

中性电解水对鸡蛋表面的清洗灭菌效果

朱志伟¹, 李保明², 李永玉³, 尚宇超², 王朝元², 曹薇^{2*}

(1. 安徽建筑工业学院环境与能源工程学院, 合肥 230601; 2. 中国农业大学农业部设施农业工程重点开放实验室, 北京 100083; 3. 中国农业大学工学院, 北京 10008)

摘要: 为寻求一种高效、安全、无污染的禽蛋清洗消毒剂, 采用无隔膜电解装置电解稀盐酸溶液制备中性电解水 (pH 值 6.0~7.5) 考查不同有效氯浓度、处理时间和温度条件下中性电解水对鸡蛋人工接种鸡白痢沙门氏菌 (*Salmonella pullorum*, 鸡蛋表面的初始菌落数对数为 6.19~6.26 log₁₀ (cfu/g)) 和大肠杆菌 O157:H7 (鸡蛋表面的初始菌落数对数为 6.12~6.19 log₁₀ (cfu/g)) 的杀灭效果。结果表明, 中性电解水对 2 种病菌均具有较强的杀灭效果, 其杀菌效果随着有效氯浓度和处理时间的增加而增强, 但温度对中性电解水的杀菌效果影响不显著。对菌悬液的杀菌试验表明: 当中性电解水有效氯质量浓度为 1.5 mg/L 时, 可以在 20℃ 下 3 min 内完全杀灭鸡白痢沙门氏菌 (初始含菌数的对数为 8.12 log₁₀ (cfu/mL)); 质量浓度为 2 mg/L 时, 可以 100% 杀灭大肠杆菌 O157:H7 (初始含菌数的对数为 7.78 log₁₀ (cfu/mL))。当中性电解水清洗消毒被人工污染的鸡蛋表面时, 有效氯质量浓度为 12 mg/L、处理 3 min 可将鸡蛋表面的鸡白痢沙门氏菌全部杀灭, 大肠杆菌 O157:H7 菌落数对数降低到 1.0 log₁₀ (cfu/g) 以下, 且处理废液中无残留菌, 无二次污染问题。因此, 中性电解水可以代替化学杀菌剂应用于鸡蛋清洗消毒。

关键词: 电解, 杀菌, 病原菌, 清洗, 鸡蛋, 中性电解水

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.03.060

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-03-0358-05

朱志伟, 李保明, 李永玉, 等. 中性电解水对鸡蛋表面的清洗灭菌效果[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 358-362.

Zhu Zhiwei, Li Baoming, Li Yongyu, et al. Disinfection effect of neutral electrolyzed water for shell egg washing[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(3): 358-362. (in Chinese with English abstract)

0 引言

家禽产品携带的致病菌如沙门氏菌和大肠杆菌通常被认为是生产者和消费者所面临的最严重的致病菌之一。据报道, 75% 的沙门氏菌病是由于食用了被污染的鸡蛋引起的^[1]。在国外, 鸡蛋商业化生产中通常先用碱性洗涤剂清洗, 然后采用经批准许可使用的化学杀菌剂消毒, 以去除鸡蛋表面的灰尘和病原微生物^[1]。氯制剂是鸡蛋清洗中最常见的消毒剂, 有效氯质量浓度使用范围为 50~200 mg/L^[2], 其较高有效氯浓度会带来化学残留、环境污染和鸡蛋质量方面的问题。因此, 研究开发高效、价廉、无污染和无残留的禽蛋绿色消毒剂是十分必要的。

酸性电解水 (acidic electrolyzed water), 亦称高氧化还原电位水, 是一种新型的杀菌消毒剂, 大量研究表明酸性电解水对各种细菌、病毒具有瞬时、广谱、无残留的高效杀菌作用^[3-11]。然而, 由于其强酸性 (pH 值 < 2.7)、对金属腐蚀性大, 有效氯不稳定^[12-13], 制造成本高等原

