

臭氧水浓度对鳙鱼头减菌效果及鲜度品质的影响

安玥琦^{1,2}, 郭丹婧¹, 贾磊¹, 熊善柏^{1,2*}

(1. 华中农业大学食品科技学院, 武汉 430070; 2. 水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 常德 415000)

摘要: **目的** 研究不同浓度臭氧水对鳙鱼头减菌效果的影响, 确定鳙鱼头最佳臭氧水减菌化条件, 为鳙鱼头的冰温保鲜奠定基础。**方法** 采用气液混合法制备不同浓度的臭氧水, 通过菌落总数及硫代巴比妥酸(TBA)值、挥发性盐基氮(TVB-N)值、K值和pH值反映臭氧水浓度对鳙鱼头减菌效果的影响。**结果** 高浓度臭氧水能显著提高鱼头的减菌率、降低其TVB-N值和K值($P<0.05$), 对TBA值及pH值无显著影响($P>0.05$)。淋洗时间对鳙鱼头的减菌率有显著影响($P<0.05$)。**结论** 用浓度为7.8 mg/L臭氧水淋洗处理鳙鱼头5 min, 其减菌率可达90.43%, 且TBA值、TVB-N值和K值均较低, 减菌效果较好。

关键词: 臭氧水; 减菌化; 鳙鱼头

Effects of ozone water on sterilization pretreatments and freshness quality of bighead carp heads

AN Yue-Qi^{1,2}, GUO Dan-Jing¹, JIA Lei¹, XIONG Shan-Bai^{1,2*}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Collaborative Innovation Center for Efficient and Health Production of Fisheries in Hunan Province, Changde 415000, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of different concentrations of ozone in water on reducing bacteria of bighead carp head, and identify a optimum ozone water sterilization conditions of bighead, which could lay the foundation for ice-temperature preservation of bighead. **Methods** The water solution with different concentrations of ozone was prepared by a gas-liquid mixing pump. The effects of ozone water sterilization pretreatments on the freshness quality of bighead carp heads was evaluated by bacteria reduction rate, 2-thiobarbituric acid (TBA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), K value and pH. **Results** High concentration ozone water had a significant effect on increasing the bacteria reduction rate, decreasing TVB-N and K value ($P<0.05$). However, no significant influence on TBA value or pH value ($P>0.05$) had been observed. Leaching time had considerable influence on aerobic bacterial count ($P<0.05$). **Conclusion** Five minutes treatment with 7.8 mg/L ozone water was selected as optimum with the bacterial number reduced by 90.43%, and the lower TBA, TVB-N and K value.

KEY WORDS: ozone water; sterilization pretreatments; bighead carp heads

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-46-23)、“十二五”国家科技支撑计划(2013BAD19B10)

Fund: Supported by China Agriculture Research System (CARS-46-23) and the National Science & Technology Pillar Program during the 12th Five-Year Plan Period (2013BAD19B10)

*通讯作者: 熊善柏, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水产品加工及贮藏工程。E-mail: xiongsb@mail.hzau.edu.cn

*Corresponding author: XIONG Shan-Bai, Professor, Doctoral Tutor, College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, No. 1, Shizishan Street, Hongshan District, Wuhan 430070, China. E-mail: xiongsb@mail.hzau.edu.cn

1 引言

鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)是我国四大家鱼之一,全国年产量高达 285 万吨^[1],鳙鱼头大而肥,味道鲜美,富含蛋白质和不饱和脂肪酸,深受消费者喜爱^[2]。然而淡水鱼肌肉组织细嫩、酶作用旺盛,宰杀后鱼体会在酶和微生物的作用下发生物理生化变化,导致鲜度下降、品质变差,甚至引起食品安全问题^[3]。因此,采取适宜保鲜处理对水产品鲜度和品质的保持显得极为重要。

