

酸性电解水冰理化指标变化对副溶血性弧菌杀菌效果的影响

李继兵¹, 林婷¹, 廖超¹, 靳梦瞳¹, 潘迎捷^{1,2,3}, 赵勇^{*1,2,3}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 农业部水产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室, 上海 201306)

摘要: 为探究不同时间下电解水冰的理化特性变化对杀菌效果的影响, 作者将 5 种不同质量浓度电解液(NaCl 质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L) 制备的电解水于-36℃下制成电解水冰, 分别于 0、2、4、6、8、10 h 测定其 pH 值、氧化还原电位(ORP)及有效氯浓度(ACC), 并研究了相应保存时间下电解水冰对副溶血性弧菌的杀灭能力。结果表明:0~6 h 内, 不同质量浓度间电解水冰的 pH 值变化不显著; 而 6 h 后, NaCl 质量浓度≤1 g/L 制备的电解水冰, 其 pH 变化速率小于 NaCl 质量浓度>1 g/L 的冰。不同浓度电解水冰的 ORP、ACC 随时间的增加而减少, 但 ORP 变化几乎遵循同一趋势; 相比 NaCl 质量浓度≤1.5 g/L 制备的电解水冰, NaCl 质量浓度>1.5 g/L 的 ACC 损失率较大。0~10 h 内, NaCl 质量浓度为 1.5g/L 及 1.25 g/L 的电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌量差值最大, 与其它所有相邻浓度间杀菌量差值相比, 最高比值可达 117.6 倍。根据相关性分析可得, 电解水冰的 pH、ORP、ACC 对杀菌量的相关系数 r 分别为 0.831、0.787 和 0.944。

关键词: 酸性电解水冰; 理化指标; 副溶血性弧菌; 杀菌效果

中图分类号: TS 201 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2013)11—1169—07

Effect of Physicochemical Properties of Electrolyzed Water Ice on Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* During Storage

LI Ji-bing¹, LIN Ting¹, LIAO Chao¹, JIN Meng-tong¹, PAN Ying-jie^{1,2,3}, ZHAO Yong^{*1,2,3}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China; 3. Laboratory of Quality&Safety Risk Assessment for Aquatic Products on Storage and Preservation, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China)

Abstract: Electrolyzed water ice is a relatively new preservation and cold sterilization technology developed in recent years. To study the changes in physicochemical properties of electrolyzed water ice during storage and their effect on inactivation of *Vibrio parahaemolyticus*, five types of

收稿日期: 2013-06-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(31271870); 上海市科委部分地方院校能力建设项目(11310501100); 上海市科委创新行动计划项目(12391901300); 上海市科委工程中心建设项目(11DZ2280300)。

* 通信作者: 赵勇(1975—), 男, 湖北英山人, 理学博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事食品安全与食品生物技术方面的研究。

E-mail: yzhao@shou.edu.cn

electrolyzed water ice prepared from different concentration of sodium chloride solution (0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75 g/L) and were frozen at $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$. And a set of physicochemical properties, including pH values, oxidation reduction potential (ORP) and available chlorine concentration (ACC), were measured on storage hours (0–10 h), and the bactericidal efficiency on *Vibrio parahaemolyticus* by electrolyzed water ice was studied during storage. The results showed that pH value did not have significant difference ($p>0.05$) from 0 to 6h, while after 6 h the rate of pH change of electrolyzed water ice prepared from $\text{NaCl}\leq 1\text{ g/L}$ was less than that of NaCl concentration $>1\text{ g/L}$. ORP and ACC decreased gradually, and the ORP changes almost follow the same trend. However, the ACC loss rate of $\text{NaCl}>1.5\text{ g/L}$ was higher than that of $\text{NaCl}\leq 1.5\text{ g/L}$. Compared sterilization with all other adjacent concentration difference, the difference of the bactericidal efficiency on *Vibrio parahaemolyticus* by the electrolyzed water ice of NaCl concentration 1.5 g/L and 1.25 g/L, the highest ratio was to 117.6 times. According to the correlation analysis, the respective correlation coefficients of pH, ORP, ACC on the bactericidal capacity were 0.831, 0.787 and 0.944.

