

# 电解水的抑菌活性及对食品加工表面材料的消毒效果\*

沈晓盛<sup>1,2</sup> 鲁健章<sup>2</sup> 姝 亚<sup>2</sup> 苏意诚<sup>3</sup> 刘承初<sup>2\*\*</sup>

(中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090)

(上海水产大学食品学院 上海 200090) (美国俄勒冈州立大学海洋食品研究室 俄勒冈州 97103)

**摘要** :为了考查应用电解水消除细菌污染的可行性,对氧化电解水的杀菌效果及对食品加工表面材料的消毒效果进行了研究。结果表明,含0.1% NaCl的自来水经7min的电解后所获得的氧化电解水,能在2min内将菌液浓度分别为 $4.20 \times 10^6$  CFU/mL,  $2.18 \times 10^6$  CFU/mL,  $1.44 \times 10^6$  CFU/mL,  $2.10 \times 10^6$  CFU/mL,  $1.94 \times 10^6$  CFU/mL的埃希氏大肠杆菌(*Escherichia coli* O157:H7)、沙门氏菌(*Salmonella enteritidis*)、单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、摩化摩根菌(*Morganella morganii*)、副溶血性弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)几乎全部杀死。另外,对食品加工表面接触材料中的地板砖、不锈钢板、瓷砖进行染菌消毒试验结果表明,含0.1% NaCl的电解水同样能将上述浓度的菌液感染到食品表面接触材料后在5min之内几乎全部将其杀死,是一种理想的食品表面材料消毒剂。

**关键词** :氧化电解水,埃希氏大肠杆菌,沙门氏菌,单核细胞增生李斯特菌,摩化摩根菌,副溶血性弧菌

中图分类号:Q939 文献标识码:A 文章编号:0253-2654(2007)03-0483-04

## Antibacterial Effects of Electrolyzed Water Against Food-bone Pathogens in Suspensions and on Food Processing Surfaces\*

SHEN Xiao-Sheng<sup>1,2</sup> LU Jian-Zhang SHU Ya<sup>2</sup> SU Yi-Cheng<sup>3</sup> LIU Cheng-Chu<sup>2\*\*</sup>

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Shanghai 200090)

(College of Food Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

(OSU Seafood Laboratory, Oregon State University, 2001 Marine Drive, Room 253, Astoria, Oregon 97103, USA)

**Abstract** In order to understand the application potential of electrolyzed water in reducing bacteria decontamination, antibacterial effects of electrolyzed oxidizing (EO) water against harmful bacteria in suspensions and on food processing surfaces were studied in this paper. EO water was prepared from tap water containing 0.1% NaCl after electrolysis for 7min. Bacteria suspensions including *Escherichia coli* O157:H7 ( $4.20 \times 10^6$  CFU/mL), *Salmonella enteritidis* ( $2.18 \times 10^6$  CFU/mL), *Listeria monocytogenes* ( $1.44 \times 10^6$  CFU/mL), *Morganella morganii* ( $2.10 \times 10^6$  CFU/mL) and *Vibrio parahaemolyticus* ( $1.94 \times 10^6$  CFU/mL) were individually treated with EO water. The populations of all bacteria cells in suspensions were reduced below 50 CFU/mL after EO water treatment for 2min. Chips ( $5 \times 5\text{cm}^2$ ) of stainless steel sheet, ceramic tile and floor tile were inoculated with the bacteria and soaked in EO water for 5 min. Viable cells of bacteria were detected on all chips surfaces after being hold at room temperature. Treatment of EO water significantly reduced pathogens below 40 CFU/mL. Therefore, EO water can be an ideal disinfection agent and used for decontamination of harmful bacteria on food processing surfaces.

