

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20240527002

http://www.yykxjz.cn/

姜晓东, 王颖, 侯富晟, 李红艳, 张帅中, 孙元芹, 刘天红. 不同预处理方法对虹鳟保鲜品质的影响. 渔业科学进展, 2024, 45(5): 234-244

JIANG X D, WANG Y, HOU F S, LI H Y, ZHANG S Z, SUN Y Q, LIU T H. Effect of different pretreatment methods on the preservation quality of *Oncorhynchus mykiss*. Progress in Fishery Sciences, 2024, 45(5): 234-244

不同预处理方法对虹鳟保鲜品质的影响*

姜晓东^{1,2} 王颖^{1,2①} 侯富晟^{1,2} 李红艳^{1,2}
张帅中^{1,2} 孙元芹^{1,2} 刘天红^{1,2}

(1. 山东省海洋科学研究院 山东 青岛 266104; 2. 青岛市水生生物品质评价工程研究中心 山东 青岛 266104)

摘要 为研究不同预处理方法对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)鱼肉贮藏期间品质的影响,减缓鱼肉腐败速度,延长货架期。本研究设置冷盐水(含盐量为3%、温度为4℃)、微酸性电解水[pH为6.35、氧化还原电位(oxidation reduction potential, ORP)为900 mV、有效氯含量(available chlorine concentration, ACC)为50 mg/L、室温]2个预处理组,并在各预处理组中设置不同预处理时间,分别为冷盐水处理20、40、60 min和微酸性电解水处理5、10、15 min,以菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)值、持水力、蒸煮损失率、pH、色度和感官评价为指标,以未经任何处理的虹鳟鱼肉为对照,对比不同预处理方法及时间在4℃、9 d贮藏期间虹鳟鱼肉品质的变化。结果显示,2种预处理方法均能有效抑制虹鳟腐败。微酸性电解水处理对抑制虹鳟菌落总数和TVB-N的升高、维持虹鳟鱼肉的持水力、延缓贮藏过程中的pH、色度和感官变化速率的效果较冷盐水预处理更好;冷盐水预处理可延长虹鳟冷藏货架期1 d,微酸性电解水预处理可延长货架期2 d。冷盐水预处理60 min、微酸性电解水预处理10 min分别为各组最佳预处理时间。研究表明,微酸性电解水预处理10 min能有效改善4℃贮藏条件下虹鳟保鲜品质,延长其货架期。本研究为虹鳟保鲜和预处理方式的选择提供了科学依据。

关键词 虹鳟; 冷盐水; 微酸性电解水; 新鲜度

中图分类号 S396 文献标识码 A 文章编号 2095-9869(2024)05-0234-11

虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*),又名彩虹鳟、三文鳟,是一种营养价值和营养价值较高的优质食用鱼类,因其肉质细嫩、弹性十足、味道鲜美、营养丰富,深受消费者的喜爱。然而由于虹鳟自身水分与脂肪含量高、体内酶类活性强等特性(Yun *et al*, 2013),在贮藏、运输和销售过程中极易发生腐败变质。

不同预处理技术在水产保鲜领域应用广泛。冷盐水因其传热系数大,冷却速度比风冷快,可有效保证

水产品鲜度。利用盐水在0℃以下结冰的原理,通过制冷剂与冰块共同降低温度,使水产品保持冷却,可降低微生物活动频率、相关酶类及化学反应效率(Amusat *et al*, 2022),实现在较低能耗下保鲜的目的(严凌苓等, 2013)。微酸性电解水因其pH较低、有效氯含量(available chlorine concentration, ACC)和氧化还原电位(oxidation reduction potential, ORP)高(Dewi *et al*, 2017)等特点,被广泛应用于杀菌消毒领域,具

* 中央引导地方科技发展专项资金“鲑鳟鱼精深加工关键技术创新及产业化示范”(YDZX202216)和青岛市海洋科技创新专项“智慧海产品产业链价值提升关键技术研究与应用示范”(24-1-3-hygg-25-hy)共同资助。姜晓东, Email: dejiaaa@126.com

① 通信作者: 王颖, 研究员, Email: food_rc@sina.com

收稿日期: 2024-05-27, 收修改稿日期: 2024-06-19

有广谱杀菌、无残留和无污染等优势。研究表明,微酸性电解水能有效降低罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)片(岑剑伟等,2019)、暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*) (冯豪杰等,2020)、凡纳对虾(*Penaeus vannamei*) (Ye et al, 2014)等水产品中自然菌落数,减缓水产品品质劣变和腐败速度,延长货架期。

目前,国内外研究多集中于不同保鲜剂对虹鳟保鲜品质的影响,如王汉玲等(2018)研究了乳酸链球菌素等不同保鲜剂结合微冻技术对虹鳟鱼块在贮藏期间品质的影响;沈秋霞等(2019)研究了茶多酚、壳聚糖及柠檬汁3种保鲜剂对虹鳟鱼片冷藏品质的影响;陈俊杰等(2022)研究了竹叶抗氧化物浸泡-乳清分离蛋白涂膜对冷藏虹鳟蛋白质理化性质的影响;吴昕宁等(2023)研究了茶多酚、壳聚糖对虹鳟鱼肉贮藏品质和菌落结构的影响,而研究不同预处理方法对虹鳟保鲜品质的影响相对较少。为此,本研究通过对比冷盐水处理、微酸性电解水处理等不同预处理方式及时间对4℃贮藏期间虹鳟鱼肉鲜度变化的影响,以期对虹鳟的保鲜和贮藏提供有效的预处理方式和数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用虹鳟购于山东省潍坊临朐县晟雨淡水鱼养殖有限公司。体重为(1 000±100) g,微酸性电解水由实验室制备。实验在山东省海洋科学研究院食品工程实验室进行。

1.2 仪器

FL-S/AEW2500 微酸性电解水生产器(济南飞蓝处理设备有限公司);AR323CN 电子天平[奥豪斯仪器(常州)有限公司];HITACHI CR21N 低温冷冻离心机(日本);FOSS8400 全自动蛋白测定仪(丹麦);TOMY/SX-500 灭菌锅[日本新泻机械科技(宁波)有限公司];ZQPW-70 台式全温振荡培养箱(天津市莱玻特瑞仪器设备有限公司);VS-1300L-U 洁净工作台(苏净集团苏州安泰空气技术有限公司);DHG-9245A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科技有限公司);PHS-3C pH计(雷磁)等。

1.3 方法

1.3.1 原料预处理 将新鲜的虹鳟进行宰杀,去头、去尾,经流动的自来水洗净后,半剖开去内脏,去皮,沿脊柱切成两半后剁成多段,分割成2 cm×2 cm×1 cm左右

的鱼块,分组进行不同预处理。处理后,置于温度为4℃的冰箱中贮藏9 d,并在第1、3、5、7、9天随机取样检测各指标。

冷盐水组(CS组):随机挑取若干鱼块,在温度为(4.0±0.5)℃冷盐水(含盐量3%)中浸泡,浸泡时间分别为20 min(CS20 min组)、40 min(CS40 min组)和60 min(CS60 min组)。

微酸性电解水组(SAEW组):在室温条件下随机挑取若干鱼块,pH为(6.35±0.05)、ORP为(900±6) mV、ACC为50 mg/L的微酸性电解水中浸泡处理,浸泡时间分别为5 min(SAEW5 min组)、10 min(SAEW10 min组)、15 min(SAEW15 min组)。