Keyword: acidic electrolyzed water ice, physicochemical properties, *Vibrio parahaemolyticus*, bactericidal effect

近年来,电解水冰逐步成为一种新型的冷杀菌保鲜技术。该技术不仅结合了普通冰的低温优势,而且结合了电解水快速、广谱杀灭微生物的优点^[1]。目前,有关电解水冰的研究主要涉及食品保鲜和微生物杀灭等方面。Feliciano^[2]等研究表明,电解水冰可减少鱼片中大肠杆菌和恶臭假单胞菌数量;Kim^[3]研究表明,电解水冰可以显著阻碍鱼中需氧菌和嗜冷细菌的生长;同时,与普通自来水冰对秋刀鱼的保存相比,电解水冰可以延长大约4~5 d的货架期;Phuvasate^[4]等研究发现,电解水冰可有效地杀灭大肠杆菌,并可降低贮藏食品物体表面或鱼体表面能够产生组胺的细菌;Koseki^[5]等研究表明,酸性电解水冰可有效地杀灭和抑制生菜上单增李斯特菌和大肠杆菌。以上研究表明,电解水冰可以有效地杀灭细菌,并延长食品的货架期。因此,探究电解水冰的挥发动力学,将有助于应用电解水冰更好地保障食品的良好品质。

许多学者研究了酸性电解水在不同保存条件下其理化性质如pH值、氧化还原电位(ORP)和有效氯含量(ACC)等随时间的变化情况^[6-9]。然而,对电解水冰理化指标pH、ORP和ACC的系统性研究较少,且对电解水冰理化指标随时间的变化及其对微生物的杀菌效果尚未报道。

作者主要研究了不同浓度的电解水冰在保存

过程中其主要理化指标随时间(0、2、4、6、8、10 h)延长而变化的情况,以及相应保存时间下电解水冰对副溶血性弧菌的杀灭效果。同时检测酸性电解水冰处理液中微生物残留情况,为酸性电解水冰推广应用于食品的杀菌和保鲜奠定坚实基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 菌种 副溶血性弧菌 ATCC33847:购自中国科学院微生物研究所。

1.1.2 培养基、试剂和设备 胰蛋白酶大豆肉汤(TSB)、TCBS培养基:购自上海市疾病预防控制中心;配制0.85%灭菌生理盐水所用NaCl及 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 NaH_2PO_4 、 Na_2HPO_4 等化学试剂:均为分析纯。FW-200型强AEW生成器(可同时生产2 L酸性电解水和2 L碱性电解水):日本AMANO公司;超净工作台:ESCO WORLD CLASS WORLDWIDE;pH/ORP测定仪:梅特勒-托利多仪器上海有限公司;RC-3F型高浓度有效氯测定仪(测量范围:0~300 mg/L,分辨率:1 mg/L):日本;QL-901型漩涡振荡器:江苏海门市其林贝尔仪器制造有限公司;MLS-3750高压灭菌锅:三洋电机生物医药株式会社之子公司;移液枪等。

1.2 试验方法

1.2.1 酸性电解水冰的制备 采用二槽隔膜电解

水装置,通过调节电压、电流、电解时间,将不同质量浓度 NaCl 溶液 (NaCl 质量浓度为 0.75、1、1.25、1.50、1.75 g/L) 电解制得不同浓度酸性电解水 (AEW)。制备酸性电解水 6 L,置于密封塑料袋内、避光保存,于-36 °C 的冰箱内放置 24 h,制得酸性电解水冰 (AEW-ice)。

1.2.2 电解水冰的主要理化特性的测定 将制备后的电解水冰块敲成碎冰。为了模拟超市食品保存情景,将敲碎的冰放于不锈钢铁盒(72 cm×48 cm×9.5 cm)内,然后放置在不断制冷的无盖冰箱上。对制备获得的各不同浓度酸性电解水冰(AEW-ice)在 0、2、4、6、8、10 h 进行随机取样,使其在 60 °C 水浴锅中立即融化,测定电解水冰的 pH 值、ORP 和 ACC。

1.2.3 菌液的制备及菌悬液的制备 将甘油保藏的副溶血性弧菌 ATCC33847 接种到 9 mL 无菌 3% NaCl 的胰蛋白酶大豆肉汤中,37 °C 和 180 r/min 摇床培养 12 h 活化,第二次活化接种 5 管 9 mL 3% NaCl 的胰蛋白酶大豆肉汤,将活化后获得的菌悬液在 10 °C 下以 3 000 r/min 离心 10 min,弃上清液,将沉淀悬浮于 20 mL 磷酸盐缓冲液(PBS)中,混匀,测其 OD 值。最终获得的菌液含菌量约为 9 lg(CFU/mL),备用。