臭氧水溶液有很强的杀菌作用,可杀灭各种微生物,因其杀菌作用快速、广谱,且杀菌处理后无残留,已经广泛应用于医药、食品等行业^[4]。郭姗姗、余海霞、Rowe 等^[5-7]学者已研究了臭氧水减菌处理对淡水鱼、海水鱼等品质的影响,通常所用的臭氧水都是用臭氧发生器直接充气法制备的较低浓度的臭氧水(< 2 mg/L)。然而郝淑贤等^[8]提出,低浓度臭氧水对水产品本身或内部潜藏的菌体的杀菌效果较弱,必须达到一定浓度,否则难以保证杀菌效果。鳙鱼头部较厚,用低浓度臭氧水抑菌方法很难达到预期效果,且鳙鱼头部有腮的存在,极易被微生物污染,故为了延长产品货架期,需要提高臭氧的浓度,以期提高减菌能力。但高浓度臭氧水的氧化性较强,可能对原料的品质有一定影响,目前关于这方面的报道并不多见。

本实验以鳙鱼头为研究对象,采用气液混合法制备不同浓度的臭氧水,对其进行不同浓度和淋洗时间的臭氧水减菌化处理,探讨鳙鱼头品质的变化,确定最佳臭氧水减菌化处理条件。

2 材料与方法

2.1 实验材料

鳙鱼,1.5~2 kg/尾,购于湖北省武汉市华中农业大学菜市场,并在冰水中保温运送至实验室。

ATP(三磷酸腺苷)、ADP(二磷酸腺苷)、AMP(一磷酸腺苷)、IMP(肌苷酸)、HxR(肌苷)、Hx(次黄嘌呤)标准品,上海晶纯实业有限公司。

2.2 实验仪器

SY-10 型臭氧发生器、SY-SB40 型臭氧水机(徐州胜亚臭氧设备有限公司);MIR-253 型低温恒温培养箱(日本三洋集团);LC-10A 型岛津高效液相色谱

仪(日本岛津仪器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 高浓度臭氧水的制备

选用气液混合法制备高浓度臭氧水^[9]。其制备条件为:采用臭氧水机,水温 5 ℃,氧气流量 2 L/min,水压表压力 0.2 MPa,水箱贮水量 100 L。该条件下,假设某时刻水中臭氧含量的增加速率与该条件下水中臭氧饱和浓度与当前浓度的差值成正比,则水中的臭氧含量与充气时间符合模型(1):

$$Q=26.17(1-e^{-0.077t}) \quad (1)$$

式中,26.17 为饱和状态下水中臭氧含量,mg/L;0.077 为臭氧在水中的溶解速率常数; Q 为水中臭氧含量,mg/L; t 为充气时间,min。按照上述条件依次通氧 45、120、165、275、375 s 后,可使水中的臭氧浓度依次达到 1.5、3.5、5、7.8、10 mg/L。

2.3.2 水中臭氧含量测定

参考 Khadre^[10]的方法测定。

2.3.3 鳙鱼头的处理

新鲜鳙鱼经宰杀、三去(去鳞、去鳃、去内脏)、清洗并切下头部,并从中间劈开两半。将鳙鱼头分别采用不同浓度的臭氧水(10 ℃)淋洗杀菌不同时间(1、3、5、7、9 min),然后于无菌操作台中沥干,在 1 h 内依次完成所有指标测定所需样品的准备。

2.3.4 细菌总数的测定

按 GB/T 4789.2-2003《食品卫生微生物学检验:菌落总数测定》规定的方法进行稀释平板计数。

2.3.5 减菌率的计算

减菌率定义为使用减菌剂处理样品后所能杀死的细菌量占减菌剂处理前细菌总数的比例。计算公式为:

$$\text{减菌率}(\%) = (\text{处理前细菌总数} - \text{处理后细菌总数}) / \text{处理前细菌总数} \times 100$$