因, 极大地限制了其应用。中性电解水 (neutral electrolyzed water) 是通过电解稀食盐或稀盐酸溶液得到具有接近中性 (pH 值 6.0~7.5)、腐蚀性小, 含有的有效氯几乎完全以具有极强杀菌效果的次氯酸分子 (HOCl) 存在。研究表明, 相同有效氯浓度和处理时间条件下, 次氯酸分子对大肠杆菌的杀菌能力是次氯酸根离子 (ClO⁻) 的 80~150 倍^[14]。因此, 较低有效氯浓度的中性电解水可以达到很好的杀菌效果。中性电解水的原料是自来水和微量食盐或稀盐酸, 其成本主要是水的成本和设备的一次性投资。与化学消毒剂相比, 中性电解水机操作简便、现做现用, 避免了运输的费用和不便, 生产和运行费用低, 使用成本远低于化学消毒剂。此外, 中性电解水杀菌后可还原成无毒、无残留的普通水, 排放后对环境无污染, 是一种廉价、安全的绿色消毒剂^[15-18], 但有关中性电解水在鸡蛋杀菌方面的研究较少, 而鸡蛋表面携带的致病菌是引起食物中毒的主要来源^[1], 因此, 研究绿色消毒剂中性电解水对鸡蛋的杀菌效果具有重要意义, 可为其工业化应用提供理论依据。本文主要研究中性电解水对鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的杀灭效果, 并考察其对鸡蛋表面感染此 2 种病菌的去除效果。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌种

鸡白痢沙门氏菌 (*Salmonella pullorum*) C79-12-77 和大肠杆菌 O157:H7, 购自北京海淀中海动物保健科技

收稿日期: 2009-06-05 修订日期: 2010-03-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (30871957); 教育部高校博士点基金项目 (200800190031); 2007 年教育部新世纪优秀人才支持计划; 现代农业 (蛋鸡) 产业技术体系建设专项资金资助 (nycytx-41)

作者简介: 朱志伟 (1982-), 男, 安徽霍邱人, 主要从事生物环境工程方面的研究。合肥 安徽建筑工业学院 (南校区) 环境与能源工程学院, 230601。Email: zwei_138@yahoo.cn

*通信作者: 曹薇 (1972-), 女, 江西九江人, 博士, 副教授, 博士生导师, 中国农业工程学会会员 (E041200175S), 主要从事农业生物环境工程方面的研究。北京 中国农业大学 (东校区) 67 信箱, 100083。

Email: caowei@cau.edu.cn

公司。

1.1.2 培养基、试剂和设备

胰酪胨大豆琼脂培养基，北京海淀中海动物保健科技公司生产；NaCl、Na₂S₂O₃、HCl、NaH₂PO₄、Na₂HPO₄等化学试剂均为分析纯。去离子水自制。

无隔膜中性电解水发生装置（沈阳东宇馨波尔科技有限公司）；DH-920超洁净工作台（北京东联哈仪器制造有限公司）；SPX-350型恒温生化培养箱（宁波海曙赛福实验仪器厂）；WH-2磁力恒温搅拌器（上海泸西分析仪器有限公司）；YXQ-LS-18SI高压灭菌器（上海博迅实业有限公司医疗设备厂）；HM-30R pH/氧化还原电位计（日本DKK-TOA公司）；RC-2Z有效氯测定仪（日本竺原理化学工业株式会社）；恒温水浴，微型螺旋混合仪，移液枪等。

1.1.3 中性电解水的制备

采用无隔膜中性电解水发生装置（图1），该装置主要由电解槽、镀铂钛合金电极板、电源及控制系统等部分组成。控制系统可以调节电压、电流、电极极性参数，电解电压范围为0~50 V。用自来水配制3.0 mmol/L HCl溶液2 L，40 V电压电解10 min制得pH值6.21、有效氯质量浓度为21 mg/L的中性电解水，然后根据试验需要用去离子水调整有效氯浓度，测定各试验用中性电解水的pH值、氧化还原电位值（ORP）和有效氯浓度。

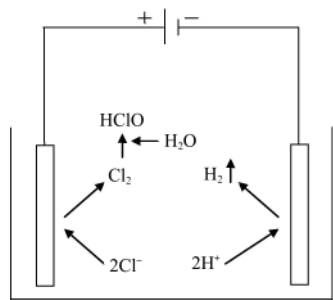


图1 中性电解水生成原理图

Fig.1 Schematic diagram of neutral electrolyzed water generator

1.1.4 菌悬液的制备

将冷冻干燥的鸡白痢沙门氏菌（*S. pullorum*）C79-12-77和大肠杆菌（*E. coli* O157:H7）分别接种到胰酪胨大豆肉汤培养基上，37℃恒温培养24 h活化，然后接种到试管斜面上放入冰箱保存备用。