**Key words** :EO water, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Morganella morganii*, *Vibrio parahaemolyticus*

氧化电解水(Electrolyzed Oxidizing Water, EOW)是指通过铂金电极在有隔膜的电解槽中,添加(0.05%~0.2% NaCl)的自来水进行电解,从阳极取得的具有高氧化还原电位和低pH同时含有一定的有效氯的电解水。据报道,此电解水具有快速、广

谱杀灭细菌的作用,且无毒无害无腐蚀性,对病原菌(如:埃希氏大肠杆菌、沙门氏菌、霉菌、酵母等)都有很好抑菌效果<sup>[1-2]</sup>,是一种理想的消毒剂,在国外已作为一种新型的消毒剂并应用于蔬菜、食品加工表面接触材料等中进行细菌消毒<sup>[3-5]</sup>,取得了很

\* 上海市重点学科建设项目资助 (No. T1102)

\*\* 通讯作者: Tel: 021-65711476, Fax: 021-65710222, E-mail: ecliu@shfu.edu.cn

收稿日期: 2006-08-07, 修回日期: 2006-09-30

好的效果。而我国主要是应用于牙科、伤口以及医疗器械的消毒<sup>[6]</sup>。在食品加工工业用得甚少。为了进一步证实氧化电解水的杀菌效果,本文选取常见的食源性致病菌和食品加工表面接触材料进行人工染菌抑制试验,目的是为食品加工管理者寻找理想的食品消毒剂提供参考依据。

## 1 材料方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 试验菌株** 埃希氏大肠杆菌(*Escherichina coli* BYK00105-01-01),单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogene* BYK00089-01-01),摩化摩根菌(*Morganella morganii* BYK00424-01-01),沙门氏菌(*Salmonella* BYK000423-01-01),副溶血性弧菌(*Vibrio parahaemolyticus* BYKVP00036-01-01),以上菌株来自于“中华人民共和国农业部渔业动植物病原库”。

**1.1.2 食品加工表面接触试验材料**:刀具类不锈钢片(5cm × 5cm)(SS 304, K-Manufacturing, Astoria, OR),地板砖(5cm × 5cm)(Q-30, American Olean, Portland, OR),瓷砖(5cm × 5cm)(FC30, Wanke Cascade, Portland, OR)

### 1.2 试验方法

**1.2.1 试验菌株的培养及菌悬液的制备**:将试验菌株接种于牛肉膏蛋白胨增菌液中于37℃培养24h,重复传代3次后,进行细菌总数的测定同时做电解水抑菌实验,细菌总数测定方法按照国标GB4789-2003进行。

**1.2.2 氧化电解水的制备**:将配制好含0.1% NaCl的自来水盛入电解装置中电解相应时间后,用酸度计(pHS-3C,上海伟业仪器厂)测定其酸度,氧化还原电位(ORP)和电解水有效氯浓度的测定方法参考文献[7]。

**1.2.3 食品表面材料染菌试验**:将不锈钢片,地板砖和瓷砖于1 × 10<sup>5</sup> Pa灭菌30min后于无菌室,用灭菌的移液管吸取1mL已培养好的菌液(浓度在10<sup>6</sup> CFU/mL以上)于材料的表面,再用无菌的玻璃棒将其均匀地分散在材料表面,待干,分别置于盛有刚电解好的电解水的密闭烧杯中30s、1min、2min、5min或10min后取出,用无菌棉签再将材料表面的细菌刮下置于磷酸盐缓冲液中振荡后进行总数的测定,同时测定酸性电解水处理前的菌液的细菌总

数。

## 2 结果

### 2.1 含不同浓度 NaCl 的自来水电解不同时间的 pH 及氧化还原电位(ORP)的变化

从表1表2可以看出,在NaCl浓度相同的自来水进行电解时,电解时间越长,酸性水的pH和还原电位越低,但7min以后,pH和还原电位降低趋势明显减弱,趋于稳定;氧化电位和碱性水pH增高,同样电解7min后,此种增高趋势也明显减弱。不同NaCl浓度的自来水电解的变化趋势是相同的,但最终的酸性水pH和氧化还原电位不同,NaCl浓度越高,最终酸性水pH值就越低,电解水有效氯含量和氧化还原电位就越高;NaCl浓度越低,最终酸性水pH值就越高,电解水有效氯含量和氧化还原电位就越低。

表1 含0.04% NaCl的自来水电解不同时间的pH、氧化还原电位(ORP)和有效氯的变化

电解时间 (min)	pH		氧化还原 电位 ORP(mV)		酸性电解水 有效氯(mg/L)
	酸性水	碱性水	酸性水	碱性水	
	0	6.92	6.92	346	
2	4.92	8.94	945	-647	2.52
4	4.42	9.79	982	-687	4.25
6	3.95	10.18	999	-709	5.07
7	3.81	10.21	1002	-716	5.30
10	3.63	10.51	1009	-728	6.48
12	3.51	10.61	1012	-732	7.37
14	3.50	10.68	1015	-735	8.18
15	3.45	10.72	1018	-736	8.50

