

酸性电解水对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌杀菌效果的比较研究

许 愈¹, 赵 莉¹, 刘海泉^{1,2,3,4}, 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), 上海 201306;
4. 上海海洋大学食品热加工工程技术研究中心, 上海 201306)

摘 要: **目的** 研究不同浓度酸性电解水对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌单增李斯特氏菌的杀菌作用, 比较酸性电解水对革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌的杀菌效果。**方法** 采用传统的平板计数法进行细菌计数, 扫描电镜观察细菌细胞的形态变化, 琼脂糖胶电泳检测细菌 DNA 变化和 BSA 法进行细菌蛋白质泄露测定。**结果** 酸性电解水对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌均具有很强的杀灭效果, 其杀菌效果随着电解水浓度的增加而增强。较高浓度的电解水处理后, 副溶血性弧菌几乎全部杀灭, 单核细胞增生李斯特氏菌菌落总数降低了 1.45 log CFU/mL。扫描电镜实验表明, 经酸性电解水处理的副溶血性弧菌坍塌明显, 且随着酸性电解水浓度的升高, 细胞形态崩解严重, 细菌形状模糊。**结论** 相较于单核细胞增生李斯特氏菌, 酸性电解水对革兰氏阴性菌副溶血性弧菌有明显的杀菌效果

关键词: 酸性电解水; 副溶血性弧菌; 单核细胞增生李斯特氏菌; 杀菌效果

Bactericidal effect on *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* by acidic electrolyzed water

XU Yu¹, ZHAO Li², LIU Hai-Quan^{1,2,3,4}, 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 Product on Storage and Preservation (Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China; 4. Engineering Research Center of Food Thermal-processing Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: Objective To study the bactericidal effect of different concentrations of acidic electrolyzed water on *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes*, and compare the bactericidal effect of acidic electrolyzed water on gram-negative and gram-positive bacteria. **Methods** Bacteria were counted by using the traditional plate

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31571917、31671779)、上海市科技兴农项目(沪农科攻字 2015 第 4-8 号、沪农科攻字 2016 第 1-1 号、沪农科推字 2017 第 4-4 号)、上海市教育委员会科研创新计划资助项目(2017-01-07-00-10-E00056)、上海市教委曙光计划(15SG48)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31571917, 31671779), Shanghai Agriculture Applied Technology Development Program (Grant No.G20150408, G20160101, T20170404), Innovation Program of Shanghai Municipal Education Commission (2017-01-07-00-10-E00056) and the "Dawn" Program of Shanghai Education Commission (15SG48)

***通讯作者:** 赵勇, 教授, 主要研究方向为食品安全与生物技术。E-mail: yzhao@shou.edu.cn

***Corresponding author:** ZHAO Yong, Professor, College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, No.999, Hucheng Ring Road, Lingang Avenue, Shanghai 201306, China. E-mail: yzhao@shou.edu.cn

counting method. The morphological changes of the bacterial cells were observed by scanning electron microscopy. Agarose gel electrophoresis was used to detect bacterial DNA changes and BSA method was used to measure bacterial protein leakage. **Results** Acidic electrolyzed water (AEW) had strong bactericidal activity against *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* which became stronger with increasing AEW concentration. *Vibrio parahaemolyticus* was almost completely killed after treated with a higher concentration of electrolyzed water, and the number of *Listeria monocytogenes* strains decreased by 1.45 log CFU/mL. Scanning electron microscopy experiments showed collapsed significantly on *Vibrio parahaemolyticus*. The cell morphology was disintegrated seriously and the shape of the bacteria was blurred with increasing AEW concentration. **Conclusion** Compared to *Listeria monocytogenes*, acidic electrolyzed water has a significant bactericidal effect against *Vibrio parahaemolyticus*.