从接种试管斜面上挑取少量菌苔以平板划线法接种到胰酪胨大豆琼脂平板上，37℃恒温培养24 h作为原始菌种，用灼烧灭菌后的接种环挑取适量原始菌种至10 mL灭菌生理盐水的试管中经微型螺旋混合仪充分混合后制成原菌液，然后用灭菌生理盐水将各原菌液配制成含菌数约为10⁷~10⁸ cfu/mL的菌悬液备用。

1.2 试验方法

1.2.1 对菌悬液的杀菌试验

将1 mL菌悬液加入到装有4 mL中性电解水的试管中，分别在4、20和35℃下混合杀菌0~5 min，然后将1 mL混合液分别加入9 mL无菌中和剂（0.05%的Na₂S₂O₃

加入到0.03 mol/L、pH值7.2的磷酸盐缓冲液中，121℃、0.1 MPa下灭菌15 min制得，中和剂的作用是终止杀菌）中，混合均匀后按1:10的比例进行梯度稀释，将1 mL梯度稀释液加入到9 mL无菌生理盐水中，混匀后接种到胰酪胨大豆琼脂平板上，37℃恒温培养24 h后计数。每个稀释度做3个重复。对照为未杀菌处理组，即将1 mL菌悬液加入到9 mL无菌生理盐水中混匀，经过0~5 min混合后，测定溶液的含菌量。每组试验至少重复3次，结果为平均值。

1.2.2 对鸡蛋外壳接种菌的杀菌试验

将从超市购买的大小均匀一致的新鲜鸡蛋用自来水反复清洗，然后用稀释过的84消毒液浸泡5 min，取出后用蒸馏水反复冲洗（以完全去除鸡蛋表面的消毒剂），将鸡蛋放在无菌操作台晾干。用烧杯配制含菌量约为10⁸ cfu/mL的菌悬液，将鸡蛋放入菌悬液中浸泡1 h，然后取出鸡蛋放在无菌操作台晾干备用。确定接种鸡蛋表面初始菌落数的方法是用无菌棉签蘸取适量无菌生理盐水，擦拭接种鸡蛋的整个表面，将棉签浸泡在100 mL的无菌生理盐水中，然后对溶液进行梯度稀释、培养和计数。

鸡蛋杀菌试验：将晾干后的鸡蛋放在250 mL的烧杯中（装约150 mL的中性电解水），开始计时，3 min后杀菌结束立即将鸡蛋取出，放入250 mL的烧杯中（装约150 mL无菌生理盐水），将烧杯放在微型螺旋混合仪上轻微振荡5 min，然后取出鸡蛋，对处理液进行24 h富集培养和计数。鸡蛋表面菌落数（cfu/g）以单位质量蛋壳上的细菌数来计算^[1]。

2 结果与分析

2.1 不同有效氯浓度中性电解水对菌悬液的杀灭效果

表1给出了不同有效氯质量浓度的中性电解水（1、1.5、2、4和6 mg/L）的pH和ORP值及其对鸡白痢沙门菌和大肠杆菌O157:H7在20℃下作用3 min的杀菌效果。

表1 不同有效氯浓度中性电解水对鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌O157:H7的杀灭效果

Table 1 Inactivation of *S. pullorum* and *E. coli* O157:H7 by neutral electrolyzed water with different available chlorine concentrations

有效氯质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	pH值	氧化还原电位/mV	残存菌落数的对数/ log ₁₀ (cfu·mL ⁻¹)	
			鸡白痢沙门氏菌	大肠杆菌O157:H7
0 (对照)	6.07 ± 0.02	396.6 ± 7.3	8.12 ± 0.23	7.78 ± 0.17
1	6.56 ± 0.01	241.2 ± 5.1	1.53 ± 0.31	1.82 ± 0.26
1.5	6.52 ± 0.06	246.3 ± 6.2	ND	<1.0
2	6.48 ± 0.05	253.5 ± 3.8	ND	ND
4	6.43 ± 0.03	265.2 ± 2.9	ND	ND
6	6.31 ± 0.01	286.3 ± 6.5	ND	ND

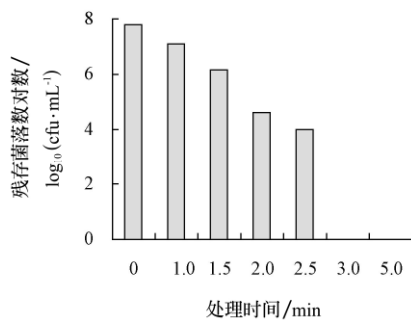
注：ND (no detectable) —— 未检出；数据为3次平均值±标准偏差，20℃下杀菌3 min。