2.3.6 硫代巴比妥酸(TBA)值的测定

参照 Ali 等^[11]的方法测定。

2.3.7 挥发性盐基氮(TVB-N)含量测定

按照 GB5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》微量扩散法测定。

2.3.8 K 值的测定

参考 Kuda^[12]的方法,用 HPLC 法测定 K 值。称取 5.00 g 样品置于离心管中,加入 20 mL 预先冷却的 6% 高氯酸溶液,用高速分散均质机匀浆两次(10000 r/min, 2×20 s);用同浓度的高氯酸 10 mL 洗涤分散均质机刀具 1 次,洗液并入离心管中,离心

(4 °C, 10000 r/min, 10 min)后吸取上清液; 沉淀用 10 mL 同浓度的高氯酸洗涤、离心, 合并两次上清液用 5 mol/L 和 0.5 mol/L NaOH 调节 pH 至 6.5; 用高纯水定容至 50 mL 经 0.45 μm 滤膜过滤, 取 10 μL 进样分析。

HPLC 检测条件: 色谱柱 ZORBAX SB-Aq (4.6 mm×250 mm, 5 μm), 柱温 30 °C, 检测波长 254 nm; 洗脱液 A 为 0.05 mol/LKH₂PO₄-K₂HPO₄, 洗脱液 B 为甲醇, A:B=85:15。

$K(\%)=100 \times (\text{HxR}+\text{Hx})/(\text{ATP}+\text{ADP}+\text{AMP}+\text{IMP}+\text{HxR}+\text{Hx})$ 式中, ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx 分别代表其质量分数, mg/L。

2.3.9 pH 值的测定

取绞碎鱼肉 10.00 g 于烧杯中, 加入双蒸水 100 mL 搅拌后静置 35 min。后过滤, 取其滤液用 pH 计进行测定。

2.3.10 数据处理

所有试验均重复 3 次, 取其平均值, 应用 SAS 8.0 软件和 Excel 软件进行数据分析, 组内显著性分析采用 Duncan 检验。

3 结果与分析

3.1 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头减菌率的影响

对鳙鱼头进行臭氧水减菌化处理后的减菌率见表 1。试验中各批原料初始携菌量在同一个数量级, 质量浓度为 1.5、3.5、5.0、7.8、10.0 mg/L 的臭氧水处理鳙鱼头的空白含菌量分别为 4.78、4.48、4.39、4.40 和 4.35 log cfu/g。由表 1 可知, 随着臭氧水浓度

和淋洗时间的增加, 减菌率不断提高, 当臭氧水浓度为 1.5 mg/L 和 3.5 mg/L 时, 淋洗时间对鳙鱼头减菌率有显著影响($P<0.05$), 当臭氧水浓度超过 5 mg/L 时, 鳙鱼头减菌率在淋洗 7 min 后基本保持不变($P>0.05$)。当臭氧水浓度为 7.8 mg/L, 处理时间为 5 min 时, 其菌落总数仅为 0.42 log cfu/g, 减菌率可达到 90.43%, 且随着淋洗时间的延长减菌率无显著差异($P>0.05$)。而继续提高臭氧水浓度达到 10 mg/L, 其减菌率依然需要在淋洗时间超过 5 min 后超过 90%。这说明高浓度臭氧水处理 5 min 以上可以有效降低鳙鱼头的初始菌落总数, 减菌效果优于低浓度臭氧水, 保证了后期冰温保鲜的效果, 有利于延长鳙鱼头保质期。这是因为臭氧在水中不断发生还原反应所产生的单原子氧[O]和羟基均具有极强的氧化能力和破坏病原体细胞膜并渗透到细胞膜内杀死病原体的能力, 可实现良好的减菌效果。袁勇军等^[13]研究发现臭氧对牡蛎有一定的杀菌效果, 较高浓度和较长时间的处理杀菌效果较好。王萍等^[14]用 6 mg/L 臭氧水处理军曹鱼片, 当处理时间超过 5 min 时, 减菌率可达 93%以上, 且用臭氧处理对鱼片的感官品质影响最小。

