, 分别放入 4℃冷藏和-0.6℃冰温环境贮藏。

1.3 测定方法

鲳鱼冰点的测定: 将多点温度采集仪温度探头插入鲳鱼躯干各不同位置的肌肉中心, 放在-18℃温度下, 设置温度采集时间间隔为 20 s, 绘制温度-时间曲线, 当温度下降到 0℃以下出现轻微回升, 而后变化缓慢, 此时的温度为鲳鱼的冰点温度。

臭氧水浓度的测定: 本试验采用活氧水机产出的臭氧水, 根据国家标准 GB/T 5750.11—2006 生活饮用水标准检验方法中的消毒剂指标中碘量法测定水中的臭氧浓度^[11]。

综合感官评定: 依据鲜、冻鲳鱼标准^[12], 感官评定由受专门培训的感官评定小组(5人), 根据鲳鱼感官评定表^[13]对各处理组生鲳鱼块的色泽、气味、组织形态、组织弹性和水煮鱼块的气味、滋味、汤汁进行综合评分, 最后取其综合评分值。水煮鱼块制作方法: 取约 100 g 鱼肉, 清水冲洗, 切成 3 cm × 3 cm 块, 在容器中加入 500 mL 饮用水, 煮沸后放入切好的鱼块, 加盖煮 5 min^[12]。鲳鱼生鱼块和水煮鱼块得分最高分 5 分, 最低分 1 分, 其中 4~5 分为感官一级(新鲜), 3~4 分之间(不包含 4)为感官二级(较新鲜), 3 分以下为不合格(不新鲜)。

菌落总数(aerobic plate count APC)的测定:

根据国家标准 GB 4789.2-2010 中食品微生物学检验菌落总数的测定方法^[14], 进行测定。

挥发性盐基氮(total volatile basis nitrogen TVB-N)的测定: 根据半微量定氮法原理, 利用全自动凯氏定氮仪对鲳鱼鱼肉进行 TVB-N 测定, 参考 Goulas A.E 等^[15]方法。

硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid TBA)的测定: 参考杨胜平等^[16]的测定方法。

三甲胺(trimethylamine TMA)的测定: 利用分光光度法测定鲳鱼三甲胺含量。参考 AOAC(1971)中三甲胺的测定方法^[17]。

pH 值的测定: 将样品鲳鱼肉剁碎后, 取 5 g 于烧杯中, 加入 45 mL 中性蒸馏水, 搅拌均匀, 静置 30 min 然后用精密数显酸度计测定 pH 值。

HPLC 法 K 值的测定: ATP 及其降解产物的提取参考邱伟强等^[18]方法。在鱼死亡后, 鱼肌肉中 ATP 依次降解为 ADP、AMP、IMP、HxR 和 Hx。

$$K(\%) = 100 \times (HxR + Hx) /$$

$$(ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)$$

式中, ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx 分别代表其质量分数, mg/L^[19]。HPLC 检测条件: 采用 pH 值为 6.5 的 0.05 mol/L 磷酸缓冲液(磷酸氢二钾和磷酸二氢钾)平衡洗脱; 进样量 10 μL, 流速 1 mL/min, 柱温 28℃, 检测波长 254 nm。采用外标法进行定量。

1.4 数据处理方法

试验平行 3 次, 用 Spss 19.0 进行试验数据处理, 采用 Duncans 法进行多重比较。利用 origin Pro V8.5 软件绘制曲线。

2 结果与分析

2.1 冰温条件与臭氧水浓度的测定结果

绘制-18℃下鲳鱼的温度-时间曲线, 测得鲳鱼的冰点为-1.2℃, 鲳鱼的冰温带为-1.2~0℃。设置恒温箱的温度为-0.6℃, 用多点温度采集仪测定此温度条件下的恒温箱温度波动范围为-1.1~0℃, 在鲳鱼的冰温带范围内, 满足冰温技术要求。经测定活氧水机产出的臭氧水质量浓度为 1.8 mg/L。