### 2.2 酸性电解水、酸性水和碱性水对病原菌的抑制效果

表3是含0.1% NaCl的自来水电解7min后的酸性高氧化电解水(见表2),盐酸调制的自来水(pH2.8)和碱性水(见表2)对几种不同菌株处理的结果。从表中可以看出,酸性电解水的杀菌效果非常明显,电解水处理30s后除了沙门氏菌以外,其它几株菌株几乎将全部杀死到100CFU/mL以内,5min之后几乎全部将其杀死。盐酸调制的自来水和碱性电解水对菌株处理30s后,细菌几乎没有得到任何的抑制。个别细菌还有增多的趋势。不同细菌

表2 含0.1%NaCl的自来水电解不同时间的pH、氧化还原电位(ORP)和有效氯的变化

电解时间 (min)	pH		氧化还原 电位 ORP(mV)		酸性电解水 有效氯(mg/L)
	酸性水	碱性水	酸性水	碱性水	
	0	6.62	6.62	390	
2	3.73	10.47	1104	-803	3.40
4	3.26	10.97	1132	-837	5.08
6	2.91	11.23	1152	-878	7.20
7	2.84	11.32	1154	-893	8.03
10	2.66	11.48	1162	-906	9.83
12	2.56	11.57	1166	-910	9.90
14	2.50	11.64	1170	-914	10.25
15	2.51	11.66	1171	-912	10.45

表3 酸性水、酸性和碱性电解水对有害细菌的抑制效果

试验菌株	酸性电解水处理不同时间后的细菌总数(CFU/mL)						pH2.8的盐 酸处理30s	碱性电解 水处理30s
	0s	30s	1min	2min	5min	10min		
埃希氏大肠杆菌	$4.20 \times 10^6$	50	30	20	10	<10	$5.0 \times 10^6$	$3.2 \times 10^6$
单核细胞增生李斯特菌	$2.18 \times 10^6$	150	20	<10	<10	<10	$2.02 \times 10^6$	$1.52 \times 10^6$
摩化摩根菌	$1.44 \times 10^6$	<10	<10	<10	<10	<10	$1.03 \times 10^6$	$8.8 \times 10^6$
沙门氏菌	$2.10 \times 10^6$	550	230	50	20	<10	$8.7 \times 10^6$	$2.1 \times 10^6$
副溶血性弧菌	$1.94 \times 10^6$	60	30	10	<10	<10	$1.0 \times 10^6$	$1.28 \times 10^6$

表4 氧化电解水对地板砖表面细菌的抑菌效果

试验菌株	酸性电解水不同处理时间效果(CFU/mL)			
	0min	2min	5min	10min
单核细胞增生李斯特菌	$1.40 \times 10^6$	120	<40	<40
摩化摩根菌	$1.86 \times 10^6$	120	<40	<40
副溶血性弧菌	$2.45 \times 10^6$	<40	<40	<40

表5 氧化电解水对不锈钢表面细菌的抑菌效果

试验菌株	酸性电解水不同处理时间效果(CFU/mL)			
	0min	2min	5min	10min
单核细胞增生李斯特菌	$1.4 \times 10^6$	60	<40	<40
摩化摩根菌	$2.21 \times 10^6$	50	<40	<40
副溶血性弧菌	$1.67 \times 10^6$	<40	<40	<40

表6 氧化电解水对瓷砖表面细菌的抑菌效果

试验菌株	酸性电解水不同处理时间效果(CFU/mL)			
	0min	2min	5min	10min
单核细胞增生李斯特菌	$1.77 \times 10^6$	80	<40	<40
摩化摩根菌	$1.99 \times 10^6$	<40	<40	<40
副溶血性弧菌	$1.76 \times 10^6$	<40	<40	<40