3.2 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头 TBA 值的影响

TBA(2-thiobarbituric acid)值与肉类食品脂肪氧化有关, 脂肪氧化越严重, 产生的醛酮类化合物越多, TBA 值就越大, 因此常用来判定水产品贮藏早期脂肪氧化程度。由于臭氧水减菌化处理过程中会产生具有较高氧化还原电势的超氧阴离子自由基, 结合生成[HO₂·], 可以引起鱼肉脂质过氧化^[15]。

表 1 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头减菌率的影响($n=3$)

Table 1 The effect of ozone water treatment on the bacteria reduction rate of the head of bighead carp ($n=3$)

指标	淋洗时间 (min)	臭氧水浓度				
		1.5 mg/L	3.5 mg/L	5.0 mg/L	7.8 mg/L	10.0 mg/L
减菌率 (%)	1	23.60±2.78 ^{eC}	34.83±5.63 ^{dD}	63.37±1.91 ^{eB}	65.17±2.27 ^{cB}	74.83±0.71 ^{eA}
	3	38.20±3.02 ^{dB}	46.63±4.27 ^{cC}	75.45±7.45 ^{bA}	78.60±4.19 ^{bA}	80.51±1.59 ^{dA}
	5	55.06±4.47 ^{bcB}	57.30±2.53 ^{cB}	82.73±1.81 ^{bA}	90.43±7.76 ^{aA}	88.31±0.32 ^{cA}
	7	64.83±6.25 ^{baC}	82.02±5.29 ^{bb}	89.49±3.37 ^{aAB}	93.93±5.86 ^{aA}	94.38±1.59 ^{bA}
	9	72.47±8.27 ^{aB}	90.22±4.15 ^{aA}	91.52±4.18 ^{aA}	96.35±2.00 ^{aA}	97.53±2.30 ^{aA}

注: 小写字母不同表示同列数据有显著性差异, 大写字母不同表示同行数据有显著性差异, 显著性水平 $P<0.05$ 。

臭氧水处理对鳙鱼头 TBA 值的影响见表 2, 由表可知, 当用浓度为 1.5 mg/L 的臭氧水淋洗后, 鳙鱼头的 TBA 值均较高, 直到淋洗 9 min 后其脂肪氧化程度才略有降低, 这可能是因为 1.5 mg/L 臭氧水淋洗处理的抑菌效果较差, 鳙鱼头的脂肪氧化并不是由臭氧水引起的, 而是微生物影响了测定结果。当臭氧水浓度大于 3.5 mg/L 时, 随着淋洗时间的延长, 鳙鱼头的 TBA 值基本呈现升高趋势, 但是当臭氧水浓度大于 5 mg/L 后, TBA 值随淋洗时间并无明显变化($P>0.05$)。用 3.5 mg/L 臭氧水减菌处理的鳙鱼头的过氧化值最低(0.73~1.13 mg/kg), 用 10 mg/L 臭氧水浓度处理的鳙鱼头的过氧化值较高(1.71~2.00 mg/kg), 而用 5.0 mg/L 和 7.8 mg/L 臭氧水处理的鳙鱼头的过氧化值基本为 1.6 mg/kg 左右。对照表 1 的减菌率, 用 7.8 mg/L 臭氧水淋洗 5~7min 时的鳙鱼头的 TBA 值为 1.53 mg/kg 和 1.55 mg/kg, 说明该条件下臭氧水减菌处理不会造成鳙鱼头过氧化。然而在贮藏过程中鱼肉产生较多的丙二醛, TBA 上升^[16], 为克服脂肪氧化, 需进一步研究。