由表1可知，中性电解水的pH值（6.31~6.56）比对照（pH值6.07）稍高，ORP值低于对照，但中性电解

水对 2 种致病菌均具有较强的杀灭效果,且随着有效氯浓度的升高杀菌效果增强。当有效氯质量浓度为 1 mg/L 时,与对照相比,鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的残存菌落数对数分别下降了 6.59 和 5.96 \log_{10} (cfu/mL); 当有效氯质量浓度大于或等于 1.5 mg/L 时,鸡白痢沙门氏菌被完全杀灭,大肠杆菌 O157:H7 的残存菌落数对数小于 1.0 \log_{10} (cfu/mL); 当有效氯质量浓度达到 2 mg/L 时,大肠杆菌 O157:H7 被 100% 杀灭。

2.2 不同处理时间下中性电解水对菌悬液杀菌效果

图 2 表示不同处理时间下中性电解水(有效氯质量浓度为 2 mg/L)对鸡白痢沙门氏菌的杀菌效果。



注:有效氯质量浓度为 2 mg/L,处理温度 20°C

图 2 不同处理时间下中性电解水对鸡白痢沙门氏菌的杀灭效果

Fig.2 Effect of treatment time on bactericidal activity of neutral electrolyzed water for inactivating *S. pullorum*

从图 2 可以看出,随着处理时间的增加,残存菌落数减少,中性电解水的杀菌效果增强。当处理时间为 2.5 min 时,残存菌落数对数减少了 3.79 \log_{10} (cfu/mL),杀菌率为 48.7%;当处理时间大于或等于 3 min 时,中性电解水对鸡白痢沙门氏菌具有 100% 的杀灭效果。对大肠杆菌 O157:H7 菌悬液杀菌得到了相同结果。当处理时间为 2.5 min 时,残存菌落数对数减少了 3.65 \log_{10} (cfu/mL),杀菌率为 45.3%;当处理时间大于或等于 3 min 时,中性电解水可以完全杀灭菌悬液中的大肠杆菌 O157:H7。

2.3 不同温度下中性电解水对菌悬液的杀菌效果

表 2 为不同温度(4、20 和 35°C)下中性电解水(有效氯浓度分别为 1 和 3 mg/L)对鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 作用 3 min 的杀灭效果。

由表 2 可知,在 3 种温度下,中性电解水对 2 种致病菌均具有较强的杀灭效果,均随着有效氯浓度的升高,

杀菌效果增强,但温度对中性电解水的杀菌效果没有显著影响。当有效氯质量浓度为 1 mg/L 时,与对照相比,4、20 和 35°C 时,鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的菌落数对数分别减少了 6.51、6.57、6.49 \log_{10} (cfu/mL) 和 5.74、5.87、5.68 \log_{10} (cfu/mL); 当有效氯质量浓度为 3 mg/L 时,3 种温度下都可以完全杀灭鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7。

表 2 不同温度下中性电解水对鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的杀灭效果

Table 2 Inactivation of *S. pullorum* and *E. coli* O157:H7 by neutral electrolyzed water at different temperatures

温度/ °C	有效氯 质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	残存菌落数对数/ \log_{10} (cfu · mL ⁻¹)	
		鸡白痢沙门氏菌	大肠杆菌 O157:H7
4	0	8.19 ± 0.18	7.86 ± 0.25
	1	1.68 ± 0.22	2.12 ± 0.31
	3	ND	ND
20	0	8.13 ± 0.29	7.78 ± 0.15
	1	1.56 ± 0.31	1.91 ± 0.22
	3	ND	ND
35	0	8.21 ± 0.13	7.83 ± 0.19
	1	1.72 ± 0.21	2.15 ± 0.26
	3	ND	ND