对照组(CG组):未经任何处理。

1.3.2 菌落总数(total plate count, TPC)测定 按照《食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定》(GB4789.2-2022)测定。

1.3.3 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)测定 按照《食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮的测定》(GB 5009.228-2016)第2法:自动凯氏定氮仪法。称取10 g左右的鱼肉加入50 mL蒸馏水,放入绞肉机中搅碎,随后将1 g MgO与混合物放于750 mL蒸馏管中,在接收烧瓶中加入25~30 mL的1%硼酸溶液(含有混合指示剂:0.1%溴甲酚绿溶液与0.1%甲基红溶液),蒸馏5 min后,采用HCl标准溶液(0.1 mol/L)滴定至吸收液呈蓝紫色。以50 mL蒸馏水代替样品悬液为空白对照。

1.3.4 持水力(water-holding capacity, %)测定 取鱼块称重,放入离心管中,3 000 r/min离心5 min后,称量鱼肉质量,计算持水力:

$$\text{持水力}(\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中, m_1 为离心前鱼肉质量(g); m_2 为离心后鱼肉质量(g)。

1.3.5 蒸煮损失率(cooking loss rate, %)测定 取鱼块称重,放入蒸煮锅中蒸煮5 min后冷却至室温,用吸水纸吸去表面水分再次称量,计算蒸煮损失率:

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100 \quad (2)$$

式中, m_3 为蒸煮前鱼肉质量(g); m_4 为蒸煮后鱼肉质量(g)。

1.3.6 pH值测定 按照《食品安全国家标准食品pH值的测定》(GB5009.237-2016)标准。称取搅碎的鱼肉5 g,加入50 mL、0.10 mol/L KCl溶液,采用均质器12 000 r/min均质30 s,匀浆,使用pH计测定

匀浆 pH。

1.3.7 色度测定 采用色差仪(测头 $\phi=15$ mm)系统测量,以标准黑白板为基准,测定虹鳟腹部鱼肉表面 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值,同一位点测量 3 次,取平均值。 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值分别为黑白(亮度)、红绿度(a^+ 红度, a^- 绿度)、黄蓝度(b^+ 黄度, b^- 蓝度)。

1.3.8 感官评价 感官评价参考吴昕宁等(2023)的方法并作出调整。感官小组由经过专业感官训练的 6 名实验室成员组成,包括 3 名男性和 3 名女性,感官小组成员分别对鱼片的色泽、气味、质地和弹性进行 5 分制打分,评分结果记总分,评分标准见表 1。

表 1 虹鳟鱼肉感官评价标准
Tab.1 Sensory evaluation criteria for *O. mykiss* meat

分值 Score	色泽 Color	气味 Smell	质地 Texture	弹性 Elastic
5	明亮的橙黄色,肌肉内切面富有光泽	鱼肉特有香味,清新	肌肉组织致密完整,纹理很清晰	坚实有弹性,按压后凹陷即消失
4	正常的橙黄色,肌肉内切面富有光泽	特有香味较清新	肌肉组织致密,纹理较清晰	坚实有弹性,按压后凹陷较快消失
3	色泽轻微发暗,肌肉切面稍有光泽	香味清淡,略带异味	肌肉组织稍松弛,但不松散	较有弹性,按压后凹陷消失较慢
2	色泽较暗淡,肌肉切面无光泽	香味消失,有腥臭味或氨臭味肌肉	肌肉组织松弛,局部松散	稍有弹性,按压后凹陷消失很慢
1	色泽暗淡,肌肉切面无光泽	有强烈的腥臭味或氨臭味	肌肉组织松散	无弹性,按压后凹陷不消失

1.3.9 数据处理 每组实验重复 3 次,结果以平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示,采用 SPSS 25.0 软件进行单因素方差分析(one-way, ANOVA), $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 菌落总数的变化

菌落总数是判定产品被污染程度、评估货架期长短和产品质量的重要依据。菌落总数越高,说明水产

品受到的细菌感染程度越严重。一般认为,当菌落总数超过 $6 \lg(\text{CFU/g})$ 时,表明鱼肉已经腐败变质(Gharibzahedi *et al.*, 2017)。不同预处理方法对虹鳟菌落总数的影响见图 1。

从图 1 可以看出,不同预处理组菌落总数随着时间的延长呈上升的趋势,对照组第 7 天菌落总数为 $6.22 \lg(\text{CFU/g})$,已不宜食用。

冷盐水组第 7 天时,菌落总数最低的是 CS60 min 组,为 $5.88 \lg(\text{CFU/g})$,各 CS 组中,仅 CS60 min 组仍

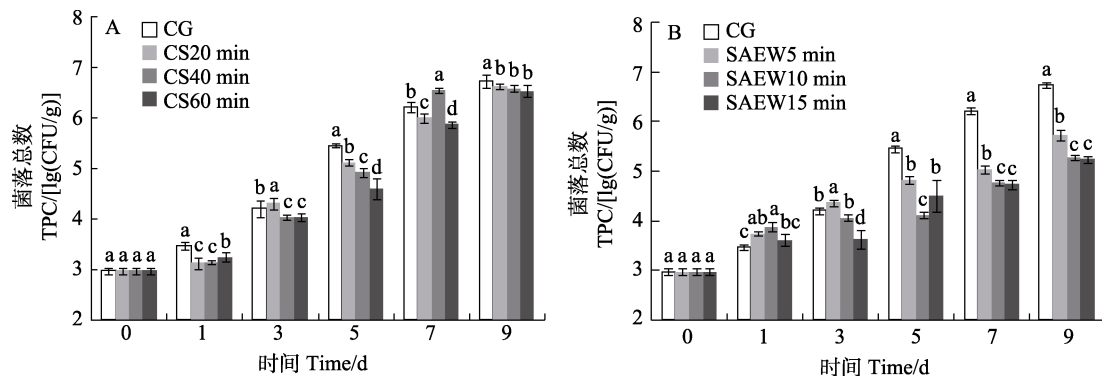


图 1 不同预处理方法鱼肉菌落总数的变化

Fig.1 Changes in TPC of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水组; B: 微酸性电解水组。

相同时间下不同小写字母表示差异性显著($P<0.05$),下同。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

Different lowercase letters at the same time indicate significant differences ($P<0.05$), the same below.