1.2.4 电解水冰处理及增菌试验 不同的时间点取酸性电解水冰,在无菌条件下,将 1 mL 制备的菌悬液分别加入装有 1 mL 的酸性电解水冰 (NaCl 质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L) 融化液的试管中,立即混匀,反应时间为 15 s。取 0.5 mL 以上反应液加入到装有 4.5 mL 无菌的中和剂溶液 (含 0.5% NaS₂O₃ 的 PBS 缓冲液^[10]) 试管中,振荡混匀,以终止反应。运用 0.85% 生理盐水进行梯度稀释,并取 100 μL 的稀释液涂布到 TCBS 琼脂平板上,37 °C 培养 24 h 后计数。

为了检测酸性电解水冰融化液处理后可能残存的极少量菌,一方面选择合适稀释度涂布于 TCBS 琼脂平板上,37 °C 培养 24 h 后计数。另一方面需要做增菌试验,即从酸性电解水冰融化液中吸取 100 μL 加入到 10 mL TSB 培养基,以 180 r/min 于 37 °C 摇床培养 24 h 增菌,结束后直接涂布于 TCBS 平板上,37 °C 培养 24 h 后计数。若计数结果为 0,则增菌结果为阴性;反之,增菌结果为阳性。每个稀释度重复 2 次。

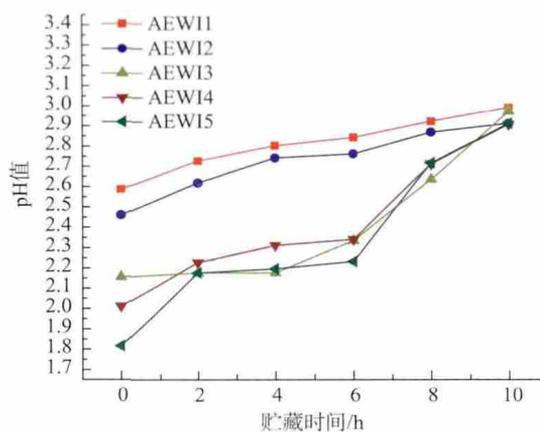
1.3 数据处理

数据结果以平均值±标准偏差表示,采用 SPSS17.0 软件、OriginPro 8 和皮尔森相关性系数对获得的数据进行分析。利用 SPSS17.0 软件中的 LSD 法对相关数据进行显著性分析,显著性水平为 0.05。

2 结果与讨论

2.1 酸性电解水冰的主要理化特性

2.1.1 电解水冰保存过程中 pH 的变化 在图 1 中,随保存时间的延长,不同浓度电解水冰的 pH 值均有着明显的上升趋势,这与相关文献的结果相似^[8,11]。造成这一现象可能是由于阴离子如 Cl⁻和 OCl⁻吸附在带正电荷的冰表面,从而导致 pH 值的增加^[3]。0~6 h 内,不同质量浓度间的 pH 值变化不显著;而 6 h 后,NaCl 质量浓度≤1 g/L 制备的电解水冰,其 pH 变化速率小于 NaCl 质量浓度>1 g/L。另外由图 1 可发现,NaCl 质量浓度为 0.75、1 g/L 制得的电解水冰随着时间的延长其 pH 值上升得较为缓慢。NaCl 质量浓度为 1.25、1.5、1.75 g/L 制备的电解水冰在 0~6 h,其 pH 值上升也较为缓慢,且其 pH 在 6 h 时仍保持较低的值(pH 2.2);而在 6~10 h 时其 pH 值上升较快,且 pH 值上升的幅度从 2.2 达到 2.9。



