

微酸性电解水对鸡场环境表面喷雾消毒试验研究

倪莉, 李保明*, 施正香、曹薇、陈徽、詹宇

(中国农业大学水利与土木工程学院, 农业部设施农业工程重点实验室, 北京 100083)

摘要: 本研究旨在比较微酸性电解水和化学消毒剂对鸡场环境表面不同种病原微生物的消毒效果。采用微生物培养和菌落计数方法, 分别对鸡舍环境表面进行喷雾消毒。结果表明: 60mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋, 其表面残留菌落总数分别为 $4.27 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $3.86 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $3.76 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$, 达到农业部无公害鸡蛋菌落总数标准, 在相同浓度下, 100mg/L 微酸性电解水对鸡蛋表面菌落总数、金黄色葡萄球菌消毒效果显著高于 ClO_2 , 80 mg/L 微酸性电解水对沙门氏菌消毒效果显著高于 ClO_2 ($P < 0.05$), 60mg/L、80mg/L 微酸性电解水对大肠菌群、霉菌和酵母消毒效果与 ClO_2 差异不显著 ($P > 0.05$); 在相同有效氯浓度下, 碱性电解水与微酸性电解水组合喷雾消毒效果优于微酸性电解水单独喷雾消毒; 100 mg/L 微酸性电解水对地面菌落总数、大肠杆菌、霉菌和酵母除菌率显著高于拜洁和百毒杀, 80 mg/L-100 mg/L 微酸性电解水对墙壁菌落总数、大肠杆菌、霉菌和酵母除菌率显著高于百毒杀, 100 mg/L 微酸性电解水对饲槽菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌除菌率显著高于百毒杀 ($P < 0.05$), 80 mg/L-100 mg/L 微酸性电解水、拜洁、百毒杀对集蛋带消毒效果差异不显著 ($P > 0.05$)。微酸性电解水消毒效果与有效氯浓度成正比关系, 微酸性电解水对鸡场环境表面喷雾消毒效果优于或等同于 ClO_2 、百毒杀和拜洁。

关键词: 微酸性电解水; 蛋鸡场; 环境; 喷雾消毒

沙门氏菌是人畜共患沙门氏菌病的病原, 能引起食物中毒, 肠炎和败血症, 是世界食源性疾病的主要病原之一, 禽和禽产品是人类沙门氏菌病的主要来源。世界卫生组织调查每年约有 1700 万例伤寒症, 约 60 万人死亡, 由非伤寒沙门氏菌引起的急性胃肠炎和腹泻病例每年约有 13 亿, 其中有 300 万人死亡。肠炎沙门氏菌 (*S. Enteritidis*) 和鼠伤寒沙门氏菌 (*S. typhimurium*) 是人类沙门氏菌病最常报道的血清型^[1-2]。除沙门氏菌, 鸡场环境中能引起人

基金项目: 国家现代农业(蛋鸡)产业技术体系(CARS-41)、中央高校基本科研业务费专项资金资助(2012YJ015)

作者简介: 倪莉(1985-), 女, 安徽巢湖人, 博士生, 主要从事畜禽环境病原微生物净化研究。Email: nili131458@163.com

*通讯作者: 李保明, 教授, E-mail: libm@cau.edu.cn.

畜共患的食源性病原还有致病性大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、产单核细胞李氏杆菌等^[3]。交叉污染是许多食源性病原菌爆发的原因,为了降低交叉污染风险,适当的清洗和消毒是切断病原菌感染途径的重要措施^[4]。

养禽业孵化蛋通常用甲醛或过氧化氢雾化消毒,商品蛋常用碱性洗涤剂和氯溶液清洗、消毒,以减少蛋壳表面微生物数量,然而甲醛是公认的致癌物,对工人健康和安全构成威胁,碱性洗涤剂和氯溶液能损害蛋壳角质层,降低其抵抗微生物入侵的保护机制,当鸡蛋表面污染大量有机质时,含氯消毒剂消毒能力下降^[5]。此外,化学消毒剂如亚硫酸氢钠、二氧化硫、有机酸、氯化钙、亚氯酸钠、臭氧和氯消毒剂,在生产过程中易出现化学残留,产生致癌、致畸物质(氯胺类、三卤甲烷、卤乙酸)、高成本、低效力及易形成耐药菌株,影响食品质量和安全、危害公共健康和经济发展^[6],因此迫切需要开发可替代的消毒剂。