低于 6 lg(CFU/g)。第 9 天时, 菌落总数最低的为 CS60 min 组, 各 CS 组均显著低于对照组($P < 0.05$), 但各 CS 组相比差异不显著($P > 0.05$), 且均超过 6 lg(CFU/g)(图 1A)。微酸性电解水组在第 9 天时, 各 SAEW 组菌落总数均显著低于对照组($P < 0.05$), 均低于 6 lg(CFU/g), 其中, 最低的为 SAEW15 min 组和 SAEW10 min 组, 2 组相比差异不显著($P > 0.05$)(图 1B)。

第 9 天时, CS 组和 SAEW 组菌落总数均显著低于对照组, 说明各预处理方法能有效地抑制微生物生长繁殖。冷盐水中, 第 1~9 天, CS60 min 组的菌落总数均小于对照组, 说明冷盐水处理时间越长, 对虹鳟抑制微生物的生长代谢效果越好。微酸性电解水组在第 9 天时, SAEW10 min 组和 SAEW15 min 组显著低于对照组, 且 2 组相比无显著差异($P > 0.05$), 表明微酸性电解水 10 min 组即能有效地抑制微生物的生长繁殖。与对照组相比, 微酸性电解水 10 min 处理后的虹鳟在第 9 天时, 菌落总数从 6.22 降至 5.28 lg(CFU/g), 杀菌率达 88.52%。这是因为微酸性电解水中, NaClO 能产生氯基、羟基等成分, 可以破坏微生物细胞膜和细胞壁的通透性, 改变其渗透压, 同时, 破坏细菌酶巯基, 阻断微生物代谢, 从而减少菌落总数(韩千慧等, 2019)。此外, 微酸性电解水 pH 较低, ORP 较高。低 pH 会破坏细菌细胞壁上

脂多糖, 导致通透性增强, 内容物外溢; 而高 ORP 氧化性强, 可通过吸收细菌细胞膜上电子的方式破坏细菌细胞膜平衡, 使抗菌物质更易进入细菌内部(Mahmoud *et al*, 2006)。故微酸性电解水预处理能通过抑制微生物增殖代谢的方式延缓虹鳟腐败。第 7 天对照组超过可食用限度; 第 9 天 CS 组超过可食用限度, 而各 SAEW 组均未超过食用限度, 说明冷盐水预处理能延长虹鳟冷藏货架期 1 d, 微酸性电解水预处理可延长货架期 2 d。比较不同预处理方法对菌落总数的抑制效果为微酸性电解水优于冷盐水。

2.2 TVB-N 值的变化

TVB-N 值作为衡量鱼肉新鲜度的一个重要指标, 其含量在鱼肉贮藏期间随时间的延长而增加。水产品 在储藏期间, 因微生物和酶的作用, 蛋白质会被分解并导致 TVB-N 升高。其含量越高, 说明产品越不新鲜, 腐烂程度越严重。按照《食品安全国家标准鲜、冻动物性水产品》(GB 2733-2015)的限量要求, 淡水鱼 TVB-N 值应不高于 20 mg/100 g。不同预处理方法对虹鳟 TVB-N 的影响见图 2。

从图 2 可以看出, 不同预处理组 TVB-N 值随时间的延长呈上升的趋势, 对照组在第 7 天时, TVB-N 值为 21.55 mg/100 g, 超出国标要求。

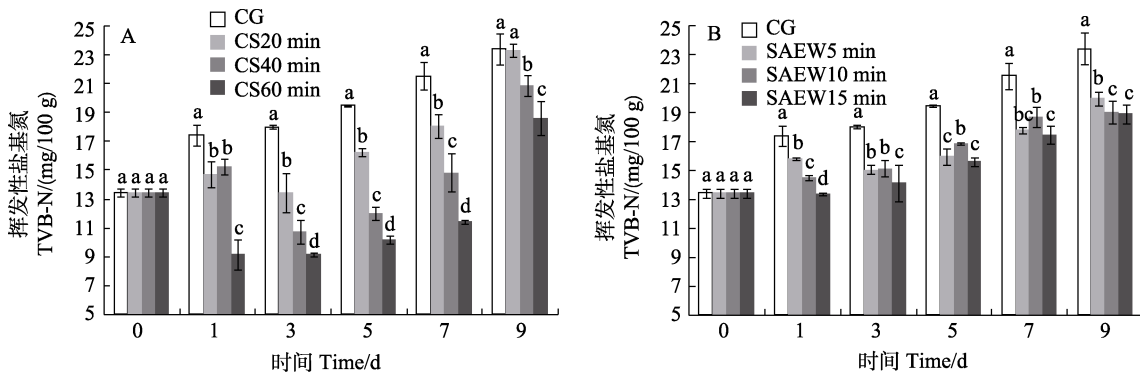


图 2 不同预处理方法鱼肉 TVB-N 值的变化

Fig.2 Changes in TVB-N values of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水处理组; B: 微酸性电解水组。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

冷盐水处理组在第 7 天时, TVB-N 值最高的为对照组, 各 CS 组均显著低于对照组($P < 0.05$), 均未超标。第 9 天时, TVB-N 值最高为对照组和 CS20 min 组, 2 组相比差异不显著($P > 0.05$), CS60 min 组最低 (18.63 mg/100 g), 各 CS 组中, 仅 CS60 min 组未超标(图 2A)。微酸性电解水组在第 9 天时, 各 SAEW 组中 TVB-N 值均显著低于对照组($P < 0.05$), 且均未超

标。其中, TVB-N 值最低的为 SAEW10 min 组和 SAEW15 min 组, 2 个实验组相比差异不显著($P > 0.05$)(图 2B)。

不同预处理组中, TVB-N 随贮藏时间的增加而增加, 这是因为虹鳟鱼肉中富含极易被氧化的多不饱和脂肪酸, 在微生物的作用下产生大量氨、胺类碱性物质。本研究发现, CS 组和 SAEW 组的 TVB-N 值

在第1~9天贮藏期间均低于对照组,说明各预处理方法均能显著抑制TVB-N的增加。第9天时,CS60 min组显著低于其他实验组,这是因为冷盐水处理时间越长,对微生物繁殖的抑制作用就越强,减缓了蛋白质降解,抑制了TVB-N的增加;微酸性电解水组中,SAEW10 min组和SAEW15 min组显著低于其他实验组,且2组相比无显著差异($P>0.05$),表明微酸性电解水具有高效的杀菌性能,且处理SAEW 10 min组即能有效抑制TVB-N的产生,保鲜效果好。按照《食品安

国家标准鲜、冻动物性水产品》(GB 2733-2015)要求,第7天时,对照组超标;第9天时,CS组中只有CS60 min组未超标,而各SAEW组均符合国标要求,说明对TVB-N的抑制效果为微酸性电解水优于冷盐水。

2.3 持水力的变化

持水力表示在一定外力下,样品束缚自身或外加水分的能力是评价鱼肉品质的重要指标之一。不同预处理方法对虹鳟持水力的影响结果见图3。

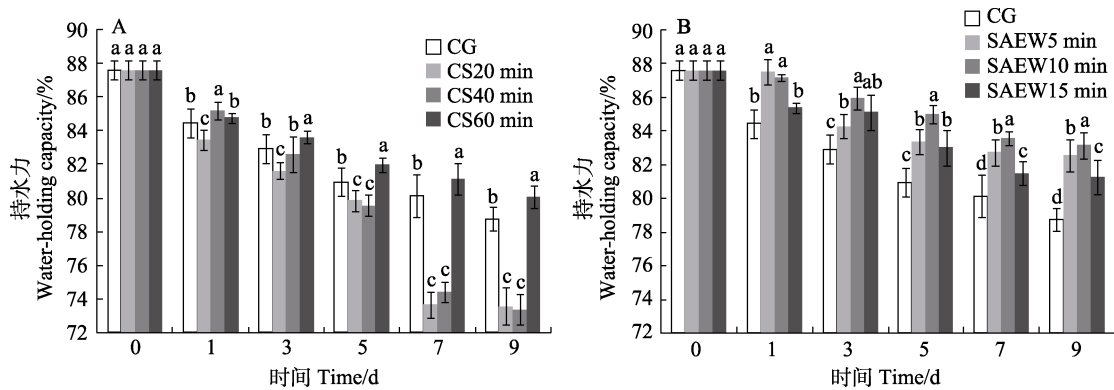


图3 不同预处理方法鱼肉持水力的变化

Fig.3 Changes in water-holding capacity of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水处理组; B: 微酸性电解水组。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