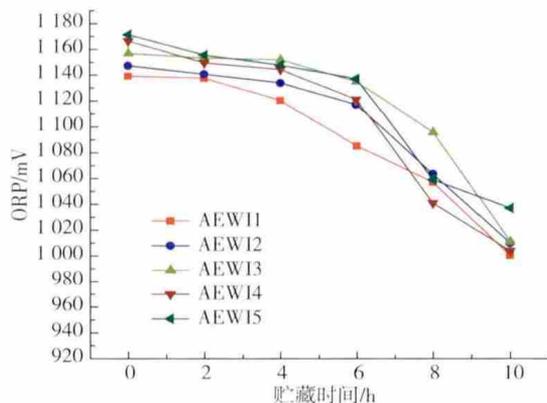
AEW-ice1、AEW-ice2、AEW-ice3、AEW-ice4 和 AEW-ice5 分别表示质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L 的 NaCl 溶液制取得到的酸性电解水冰

图 1 不同保存时间下电解水冰 pH 值的变化

Fig. 1 Changes in pH values of electrolyzed water ice under different storage durations

2.1.2 电解水冰保存过程中 ORP 的变化 Kim^[12]和 Liao^[13]等研究表明,ORP 是影响微生物失活的主要

因素,因为它会损坏大肠杆菌的外膜和内膜,从而导致大肠杆菌失活。此外,研究表明,好氧性微生物适宜生存的 ORP 范围是 200~800 mV。因此,探究电解水冰的 ORP 变化情况,对于电解水冰用于高效杀灭食源性致病微生物,具有重要意义。图 2 显示,不同质量浓度电解水冰的 ORP 随着时间的延长均逐渐下降,且 ORP 变化几乎全部遵循同一趋势;0~6 h 这一时间段内,ORP 下降较为缓慢,从 1 150 mV 下降到 1 120 mV,下降的幅度范围为 1.91%~4.74%;而 6 h 后其 ORP 下降速率明显快于 6 h 之前的 ORP 变化,从 1 120 mV 下降到 1 000 mV,下降的幅度范围为 7.85%~10.9%。

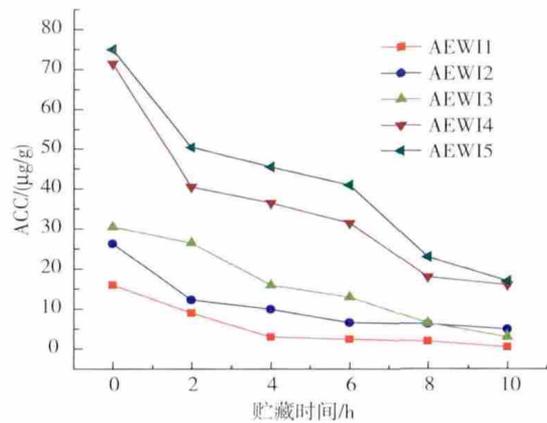


AEW-ice1、AEW-ice2、AEW-ice3、AEW-ice4 和 AEW-ice5 分别表示质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L 的 NaCl 溶液制取得到的酸性电解水冰

图 2 不同保存时间电解水冰融化处理后 ORP 值的变化
Fig. 2 Changes in ORP values of electrolyzed water ice under different storage durations

2.1.3 电解水冰保存过程中 ACC 的变化 Abadias^[4]等研究表明,ACC 包括次氯酸(HClO)、次氯酸盐离子(OCl⁻)和氯(Cl₂),是起到杀菌作用的主要因素。因此,探究电解水冰的 ACC 变化情况,对于电解水冰用于高效杀灭食源性致病微生物,同样具有重要意义。图 3 中,随着保存时间的延长,5 种电解水冰的 ACC 均逐渐下降;NaCl 质量浓度 ≤ 1.5 g/L 电解水冰的 ACC 下降速率小于 NaCl 质量浓度 > 1.5 g/L。NaCl 质量浓度为 0.75、1、1.25 g/L 电解水冰随着时间的延长其 ACC 下降较为缓慢,且其 ACC 下降的幅度从 23 μg/g 到 5 μg/g,减少了 18 μg/g;NaCl 质量浓度为 1.5、1.75 g/L 随着时间的延长其 ACC 下降较快,且其 ACC 下降的幅度从 75 μg/g 到 15 μg/g,