KEY WORDS: acidic electrolyzed water; *Vibrio parahaemolyticus*; *Listeria monocytogenes*; bactericidal activity

1 引言

副溶血性弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)是一种革兰氏阴性短杆嗜盐菌,海产品中常见的病原菌,在温暖季节其自然污染率达到 90%^[1,2],误食该菌感染的海产品易引发败血症和肠胃炎等疾病^[3]。单核细胞增生李斯特氏菌(*Listeria monocytogenes*)是一种无处不在的革兰氏阳性食源性致病菌,且在低温下具有很强的生长能力^[4],可引起人畜共患的疾病,致死率高达 20%~70%^[5]。研究表明加工环境、零售店、露天的菜市场以及不规范的操作都增加这两种菌感染的概率^[6,7],会导致极大的食品安全隐患。因此在食品工业中选择一种广谱高效的杀菌剂来降低食源性致病菌的感染风险迫在眉睫。

目前,物理杀菌和化学杀菌是工业产业中普遍采用的杀菌消毒方式。物理方法主要包括热力杀菌、光照杀菌、臭氧杀菌、电离辐射杀菌以及微波杀菌等。化学方法主要方式是氯杀菌。以上杀菌方式虽然广泛使用,但也有其固有的杀菌弱点,例如杀菌范围有限、破坏产品品质,价格高昂以及残留杀菌剂破坏环境等^[8]。酸性电解水(acidic electrolyzed water technology, AEW)是一种新型的杀菌保鲜技术,相较于其他杀菌剂,其不仅对食品的色泽、风味及质构影响较小,而且具有安全无污染等特色^[9-11]。尽管目前酸性电解水杀菌性能已被广泛研究且加以应用,但是其杀菌作用方式尚未被完全揭示。

因此,本文以阴性菌副溶血性弧菌和阳性菌单核细胞增生李斯特氏菌这两种食源性致病菌为载体,重点研究酸性电解水的杀菌作用效果,旨在为揭示酸性电解水的杀菌机制奠定基础。

2 材料与方法

2.1 酸性电解水的制备

不同浓度酸性电解水的制备参照文献^[12]的方法,将

0.10%的 NaCl 溶液倒入强酸性电解水制备仪中电离不同时间在阳极获得 2 种不同性质的酸性电解水(AEW1 和 AEW2)。分别用 pH/ORP 测定仪和有效氯测定仪测定所得的酸性电解水 pH、氧化还原电位(oxidation reduction potential, ORP)和有效氯成分(available chlorine concentration, ACC)。酸性电解水的理化性质见表 1。

表 1 酸性电解水物理化学性质
Table 1 Physicochemical properties of AEW

物化特性	AEW1	AEW 2
pH	2.51±0.01	2.32±0.01
ORP/mV	1143.0±1.0	1166.3±2.6
ACC/(μg/mL)	25±1	48±2

2.2 菌株准备

2 株副溶血性弧菌(ATCC17802,血清型 O3:K6)和 1 株单核细胞增生李斯特氏菌(ATCC19115)分别应用于本研究。

用平板划线法将-80℃冰箱内甘油管保藏的副溶血性弧菌菌种及单核细胞增生李斯特氏菌种分别接种至 TCBS 琼脂培养基与 PALCAM 琼脂培养基,37℃过夜培养,分别挑取单菌落于 9 mL 胰酶大豆肉汤培养基(TSB, 3% NaCl)试管和胰酶大豆肉汤培养基(trypticase soy broth, TSB)中,在 37℃、180 r/min 的摇床中培养 16 h,连续活化 2 次后备用。

2.3 悬液定量杀菌实验

将活化好的菌及其培养液置于离心管中离心 10 min (25℃, 3000g),用生理盐水溶液对菌体进行重悬,调整菌体浓度约为 9 log CFU/mL。取 1 mL 菌悬液加入 1 mL 酸性电解水,振荡混匀,处理 2 min 后,立刻取 1 mL 混合液加入到 9 mL 终止液(0.5%硫代硫酸钠和 0.85%氯化钠溶液)