注:ND (no detectable) ——未检出;数据为 3 次平均值±标准偏差,杀菌时间为 3 min。

2.4 中性电解水对鸡蛋表面接种的鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的杀灭效果

不同有效氯浓度的中性电解水(pH 值 6.2)对鸡蛋表面接种的鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 杀灭效果见表 3。中性电解水对鸡蛋表面接种的 2 种病菌均具有较强的杀菌效果。鸡蛋表面的初始菌落数对数为 6.12~6.26 \log_{10} (cfu/g) (表 3)。当有效氯质量浓度为 8 mg/L 时,鸡蛋表面的鸡白痢沙门氏菌菌落数对数减少了 4.39 \log_{10} (cfu/g),大肠杆菌 O157:H7 菌落数对数下降了 3.93 \log_{10} (cfu/g);当有效氯质量浓度为 12 mg/L 时,鸡蛋表面的鸡白痢沙门氏菌没有被检出,大肠杆菌 O157:H7 菌落数对数也降低到 0.63 \log_{10} (cfu/g)。相比于菌悬液杀菌,中性电解水用于鸡蛋清洗消毒的有效氯浓度要高些,可能与鸡蛋蛋壳的微孔结构和菌的初始浓度等有关。而对照组中鸡蛋表面的残存菌落数对数只降低了 1.46~1.48 \log_{10} (cfu/g),主要是由于去离子水清洗使鸡蛋表面部分病菌冲入清洗液中所致。

表 3 中性电解水对鸡蛋表面鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 的杀灭效果

Table 3 Inactivation of *S. pullorum* and *E. coli* O157:H7 on surface of shell eggs by neutral electrolyzed water

有效氯质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	鸡白痢沙门氏菌 (<i>S. pullorum</i>)			大肠杆菌 O157:H7 (<i>E. coli</i> O157:H7)		
	初始菌落数对数/ \log_{10} (cfu · g ⁻¹)	残存菌落数对数/ \log_{10} (cfu · g ⁻¹)	处理液中菌落数对数/ \log_{10} (cfu · mL ⁻¹)	初始菌落数对数/ \log_{10} (cfu · g ⁻¹)	残存菌落数对数/ \log_{10} (cfu · g ⁻¹)	处理液中菌落数对数/ \log_{10} (cfu · mL ⁻¹)
0 (对照)	6.26 ± 0.15	4.78 ± 0.23	5.37 ± 0.19	6.15 ± 0.18	4.69 ± 0.31	5.26 ± 0.20
8	6.21 ± 0.18	1.82 ± 0.20	ND	6.12 ± 0.23	2.19 ± 0.11	ND
12	6.19 ± 0.27	ND	ND	6.19 ± 0.15	0.63 ± 0.18	ND

注:ND (no detectable) ——未检出;数据为 3 次平均值±标准偏差,清洗时间 3 min。

对处理液(杀菌后的溶液)进行富集培养发现,所有处理液中均未检测出残存菌,而对照组中的残存菌落数对数约为 $5.3\sim 5.4 \log_{10}(\text{cfu/mL})$ 。由此可见,中性电解水不仅对鸡蛋表面感染的两种病菌具有很好的杀灭效果,而且杀菌后的废液中没有残存细菌,可以直接排放,不会对环境造成二次污染。

3 结论与讨论

1) 采用无隔膜电解稀盐酸制备的中性电解水(pH值 $6.0\sim 7.5$)对鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7 均具有较强的杀灭效果。

2) 对菌悬液的杀菌试验表明,当菌悬液的初始含菌数的对数为 $7.78\sim 8.12 \log_{10}(\text{cfu/mL})$ 时,随着有效氯浓度和处理时间的增加,杀菌效果增强。当中性电解水有效氯质量浓度分别为 1.5 和 2 mg/L 、 20°C 作用 3 min 时可以 100% 杀灭鸡白痢沙门氏菌和大肠杆菌 O157:H7。温度对中性电解水的杀菌效果没有显著影响。在不同温度下,中性电解水的杀菌效果均随着有效氯浓度的增加而增强。

3) 中性电解水可以有效地减少鸡蛋表面的细菌数量,有效氯质量浓度为 12 mg/L 的中性电解水 3 min 内可将鸡蛋表面的鸡白痢沙门氏菌(初始菌落数对数为 $6.19\sim 6.26 \log_{10}(\text{cfu/g})$)全部杀灭,大肠杆菌 O157:H7(初始菌落数对数为 $6.12\sim 6.19 \log_{10}(\text{cfu/g})$)菌落数对数降低到 $1.0 \log_{10}(\text{cfu/g})$ 以下,且处理废液中没有残存菌,无二次污染问题,可直接排放。