减少了 60 μg/g。因此,相对质量浓度较高的电解水冰 ACC 的损失率要大于相对质量浓度较低的电解水冰 ACC 损失率。

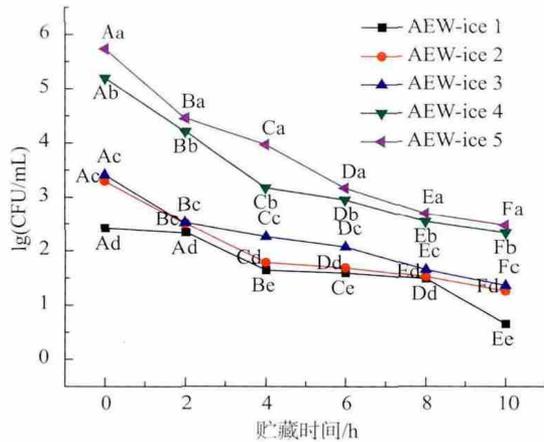


AEW-ice1、AEW-ice2、AEW-ice3、AEW-ice4 和 AEW-ice5 分别表示质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L 的 NaCl 溶液制取得到的酸性电解水冰

图 3 不同保存时间电解水冰融化处理后 ACC 值的变化
Fig. 3 Changes in ACC values of electrolyzed water ice under different storage durations

2.2 酸性电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌效果

图 4 表明,不同 NaCl 质量浓度的电解水冰在不同保存时间下对副溶血性弧菌的杀菌效果。NaCl 质量浓度为 0.75 g/L 电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌效果在 0~2 h 内没有显著性差异($p > 0.05$),而其它不同 NaCl 质量浓度的电解水冰在不同时间下差异均显著($p < 0.05$)。NaCl 溶液质量浓度为 0.75 g/L 制备的酸性电解水冰,0 h 时能杀灭菌落数为 2.42 log(CFU/mL),随着时间的增加,电解水冰的杀菌能力有较大幅度的降低,到第 10 小时时该酸性电解水冰的杀灭菌落数降低到 0.66 lg(CFU/mL),降低了 72.9%;质量浓度为 1.25 g/L 的 NaCl 溶液制成的酸性电解水冰,在 0 h 时可杀灭菌落数 3.33 lg(CFU/mL),到第 10 小时其杀灭菌落数为 1.37 lg(CFU/mL),降低了 58.7%;质量浓度为 1.5 g/L 的 NaCl 溶液制成的酸性电解水冰,在 0 h 时可杀灭菌落数 5.22 lg(CFU/mL),到第 10 小时其杀灭菌落数为 2.35 lg(CFU/mL),降低了 54.9%。以上结果表明,相对质量浓度较高电解水冰(AEW-ice 4,5)与相对质量浓度较低电解水冰(AEW-ice 1,2,3)相比,在同一环境条件下保存相同的时间,其仍具有较强的杀菌能力。



大写字母 A、B、C、D、E 和 F 是同一浓度的酸性电解水冰不同时间条件下杀菌效果的显著性差异 ($p < 0.05$), 小写字母 a、b、c、d 和 e 表示的是同一时间不同浓度的酸性电解水冰处理条件下杀菌效果的显著性差异 ($p < 0.05$)。AEW-ice1、AEW-ice2、AEW-ice3、AEW-ice4 和 AEW-ice5 分别表示质量浓度为 0.75、1、1.25、1.5、1.75 g/L 的 NaCl 溶液制取得到的酸性电解水冰, 纵坐标表示不同质量浓度的电解水冰在不同保存时间所对应的杀菌菌落数。

图 4 不同保存时间电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌效果
Fig. 4 Effects of electrolyzed water ice treatments on reducing *Vibrio* under different storage durations

对于同一时间不同质量浓度的酸性电解水冰杀菌效果分析可得, 除保存 0 h 下 NaCl 质量浓度为 1 g/L 和 1.25 g/L 制备的电解水冰、保存 2 h 下 NaCl 质量浓度为 1 g/L 和 1.25 g/L 制备的电解水冰以及保存 8 h 下 NaCl 质量浓度为 0.75 g/L 和 1 g/L 制备的电解水冰之间没有显著性差异 ($p > 0.05$) 外, 其它时间相对应的不同质量浓度的酸性电解水冰杀菌效果均有显著性差异 ($p < 0.05$)。不同保存时间条件下, 电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌效果随 NaCl 质量浓度的增加而增大。NaCl 质量浓度为 1.75 g/L 的电解水冰在保存 0 h 下具有较强的杀菌能力, 其杀菌数可达 5.75 lg(CFU/mL)。将电解水冰的处理液进行涂布, 结果发现未检出残存菌。因此, 酸性电解水冰的处理液不会对环境造成二次污染, 这一结果与相关文献^[11,15]也是一致的。