3.3 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头 TVB-N 的影响

TVB-N(挥发性盐基氮)是指动物性食品由于自

身酶和细菌的共同作用, 使蛋白质等含氮化合物分解, 而产生的氨以及胺类等挥发性碱性含氮化合物, 是鱼肉新鲜度的指标之一。臭氧水处理对鳙鱼头 TVB-N 的影响见表 3, 由表可以看出, 在研究范围内, 鳙鱼头的 TVB-N 含量均远远低于《GB 2733-2005 鲜(冻)动物性水产品卫生标准》中淡水鱼虾卫生标准(20 mg/L)。当臭氧水浓度较低(1.5 mg/L 和 3.5 mg/L)时, 鳙鱼头的 TVB-N 含量随着淋洗时间的增加而增加, 这可能是因为减菌效果不明显导致的。而在 10 mg/L 臭氧水的淋洗下, 鳙鱼头的 TVB-N 含量也由于臭氧的氧化作用影响了其新鲜度。5 mg/L 臭氧水处理后的鳙鱼头的 TVB-N 低于其他浓度的臭氧水处理鳙鱼头, 当淋洗时间为 9 min 时达到最小值 9.38 mg/kg。可见 5 mg/L 臭氧水淋洗较长时间可有效降低鳙鱼头的 TVB-N 值, 这与袁勇军等^[13]等的研究结果一致, 在牡蛎的冷藏保鲜过程中, 用 3.36 mg/L 臭氧水淋洗 15 min 样品的 TVB-N 值在第 8 d 后超标, 而未经臭氧处理的样品在 d 4 则超出国家标准。

表 2 臭氧水处理对鳙鱼头的 TBA 值的影响($n=3$)

Table 2 The effect of ozone water treatment on the TBA value of the head of bighead carp($n=3$)

指标	淋洗时间 (min)	臭氧水浓度				
		1.5 mg/L	3.5 mg/L	5.0 mg/L	7.8 mg/L	10.0 mg/L
TBA 值 (mg/kg)	1	2.13±0.18 ^{aA}	0.73±0.08 ^{cC}	1.22±0.43 ^{aBC}	1.71±0.21 ^{aAB}	1.71±0.51 ^{aAB}
	3	1.74±0.33 ^{abA}	0.81±0.09 ^{bcB}	1.76±0.62 ^{aA}	1.50±0.23 ^{bb}	2.00±0.06 ^{aA}
	5	1.94±0.19 ^{abA}	1.01±0.24 ^{abB}	1.68±0.11 ^{aAB}	1.53±0.51 ^{abAB}	1.88±0.66 ^{aA}
	7	2.08±0.19 ^{abA}	1.05±0.13 ^{abC}	1.58±0.40 ^{aB}	1.55±0.34 ^{abB}	1.83±0.11 ^{aAB}
	9	1.64±0.22 ^{bb}	1.13±0.02 ^{aC}	1.73±0.08 ^{aB}	2.07±0.23 ^{aA}	1.91±0.12 ^{aAB}

注: 小写字母不同表示同列数据有显著性差异, 大写字母不同表示同行数据有显著性差异, 显著性水平 $P<0.05$

表 3 臭氧水处理对鳙鱼头的 TVB-N 的影响($n=3$)

Table 3 The effect of ozone water treatment on the TVB-N content of the head of bighead carp ($n=3$)

指标	淋洗时间 (min)	臭氧水浓度				
		1.5 mg/L	3.5 mg/L	5.0 mg/L	7.8 mg/L	10.0 mg/L
TVB-N (mg/kg)	1	11.04±0.24 ^{baB}	11.29±0.20 ^{bb}	10.00±0.20 ^{bc}	11.88±0.18 ^{aA}	9.83±0.23 ^{bc}
	3	10.51±0.45 ^{bbC}	10.96±0.12 ^{cB}	10.85±0.18 ^{ab}	11.87±0.16 ^{aA}	10.20±0.46 ^{bc}
	5	11.39±0.38 ^{aA}	10.85±0.16 ^{cB}	9.47±0.13 ^{dcC}	10.81±0.20 ^{bb}	9.82±0.10 ^{bc}
	7	11.59±0.34 ^{aA}	11.53±0.21 ^{ba}	9.69±0.17 ^{cC}	10.71±0.12 ^{bb}	10.87±0.17 ^{ab}
	9	11.38±0.26 ^{aB}	12.51±0.14 ^{aA}	9.38±0.11 ^{dc}	10.90±0.16 ^{bb}	11.21±0.55 ^{aB}