微酸性电解水(Slightly Acidic Electrolyzed Water, SAEW)是在无隔膜电解槽内电解稀盐酸溶液或稀 NaCl 和盐酸的混合溶液,产生 pH 值为 5.0-6.5,有效氯浓度为 10 mg/L -30 mg/L 的功能水^[7-8]。微酸性电解水有效氯形式主要为次氯酸(HOCl),具有低浓度、高杀菌活性的优点^[9],研究表明电解水对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、肠炎沙门氏菌、产单核细胞李氏杆菌、空肠弯曲杆菌等病原菌有很强杀菌效果^[10-11];与酸性电解水相比,微酸性电解水无腐蚀性、性质更稳定、更易于储藏、价廉,无 Cl₂ 释放,对人类健康的潜在危害性小,且电解水使用后还原成水,无污染、无残留,是环境友好的消毒剂,在农业和食品工业有很高的应用前景^[12]。目前电解水对病原菌的杀菌效果主要集中在实验室悬液试验,但实验室试验条件通常远离实际应用条件,为了更好的评价消毒剂的实际消毒效果,本试验选择蛋鸡场,比较研究微酸性电解水和化学消毒剂对鸡舍环境表面喷雾消毒效果,分别比较其不同环境表面物体上,对不同种病原微生物的消毒效果,为鸡场环境病原微生物防控及发展绿色健康养殖提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验鸡场

2012年6月6日至2012年8月12日,在江西丰城某公司商品代蛋鸡场进行试验。该鸡场蛋鸡品种为罗曼粉,共有3栋育雏育成舍,8栋产蛋舍,每栋产蛋舍长×宽×高为92 m×12 m×6 m,采用全进全出生产模式,单栋饲养量约为50000羽/栋。舍内布局为四列五走道式,每列35组6层层叠式鸡笼,自动喂料,自动饮水、自动集蛋、传送带自动清粪(两

天 1 次), 部分产蛋舍采用自动喷雾系统, 每周二、四自动喷雾消毒 1 次 (16:00)。

1.1.2 主要试剂及仪器设备

营养琼脂、结晶紫中性红胆盐琼脂、麦康凯琼脂、甘露醇高盐琼脂、沙氏琼脂、NaCl 分析纯、硫代硫酸钠等均购自北京奥博星生物技术有限责任公司; 稳定性二氧化氯, 百毒杀 (10% 癸甲溴铵溶液) 拜洁 (20% 苯扎氯铵溶液) 等; 有效氯测定仪 (RC-2Z, 日本竺原理化工业株式会社), pH/ORP 计 (HM-30R, 日本東亜ディーターター株式会社), 生化培养箱、不锈钢立式压力蒸汽灭菌器, 超洁净工作台, 移液枪等; 本试验使用的微酸性电解水机是由北京洲际资源环保科技有限公司和中国农业大学农业部设施农业工程重点实验室联合开发的新型消毒剂设备。

1.2 试验方法

1.2.1 微酸性电解水的制备

根据电解水机说明书操作, 以氯化钠为电解质, 用自来水配制 10% NaCl 溶液 (电解剂), 将电解剂的吸入头完全浸入混合溶液中, 调节电流值 (8A-15A), 制得有效氯浓度分别为 60mg/L、80 mg/L、100 mg/L 的微酸性电解水。

1.2.2 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋试验

1) 鸡蛋选择及试验设计

在 45 周龄罗曼粉鸡舍里, 随机选择重量为 (55 ± 2) g 鸡蛋 108 个, 随机分成 12 组: 对照组 (未处理组, 碱性电解水处理组、灭菌生理盐水处理组)、微酸性电解水处理组 (60mg/L、80 mg/L、100 mg/L)、碱性电解水 + 微酸性电解水处理组 (60mg/L、80 mg/L、100 mg/L)、二氧化氯处理组 (60mg/L、80 mg/L、100 mg/L); 每组 3 个鸡蛋, 每次试验重复 3 次。

2) 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋

无菌操作, 将待试验鸡蛋水平放入灭菌盘子里, 分别取 1L 不同种消毒剂装入容量为 1.5L 的手持喷雾器, 喷雾消毒鸡蛋 10s (21 mL 溶液), 自然干燥 10 min, 取样进行微生物分析;