在图 4 中, 0~10 h 处理时间内, 相邻 NaCl 质量浓度为 1.5 g/L 及 1.25 g/L 的电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌量差值, 与其它所有相邻浓度间杀菌量差值相比较, 且最高比值可达 117.6 倍。结合电解水冰在保存过程中其 pH 值、ORP 以及 ACC 的变化情况, 可认为在此实验中, 电解水冰较大幅度杀灭

副溶血性弧菌的质量浓度转折点是 1.5 g/L。

2.3 电解水冰的 pH、ORP、ACC 与杀菌量的相关性分析

图 5 表示 1.5 g/L NaCl 电解水冰的 pH、ORP、ACC 以及杀菌数之间的相关性。结果表明: pH 值、ORP 和 ACC 与杀菌数之间相关系数 r 分别为 0.831、0.787 和 0.944。三个理化指标均影响电解水冰对副溶血性弧菌的杀菌效果, 而 ACC 对其杀菌效果的影响最大, 与国内外关于电解水的一些相关研究报告的结果一致^[3,16-18]。

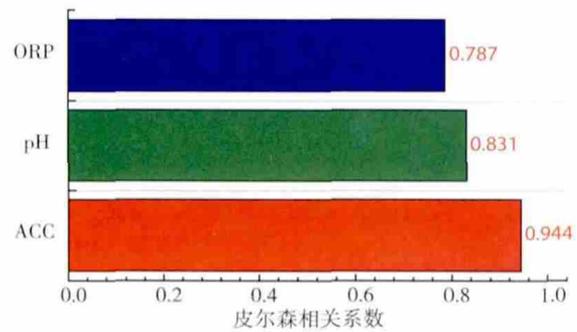


图 5 pH、ORP、ACC 对电解水冰杀菌量的皮尔森相关性系数
Fig. 5 Pearson correlation coefficient of pH、ORP、ACC on inactivation of *Vibrio Parahaemolyticus*

不同的微生物对酸性环境的适应性是不同的, 但一般来说, 微生物生长过程中一般要求 pH 的适应范围为 4~9。当 pH 在 2.7 以下时, 大多数微生物都是不能生存的。这是因为微生物的表面结构中含有一些两性物质, 当 H^+ 浓度较大时就会破坏这些结构成分, 使细胞膜通透性增加, 代谢过程受阻, 最终导致死亡。另外, 不同微生物其 ORP 的生存范围是不同的, 好气性微生物的 ORP 范围为 200~800 mV, 嫌气性微生物的 ORP 范围为 -700~1 000 mV。新制备的强酸性电解水冰其 ORP 值高达 +1 100 mV, 可改变细胞内电子流动, 严重影响微生物的能量代谢与 ATP 的产生^[19]。有效氯包括 HClO、ClO⁻ 和氯的氧化物。电解质溶液中的 Cl⁻ 在阳极被氧化为 Cl₂ 后形成 HClO, HClO 作为杀菌的前提物质, 具有强氧化性, 从而起到杀菌作用。

有关酸性电解水的主导杀菌因素 (pH、ORP、ACC) 方面的研究较多, 并因此形成了几个主流学说, 如高氧化还原电位杀菌学说、有效氯杀菌学说等^[20]。国内王文清等^[21]认为, 酸性电解水杀菌以化学杀菌为主, 其中有效氯浓度 ACC 为主要影响因素;

以物理杀菌为辅,其中 ORP 值为主要影响因素;相关研究也表明,强酸性电解水的杀菌效果主要是其产生的氯气在起作用^[5,22]。随着微酸性电解水生产装置的开发和杀菌效果研究的深入,有关微酸性电解水的主导杀菌因素,目前国内外比较认可有效氯中的次氯酸杀菌这一学说。但是对于酸性电解水的主导杀菌因素,人们更多地认为是酸性电解水的各个杀菌因素(包括 pH、ORP、ACC)协同作用的结果^[23]。本研究结果表明,pH、ORP、ACC 对电解水冰的杀菌效果均起到一定的作用。

实际应用中,特别是果品蔬菜贮藏保鲜方面^[24],为了取得更好的杀菌保鲜效果,可获得较高 ACC 的电解水冰,但高浓度的 ACC 可能对食品感官品质产生影响。因此需要在制备过程中选择合适的 NaCl