中停止杀菌。然后用生理盐水以 10 倍梯度对杀菌处理和未处理的进行稀释, 从 2~3 个适宜梯度中取 100 μL 稀释液涂布于 TCBS 或者 PALCAM 固体培养基中进行活菌数量计数, 无菌生理盐水处理作为空白对照。

2.4 扫描电镜观察细菌形态变化

为观察未处理的以及不同浓度酸性电解水处理的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌微观结构, 其样品处理步骤如下: (1)将 2.3 中处理后的菌悬液置于 10 mL 离心管中, 3000 r/min, 离心 10 min; (2) 离心后弃上清, 用 0.85%生理盐水进行悬浮, 调节 OD 至 $OD_{600}=1.0$ (菌浓度为 9 log); (3) 取 1 mL 菌悬液于 1.5 mL 离心管中, 8000 r/min, 离心 2 min; (4) 离心后弃上清, 加入 1 mL 4%的戊二醛进行固定, 注意使菌体充分悬浮, 然后置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱过夜处理; (5) 处理后, 8000 r/min, 离心 2 min 后弃上清, 然后用 PBS 缓冲液清洗 3 次(目的是清除戊二醛); (6) 酒精梯度脱水: 分别用 30%、50%、70%、90%、100%乙醇进行洗脱, 每次处理 10 min 后, 8000 r/min 离心 5 min, 其中 100%乙醇洗脱 2 次; (7) 用 500 μL 的无水乙醇悬浮菌液, 彻底悬浮后取 10 μL 菌液滴于放置在 24 孔板中的盖破片上, 放置数分钟; (8) 待稍微干燥后, 将 24 孔板装于保鲜袋后置于 -80 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中, 处理 4 h; (9) 处理后, 将孔板打开盖并用保鲜膜封口(样品处保鲜膜扎针眼, 防止盖破片破碎)后置于冷冻干燥机进行干燥, 过夜处理; (10) 干燥处理后的样品用扫描电子显微镜进行观察其微观结构。

2.5 细菌 DNA 降解测定以及蛋白泄露测定

采用天根生化科技(北京)有限公司提供的细菌基因组 DNA 提取试剂盒, 按照试剂盒说明书对未处理的以及不同浓度酸性电解水处理的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌基因组 DNA 进行提取。取 5.0 μL 提取的基因组 DNA 用 1%琼脂糖胶电泳检测 DNA 完整性与纯度。

采用碧云天生产的 Bradford 蛋白浓度测定试剂盒对未处理的以及不同浓度酸性电解水处理的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌蛋白泄露量进行测定。配制一组浓度梯度分别为 0.10、0.08、0.06、0.04、0.02、0 mg/mL 的牛血清蛋白(bovine serum albumin, BSA)标准溶液, 然后用酶标仪测定这组溶液各自的吸光度, 会得到不同蛋白质浓度对应不同吸光度值的一条标准曲线。根据标准曲线计算未知蛋白样品的蛋白浓度。

2.6 数据分析

实验结果为 3 次重复的平均值, 采用 SPSS 19.0 统计软件进行实验数据的统计与分析。检验水准=0.05, 运用 LSD 法比较, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果与分析

3.1 酸性电解水对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的杀菌效率

表 2 为不同浓度酸性电解水处理后副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的死亡数量以及损伤数量。其中未经酸性电解水杀菌处理的 2 株副溶血性弧菌的菌落总数为 8.5 log CFU/mL。经 AEW1 处理之后, 菌株 *Vp*.ATCC17802 菌落总数降为 6.26 log CFU/mL。菌株 *Vp*.O3:K6 菌落总数降为 6.29 log CFU/mL。经 AEW2 处理之后, 2 株菌活菌计数结果全部显示为阴性, 即高浓度电解水处理后, 副溶血性弧菌均被杀灭。而未经酸性电解水处理的单核细胞增生李斯特氏菌的菌落总数为 8.95 log CFU/mL。经 AEW2 处理之后, 单核细胞增生李斯特氏菌菌落总数降为 7.50 log CFU/mL, 相比较而言, 酸性电解水对副溶血性弧菌的杀菌效果更显著。