3) 微生物分析

将未处理组、处理组鸡蛋分别放入盛有 25 mL 生理盐水的灭菌自封袋, 混合震荡 1 min, 用无菌镊子移除鸡蛋; 再用移液枪吸取 1 mL 混合液置于盛有 9mL 无菌生理盐水试管中, 进行 10 倍梯度稀释, 吸取 0.1 mL 稀释液分别均匀涂布于营养琼脂、结晶紫中性红胆盐琼脂、甘露醇高盐琼脂, 37 °C 培养 24 h-48 h, 吸取 0.1 mL 稀释液均匀涂布于沙氏琼脂, 25 °C 培养 5d, 用菌落计数器进行菌落计数, 每组试验重复三次; 处理完的鸡蛋敲破, 倒出内容物, 用

去离子水清洗蛋壳和壳膜，室温干燥，称重，结果表示为 cfu/g(蛋壳 + 壳膜)^[13]；对数减少值公式如下： \log_{10} 减少值 = 未处理组 \log_{10} cfu/g(蛋壳 + 壳膜) - 处理组 \log_{10} cfu/g(蛋壳 + 壳膜)。

1.2.3 微酸性电解水喷雾消毒人工接种鸡蛋试验

沙门氏菌人工接种鸡蛋方法参照 Musgrove[14]方法。

1.2.4 微酸性电解水对鸡舍环境表面消毒试验

分别用不同浓度微酸性电解水 (60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L)、拜洁 (按照说明书配制 166 mg/L)、百毒杀 (按照说明书配制 312 mg/L) 喷雾消毒鸡舍地面、墙壁、饲槽、集蛋带等。在物体表面用 15 cm × 15 cm 规格板标定 2 块相邻面积为 225 cm² 的区域，分别供消毒前、消毒后采样；将无菌棉拭子在 10 mL 生理盐水试管中浸湿，对照区块涂抹采样，以无菌操作方式将棉拭采样端剪入原稀释液试管内；用手持喷雾器喷雾消毒相邻表面 10s (21 mL)，空气干燥 10 min，无菌棉拭子采样，10 倍连续稀释，分别取 0.1 mL 涂布营养琼脂、麦康凯琼脂、甘露醇高盐琼脂，37 培养 24 h-48 h，取 0.1 mL 涂布沙氏琼脂，25 培养 5d，用菌落计数器进行菌落计数，每组试验重复 3 次；表面除菌率公式^[3]：

除菌率% = 100 × (消毒前菌落总 cfu/cm² - 消毒后菌落总数 cfu/cm²) / 消毒前菌落总数 cfu/cm²

1.2.5 数据统计分析

试验数据以平均值 ± 标准差表示。采用 SPSS17.0 软件分析处理数据，运用单因素方差分析 (ANOVA) 进行统计，采用 LSD 检验进行多重比较和显著性分析，以 P < 0.05 为差异显著性水平。

2 结果

2.1 不同种消毒剂喷雾消毒鸡蛋效果

2.1.1 不同浓度微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋效果

60mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋，鸡蛋表面菌落总数分别为 4.27 \log_{10} CFU·g⁻¹、3.86 \log_{10} CFU·g⁻¹、3.76 \log_{10} CFU·g⁻¹，对数减少值分别为 1.39 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.8 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.9 \log_{10} CFU·g⁻¹，达到农业部无公害鸡蛋菌落总数标准 5 × 10⁴ CFU/g (转化成对数值为 4.69 \log_{10} CFU·g⁻¹)；鸡蛋表面大肠菌群对数减少值分别为 1.5 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.63 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.79 \log_{10} CFU·g⁻¹，金黄色葡萄球菌对数减少值分别为 0.99 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.36 \log_{10} CFU·g⁻¹、1.86 \log_{10} CFU·g⁻¹，霉菌和酵母对数减少值分别为 0.34 \log_{10} CFU·g⁻¹、0.38 \log_{10} CFU·g⁻¹、0.45 \log_{10} CFU·g⁻¹；微酸性电解水有效氯浓度越高，鸡蛋表面菌落总数、大肠

菌群、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母数对数减少值越高，消毒效果越好，微酸性电解水消毒效果与有效氯浓度成正比关系。