从图3可以看出,不同预处理组持水力随着时间的延长呈下降的趋势。冷盐水处理组在第9天时,CS60 min组持水力最高(80.09%),其次为对照组(78.77%),CS20 min组和CS40 min组均低于对照组($P<0.05$)(图3A)。微酸性电解水组在第9天时,SAEW10 min组持水力最高(83.17%),其次为SAEW5 min组和SAEW15 min组,各SAEW组在第9天时,持水力均显著高于对照组($P<0.05$)(图3B)。

不同预处理组持水力随着时间的延长呈下降的趋势,可能是由于虹鳟鱼肉在内源酶与外源微生物的共同作用下,鱼肉蛋白质被降解导致的。鱼死后,体内糖原酵解程度增加,分解ATP的同时产生乳酸,pH下降导致蛋白质变性,进而影响蛋白质的水结合能力,因此,持水力降低。且鱼死后僵直过程肌肉的收缩状态对持水力有一定程度的影响,鱼肉僵直后,肌肉纤维的粗丝和细丝紧密结合,导致水分流失更多,持水力下降(徐小宝等,2011)。本研究中,冷盐水处理组在第9天时,CS20 min组和CS40 min组均低于对照组,表明短时间内冷盐水处理对虹鳟持水力的影响较弱。微酸性电解水组中,各SAEW组均显著高于

对照组,表明微酸性电解水处理能显著提高虹鳟的持水力,这可能与微酸性电解水对微生物的抑制作用有关,其中,SAEW10 min组效果最好。对比2种预处理方法对持水力的保持效果为微酸性电解水优于冷盐水。

2.4 蒸煮损失率的变化

鱼肉在蒸煮过程中,由于蛋白质相互聚集,导致水分和部分营养物质流失(胡维杰等,2019)。不同预处理方法对虹鳟蒸煮损失率的影响见图4。

从图4可以看出,不同预处理组蒸煮损失率随着时间的延长呈上升的趋势。冷盐水处理组在第9天,蒸煮损失率最高的是对照组(25.36%),最低的是CS40 min组和CS60 min组,分别为17.66%和17.14%,2个组相比差异不显著($P>0.05$),但各CS组均显著低于对照组($P<0.05$)(图4A)。微酸性电解水组在第9天时,SAEW15 min组和SAEW5 min组均高于对照组,仅SAEW10 min组显著低于对照组($P<0.05$)(图4B)。

冷盐水处理组在第1天,各CS组蒸煮损失率较高,这可能是鱼块中残余冷盐水含量较高造成的。从第3天

起, 各 CS 组蒸煮损失率均显著低于对照组, 表明冷盐水具有一定的杀菌功效, 抑制微生物生长, 蛋白质降解减少, 蒸煮损失率下降。而微酸性电解水组中, 各 SAEW 组蒸煮损失率均较高, 这可能是因为弱酸性环境对蛋白质的结构稳定性有一定影响。对比 2 种预处理方法对蒸煮损失率的抑制效果为冷盐水优于微酸性电解水。

2.5 pH 的变化

鱼类死亡后, 随着糖酵解反应的进行, pH 开始下降, 随后又因蛋白质分解产生碱性物质逐渐增多, pH 开始升高。因此, 可通过 pH 的变化评价虹鳟鲜度。不同预处理方法对虹鳟 pH 的影响见图 5。

从图 5A 可以看出, CS 组中, pH 随时间的延长

呈下降的趋势, 而 SAEW 组中, pH 随时间的延长呈先上升后下降的趋势。冷盐水组在第 9 天时, pH 最低的是 CS60 min 组(5.95), 显著低于对照组($P<0.05$)(图 5A)。微酸性电解水组在第 1 天时, 各 SAEW 组 pH 均显著低于对照组($P<0.05$), 随着贮藏时间的延长, pH 逐渐升高, 至第 3 天起 pH 开始降低, 第 9 天时, pH 最低的是 SAEW5 min 组(5.88), 各 SAEW 组均显著低于对照组($P<0.05$), 但各 SAEW 组相比差异不显著($P>0.05$)(图 5B)。

本研究中, 不同预处理组 pH 随贮藏时间的延长整体呈下降的趋势, 这是因为在贮藏过程中, 鱼肉内部发生生化反应, 作为能源贮存的糖原被快速分解为乳酸, ATP 分解产生磷酸根致使 pH 下降(郑振霄等, 2016), 其中, SAEW 组 pH 在第 1 天较低, 可能是由

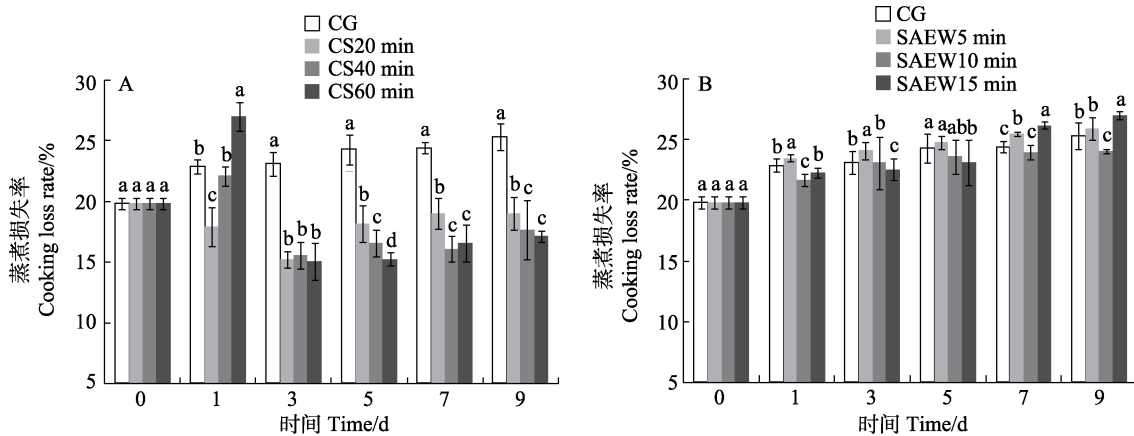


图 4 不同预处理方法鱼肉蒸煮损失率的变化

Fig.4 Changes in cooking loss rate of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水组; B: 微酸性电解水组。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

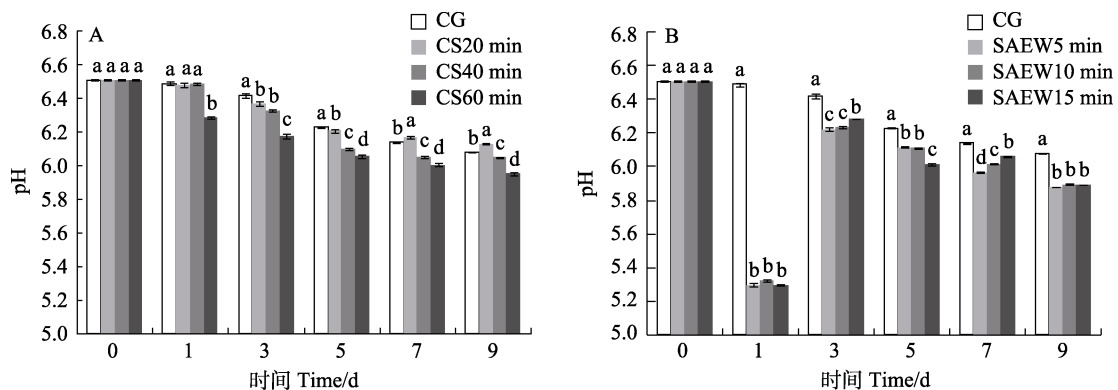


图 5 不同预处理方法鱼肉 pH 的变化

Fig.5 Changes in pH of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水组; B: 微酸性电解水组。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