注: 小写字母不同表示同列数据有显著性差异, 大写字母不同表示同行数据有显著性差异, 显著性水平 $P<0.05$ 。

3.4 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头 K 值的影响

鱼死后 ATP 逐步降解为 ADP、AMP、IMP、HxR、Hx, 经研究发现 ATP 的降解与鲜度之间存在线性关系, 目前已普遍采用 K 值反应鱼肉僵直期至自溶阶段的不同鲜度。臭氧水处理对鳙鱼头 K 值的影响见表 4, 由表可知, 不同条件处理的鳙鱼头的 K 值都低于新鲜鱼肉的最大值(<20%^[16])。臭氧水浓度对鳙鱼头的 K 值有显著性影响($P < 0.05$), 臭氧水浓度超过 5.0 mg/L, K 值明显减小($P > 0.05$), 鳙鱼头越新鲜。在同一臭氧水浓度下, 淋洗时间对鳙鱼头的 K 值的影响变化趋势并不明显。臭氧水浓度为 7.8 mg/L, 淋洗 5 min 以上时, 鳙鱼头的 K 值较低, 该条件可以有效控制鳙鱼头的鲜度, 为冰温保鲜创造了良好的条件。

3.5 臭氧水中臭氧浓度对鳙鱼头 pH 值的影响

pH 值反映了鱼肉的酸碱度, 僵直期内的鱼肉由于 ATP 分解产生磷酸等酸性物质, 使 pH 值下降, 对鱼肉的鲜度和品质产生影响。臭氧水处理对鳙鱼头 pH 值的影响见表 5, 但 pH 值并没有随着臭氧水浓度和淋洗时间的增加表现出明显的规律性, 这是因为臭氧在水中电离分解产生的很多降解产物, 如羟基自由基、超氧阴离子自由基及氢化臭氧自由基等, 从而影响体系的 pH 值^[15]。除此之外, 影响 pH 值的因素还有很多, 比如微生物代谢鱼肉中的糖类产酸, 致使鳙鱼头 pH 值下降, 而微生物还可分解鱼体中的蛋白质产生碱性的氨或胺类物质, 从而使 pH 值上升^[17]。但由表 5 可以看出, 在研究范围内, 鳙鱼头的 pH 值均 7.00, 接近鲜活鱼的 pH, 能间接控制鳙鱼头冰温保鲜之前的鲜度和品质。

表 4 臭氧水处理对鳙鱼头 K 值的影响($n=3$)

Table 4 The effect of ozone water treatment on the K value of the head of bighead carp ($n=3$)

指标	淋洗时间 (min)	臭氧水浓度				
		1.5 mg/L	3.5 mg/L	5.0 mg/L	7.8 mg/L	10.0 mg/L
K 值(%)	1	11.36±0.30 ^{bcA}	10.14±0.40 ^{cB}	11.44±0.11 ^{bA}	7.69±0.81 ^{aC}	6.73±0.16 ^{dD}
	3	11.67±0.17 ^{baA}	11.17±0.34 ^{baA}	11.49±0.61 ^{bA}	8.16±0.18 ^{aB}	6.42±0.10 ^{cC}
	5	10.82±0.28 ^{dB}	11.96±0.53 ^{aA}	11.50±0.12 ^{bA}	7.72±0.19 ^{aD}	8.28±0.14 ^{baC}
	7	11.92±0.19 ^{aA}	10.97±0.60 ^{bcB}	10.93±0.11 ^{bB}	7.50±0.11 ^{aD}	8.13±0.17 ^{bcC}
	9	11.05±0.27 ^{dcB}	10.60±0.21 ^{bcC}	12.24±0.13 ^{aA}	6.67±0.14 ^{bE}	8.49±0.10 ^{aD}

注: 小写字母不同表示同列数据有显著性差异, 大写字母不同表示同行数据有显著性差异, 显著性水平 $P < 0.05$ 。

表 5 臭氧水处理对鳙鱼头的 pH 值的影响($n=3$)

Table 5 The effect of ozone water treatment on the pH value of the head of bighead carp ($n=3$)