2.1.2 碱性电解水和微酸性电解水组合喷雾消毒鸡蛋效果

碱性电解水分别和 60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水组合喷雾消毒鸡蛋，与同浓度微酸性电解水单独喷雾消毒相比，鸡蛋表面残留菌落总数分别减少 $0.12 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.29 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.07 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ；大肠菌群分别减少 $0.12 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.12 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.43 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ；金黄色葡萄球菌分别减少 $0.91 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.54 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.37 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ；霉菌和酵母数分别减少 $0.04 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.79 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.77 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，在相同有效氯浓度下，碱性电解水与微酸性电解水组合喷雾消毒鸡蛋效果优于微酸性电解水单独喷雾消毒。80mg/L 组合电解水对鸡蛋表面菌落总数消毒效果显著高于 60mg/L 组合电解水 ($P < 0.05$)，与 100 mg/L 组合电解水差异不显著 ($P > 0.05$)；三种浓度组合电解水对鸡蛋表面大肠菌群、金黄色葡萄球菌消毒效果差异不显著 ($P > 0.05$)；80mg/L、100 mg/L 组合电解水对鸡蛋表面霉菌和酵母的消毒效果显著高于 60 mg/L 组合电解水 ($P < 0.05$)，而 80mg/L、100 mg/L 组合电解水之间对霉菌和酵母消毒效果差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.1.3 ClO_2 溶液喷雾消毒鸡蛋效果

60 mg/L ClO_2 喷雾消毒鸡蛋，鸡蛋表面菌落总数为 $4.92 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，高于农业部无公害鸡蛋菌落总数标准 ($4.69 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$)，60 mg/L、80mg/L ClO_2 喷雾消毒鸡蛋，鸡蛋菌落总数达到农业部无公害鸡蛋菌落总数标准；80mg/L、100 mg/L ClO_2 对鸡蛋菌落总数消毒效果显著高于 60 mg/L ClO_2 ($P < 0.05$)，80 mg/L、100 mg/L ClO_2 之间消毒效果差异不显著 ($P > 0.05$)；三种浓度 ClO_2 对鸡蛋表面大肠菌群、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母消毒效果差异不显著 ($P > 0.05$)。60mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水喷雾消毒效果与同浓度 ClO_2 相比，鸡蛋表面菌落总数分别减少 $0.65 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.26 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.57 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，大肠菌群分别减少 $0.49 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.03 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.38 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，金黄色葡萄球菌分别减少 $0.34 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.58 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.91 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，霉菌和酵母分别减少 $0.3 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $-0.13 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.14 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，100mg/L 微酸性电解水对菌落总数、金黄色葡萄球菌消毒效果显著高于同浓度的 ClO_2 ($P < 0.05$)，60mg/L、80mg/L 微酸性电解水与 ClO_2 差异不显著 ($P > 0.05$)，在相同浓度下，微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋效果优于或等同于 ClO_2 溶液。

2.1.4 碱性电解水喷雾清洗鸡蛋效果

碱性电解水喷雾清洗鸡蛋，鸡蛋表面菌落总数对数减少值为 $1.17 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、大肠菌群对数减少值为 $0.91 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、金黄色葡萄球菌对数减少值为 $0.94 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、霉菌和酵母对数减少值为 $0.23 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 。碱性电解水与蒸馏水相比，鸡蛋表面菌落总数减少 $0.67 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，碱性电解水对鸡蛋菌落总数清洗效果显著高于蒸馏水 ($P < 0.05$)，大肠菌群减少 $0.65 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、金黄色葡萄球菌减少 $0.32 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、霉菌和酵母减少 $0.13 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，在相同喷雾量下，碱性电解水喷雾清洗鸡蛋效果高于蒸馏水，见表 1。