于鱼肉中残留了微酸性电解水液体, 导致 pH 偏低。在贮藏过程中, pH 通常是先下降, 随后因鱼肉中蛋白质分解形成碱性物质导致 pH 上升。本研究中, 各实验组 pH 均未出现明显上升趋势, 可能是因为贮藏时间短或处理条件的差异导致 pH 的变化规律不同。冷盐水组中, CS60 min 组 pH 值最低, 且显著低于其他各实验组, 说明冷盐水预处理越长, 越能抑制虹鳟微生物生长; 微酸性电解水组中, 各 SAEW 组相比差异不显著, 说明不同微酸性电解水浸泡时间对虹鳟 pH 的影响较小。pH 最低值拐点高容易引起腐败菌的生长繁殖(梁琼等, 2010)。本研究中, 第 9 天各预处

理组 pH 均呈下降的趋势, 此时, 微酸性电解水组 pH 更低。这是因为微酸性电解水中含大量具有杀菌作用的有效氯成分, 不仅能抑制虹鳟体内微生物的繁殖, 而且可以中和部分碱性物质, 从而减缓 pH 变化速度。不同预处理方法对虹鳟 pH 的影响效果为微酸性电解水优于冷盐水。

2.6 色度的变化

不同预处理方法对虹鳟色度的影响见表 2 和表 3。从表 2 和表 3 可以看出, 不同预处理组 L^* 、 a^* 、 b^* 随时间的延长呈上升的趋势, 其中, 各预处理组 L^* 较

表 2 冷盐水预处理下鱼肉色度的变化
Tab.2 Changes in chromaticity of fish meat after pretreatment with cold saltwater

项目 Items	处理组 Processing group	时间 Time/d					
		0	1	3	5	7	9
L^*	CG	39.75±0.32 ^a	40.02±0.29 ^b	40.92±0.47 ^d	42.52±0.22 ^c	43.28±0.24 ^c	44.20±0.19 ^c
	CS20 min	39.75±0.32 ^a	47.25±0.39 ^a	47.65±0.74 ^a	48.32±0.41 ^a	48.90±0.15 ^a	49.12±0.26 ^a
	CS40 min	39.75±0.32 ^a	41.04±0.48 ^b	42.08±0.66 ^c	43.29±0.76 ^c	44.76±0.55 ^{bc}	47.59±0.25 ^b
	CS60 min	39.75±0.22 ^a	41.02±0.88 ^b	44.99±0.52 ^b	45.33±3.50 ^b	46.81±2.37 ^{ab}	49.34±2.55 ^a
a^*	CG	13.26±0.15 ^a	18.63±0.45 ^a	18.94±1.08 ^a	21.13±0.59 ^a	22.45±0.21 ^a	22.13±0.45 ^a
	CS20 min	13.26±0.15 ^a	14.31±0.17 ^c	15.09±0.33 ^b	17.38±0.29 ^b	18.88±0.66 ^b	20.66±0.44 ^b
	CS40 min	13.26±0.15 ^a	15.47±1.55 ^{bc}	16.65±0.38 ^a	17.95±0.96 ^b	19.63±0.75 ^{ab}	21.13±0.47 ^b
	CS60 min	13.26±0.15 ^a	16.53±0.76 ^b	17.18±0.53 ^a	19.17±0.20 ^a	20.45±0.35 ^a	22.02±0.25 ^a
b^*	CG	10.14±0.11 ^a	13.97±1.01 ^a	14.90±0.48 ^b	16.81±0.11 ^{ab}	17.77±0.27 ^b	20.23±0.62 ^a
	CS20 min	10.14±0.11 ^a	12.29±0.55 ^{ab}	18.42±0.77 ^a	21.38±0.21 ^a	20.62±0.22 ^a	19.30±0.49 ^a
	CS40 min	10.14±0.11 ^a	11.18±0.19 ^b	12.98±0.57 ^b	13.12±0.40 ^b	14.85±0.50 ^c	15.44±0.44 ^b
	CS60 min	10.14±0.11 ^a	10.8±0.27 ^c	11.18±0.53 ^b	12.17±0.20 ^b	13.07±0.16 ^c	13.88±0.23 ^b

注: 同列之间不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 下同。

Note: Different lowercase letters between the same items and column indicate significant differences ($P<0.05$), the same below.

表 3 微酸性电解水预处理下鱼肉色度的变化
Tab.3 Changes in chromaticity of fish meat after pretreatment with slightly acid electrolyzed water

项目 Items	处理组 Processing group	时间 Time/d					
		0	1	3	5	7	9
L^*	CG	39.75±0.32 ^a	40.02±0.29 ^b	40.92±0.47 ^b	42.52±0.22 ^c	43.28±0.24 ^c	44.20±0.19 ^c
	SAEW5 min	39.75±0.32 ^a	43.95±0.99 ^a	45.58±1.18 ^a	45.89±0.89 ^b	47.20±1.59 ^b	49.49±0.40 ^b
	SAEW10 min	39.75±0.32 ^a	44.22±1.98 ^a	46.59±2.78 ^a	47.05±1.51 ^{ab}	49.05±1.05 ^b	49.15±0.66 ^b
	SAEW15 min	39.75±0.32 ^a	45.80±2.20 ^a	46.04±1.29 ^a	49.41±2.41 ^a	51.06±0.37 ^a	53.95±1.04 ^a
a^*	CG	13.26±0.15 ^a	18.63±0.45 ^a	18.94±1.08 ^a	21.13±0.59 ^a	22.45±0.21 ^a	22.13±0.45 ^a
	SAEW5 min	13.26±0.15 ^a	13.24±0.11 ^c	13.51±0.95 ^b	14.65±0.30 ^b	15.67±1.07 ^b	16.84±0.39 ^b
	SAEW10 min	13.26±0.15 ^a	15.09±0.44 ^b	15.28±0.08 ^b	15.85±1.04 ^b	16.02±0.66 ^b	16.79±0.62 ^b
	SAEW15 min	13.26±0.15 ^a	13.59±0.21 ^c	13.98±2.97 ^b	15.3±0.08 ^b	16.82±0.49 ^b	17.15±0.38 ^b
b^*	CG	10.14±0.11 ^a	13.97±1.01 ^a	14.9±0.48 ^{ab}	16.81±0.11 ^{ab}	17.77±0.27 ^a	20.23±0.62 ^a
	SAEW5 min	10.14±0.11 ^a	11.59±0.42 ^b	11.55±0.82 ^b	11.63±3.46 ^b	13.24±1.43 ^c	15.22±0.49 ^c
	SAEW10 min	10.14±0.11 ^a	14.56±2.98 ^{ab}	14.30±1.48 ^{ab}	14.57±0.95 ^{ab}	15.32±0.64 ^b	16.46±0.17 ^b
	SAEW15 min	10.14±0.11 ^a	12.03±0.87 ^b	12.16±2.56 ^b	13.97±0.38 ^{ab}	14.23±0.07 ^{bc}	15.43±0.39 ^c