本研究中, AEW2 对这 2 种菌的杀菌效率显著高于 AEW1, 且对副溶血性弧菌的杀菌效率远远高于单核细胞增生李斯特氏菌。说明酸性电解水性质是影响杀菌效果的一大因素并且酸性电解水对革兰氏阳性菌和阴性菌的杀灭效果不同。这一研究结果与 Xie 等^[12,13]的研究结果一致。Xie 等^[12]研究结果表明随着酸性电解水浓度与处理时间的增加, 其对虾体中的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的杀菌效率越高, 并且副溶血性弧菌的致死率要高于单核细胞增生李斯特氏菌。这可能与革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌的细胞壁构造不同有关。

表 2 酸性电解水处理后副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌动物的死亡数量(n=3)

Table 2 The number of <i>Vibrio parahaemolyticus</i> and <i>Listeria monocytogenes</i> deaths after acid electrolytic water treatment (n=3)			
处理类型	<i>Vp</i> .ATCC17802 /(log CFU/mL)	<i>Vp</i> .O3:K6 /(log CFU/mL)	<i>Lm</i> .ATCC19115 /(log CFU/mL)
Control	8.49±0.01	8.54 ±0.01	8.95±0.01
AEW1	6.26±0.04	6.69±0.04	7.74±0.01
AEW2	0±0.03	0±0.02	7.50±0.01

3.2 酸性电解水对细菌细胞结构的影响

图 1 为不同浓度酸性电解水处理对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌细胞结构的影响。由图 1 可知, 未经酸性电解水处理的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌形态规则, 细胞膜完整。经酸性电解水处理的副溶血性弧菌坍塌明显, 且随着酸性电解水浓度的升高, 细胞形态崩解严重, 细菌形状模糊。此外, 相同浓度的酸性电

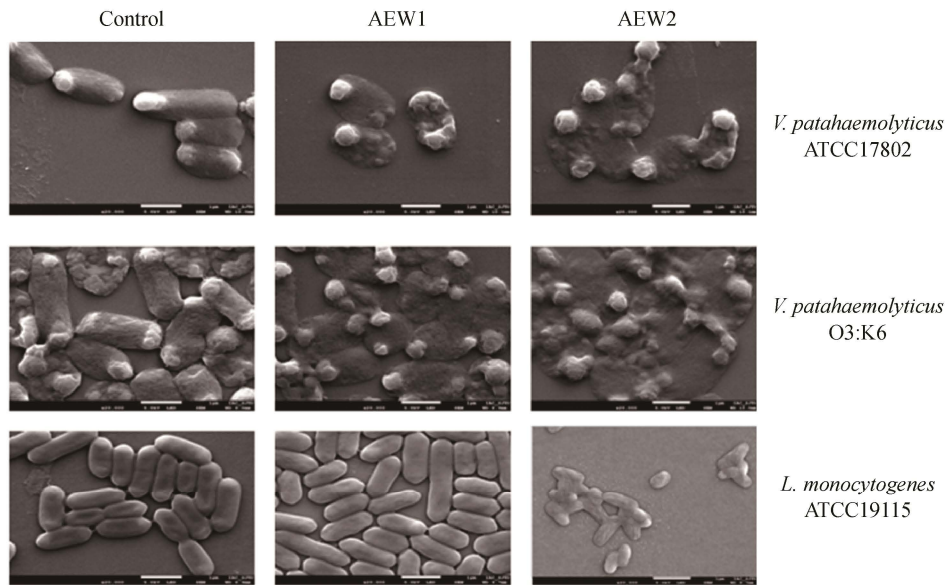


图 1 酸性电解水处理后副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的扫描电镜图片

Fig. 1 Scanning electron microscope images of *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* after acid electrolytic water treatment