表 1 不同种消毒剂喷雾消毒鸡蛋效果

Table 1 The efficacy of different disinfectants spraying eggs

消毒剂	浓度 / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	菌落总数 / $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$	大肠菌群 / $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$	金黄色葡萄球菌 / $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$	霉菌和酵母 / $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$
对照 (未处理组)	0	5.66 ± 0.34	5.37 ± 0.42	5.61 ± 0.26	4.37 ± 0.31
微酸性电解水	60	$4.27 \pm 0.16^{\text{cde}}$	$3.87 \pm 0.27^{\text{bcd}}$	$4.62 \pm 0.07^{\text{ab}}$	$4.03 \pm 0.45^{\text{a}}$
微酸性电解水	80	$3.86 \pm 0.30^{\text{defg}}$	$3.74 \pm 0.36^{\text{cde}}$	$4.25 \pm 0.35^{\text{bc}}$	$3.99 \pm 0.27^{\text{a}}$
微酸性电解水	100	$3.76 \pm 0.26^{\text{efg}}$	$3.58 \pm 0.26^{\text{de}}$	$3.75 \pm 0.06^{\text{cd}}$	$3.92 \pm 0.27^{\text{a}}$
碱性电解水 + 微酸性电解水	60	$4.15 \pm 0.27^{\text{cdef}}$	$3.75 \pm 0.37^{\text{cde}}$	$3.71 \pm 0.18^{\text{cd}}$	$3.99 \pm 0.15^{\text{a}}$
碱性电解水 + 微酸性电解水	80	$3.57 \pm 0.06^{\text{g}}$	$3.62 \pm 0.25^{\text{de}}$	$3.58 \pm 0.04^{\text{d}}$	$3.2 \pm 0.29^{\text{b}}$
碱性电解水 + 微酸性电解水	100	$3.69 \pm 0.31^{\text{fg}}$	$3.15 \pm 0.65^{\text{e}}$	$3.38 \pm 0.75^{\text{d}}$	$3.15 \pm 0.52^{\text{b}}$
ClO_2	60	$4.92 \pm 0.39^{\text{ab}}$	$4.36 \pm 0.71^{\text{bc}}$	$4.96 \pm 0.28^{\text{a}}$	$4.33 \pm 0.26^{\text{a}}$
ClO_2	80	$4.12 \pm 0.22^{\text{cdef}}$	$3.77 \pm 0.33^{\text{cde}}$	$4.83 \pm 0.25^{\text{ab}}$	$3.86 \pm 0.30^{\text{a}}$
ClO_2	100	$4.33 \pm 0.30^{\text{cd}}$	$3.96 \pm 0.05^{\text{bcd}}$	$4.66 \pm 0.38^{\text{ab}}$	$4.06 \pm 0.26^{\text{a}}$
碱性电解水	/	$4.49 \pm 0.58^{\text{bc}}$	$4.46 \pm 0.38^{\text{ab}}$	$4.67 \pm 0.58^{\text{ab}}$	$4.14 \pm 0.38^{\text{a}}$
蒸馏水	0	$5.16 \pm 0.31^{\text{a}}$	$5.11 \pm 0.12^{\text{a}}$	$4.99 \pm 0.21^{\text{a}}$	$4.27 \pm 0.29^{\text{a}}$

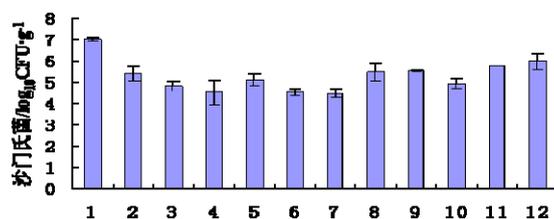
注：数据后所标字母相异表示差异显著 ($P < 0.05$)，相同表示差异不显著 ($P > 0.05$)

Note: Different letter means significant difference between the treatments ($P < 0.05$), same letter means not significant difference between treatments ($P > 0.05$)

2.2 不同种消毒剂对鸡蛋表面沙门氏菌消毒效果

60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋，鸡蛋表面沙门氏菌数分别减少 $1.6 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $2.2 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $2.49 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ ，微酸性电解水对鸡蛋表面沙门氏菌消毒效果与有效氯浓度成正比关系，80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对沙门氏菌消毒效果显著高于 60 mg/L 微酸性电解水 ($P < 0.05$)；在相同有效氯浓度下，碱性电解水和微酸性电解水组合对沙门氏菌消毒效果优于微酸性电解水；60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水消毒鸡蛋，鸡蛋表面沙门氏菌比同浓度 ClO_2 分别减少 $0.08 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.72 \log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、