2.1 综合感官评定结果

鲳鱼块的感官评定结果如表 1 所示。随着贮藏时间的延长各处理组的感官评分逐渐下降。其中冷藏组的下降速度明显比冰温组和臭氧冰温组快, 冷藏组在第 6 天以后生鱼块和水煮鱼块均不可接受, 而冰温处理组可保藏鲳鱼 14~16 d, 臭氧冰温组可保持 17 d, 均明显优于冷藏组。臭氧冰温组与冰温组的生鱼块在 14 d 以后存在显著差异($P < 0.05$), 水煮鱼块虽不显著($P > 0.05$), 但臭氧冰温组平均

得分高于冰温组, 这表明 1.8 mg/L 的臭氧水处理对鲳鱼的生鱼块有一定的保鲜效果。

表 1 鲳鱼感官品质评定结果

Table 1 Sensory evaluation score of pomfret fillets

贮藏时间/d	生鱼块			水煮鱼片块		
	冷藏	冰温	臭氧冰温	冷藏	冰温	臭氧冰温
0	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
2	4.50±0.11 ^a	4.75±0.05 ^b	4.85±0.05 ^b	4.50±0.08 ^a	4.65±0.08 ^{ab}	4.80±0.11 ^b
4	3.85±0.08 ^a	4.20±0.11 ^a	4.80±0.13 ^b	4.00±0.08 ^a	4.50±0.04 ^{ab}	4.60±0.08 ^b
6	3.05±0.12 ^a	4.00±0.20 ^b	4.50±0.10 ^c	3.40±0.15 ^a	4.25±0.15 ^b	4.05±0.08 ^b
8	1.50±0.12 ^a	4.05±0.41 ^b	4.28±0.12 ^b	1.77±0.00 ^a	4.10±0.23 ^b	4.23±0.08 ^b
10	1.00±0.00 ^a	3.82±0.09 ^b	4.00±0.06 ^b	—	3.80±0.12 ^a	3.90±0.14 ^a
12	—	3.57±0.08 ^a	3.82±0.09 ^a	—	3.41±0.15 ^a	3.72±0.11 ^a
14	—	3.10±0.17 ^a	3.51±0.14 ^b	—	3.12±0.12 ^a	3.53±0.12 ^a
16	—	2.95±0.15 ^a	3.22±0.04 ^b	—	3.02±0.17 ^a	3.28±0.06 ^a
17	—	2.21±0.13 ^a	3.10±0.07 ^b	—	2.72±0.16 ^a	3.13±0.10 ^a
18	—	1.80±0.06 ^a	2.52±0.12 ^b	—	2.20±0.08 ^a	2.52±0.12 ^a

注: 表中数据为样品的“感官平均值±标准差”(n=5); 表中同一行的不同字母表示差异显著(P<0.05); “—”表示鱼肉样品腐败未评定。

2.3 菌落总数(APC)的变化

鲳鱼的菌落总数的变化情况如图 1 所示。在贮藏期间, 冷藏组菌落总数明显上升, 到第 8 天已超出 7.0 lg(CFU/g) 鲳鱼细菌总数限量标准^[20], 而冰温组和臭氧冰温组分别在 17 和 18 d 超过 7.0 lg(CFU/g), 在第 2 天与冷藏组相比菌落总数就差异显著(P<0.05), 这表明冰温贮藏与冷藏相比能够明显抑制微生物的生长。在贮藏初期, 冰温组 APC 为 4.0 lg(CFU/g)、臭氧冰温组 APC 为 3.8 lg(CFU/g), 臭氧水处理后的 APC 减少 5%, 与 Gioacchino B. 等^[21]用 0.3 mg/L 的臭氧水处理后鲳鱼的 APC 含量减少近 30% 相比偏少, 这可能与鱼片的初始 APC 和经臭氧水处理后的沥干过程中接触空气有关。臭氧水处理组比冰温组延长货架期 1 d。