对照组更高, 而 a^* 与 b^* 较对照组更低(表 2)。冷盐水组在第 9 天, a^* 最低的为 CS20 min 组, b^* 最低的为 CS60 min 组; 微酸性电解水组在第 9 天时, 各 SAEW 组 a^* 、 b^* 与对照组相比差异显著($P < 0.05$), 其中, a^* 最低的为 SAEW10 min 组, b^* 最低的为 SAEW15 min 组(表 3)。

虹鳟是一种红肉鱼, 其肉色呈橙黄色。随贮藏时间的延长, 其肌肉蛋白血色素中的 Fe^{2+} 会被氧化成 Fe^{3+} , 产生高铁肌肉蛋白, 颜色逐步加深, 呈红褐色。本研究不同预处理组中, a^* 、 b^* 随时间的增加而增加, 说明随贮藏时间延长, 虹鳟鱼肉色泽由橙黄色向红褐色转变, 颜色逐步加深。 a^* 值上升, 可能是因鱼肉脂肪氧化, 产生脂质过氧化物, 使更多高铁肌红蛋白产生和积累导致的; b^* 值上升, 可能是因褐变反应生成黄色素沉淀导致的(李佳等, 2024)。各预处理组中, a^* 与 b^* 较对照组更低, 说明经预处理后的虹鳟鱼肉颜色加深的速度得到缓解。冷盐水组中, L^* 较对照组更高, 可能是虹鳟鱼体表面的粘蛋白在离子强度较大的盐水中更易溶解导致的; 微酸性电解水组 L^* 较对照组更高, 可能是因为 HClO 的漂白作用导致的。冷盐水组中, 不同冷盐水处理时间对虹鳟色度变化无明

显规律。微酸性电解水组中, 在 SAEW10 min 组中, L^* 、 a^* 、 b^* 与第 0 天相比分别提升了 9.40、3.53 和 6.32, 变化幅度较小。综合比较色度变化, 不同预处理方法对虹鳟色泽恶化的缓解作用为微酸性电解水优于冷盐水。

2.7 感官评分的变化

感官评价是水产品领域被广泛应用和认可的评价方法。不同预处理方法对虹鳟感官评分的影响见图 6。从图 6 可以看出, 不同预处理组感官评分随时间的延长呈下降的趋势。第 0 天, 虹鳟鱼肉处于新鲜状态, 其色泽呈橙黄色, 有光泽, 气味清香, 肌肉紧实且富有弹性。然而, 随着贮藏时间的延长, 由于微生物生长繁殖、脂质氧化水解等作用, 各实验组感官品质逐渐下降。第 9 天时, 对照组感官评分降至 5.50, 其色泽暗红, 出现腐败气味, 肌肉失去弹性。冷盐水组在第 9 天, CS60 min 组感官评分最高, 其稍有光泽, 质地稍松弛, 但气味和弹性较差, 得分为 9.00(图 6A)。微酸性电解水组在第 9 天, SAEW10 min 组评分最高, 其富有光泽, 肌肉组织稍松弛, 无明显异味, 但弹性较差, 得分为 9.67(图 6B)。

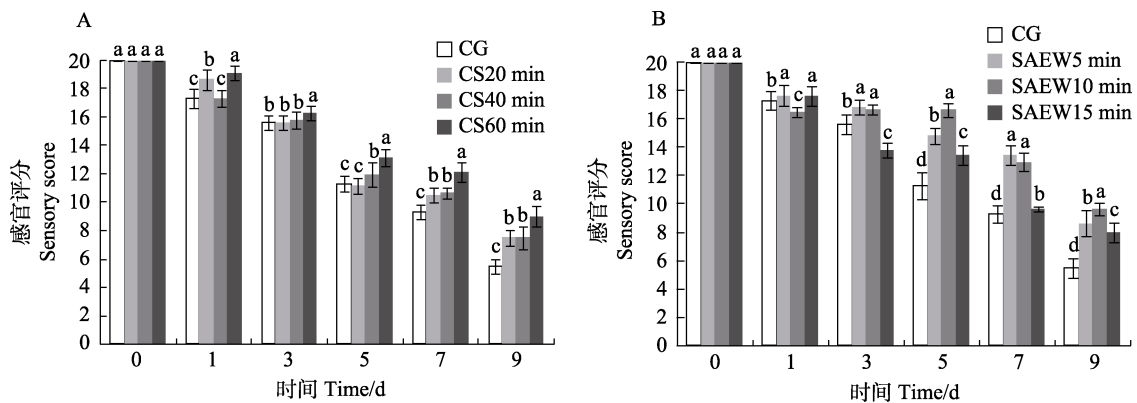


图 6 不同预处理方法鱼肉感官评分的变化

Fig.6 Changes in sensory scores of fish meat using different preprocessing methods

A: 冷盐水组; B: 微酸性电解水组。

A: Cold saltwater group; B: Slightly acid electrolyzed water group.

各 CS 组和各 SAEW 组在第 9 天感官评分均显著高于对照组($P < 0.05$), 说明冷盐水和微酸性电解水均能有效维持虹鳟感官品质。但 2 种预处理方法的虹鳟鱼肉弹性都有较大程度的下降, 这可能是因为预处理虽然延迟了虹鳟肌肉的自溶和腐败, 但是由于其体内蛋白酶仍具活性, 微生物也会消耗虹鳟鱼体内水分, 蛋白质在酶和微生物的作用下被分解, 使虹鳟鱼肉内聚力变小、凝聚力下降(戴志远等, 2008), 导致肌肉

硬度和弹性降低, 口感下降。此外, 值得注意的是预处理在减缓鱼类感官评分降低速率的同时, 也会对感官品质造成其他影响。如经冷盐水处理后, 肌肉吸收了较高的水分和盐分, 其肌肉纤维会受到影响, 从而改变口感(林婉玲等, 2015); 而经微酸性电解水处理后的鱼肉, 虽无明显消毒水气味, 但鱼肉因被氧化褪色而更为发白。综合分析不同预处理方法对感官评分降低的抑制作用为微酸性电解水优于冷盐水。

3 讨论

冷盐水和微酸性电解水 2 种预处理方法均能延缓虹鳟腐败。但预处理时间过短可能会导致保鲜效果不佳；预处理时间过长也会对鱼肉造成损坏，影响保鲜效果。因此，若想达到良好的保鲜效果，需要选取适当的处理时间。

梁琼等(2010)研究表明，青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)冰温贮藏保鲜之前进行盐水(含盐量 1%和 3%)预处理，有利于抑制青鱼片中细菌的生长和 TVB-N 的产生；凌玉钊等(2023)研究发现，3%盐水浸泡能有效减缓大口黑鲈鱼(*Micropterus salmoides*)片在贮藏期间的菌落总数，与本研究结果相类似。本研究发现，冷盐水处理能抑制虹鳟菌落总数的生长和 TVB-N 的产生，对虹鳟蒸煮损失和色泽劣化的抑制作用较好，但对虹鳟持水力的影响较小，且贮藏后期感官评分较低。比较不同处理时间发现，冷盐水处理时间越长，对虹鳟的保鲜效果越好，其中，冷盐水 60 min 保鲜效果最好。