解水处理, 相比于革兰氏阳性菌单核细胞增生李斯特氏菌细胞结构, 革兰氏阴性菌副溶血性弧菌细胞结构破坏更明显。

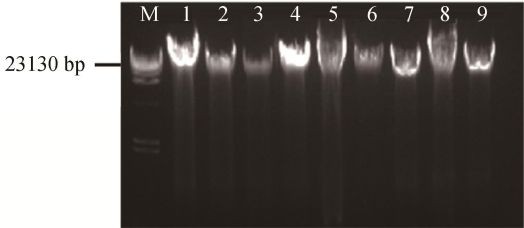
Ding 等^[14,15]利用扫描电镜和透射显微镜观察电解水对副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的超微结构的影响, 发现弱酸性电解水处理使细菌细胞内容物聚集, 黑色螺旋状遗传物质减少, 进一步证明了酸性电解水能对细菌细胞结构产生不可逆的破坏作用。

3.3 酸性电解水处理对细菌基因组 DNA 的影响

图 2 为未处理以及酸性电解水处理的副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的基因组 DNA 条带。由图 2 可知, 未处理的副溶血性弧菌基因组 DNA 条带清晰明亮, 酸性电解水处理后的基因组 DNA 条带晦暗, 且随着酸性电解水浓度的增加, 条带变浅。此外, 同浓度的酸性电解水处理条件下, 相较于革兰氏阳性菌单核细胞增生李斯特氏菌, 革兰氏阴性菌副溶血性弧菌的基因组 DNA 降解趋势明显。

对所有细胞来说, DNA 的损伤是非常致命的。在 Hao^[16]的研究中, 电解水处理后, 发生了 DNA 的泄露。虽然目前电解水对细菌 DNA 靶点的致死上难以得出排他性的结论, 在本研究中, 酸性电解水的处理会造成细菌基因组 DNA 的降解。但相比之下, 蛋白失活和膜通透性损伤要比 DNA 对细菌致死的相关性要高^[17]。

表 3 为酸性电解水处理造成副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌蛋白泄露的情况, 由 3 可知, 酸性电解水处理可使细菌内部蛋白泄露, 且酸性电解水浓度越高, 蛋白泄露情况越严重。其中, 酸性电解水对副溶血



注: M: λ Hind III; 1. ATCC17802 未处理; 2. AEW1 处理; 3. AEW2 处理; 4. *Vparahaemolyticus* O3:K6 未处理; 5. AEW1 处理; 6. AEW2 处理; 7. *L. monocytogenes* ATCC 19115 未处理; 8. AEW1 处理; 9. AEW2 处理。

图 2 酸性电解水处理后副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌的基因组 DNA 条带

Fig. 2 Genomic DNA strips of *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* treated with acid electrolytic water

性弧菌菌株造成的蛋白泄露程度要远高于单核细胞增生李斯特氏菌。

3.4 酸性电解水处理对细胞膜完整性的影响

Hao^[16]利用不同稀释倍数的酸性电解水对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌进行杀菌处理, 通过考马斯亮蓝定量对其蛋白泄露量进行测定。结果表明, 随着酸性电解水稀释倍数的减小, 大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的蛋白泄露水平也随之增大。且金黄色葡萄球菌的蛋白泄露水平要远低于大肠杆菌。这一结果与本研究实验结果相类似, 我们推测是由于革兰氏阴性菌副溶血性弧菌和革兰氏阳性菌单核细胞增生李斯特氏菌的细胞壁结构不一, 酸性电解水对他们的破坏作用也不同导致, 这一结论在 Xie 等^[18,19]的研究中亦有报道。

表 3 酸性电解水处理后副溶血性弧菌和单核细胞增生李斯特氏菌蛋白泄露情况($n=3$)