质量浓度进行制备。

3 结 语

电解水冰是近年来发展的一种新型冷杀菌保鲜技术。作者对不同浓度酸性电解水冰的理化指标变化与其对食源性致病菌(副溶血性弧菌)杀灭情况间的关系进行研究,研究结果表明:不同质量浓度的 NaCl 溶液制备的电解水冰在相同贮存时间内,其理化指标的变化存在差异,且理化指标的变化与杀菌效果间存在一定相关性,其中 ACC 对菌杀灭影响最大,其次分别为 pH、ORP。本研究结果为未来电解水冰在食品工业中应用于食品保鲜、延长货架期及降低食源性致病菌引起的食品安全风险方面提供参考数据。

参考文献:

- [1] Venkitanarayanan K S, Ezeike G O, Hung Y C, et al. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* [J]. **Applied and Environmental Microbiology**, 1999, 65 (9): 4276-4279.
- [2] Feliciano L, Lee J, Lopes A J, et al. Efficacy of sanitized ice in reducing bacterial load on fish fillet and in the water collected from the melted ice[J]. **Journal of Food Science**, 2010, 75(4): 231-238.
- [3] Kim W T, Lim Y S, Shin I S, et al. Use of electrolyzed water ice for preserving freshness of pacific saury (*Cololabis saira*) [J]. **Journal of Food Protection**, 2006, 69: 2199-2204.
- [4] Phuvasate S, Su Y C. Effects of electrolyzed oxidizing water and ice treatments on reducing histamine-producing bacteria on fish skin and food contact surface[J]. **Food Control**, 2010, 21: 286-291.
- [5] Koseki S, Fujiwara K, Itoh K. Decontaminative effects of frozen acidic electrolyzed water on lettuce [J]. **Journal of Protection**, 2002, 65: 411-414.
- [6] Tatsum I Y, Umimoto K, Kumayama Y, et al. Effect of long term storage on bactericidal activity of strong acidic electrolyzed water [J]. **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**, 2007, 14: 3733-3736.
- [7] Len S V, Hung Y C, Chung D, et al. Effects of storage conditions and pH on chlorine loss in electrolyzed oxidizing (EO) water [J]. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, 2002, 50: 209-212.
- [8] Hsu S Y, Kao H Y. Effects of storage conditions on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water [J]. **Journal of Food Engineering**, 2004, 65: 465-471.
- [9] Cui X D, Shang Y C, Shi Z X, et al. Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions [J]. **Journal of Food Engineering**, 2009, 91: 582-586.
- [10] 李敏, 丁马旭东, 殷永志, 等. 酸性氧化电位水的杀菌效果试验观察 [J]. **中国消毒学杂志**, 2006, 23(4): 360-361.
LI Min, MA Xu-dong, YING Yong-zhi, et al. Experimental observation of the bactericidal effect of acidic electrolyzed oxidizing water [J]. **Chinese Journal of Disinfection**, 2006, 23(4): 360-361. (in Chinese)
- [11] 谢军, 孙晓红, 潘迎捷, 等. 电解水的保存特性及杀菌效果 [J]. **江苏农业学报**, 2010, 26(5): 1053-1059.
XIE Jun, SUN Xiao-hong, PAN Ying-jie, et al. Physicochemical properties of electrolyzed water during storage and its bactericidal effect on shrimp [J]. **Jiangsu Journal of Agricultural Sciences**, 2010, 26(5): 1053-1059. (in Chinese)
- [12] Kim C, Hung Y C, Brachett R E. Roles of oxidation reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemical modified water for the inactivation of food-related pathogens [J]. **Journal of Food Protection**, 2000, 63(1): 19-24.