0.42 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$, 80 mg/L 微酸性电解水、碱性电解水和微酸性电解水组合, 鸡蛋表面沙门氏菌对数减少值显著高于 ClO_2 ($P < 0.05$), 在相同浓度下, 微酸性电解水对鸡蛋表面沙门氏菌消毒效果优于 ClO_2 ; 碱性电解水喷雾清洗鸡蛋, 其表面沙门氏菌比蒸馏水减少 0.22 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$, 碱性电解水对鸡蛋表面沙门氏菌清洗效果优于蒸馏水。



1.未处理组; 2-4.微酸性电解水; 5-7. 碱性电解水 + 微酸性电解水; 8-10. ClO_2 ; 11. 碱性电解水; 12. 蒸馏水
1.control; 2-4. SAEW; 5-7.alkaline followed by SAEW; 8-10. ClO_2 ;
11. Alkaline Electrolyzed Water;12. deionized water

图 1 不同种消毒剂对鸡蛋表面沙门氏菌消毒效果

Fig.1 The efficacy of different disinfectants spraying eggs inoculated *salmonella*

2.3 不同种消毒剂对鸡舍环境表面消毒效果

2.3.1 微酸性电解水对地面消毒效果

60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对地面菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率呈递增趋势,微酸性电解水对地面消毒效果与有效氯浓度呈正比关系; 80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对菌落总数除菌率显著高于 60 mg/L 微酸性电解水 ($P < 0.05$), 100 mg/L 微酸性电解水对大肠杆菌除菌率显著高于 60 mg/L、80 mg/L 微酸性电解水 ($P < 0.05$); 312 mg/L 百毒杀对地面菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率显著高于 166 mg/L 拜洁 ($P < 0.05$); 80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对地面菌落总数除菌率显著高于百毒杀和拜洁 ($P < 0.05$), 100 mg/L 微酸性电解水对大肠杆菌除菌率显著高于拜洁 ($P < 0.05$), 与百毒杀差异不显著, 100 mg/L 微酸性电解水对霉菌和酵母除菌率显著高于百毒杀和拜洁 ($P < 0.05$); 100 mg/L 微酸性电解水菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率分别比百毒杀高 18.25%、0.16%、5.9%、17.18%, 见图 2 A。

2.3.2 微酸性电解水对墙壁消毒效果

微酸性电解水随着有效率浓度增加, 对地面菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率升高, 80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对墙壁菌落总数、大肠杆菌除菌率显著高于 60 mg/L 微酸性电解水 ($P < 0.05$), 80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水除菌率差异不显著 ($P > 0.05$); 拜洁对墙壁菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率比百毒杀分别高 14.38%、12.79%、1.69%、20.04%, 拜洁对墙壁消毒效果优于百毒杀;

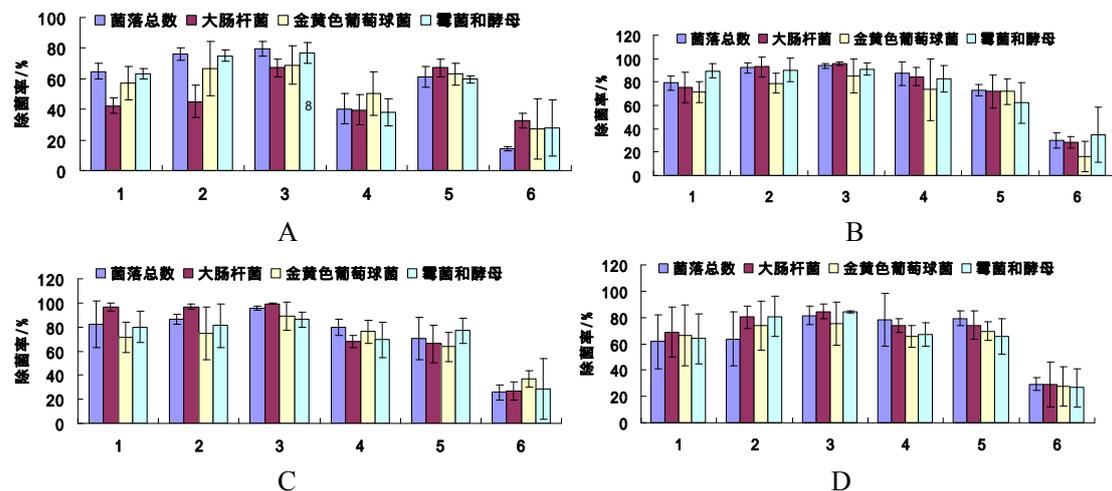
80 mg/L 微酸性电解水对墙壁菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率比拜洁分别高 4.57%、8.24%、5.34%、7.91%，80 mg/L 微酸性电解水对墙壁消毒效果优于拜洁，见图 2B。