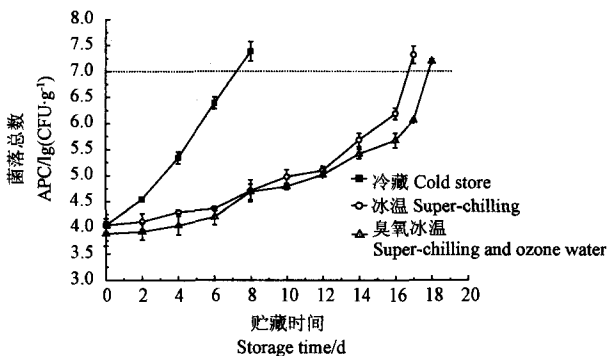


图 1 不同处理鲳鱼菌落总数的变化

Fig.1 Changes of aerobic plate count (APC) of pomfret treated with different ways

2.4 挥发性盐基氮(TVB-N)的变化

SC/T 3103-2010 鲜冻鲳鱼标准规定, 鲳鱼的 TVB-N

值一级品 ≤ 18 mg/100 g, 合格品 ≤ 30 mg/100 g^[12]。如图 2 所示, 各处理组的 TVB-N 值均呈上升趋势, 冷藏组在第 8 天为 48.92 mg/100 g 已超出限量标准, 为不可接受。冰温组和臭氧冰温组在前 14 d 的 TVB-N 值上升缓慢均处于一级鲜度标准, 在 14 d 以后明显上升, 冰温组到 17 d 超出限量指标, 臭氧冰温组到 18 d 超出限量指标。可能的原因是, 冰温贮藏前期主要是由鱼肉僵直收缩释放的蛋白酶使蛋白质分解为一些胺类物质, 所以上升缓慢, 随着贮藏时间的延长, 鱼肉处于自溶阶段, 微生物大量繁殖产生大量的胞外蛋白酶, 使氨基酸发生脱酸脱胺反应生成大量的胺类物质, 导致上升趋势明显。这与菌落总数变化结果相一致。臭氧水处理与冰温贮藏相比的鲳鱼块在贮藏前 16 d, TVB-N 变化上均不明显(P>0.05), 上升趋势基本一致, 杨文鸽等^[22]也有类似结果, 可能原因是臭氧水处理对贮藏过程微生物的繁殖和肌肉中内源酶的影响不大。

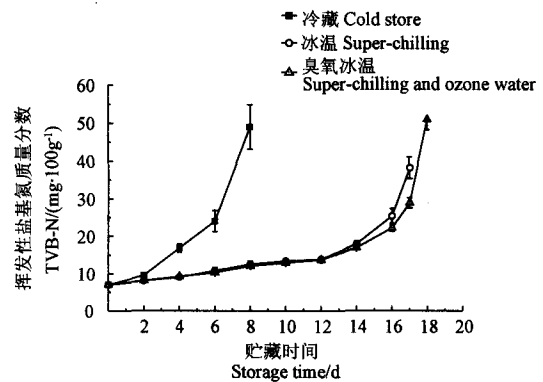


图 2 不同处理鲳鱼挥发性盐基氮的变化

Fig.2 Changes of total volatile basis nitrogen (TVB-N) of pomfret treated with different ways

2.5 硫代巴比妥酸(TBA)的测定

TBA 是反映脂肪氧化程度的重要指标。酶水解和自动氧化是导致脂肪氧化的主要原因, 主要发生在自溶阶段。如图 3 所示, 各个处理组的 TBA 值大体上均保持上升趋势, 冷藏组上升趋势明显大于冰温组和臭氧冰温组, 在贮藏前 14 d 冰温组和臭氧冰温组上升缓慢, 这表明: 冰温贮藏能够明显延缓脂肪的氧化速率。在贮藏过程臭氧冰温组 TBA 值总体低于冰温组, 臭氧水处理能够延缓脂肪的氧化。虽然臭氧具有强氧化性, 脂肪中的不饱和脂肪酸中的双键等容易被氧化, 但经 1.8 mg/L 的臭氧水浸渍 10 min 处理的鲳鱼块可能由于臭氧水浓度过低或处理时间较短等原因而并不会促进脂肪氧化, 而臭氧水对鲳鱼片微生物有一定的抑制作用, 使自由基等促进脂肪氧化物质含量降低, 从而延缓脂肪氧化。Carmen A. C 等^[23]用含臭氧浓度为 0.2 mg/L 的臭氧水贮藏大菱鲆, 与对照组相比在贮藏 7 d 以