指标	淋洗时间 (min)	臭氧水浓度				
		1.5 mg/L	3.5 mg/L	5.0 mg/L	7.8 mg/L	10.0 mg/L
pH 值	1	6.95±0.01 ^{aA}	6.73±0.08 ^{aB}	6.88±0.12 ^{aAB}	6.78±0.00 ^{aB}	6.79±0.13 ^{aAB}
	3	7.00±0.11 ^{aA}	6.67±0.09 ^{baC}	6.82±0.04 ^{aBC}	6.74±0.09 ^{aBC}	6.88±0.04 ^{aAB}
	5	6.96±0.11 ^{aA}	6.54±0.02 ^{bB}	6.82±0.10 ^{aA}	6.82±0.06 ^{aA}	6.88±0.03 ^{aA}
	7	6.87±0.04 ^{baA}	6.72±0.08 ^{aB}	6.79±0.12 ^{aAB}	6.79±0.06 ^{aAB}	6.77±0.01 ^{aAB}
	9	6.79±0.08 ^{aA}	6.57±0.06 ^{bB}	6.78±0.11 ^{aA}	6.73±0.01 ^{aA}	6.81±0.05 ^{aA}

注: 小写字母不同表示同列数据有显著性差异, 大写字母不同表示同行数据有显著性差异, 显著性水平 $P < 0.05$ 。

4 结 论

臭氧水浓度与处理时间对鳙鱼头的减菌率有显著影响($P<0.05$); 高浓度臭氧水能显著提高减菌率, 降低 TVB-N 值和 K 值, 对 TBA 值及 pH 值无显著影响($P>0.05$)。淋洗时间对鳙鱼头的减菌率有显著影响($P<0.05$)。高浓度臭氧水处理能不破坏鳙鱼头的品质并有效杀灭鳙鱼头绝大部分的微生物, 有良好的减菌效果。当臭氧水浓度为 7.8 mg/L 时, 臭氧水对中间切分鳙鱼头处理 5 min 减菌率可达到 90.43%, 且 TBA 值、TVB-N 值和 K 值均较低, 所以最佳臭氧水减菌化条件为: 臭氧水浓度 7.8 mg/L, 淋洗时间 5 min。