周然等(2011)研究发现，电解水能有效抑制河豚(*Takifugu obscurus*)菌落总数升高；金素莱曼等(2022)研究发现，酸性电解水在大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)保鲜过程中，酸性电解水会降低处理组的 L^* 、 a^* 和 b^* 值，减缓在贮藏过程中各值的变化幅度；蓝蔚青等(2022)在研究超声联合微酸性电解水对海鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)品质变化的影响中发现，微酸性电解水对持水力有较好的提升，与本研究结果相一致。刘慧(2022)对微酸性电解水草鱼(*Ctenopharyngodon della*)保鲜的研究表明，菌落总数随着微酸性电解水浸泡时间延长逐渐下降，但当时间超过一定值后，菌落总数不再减小，与本研究结果相类似。本研究发现，微酸性电解水处理对抑制虹鳟菌落总数和 TVB-N 的生成有显著作用，能较好地维持虹鳟持水力和感官品质，延缓 pH 变化。比较不同预处理时间发现，微酸性电解水对抑制虹鳟腐败的作用随处理时间的延长而上升，但超过 10 min 后，影响不再显著。综合分析，微酸性电解水预处理 10 min 保鲜效果更好。

4 结论

冷盐水和微酸性电解水 2 种预处理方法均能延缓虹鳟腐败，其中，微酸性电解水处理对抑制虹鳟菌落总数和 TVB-N 的生成、维持虹鳟持水力、延缓贮藏过程中 pH、色度和感官变化速率效果更好。冷盐

水预处理能延长虹鳟冷藏货架期 1 d，微酸性电解水预处理可延长货架期 2 d。冷盐水预处理 60 min、微酸性电解水预处理 10 min，分别为各组最佳预处理时间。综合分析，微酸性电解水预处理 10 min 能有效改善虹鳟保鲜品质。

参 考 文 献

- AMUSAT A I, ADEDOKUN A, IBRAHEEM AA, *et al.* Comparative study of antimicrobial activity of the use of sodium benzoate and brine as preservative on catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2022, 7(2): 64–71
- CEN J W, YU F T, YANG X Q, *et al.* Study on the preservation of Tilapia fillets with slightly acidic electrolyzed water. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(18): 209–214 [岑剑伟, 于福田, 杨贤庆, 等. 微酸性电解水对罗非鱼片保鲜效果的研究. *食品与发酵工业*, 2019, 45(18): 209–214]
- CHEN J J, CHEN J W, TAN L, *et al.* Effects of bamboo leaf antioxidant soaking combined with whey protein isolate coating on physicochemical properties of protein from Se-rich rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during cold storage. *Journal of Fisheries of China*, 2022, 46(7): 1282–1292 [陈俊杰, 陈季旺, 谭玲, 等. 竹叶抗氧化物浸泡-乳清分离蛋白涂膜对冷藏富硒虹鳟蛋白质理化性质的影响. *水产学报*, 2022, 46(7): 1282–1292]
- DAI Z Y, CUI Y N, WANG H H. Changes of textural properties of cultured pseudosciaena crocea muscle under different frozen storage conditions. *Food and fermentation industries*, 2008, 34(8): 188–191 [戴志远, 崔雅娜, 王宏海. 不同冻藏条件下养殖大黄鱼肉质构变化的研究. *食品与发酵工业*, 2008, 34(8): 188–191]
- DEWI F R, STANLEY R, POWELL S M, *et al.* Application of electrolysed oxidising water as a sanitiser to extend the shelf-life of seafood products: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, 54(5): 1321–1332
- FENG H J, LAN W Q, LIU D Y, *et al.* Effects of different sterilization treatments on the quality of puffer fish (*Takifugu obscurus*) during refrigerated storage. *Food Science*, 2020, 41(7): 210–217 [冯豪杰, 蓝蔚青, 刘大勇, 等. 不同减菌化处理方式对暗纹东方鲀冷藏期间品质变化的影响. *食品科学*, 2020, 41(7): 210–217]
- GHARIBZAHEDI S M T, MOHAMMADNABI S. Effect of novel bioactive edible coatings based on jujube gum and nettle oil-load-ed nanoemulsions on the shelf-life of Beluga sturgeon fillets. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 95: 769–777
- HAN Q H, OUYANG H Y, ZHU Y, *et al.* Study on microbial control effect of electrolyzed oxidizing water on braised duck in cold section. *Food Research and Development*, 2019, 40(2): 98–102 [韩千慧, 欧阳何一, 朱玥, 等. 酸性氧化电