本文研究结果为中性电解水替代化学杀菌剂应用于鸡蛋清洗消毒提供了技术数据,有关中性电解水对市售鸡蛋的直接杀菌效果有待进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] Bialka K L, Demirci A, Knabel S J, et al. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for the microbial safety and quality of eggs[J]. Poultry Science, 2004, 83: 2071—2078.
- [2] United States Department of Agriculture. Agricultural Handbook Number 75: Egg-Grading Manual[Z]. Washington, DC, 2001.
- [3] 董铁有, 张建龙, 朱文学, 等. 强酸性氧化离子水技术及应用[J]. 洛阳工学院学报, 2002, 23(3): 98—101. Dong Teyou, Zhang Jianlong, Zhu Wenxue, et al. Application of electrolyzed strong acid water[J]. Journal of Luoyang Institute of Technology, 2002, 23(3): 98—101. (in Chinese with English abstract)
- [4] Park H, Hung Y C, Chung D. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 91(1): 13—18.
- [5] Park C M, Hung Y C, Lin C S, et al. Efficacy of electrolyzed water in inactivating *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on shell eggs[J]. Journal of Food Protection, 2005, 68(5): 986—990.
- [6] Kim C, Hung Y C, Brackett R E. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 61(2/3): 199—207.
- [7] Ding T, Rahman S M E, Purev U, et al. Modelling of *Escherichia coli* O157:H7 growth at various storage temperatures on beef treated with electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 97(4): 497—503.
- [8] Ozer N P, Demirci A. Electrolyzed oxidizing water treatment for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* Scott A and response surface modeling[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 234—241.
- [9] Fabrizio K A, Sharma R R, Demirci A, et al. Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry[J]. Poultry Science, 2002, 81: 1598—1605.
- [10] Huang Y R, Hung Y C, Hsu S Y, et al. Application of electrolyzed water in the food industry[J]. Food Control, 2008, 19(4): 329—345.
- [11] 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.
- [12] Cui Xiaodong, Shang Yuchao, Shi Zhengxiang, et al. Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(4): 582—586.
- [13] Len S V, Hung Y C, Chung D. Effects of storage conditions and pH on chlorine loss on electrolyzed oxidizing (EO) water[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2002, 50(1): 209—212.
- [14] Anonymous. Principle of formation of electrolytic water[Z]. Sakae, Toyooka, Aichi, Japan, Hoshizaki Electric Co. Ltd., 1997.
- [15] 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(1/2): 151—158.
- [16] Deza M A, Araujo M, Garrido M J. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes by neutral electrolyzed water[J]. Letters in Applied Microbiology, 2003, 37(6): 482—487.
- [17] Gómez-López V M, Ragaert P, Ryckeboer J, et al. Shelf-life of minimally processed cabbage treated with neutral electrolysed oxidising water and stored under equilibrium modified atmosphere[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117(1): 91—98.
- [18] Guentzel J L, Lam K L, Callan M A, et al. Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water[J]. Food Microbiology, 2008, 25(1): 36—41.

Disinfection effect of neutral electrolyzed water for shell egg washing

Zhu Zhiwei¹, Li Baoming², Li Yongyu³, Shang Yuchao², Wang Chaoyuan², Cao Wei^{2*}

(1. School of Environment and Energy Engineering, Anhui University of Architecture, Hefei 230601, China;

2. Key Laboratory of Structure and Environment in Agricultural Engineering, Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

3. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: For the sake of developing an effective, safe and no pollution disinfectant to reduce or eliminate food-borne pathogens on shell eggs, the bactericidal activity of neutral electrolyzed water (NEW, pH 6.0-7.5) generated by electrolysis of diluted hydrochloric acid in a non-membrane electrolytic cell for inactivation of *Salmonella pullorum*, *Escherichia coli* O157:H7 and artificial inoculated shell eggs (initial logarithm of population of two pathogens on the eggs were approximately 6.19-6.26 log₁₀ (cfu/g) and 6.12-6.19 log₁₀ (cfu/g) respectively) was evaluated. The bactericidal activity of NEW for both of pathogens increased with increasing the available chlorine concentration and treatment time. A 100% inactivation of *S. pullorum* (initial logarithm of population of pathogen 8.12 log₁₀ (cfu/mL)) and *E. coli* O157:H7 (initial logarithm of population of pathogen 7.78 log₁₀ (cfu/mL)) was resulted in NEW with available chlorine more than 1.5 and 2 mg/L for 3 min at 20°C, respectively. Temperature had no markedly effect on the bactericidal activity of neutral electrolyzed water. The *S. pullorum* on the surface of shell eggs was completely killed and *E. coli* O157:H7 logarithm of counts decreased to less than 1.0 log₁₀ (cfu/g) by NEW containing 12 mg/L available chlorine for 3 min without viable cells in the washing water after treatment. Results indicate that NEW has a great potential to be used as effective disinfectant agent for egg washing.

Key words: electrolysis, sterilization, pathogens, washing, egg, neutral electrolyzed water