参考文献

- [1] 中国渔业统计年鉴: 2013 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
China fishery statistical yearbook: 2013 [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2013.
- [2] 刘海梅, 刘丹丹, 吉红, 等. 鳙鱼头食用价值的研究[J]. 中国食物与营养, 2008, (6): 53–55.
Liu HM, Liu DD, Ji H, *et al.* Research on edible value of bighead carp heads [J]. Food Nutr China, 2008, (6): 53–55.
- [3] Gram L, Huss HH. Microbiological spoilage of fish and fish products [J]. Int J Food Microbiol, 1996, 33: 121–137.
- [4] Yang J, Dong Q. Application of ozone sterilization in food industry [J]. Sci Technol Food Ind, 2009, 5: 111.
- [5] 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 SS, Rong JH, Zhao SM, *et al.* Effect of ozone treatment on quality of crisped grass carp fillets stored at ice temperature [J]. Food Sci, 2009, 30(24): 469–473.
- [6] 余海霞, 任西营, 杨志坚, 等. 超滤结合臭氧处理的海水对加工过程中鱿鱼品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 163–168.
Yu HX, Ren XY, Yang ZJ, *et al.* The quality of squid treated by ultrafiltration and ozone [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(3): 163–168.
- [7] Rowe KM, Skonberg D, Bushway A, *et al.* Application of ozone sprays as a strategy to improve the microbial safety and quality of salmon fillets [J]. Food Control, 2012, 25(2): 464–468.
- [8] 郝淑贤, 李来好, 杨贤庆, 等. 臭氧水对水产品中微生物的杀菌效果研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(2): 72–73.
Hao SX, Li LH, Yang XQ, *et al.* Study of ozone water on killing microbial in fishery products [J]. Mod Food Sci Technol, 2005, 21(2): 72–73.
- [9] 陈颖, 仇农学. 臭氧水稳定性及对耐热菌冷杀菌的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 10(9): 18–20.
Chen Y, Chou NX. Research on stability of ozone in water and its non-thermal sterilizing effect on *Alicyclobacillus* [J]. Transactions CSAE, 2007, 10(9): 18–20.
- [10] Khadre MA, Yousef AE, Kim JG. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review [J]. J Food Sci, 2001, 66(9): 1242–1252.
- [11] Ali FHM. Quality evaluation of some fresh and imported frozen seafood [J]. Adv J Food Sci Technol, 2011, 3(1): 83–88.
- [12] Kuda T, Fujita M, Goto H, *et al.* Effects of retort conditions on ATP-related compounds in pouched fish muscle [J]. LWT-Food Sci Technol, 2008, 41(3): 469–473.
- [13] 袁勇军, 陆宇波, 陈伟, 等. 臭氧处理和低温保藏对牡蛎保鲜效果研究[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 137–140.
Yuan Y J, Lu Y B, Cheb W, *et al.* Study on preservation of oyster by ozone and low-temperature treatment [J]. Food Sci Technol, 2009, 34(10): 137–140.
- [14] 王萍, 吴燕燕, 李来好, 等. 4 种减菌剂对军曹鱼片的减菌作用[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 283–288.
Wang P, Wu YY, Li LH, *et al.* Sterilization effects of four kinds of sterilization agents on cobia fillets [J]. Food Sci, 2010, 31(21): 283–288.
- [15] 赵永强. 罗非鱼片臭氧减菌化处理中自由基的产生及其对产品品质与安全性的影响[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
Zhao YQ. Free radical producing in ozone sterilization pretreatment of Nile tilapia fillets and its effects on product quality and safety [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013.
- [16] Saito T, Arai K, Matsugoshi MA. A new method for estimating the freshness of fish [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1959, 24: 749–750.
- [17] 顾卫瑞, 郭姗姗, 熊善柏, 等. 不同减菌方式对冰温贮藏草鱼片品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(2): 236–240.
Gu WR, Guo SS, Xiong SB, *et al.* Effect of different treatments on qualities of grass carp slices during controlled freezing-point storage [J]. J Huazhong Agric Univ, 2010, 29(2): 236–240.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



安玥琦, 博士研究生, 主要研究方向
为水产品加工及贮藏工程。
E-mail: ayq19911111@126.com



熊善柏, 教授, 博士生导师, 主要研究
方向为水产品加工及贮藏工程。
E-mail: xiongsb@mail.hzau.edu.cn

“食品加工与贮藏保鲜新技术”专题征稿函

民以食为天。食品的安全与质量, 直接关系到民族的健康和体质, 影响到国家或地区的政治安定和社会进步。而食品的加工质量与贮藏安全性与食品加工与贮藏保鲜技术的成熟与革新息息相关。近年来, 基因工程、酶工程、发酵工程、细胞工程、辐照技术、超临界流体萃取技术、微胶囊技术、膜分离技术、超高压技术、脉冲电场技术等被广泛应用于食品的加工与贮藏保鲜, 为食品工业的发展注入了新活力。

鉴于此, 本刊特别策划“食品加工与贮藏保鲜新技术”专题, 由江南大学的张愨教授担任专题主编。专题将围绕食品工业中食品微细化处理、食品混合、食品干燥、食品成分提取与分离、食品浓缩与结晶、食品膨化、食品杀菌、食品低温处理与贮藏保鲜、食品包装等各个环节中的高新技术展开, 探讨技术原理、技术特点、优势与局限性、影响因素、工艺及设备、应用实践等各个方面展开讨论, 计划在 2016 年 1 月正式出版。

本刊主编 **吴永宁 研究员** 与 **张愨 教授** 与本刊特邀请您撰稿, 展示您的研究成果与学术发现, 以为为食品加工与贮藏保鲜新技术的推广应用、科研开发提供理论和实践指导。请您请在 2015 年 12 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部