- [13] Liao L B,Chen W M,Xiao X M. The generation and inactivation mechanism of oxidation reduction potential of electrolyzed oxidizing water[J]. **Journal of Food Engineering**,2007,78:1326-1332.
- [14] Abadias M,Usall J,Oliveira M,et al. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally processed vegetables[J]. **International Journal of Food Microbiology**,2008,123:151-158.
- [15] 林婷,王敬敬,潘迎捷,等. 酸性电解水对纯培养及食品中食源性致病菌杀菌效果比较研究[J]. 食品科学,2013,3:12-18.
LIN Ting,WANG Jing-jing,PAN Ying-jie,et al. Comparison on disinfection effect of acidic electrolyzed water against foodborne pathogenic bacteria in pure culture and on food[J]. **Food Science**,2013,3:12-18.(in Chinese)
- [16] Park H,Hung Y C,Kim C,Effectiveness of electrolyzed water as a sanitizer for treating different surfaces [J]. **Journal of Food Protection**,2002,65(8):1276-1280.
- [17] 任占东,朱玉婵,张智勇,等. 氧化电位水的稳定性和杀菌机理[J]. 化工学报,2008,9(6):1515-1521.
REN Zhan-dong,ZHU Yu-chan,ZHANG Zhi-yong,et al. Stability and sterilization mechanism of electrolyzed oxidizing water[J]. **Journal of Chemical Industry and Engineering**,2008,59(6):1515-1521.(in Chinese)
- [18] 曾新平,林黎,张经纬,等. 酸性氧化电位水对金黄色葡萄球菌的杀灭效果研究[J]. 中国消毒学杂志,2008,25(4):355-358.
ZENG Xin-ping,LIN Li,ZHANG Jing-wei,et al. The study on efficacy of EOW in killing *Staphylococcus aureus* [J]. **Chinese Journal of Disinfection**,2008,25(4):355-358.(in Chinese)
- [19] Huang Y R,Hung Y C,Hsu S Y,et al. Application of electrolyzed water in the food industry [J]. **Food Control**,2008,19:329-345.
- [20] 唐文伟,欧阳婷,曾新平,等. 酸性氧化电位水的杀菌机制研究进展[J].中国消毒学杂志,2009,26(1):71-73.
TANG Wen-wei,OU Yang-tin,CENG Xin-ping,et al. The bactericidal mechanism of acidic electrolyzed oxidizing water[J]. **Chinese Journal of Disinfection**,2009,26(1):71-73.(in Chinese)
- [21] 王文清,陈红梅,张选明,等. 酸性氧化电位水制备和杀菌机制的研究进展[J].现代化工,2008,28(11):24-28.
WANG Wen-qing,CHEN Hong-mei,ZHANG Xuan-ming,et al. Progress in preparation and sterilizing mechanism of electrolyzed oxidizing water[J]. **Modern Chemical Industry**,2008,28(11):24-28.(in Chinese)
- [22] Koseki S,Isobe S,Itoh K. Efficacy of acidic electrolyzed water ice for pathogen control on lettuce [J]. **Journal of Food Protection**,2004,67:2544-2549.
- [23] 孙薇,任清明,李东力. 酸性氧化电位水杀菌机制及应用研究进展[J]. 中国消毒学杂志,2004,21(4):371-373.
SUN Wei,REN Qing-ming,LI Dong-li. Sterilization mechanism and application progress of acidic electrolyzed oxidizing water [J]. **Chinese Journal of Disinfection**,2004,21(4):371-373.(in Chinese)
- [24] 李里特,王颖,丹阳,等. 我国果品蔬菜贮藏保鲜的现状和新技术[J]. 食品生物与技术学报,2003,22(2):106-109.
LI Li-te,WANG Jie,DAN Yang,et al. State and new technology on storage of fruits and vegetables in China[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2003,22(2):106-109.(in Chinese)

科技信息

欧盟调查报告列出 10 大易掺假食品名单

行业媒体消息,欧盟近日发布的有关“食品安全与食品掺假”调查报告列出欧盟市场易被掺假食品名单,分别是:1、橄榄油,2、鱼类,3、有机食品,4、牛奶,5、粮食(谷物),6、蜂蜜及枫糖浆,7、咖啡和茶叶,8、调料(例如藏红花和辣椒粉),9、葡萄酒,10、某些果汁。

目前,欧盟应对食品掺假问题需要面临的挑战是:欧洲经济危机在一定程度上刺激了食品掺假;欧盟范围内缺乏对食品掺假认识的统一标准;欧盟警方对食品掺假犯罪缺乏合作机制;食品掺假犯罪处罚相对较低,各成员国对食品掺假处罚存在较大差异。

调查报告由食品行业、政府执法机构及各成员国共同完成。

[信息来源]食品安全网. 欧盟调查报告列出 10 大易掺假食品名单 [EB/OL]. (2013-10-24). <http://foodsafeguard.com/news/>.