后能够显著降低大菱鲆的 TBA 含量 ($P < 0.05$)。

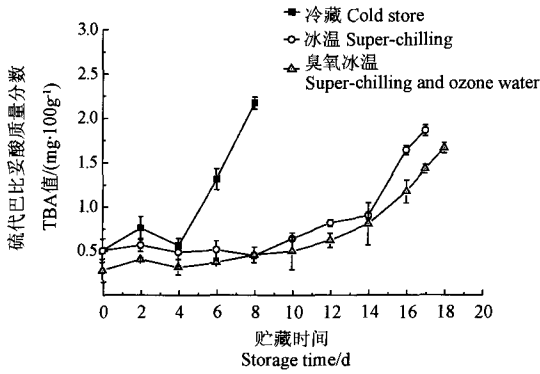


图 3 不同处理鲷鱼硫代巴比妥酸的变化

Fig.3 Changes of thiobarbituric acid (TBA) of pomfret treated with different ways

2.6 三甲氨 (TMA-N) 的变化

三甲胺 $[(CH_3)_3N]$ 是由氧化三甲胺 $[(CH_3)_3NO]$ 在细菌作用下还原生成的。同时微生物代谢也能将卵磷脂等物质生成三甲胺，在鱼肉中三甲胺含量越高，表明其鲜度越差。如图 4 所示，各不同处理组的鲷鱼三甲胺含量在贮藏前期 (前 4 d) 均比较低，在 $2.5 \mu\text{g/g}$ 以下，冷藏组第 4 d 以后明显升高，而冰温组和臭氧冰温组明显低于冷藏组 ($P < 0.01$)，可能原因是冰温能够显著抑制产 TMA 菌等微生物的生长。冰温组和臭氧冰温组在前 14 d，出现上下波动，但均保持在较低含量 ($< 5 \mu\text{g/g}$)，在 14 d 以后出现显著增加，可见臭氧水处理对 TMA-N 在前 14 d 影响效果不显著 ($P > 0.05$)。

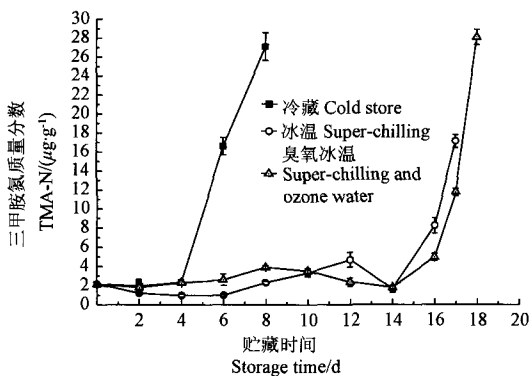


图 4 不同处理鲷鱼三甲胺氮的变化

Fig.4 Changes of trimethylamine nitrogen (TMA-N) of Pomfret treated with different ways

2.7 pH 值的变化

各不同处理方式下鲷鱼块的 pH 值如图 5 所示。在第 2 天为整个贮藏过程最低 pH 值，第 2 天以后冷藏组 pH 值显著上升。冰温和臭氧冰温组在第 4 天出现上升后在 12 d 下降，14 d 后又出现急剧上升，这与 Duun A.S.等^[24]在研究在 -1.4°C 和 -3.6°C 贮藏

大西洋鲑鱼的 pH 值和 Sigholt T.等^[25]在研究贮藏温度对养殖大西洋鲑鱼肉片的影响中的 pH 值有相类似的变化趋势。可能原因是因为在前 12 d，微生物的数量相对比较低，在 pH 值还相对较低时自溶酶的活性尚未完全激活，蛋白质分解产生胺类等碱性物质含量比较低，第 14 天以后随着微生物数量的增长和酶活性的增加，产生大量的碱性物质，使 pH 值急剧上升。这也与鲷鱼的 TVB-N、TMA-N 在前 14 d 上升趋势缓慢相一致。