- 解水对冷凉环节酱卤鸭制品微生物控制效果研究. 食品研究与开发, 2019, 40(2): 98–102]
- HU W J, SHEN Y T, MA L, *et al.* Effects and mechanism of different pretreatment techniques on the quality of refrigerated silver carp meat. Food Science, 2019, 40(23): 220–226 [胡维杰, 沈韞韬, 马良, 等. 不同预处理方式对鲢鱼肉冷藏品质的影响及其机制. 食品科学, 2019, 40(23): 220–226]
- JIN S L M, CHEN B K, LI H, *et al.* Effects of acidic electrolyzed water pretreatment combined with different ice preservation on the quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). Food and Fermentation Industries, 2022, 48(8): 128–135 [金素莱曼, 陈百科, 李慧, 等. 酸性电解水预处理结合不同冰藏方式对大黄鱼保鲜效果的影响. 食品与发酵工业, 2022, 48(8): 128–135]
- LAN W Q, ZHANG B J, ZHOU D P, *et al.* Effect of ultrasonic combined with slightly acidic electrolyzed water treatment on quality changes of vacuum-packaged sea bass (*Lateolabrax japonicas*) during refrigerated storage. Food Science, 2022, 43(5): 62–68 [蓝蔚青, 张炳杰, 周大鹏, 等. 超声联合微酸性电解水处理对真空包装海鲈鱼冷藏期间品质变化的影响. 食品科学, 2022, 43(5): 62–68]
- LI J, ZHONG H L, DING T, *et al.* Optimization of ultrasound and slightly acidic electrolyzed water for crayfish treatment and its effect on quality during storage. Packaging Engineering, 2024, 45(3): 139–146 [李佳, 钟洪亮, 丁甜, 等. 超声联合微酸性电解水处理克氏原螯虾条件优化及其品质影响. 包装工程, 2024, 45(3): 139–146]
- LIANG Q, WAN J Q, WANG G Q, *et al.* Experimental research on brine pretreatment of herring fillet stored under controlled freezing-point temperature. Food Science and Technology, 2010, 35(10): 172–175 [梁琼, 万金庆, 王国强, 等. 盐水预处理青鱼片冰温贮藏的实验研究. 食品科技, 2010, 35(10): 172–175]
- LIU W L, YANG X Q, WANG J X, *et al.* Effect of Immersion chilling and freezing on muscle Structure of *Litopenaeus vannamei* during Frozen Storage. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(6): 183–189 [林婉玲, 杨贤庆, 王锦旭, 等. 浸渍冻结对凡纳滨对虾冻藏过程中肌肉组织的影响. 现代食品科技, 2015, 31(6): 183–189]
- LING Y Z, HUANG L Q, XU T T, *et al.* Microbial changes of largemouth bass fillets induced by the treatment with salt solution during cold storage. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(6): 101–107 [凌玉钊, 黄丽琪, 徐甜甜, 等. 盐水处理下大口黑鲈鱼片在冷藏期间的微生物变化. 现代食品科技, 2023, 39(6): 101–107]
- LIU H. effect of the slightly acidic electrolyzed water on preservation of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during the chilling storage. Master's Thesis of Northeast Agricultural University, 2022 [刘慧. 微酸性电解水对草鱼冷藏期间保鲜效果影响的研究. 东北农业大学硕士研究生学位论文, 2022]
- MAHMOUD B S M, YAMAZAKI K, MIYASHITA K, *et al.* Preservative effect of combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds on carp fillets during convectional air-drying. Japanese Journal of Occupational Medicine and Traumatology, 2006, 106(3): 331–337
- SHEN Q X, LI M Y, ZHU K Y, *et al.* Effects of three kinds of preservatives and their complexaion on the refrigerated quality of rainbow trout. Food & Machinery, 2019, 35(11): 145–151 [沈秋霞, 李明元, 朱克永, 等. 3种保鲜剂及其复配对虹鳟鱼片冷藏品质的影响. 食品与机械, 2019, 35(11): 145–151]
- WANG H L, LIU C H, QIN J W, *et al.* Effect of partial freezing combined with different preservatives on quality of rainbow trout during storage. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(2): 285–289, 294 [王汉玲, 刘彩华, 秦军委, 等. 不同保鲜剂结合微冻技术对虹鳟鱼块在贮藏期间品质的影响. 食品工业科技, 2018, 39(2): 285–289, 294]
- WU X N, LI M Z, LIANG S J, *et al.* Effects of mixed solution of tea polyphenols and chitosan on storage quality and microbial community structure of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Meat Research, 2023, 37(2): 20–25 [吴昕宁, 李鸣泽, 梁释介, 等. 茶多酚-壳聚糖复合液对虹鳟鱼肉贮藏品质和菌群结构的影响. 肉类研究, 2023, 37(2): 20–25]
- XU X B, LIU S L, SHEN Y C, *et al.* Effects of super chilling treatment with cold brine on the quality of farmed *Lateolabrax japonicus* storage in flake ice. Science and Technology of Food Industry, 2011(1): 264–266, 359 [徐小宝, 刘书来, 沈鹰翀, 等. 盐水超冷却处理对冰藏鱼品质的影响研究. 食品工业科技, 2011(1): 264–266, 359]
- YAN L L, CHEN T, LONG Y J, *et al.* Research progress on preservation technology of aquatic products at home and abroad. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2013(2): 38–41 [严凌苓, 陈婷, 龙映均, 等. 国内外水产品保鲜技术研究进展. 江西水产科技, 2013(2): 38–41]
- YE Z, F QI, PEI L, *et al.* Using slightly acidic electrolyzed water for inactivation and preservation of raw frozen shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in the field processing. Applied Engineering in Agriculture, 2014, 30(6): 935–941
- YUE L, LIU L, LI Z B, *et al.* Improved quality analytical models for aquatic products at the transportation in the cold chain. Mathematical and Computer Modelling, 2013, 58(3/4): 474–479
- ZHENG Z X, ZHOU D, FENG J L, *et al.* The Effect of three preservation methods on the freshness changes of mackerel (*Pneumatophores japonicas*) during storage. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(1): 181–187 [郑振霄, 周聃, 冯俊丽, 等. 3种保鲜方法对鲱鱼贮藏期间鲜度的影响. 中国食品学报, 2016, 16(1): 181–187]

ZHOU R, LIU Y, XIE J. *et al.* Effects of electrolyzed water on texture and quality of obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) during cold storage. Transactions of the Chinese Society of

Agricultural Engineering, 2011, 27(10): 365–369 [周然, 刘源, 谢晶, 等. 电解水对冷藏河豚鱼肉质构及品质变化的影响. 农业工程学报, 2011, 27(10): 365–369]

(编辑 陈 严)

Effect of Different Pretreatment Methods on the Preservation Quality of *Oncorhynchus mykiss*

JIANG Xiaodong^{1,2}, WANG Ying^{1,2①}, HOU Fusheng^{1,2}, LI Hongyan^{1,2},
ZHANG Shuaizhong^{1,2}, SUN Yuanqin^{1,2}, LIU Tianhong^{1,2}

(1. Marine Science Research Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China; 2. Municipal Engineering Research Center of Aquatic Biological Quality Evaluation and Application, Qingdao 266104, China)

Abstract *Oncorhynchus mykiss* is a high-quality, edible fish with high nutritional and economic value. Its tender meat, full elasticity, delicious flavor, and rich nutritional value make it favorite among consumers. However, owing to its high water and fat content and high enzymatic activity, *O. mykiss* is highly susceptible to spoilage during storage, transportation, and sale.

To study the effects of different pretreatment methods on the quality of *O. mykiss* during storage and slow its decay rate, experiments were conducted with two pretreatment groups: Cold saltwater group (salt content 3%, temperature 4 °C) and slightly acid electrolyzed water group (pH 6.35, ORP 900 mV, ACC 50 mg/L, room temperature). Different pretreatment times were set for each group: 20 min, 40 min, and 60 min of cold saltwater treatment and 5 min, 10 min, and 15 min of slightly acid electrolyzed water treatment. TVB-N value, total bacterial count, water holding capacity, cooking loss rate, pH value, chromaticity, and sensory evaluation were measured as indicators, and untreated *O. mykiss* meat was used as a control to compare the changes of the quality of *O. mykiss* meat during a 9-day storage experiment at 4 °C.

The results showed that the optimal pretreatment times were 60 min for the cold saltwater pretreatment and 10 min for the slightly acid electrolyzed water pretreatment. Both preprocessing methods can effectively maintain the freshness of *O. mykiss* and delay its spoilage. Compared with the cold saltwater pretreatment, the slightly acid electrolyzed water treatment better inhibited the total bacterial count and TVB-N generation of *O. mykiss*, maintaining its water-holding capacity and delaying the rate of change of pH, chromaticity, and sensory properties during storage. Cold saltwater pretreatment can extend the refrigerated shelf life of *O. mykiss* by 1 day, whereas slightly acid electrolyzed water pretreatment can extend the shelf life by 2 days.

Overall, pretreatment with slightly acid electrolyzed water for 10 min can effectively improve the preservation quality of *O. mykiss* stored at 4 °C. Slightly acid electrolyzed water has enormous potential for applications in the preservation of aquatic products. Its unique sterilization effect and safety make it preferred for aquatic product preservation. Slightly acid electrolyzed water can effectively inhibit the growth of microorganisms in aquatic products, extend shelf life, and maintain the freshness and taste of aquatic products. In the future, with advancements in technology and increasing awareness of food safety among consumers, slightly acid electrolyzed water will play an important role in the preservation of aquatic products, providing strong guarantees for the quality and safety of aquatic products.

Key words *Oncorhynchus mykiss*; Cold saltwater; Slightly acid electrolyzed water; Freshness

① Corresponding author: WANG Ying, Email: food_rc@sina.com