Table 3 The leakage of *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* after acid electrolytic water treatment ($n=3$)

菌株	处理方式	OD562	蛋白泄露浓度/($\mu\text{g/mL}$)
<i>V.patahaemolyticus</i> . ATCC17802	control	0.134 $\pm$ 0.005	108.51 $\pm$ 2.21
	AEW1	0.201 $\pm$ 0.012	251.07 $\pm$ 4.95
	AEW2	0.318 $\pm$ 0.021	499.99 $\pm$ 3.21
<i>V.patahaemolyticus</i> O3:K6	Control	0.116 $\pm$ 0.003	70.21 $\pm$ 2.17
	AEW1	0.197 $\pm$ 0.011	242.55 $\pm$ 4.39
	AEW2	0.283 $\pm$ 0.009	425.58 $\pm$ 6.12
<i>L. monocytogenes</i> ATCC19115	control	0.088 $\pm$ 0.006	10.64 $\pm$ 1.25
	AEW1	0.139 $\pm$ 0.011	119.15 $\pm$ 2.45
	AEW2	0.223 $\pm$ 0.01	297.87 $\pm$ 4.79

4 结 论

酸性电解水具有强效、速效、持续、广谱的杀菌特点。利用不同浓度的酸性电解水处理革兰氏阴性菌副溶血性弧菌以及革兰氏阳性菌单核细胞增生李斯特氏菌, 结果表明酸性电解水对这两种菌均有杀菌效果, 相同的电解水浓度对革兰氏阴性菌副溶血性弧菌的杀菌作用更大, 这可能与细胞壁结构的差异有关, 革兰氏阳性菌细胞壁更厚, 肽聚糖含量更丰富, 革兰氏阴性菌通常比革兰氏阳性细菌对酸性电解水更敏感。酸性电解水能明显破坏细菌的微观结构, 酸性电解水可能使胞外聚合物不稳定或溶解, 有利于电解水活性成分的渗透, 进一步破坏细胞壁, 导致微生物蛋白以及 DNA 遗传物质的泄露, 加速细胞死亡^[20]。同时, 酸性电解水的对革兰氏阴性菌以及革兰氏阳性菌的杀菌机制尚未完全揭示, 需进一步研究探索。

参考文献

[1] Liu H, Luo BZ, Qin LX, *et al.* Quantitative risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in raw salmon slices [J]. Chin J Food Hyg, 2012, 24(1): 18–22.

[2] Pu Y, Sun L, Wang Y, *et al.* Modeling inhibitory activity of a novel antimicrobial peptide AMPNT-6 from *Bacillus subtilis* against *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp under various environmental conditions [J]. Food Control, 2013, 33(1): 249–253.

[3] 孙文烁, 靳梦瞳, 王敬敬, 等. 运用 Real-time PCR 建立即食虾中副溶血性弧菌分子预测模型[J]. 现代食品科技, 2014, (7): 142–148.

Sun WS, Jin MT, Wang JJ, *et al.* Development of a molecular predictive model of *Vibrio parahaemolyticus* in ready-to-eat shrimps by real-time

PCR [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, (7): 142–148.

[4] Hanning IB, Johnson MG, Ricke SC. Precut prepackaged lettuce: a risk for listeriosis? [J]. Foodborne Pathogens Disease, 2008, 5(6): 731–746.

[5] 董庆利, 郑丽敏, 党维鑫, 等. 即食食品中单增李斯特菌的半定量风险评估[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 321–323.

Dong QL, Zheng LM, Dang WX, *et al.* Semi-quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in RTE food [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(11): 321–323.

[6] Fallah AA, Saei-Dehkordi SS, Mahzounieh M. Occurrence and antibiotic resistance profiles of *Listeria monocytogenes* isolated from seafood products and market and processing environments in Iran [J]. Food Control, 2013, 34(2): 630–636.