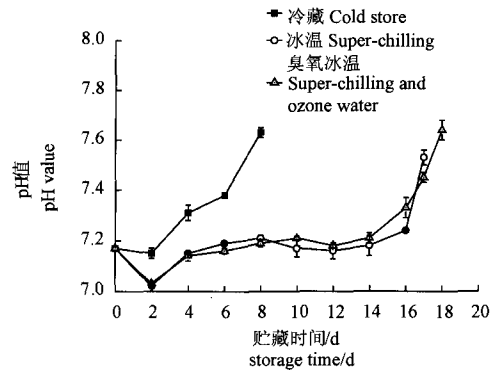


图 5 不同处理鲷鱼 pH 值的变化

Fig.5 Changes of the value of pH value of pomfret treated with different ways

2.8 K 值的变化

研究表明 K 值作为评价鱼种早期的鲜度指标，即杀鱼时的 K 值在 10% 以下，K 值在 20% 以下为一级鲜度标准，可作为生鱼片。20%~40% 为二级鲜度，60% 以下为可供一般食用与加工，60%~80% 为初期腐败^[26]。

如图 6 所示，随着贮藏时间的延长，各不同处理组 K 值均呈现上升趋势，冷藏组显著高于冰温组和臭氧冰温组 ($P < 0.05$)。到第 8 天冷藏组 K 值达 54.98%，而冰温组和臭氧冰温组 K 值分别为 30.32% 和 25.45%。可见，冰温贮藏能延缓 ATP 的降解，延长僵硬期。臭氧冰温组与冰温组 K 值与 TVB-N、TBA、TMA 等指标相比在贮藏初期上升趋势要明显，可能原因是在冷藏与冰温贮藏条件下，在鱼体死亡早期，微生物数量相对较少，鱼体

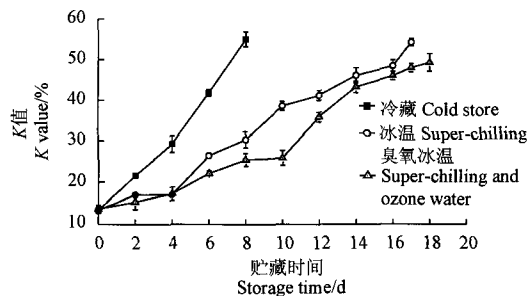


图 6 不同处理鲷鱼 K 值的变化

Fig.6 Changes of the value of K value of pomfret treated with different ways

自身酶仍有活性, K 值与自身的生物化学反应相关作用较大。因此, 与 TMA、TBA 相比, 在贮藏初期 K 值更能反映鲳鱼的新鲜程度。

3 结 论

在冷藏条件下, 鲳鱼块的菌落总数、挥发性盐基氮、硫代巴比妥酸、 K 值的变化速率均显著高于冰温贮藏组和臭氧水处理冰温贮藏组, 三甲胺在贮藏前期(前 4 d)与冰温贮藏无明显差异($P>0.05$), 其货架期为 6 d。而冰温贮藏和臭氧冰温贮藏分别能够保藏 16 和 17 d, 与冷藏相比, 冰温贮藏能够显著延长鲳鱼的货架期 10 d, 是冷藏的 2.7 倍。因此, 冰温贮藏能够有效抑制有害微生物的活动以及各种酶的活性, 显著提升水产品的食用品质, 延长保藏期。

与冰温贮藏组相比臭氧水处理后冰温贮藏能够减少鲳鱼块的初始菌落总数, 显著($P<0.05$)影响鲳鱼的生鱼块感官指标, 而对挥发性盐基氮、硫代巴比妥酸、三甲胺、pH 值等指标影响不明显($P>0.05$)。因臭氧水处理对鲳鱼块的前处理具有一定的辅助作用, 而且除去设备一次性投入(本试验所用设备仅 1.3 万元)外, 只有电费(OZ-6000 功率为 16 W)和水费的支出, 运行成本低。