但在5min后所有活菌数的在40CFU/mL之内。

在同一氧化电解水作用下的杀菌效果也略有不同,但效果不是很明显,从表中可以看出,沙门氏菌相对比较难杀死,需要10min才能将其杀死在10CFU/mL以内,而摩化摩根菌只需要30s几乎可以全部杀死,最容易被杀死。

### 2.3 氧化电解水对表面材料的杀菌效果

表4、5、6是含0.1%NaCl的自来水电解7min后的酸性电解水对几种表面材料表面不同菌株处理不同时间的杀菌结果。从表中可以看出,经过2min的酸性电解水处理后,所有表面材料上的活菌数都在120CFU/mL之内,处理5min后几乎全部杀死了。不同的表面材料差异略有不同,但效果不是很明显,从下面的表可以看出,地板砖在酸性电解水处理2min时,活菌数稍高,不锈钢片上的活菌数最少。

## 3 讨论

食源性致病菌常常会在食品加工过程中因为食品加工容器表面消毒不够,成品和原料之间的存放不妥,以及个人的不良卫生习惯而引起食品染菌现象,这些研究还表明一些食源性致病菌能在加工容器表面,不锈钢刀具以及瓷砖表面上存活。因此消毒食品加工容器以及食品接触表面,是减少致病菌的污染食品的一个重要环节。尤其是对生吃或半生吃的食品显得更为重要。从本文的实验结果可知,尽管食品表面接触材料染菌的数量可能要比实际情况高,但在消毒不够彻底或卫生设施及差的情况下也是有可能发生的,具有潜在的危险。

目前,在食品加工过程中使用最多的消毒剂是氯水,此消毒剂杀菌效果好,经济实惠,但此消毒剂都是高浓度且有毒,容易造成伤害,使用时必须进行稀释,操作比较麻烦且还存在一定的危险,因此选用一种安全且杀菌效果佳的新型消毒剂对食品加工业是非常必要的。

氧化电解水作为一种食品工业的新型杀菌剂在

国外已得到广泛的应用,这些研究表明氧化电解水能抑制杀灭水果、蔬菜等中的很多食源性致病菌,其中包括单核细胞增生李斯特菌、沙门氏菌、副溶血性弧菌等,然而很少研究对食品接触表面的抑菌效果。从本文的试验结果表明,氧化电解水对食品接触表面(如不锈钢刀片、瓷砖等)的杀菌效果是非常好的。氧化电解水之所以具有良好的杀菌效果与电解水中的有效氯、高氧化电位和低 pH 有着密切的关系。但各自在杀菌的过程中所起的具体作用尚不十分清楚。一些研究表明高氧化电位在杀菌过程中起主导作用<sup>[8]</sup>,也有一些研究表明电解水杀菌的主要作用是水中所含的有效氯( $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HOCl}$ 、 $\text{OCl}^-$ )<sup>[9]</sup>。但表 1、表 2 的结果表明起作用的是三者的共同结果所导致。

致谢:本文承蒙“中华人民共和国农业部渔业动植物

病原库”提供试验菌种,在此表示非常感谢!

### 参考文献

- [ 1 ] Venkitanarayanan K S, Ezeike G O I, Hung Y C, *et al.* Appl Environ. Microbiol, 1999, **65**: 4276 ~ 4279.
- [ 2 ] Shigenobu K, Kazuhiko I. J Food Protection, 2002, **65**(2): 326 ~ 332.
- [ 3 ] Koseki S, Yoshida K, Isobe S, *et al.* J Food Prot, 2001, **64**: 652 ~ 658.
- [ 4 ] Koseki S, Yoshida, K, Isobe S, *et al.* J. Food Prot, 2004, **67**: 1247 ~ 1251.
- [ 5 ] Park H, Hung Y C, Kim C. J Food Prot, 2002, **65**: 1276 ~ 1280.
- [ 6 ] 龚泰石. 解放军预防医疗杂志, 2001, **5**: 78 ~ 80.
- [ 7 ] 李允勃. 江苏预防医学, 2003, **14**(4): 61 ~ 62.
- [ 8 ] Kim C, Hung Y C, Brackett R E. J Food Prot, 2000, **63**: 19 ~ 24.
- [ 9 ] Oomori T, Oka T, Inuta T, *et al.* Analytical Sci, 2000, **16**: 365 ~ 369.