[7] Wu S, Wu Q, Zhang J, *et al.* *Listeria monocytogenes* prevalence and characteristics in retail raw foods in China [J]. PLoS One, 2015, 10(8): e0136682.

[8] Ren T, Su YC. Effects of electrolyzed oxidizing water treatment on reducing *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in raw oysters [J]. J Food Prot, 2006, 69(8): 1829–1834.

[9] Koseki S, Yoshida K, Isobe S, *et al.* Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water [J]. J Food Prot, 2001, 64(5): 652.

[10] Huang YR, Hung YC, Hsu SY, *et al.* Application of electrolyzed water in the food industry [J]. Food Control, 2008, 19(4): 329–345.

[11] Mahmoud BSM. Electrolyzed water: A new technology for food decontamination—a review [J]. Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht, 2007, 103: 212–221.

[12] Xie J, Sun XH, Pan YJ, *et al.* Physicochemical properties and bactericidal activities of acidic electrolyzed water used or stored at different temperatures on shrimp [J]. Food Res Int, 2012, 47(2): 331–336.

[13] 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细菌杀菌效果比较研究[J]. 食品科学, 2013, 34: 69–74.

Lin T, Wang JJ, Pan YJ, *et al.* Comparative study on bactericidal effect of acidic electrolyzed water on pure culture and foodborne pathogenic bacteria in food [J]. Food Sci, 2013, 34: 69–74.

[14] Ding T, Xuan XT, Li J, *et al.* Disinfection efficacy and mechanism of slightly acidic electrolyzed water on *Staphylococcus aureus*, in pure culture [J]. Food Control, 2016, 60: 505–510.

[15] Han Q, Song X, Zhang Z, *et al.* Removal of foodborne pathogen biofilms by acidic electrolyzed water [J]. Front Microbiol, 2017, 8. doi: 10.3389/fmicb.2017.00988

[16] Hao J, Wu T, Li H, *et al.* Differences of bactericidal efficacy on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus subtilis* of slightly and strongly acidic electrolyzed water [J]. Food Bioprocess Technol, 2016, 10(1): 1–10.

[17] Rahman S, Khan I, Oh DH. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives [J]. Comprehen Rev Food Sci Food Saf, 2016, 15: 471–490.

[18] Xie J, Sun X, Pan Y, *et al.* Combining basic electrolyzed water

pretreatment and mild heat greatly enhanced the efficacy of acidic electrolyzed water against *Vibrio parahaemolyticus*, on shrimp [J]. Food Control, 2012, 23(2): 320–324.

- [19] Al-Holy M, Lin M, Rasco B. Destruction of *Listeria monocytogenes* in sturgeon (*Acipenser transmontanus*) caviar by a combination of nisin with chemical antimicrobials or moderate heat [J]. J Food Prot, 2005, 68: 512–520.

- [20] Alhaq MI, Sugiyama J, Isobe S. Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries [J]. Food Sci Technol Res, 2005, 11: 135–150.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



许 愈, 硕士研究生, 主要研究方向为酸性电解水的杀菌机制。

E-mail: 18270238071@163.com



赵 勇, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为食品安全与生物技术。

E-mail: yzhao@shou.edu.cn

“粮油质量安全检测与分析”专题征稿函

民以食为天, 食以安为先。粮油作为食品的主要来源, 与人民的生活息息相关。我国作为粮食生产大国和人口大国, 粮油质量安全问题也不同程度的存在, 近年来受到社会各界越来越多的关注。

鉴于此, 本刊特别策划了“粮油质量安全检测与分析”专题, 由国家粮食局科学研究院王松雪研究员担任专题主编, 主要围绕粮油质量安全检测技术和仪器研究、快速检测方法开发及其产品评价、粮油检测方法的标准化和分析质量控制技术以及粮油质量安全管理技术等方面展开论述和研究, 本专题计划在 2018 年 11 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及专题主编王松雪研究员特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2018 年 10 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com(注明专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部