[参 考 文 献]

- [1] 凌萍华, 谢晶, 赵海鹏, 等. 冰温贮藏对南美白对虾保鲜效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(4): 828—832.
Ling Pinghua, Xie Jing, Zhao Haipeng, et al. Effects of Super-chilling treatment on fresh-keeping of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2010, 26(4): 828—832. (in Chinese with English abstract)
- [2] Bahuaud D, Mørkøre T, Langsrud O, et al. Effects of -1.5°C Super-chilling on quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) pre-rigor Fillets: Cathepsin activity, muscle histology, texture and liquid leakage[J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 329—339.
- [3] Mami A, Emi T, Soyomi H, et al. Effect of super-chilling storage on maintenance of quality and freshness of swordtip squid *loligo edulis*[J]. Food Sci. Technol. Res, 2005, 11(3): 355—361.
- [4] Gallart-Jornet J, Rustad T, Barat J M. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1268—1281.
- [5] Laura P, Marta B, Gabriel S, et al. Use of sterile and ozonized water as a strategy to stabilize the quality of stored refrigerated fresh fish[J]. Food control, 2008, 19(8): 772—780.
- [6] Cao Rong, Liu Qi, Yin Bangzhong, et al. Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf-life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*)[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 108—112.
- [7] 闫师杰, 梁丽雅, 宋振梅, 等. 臭氧水对鲢鱼肉保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 465—468.
Yan Shijie, Liang Liya, Song Zhenmei, et al. Preservative Effect of ozone water treatment on catfish meat[J]. Food Science, 2010, 31(24): 465—468. (in Chinese with English abstract)
- [8] Feng Lifang, Jiang TianJia, Wang Yanbo, et al. Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream (*Sparus macrocephalus*)[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 2915—2921.
- [9] 郭姗姗, 荣建华, 赵思明, 等. 臭氧水处理对冰温保鲜脆肉鲩鱼片品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 469—473.
Guo Shanshan, Rong Jianhua, Zhao Siming, et al. Effect of ozone treatment on quality of crisped grass carp fillets stored at ice temperature[J]. Food Science, 2009, 30(24): 469—473. (in Chinese with English abstract)
- [10] Mami Ando, Hiroko Nakamura, Rie Harada, et al. Effect of super chilling storage on maintenance of freshness of kuruma prawn[J]. Food Sci. Technol. Res, 2004, 10(1): 25—31.
- [11] GB/T 5750.11-2006, 生活饮用水标准检验方法消毒剂指标[S].
- [12] SC/T 3103—2010, 鲜、冻鲳鱼[S].
- [13] 黄晓春, 侯温甫, 杨文鸽, 等. 冰藏过程中美国红鱼生化特性的变化[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 337—340.
Huang Xiaochun, Hou Wenfu, Yang Wenge, et al. Study on changes of biochemical properties of *sciaenops ocellatus* during frozen storage[J]. Food Science, 2007, 28(1): 337—340. (in Chinese with English abstract)
- [14] GB 4789.2—2010, 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数的测定[S].
- [15] Goulas A E, Kontominas M G. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel(*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes[J]. Food Chemistry, 2005, 93(3): 511—520.
- [16] 杨胜平, 谢晶. 不同体积分数 CO_2 对气调冷藏带鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 275—279.
Yang Shengping, Xie Jing. Effect of carbon dioxide concentration on sensory, microbiological and physicochemical properties of *Trichiurus haumela* with modified atmosphere packaging(MAP) during cold storage[J]. 2011, 32(4): 275—279. (in Chinese with English abstract)
- [17] AOAC(1971). Official methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry. Trimethylamine Nitrogen in seafood 971.14[S].
- [18] 邱伟强, 陈刚, 陈舜胜, 等. 离子对反相高效液相色谱法同时检测水产品中 6 种 ATP 关联化合物[J]. 水产学报, 2011, 35(11): 1745—1752.

- Qiu Weiqiang, Chen Gang, Chen Shunsheng, et al. Simultaneous determination of six ATP-related compounds in aquatic using IP-RPLC[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(11): 1745—1752. (in Chinese with English abstract)
- [19] Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58(11): 2125—2136.
- [20] SC/T 3103—1984, 鲜鲷鱼[S].
- [21] Gioacchino B, Cinzea B. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*)[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 47(2): 500—504.
- [22] 杨文鹤, 薛长湖, 徐大伦, 等. 大黄鱼冰藏期间 ATP 关联物含量变化及其鲜度评价[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(6): 217—212.
- Yang Wenge, Xue Changhu, Xu Dalun, et al. Changes of ATP-related compounds contents and evaluation of *Pseudosciaena crocea* meat during iced storage[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2007, 23(6): 217—212. (in Chinese with English abstract)
- [23] Carmen A C, Vanesa L, Oscar R, et al. Evaluation of an ozone-slurry ice Combined refrigerationsystem for the storage of farmed turbot (*psetta maxima*) [J]. *Food Chemistry*, 2006, 97(2): 223—230.
- [24] Duun A S, Rustad T. Quality of super-chilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6°C [J]. *Food Chemistry*, 2008, 106(1): 122—131.
- [25] Sigholt T, Erikson U, Rustad T, et al. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*)[J]. *Journal of Food Science*, 1997, 62(4): 898—905.
- [26] 宋永令, 罗永康, 张丽娜, 等. 不同温度贮藏期间团头鲂品的变化规律[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(4): 104-110.
- Song Yongling, Luo yongkang, Zhang Lina, et al. Study on bream(*Megalobrama amblycephala*)quality variation during storage under different temperatures[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2010, 15(4): 104-110.

Effects of ozone water dipping and super-chilling on improving preservation quality of pomfret fillet

Shi Jianbing, Xie Jing*, Gao Zhili, Xiong Qing

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing and Preservation, Shanghai 201306, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the impact of normal cold store, super-chilling and super-chilling combined with ozone water on the quality of pomfret fillets, to prolong the shelf-life. Based on the freezing curve, the freezing point of the pomfret was -1.2°C . Therefore the temperature of the storage of super-chilling was set at -0.6°C and the temperature fluctuation of refrigerator was less than $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ measured by thermocouple multi-point temperature collection instrument. The concentration of ozone water was measured 1.8mg/L by iodimetry. The sensory evaluation, the aerobic plate count(APC), total volatile basis nitrogen(TVB-N), thiobarbituric acid(TBA), trimethylamine(TMA), pH value and the value of K were determined. The results showed that the shelf-life of the pomfret fillets was 6 days under the normal cold store and the score of the sensory evaluation of the pomfret fillets was rather lower than that under the other treatments, from the 2nd day ($P<0.05$). The rate of change of APC, TVB-N, TBA, and values of K of the samples under normal cold store were significantly higher than those under the other treatments. The TVB-N, TBA, and TMA of the samples treated with super-chilling and super-chilling combined with ozone water significantly increased after the 14th day, and the shelf-life was increased to 10 days and 11 days, respectively. Compared with the storage of super-chilling the initiative aerobic plate counts could be reduced by dealing with super-chilling combined with ozone water, therefore the shelf-life of the pomfret fillets could be prolonged, while the TVB-N, TBA, TMA and pH value had no difference from those by only super-chilling ($P>0.05$). Super-chilling could restrain the change of APC and the enzyme activity and had a remarkable effect on prolonging the shelf-life of pomfret fillets. During the storage, super-chilling combined with ozone water had no significantly effect on microorganism and the enzyme activity, even reducing the rate of lipid oxidation. Compared with TMA and TBA, the value of K could better reflect the freshness of pomfret fillet at the beginning of storage. Super-chilling combined with ozone water has an auxiliary function on the pre-processing with low operation cost. The results will offer theory reference to the storage of pomfrets.

Key words: storage, ozone water treatment, aquaculture, super-chilling, fresh preservation