2.3.3 微酸性电解水对饲槽消毒效果

随着有效浓度升高，微酸性电解水对饲槽菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率增加，60mg/L、80 mg/L、100 mg/L 微酸性电解水对饲槽除菌率差异不显著 ($P > 0.05$)；拜洁和百毒杀对饲槽除菌率差异不显著 ($P > 0.05$)；100 mg/L 微酸性电解水对饲槽除菌率显著高于百毒杀 ($P < 0.05$)；80 mg/L 微酸性电解水对饲槽菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率比百毒杀分别高 15.94%、30.78%、11.48%、4.23%，差异不显著 ($P > 0.05$)，80 mg/L 微酸性电解水对饲槽消毒效果与百毒杀相当，见图 2C。

2.3.4 微酸性电解水对集蛋带消毒效果

随着有效浓度升高，微酸性电解水对集蛋带菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率增加，微酸性电解水对鸡蛋带消毒效果与有效氯浓度成正比关系；百毒杀对集蛋带菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌除菌率比拜洁分别高 1.08 %、0.48 %、4.04 %，百毒杀对集蛋带消毒效果优于拜洁；100 mg/L 微酸性电解水对集蛋带菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率比百毒杀分别高 2.22%、10.35%、5.46%、18.56%，100 mg/L 微酸性电解水对集蛋带消毒效果优于百毒杀，见图 2D。



A. 地面；B. 墙壁；C. 饲槽；D. 集蛋带；1-3.微酸性电解水；4.拜洁；5.百毒杀；6.蒸馏水
A. floor; B. wall; C. feeder; D. egg collecting belt ; 1-3.SAEW; 4. Benzalkonium Chloride ;
5. Povidone Iodine Solution ; 6. deionized water

图2 不同种消毒剂对鸡舍环境表面消毒效果

Fig.2 The efficacy of different disinfectants spraying in the henhouse

3 讨论

病原微生物能通过蛋壳孔或裂缝渗入蛋壳,杀死发育的胚胎,降低孵化率,及影响雏鸡质量,雏鸡也能通过污染的蛋壳和孵化设备被感染,感染的雏鸡再将病原菌传给其他生长鸡群,这些病原菌不但对鸡群健康和生产力有害,而且对食品安全构成威胁;Fasenko 等^[15]研究表明种蛋孵化前用酸性电解水喷雾能显著减少蛋壳表面微生物数量,对种蛋角质层结构,胚胎发育、孵化率及雏鸡质量无影响,说明电解水可用于种蛋卫生消毒。本试验消毒方式采用喷雾法,在多数情况下,尤其在畜牧场,喷雾消毒更易实现,喷雾比浸泡更实用,在美国,购买的壳蛋要求清洗和消毒,但鸡蛋在清洗和消毒时不允许浸泡。在实用方面,虽然浸泡消毒方式没有喷雾消毒方式实用,但是浸泡是消毒剂最有效的应用方法^[15]。

本试验 60mg/L-100 mg/L 微酸性电解水喷雾消毒鸡蛋,能使鸡蛋表面自然菌落总数减少 1.39-1.9 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$,达到农业部无公害鸡蛋菌落总数标准,鸡蛋表面大肠菌群减少 1.5-1.79 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$,金黄色葡萄球菌减少 0.99-1.86 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$,霉菌和酵母减少 0.34-0.45 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$,沙门氏菌减少 1.6-2.49 $\log_{10}\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$,且碱性电解水与微酸性电解水组合喷雾消毒效果优于微酸性电解水,这与 Bialka 等研究结果相近,Bialka 等^[11]在蛋壳上人工接种肠炎沙门氏菌和大肠杆菌,在不同温度和作用时间下,研究电解水对鸡蛋浸泡消毒效果,结果表明碱性电解水分别使沙门氏菌、大肠杆菌对数值减少 1.7 $\log_{10}\text{cfu/g}$ 、3.6 $\log_{10}\text{cfu/g}$,酸性电解水分别使其减少 2.1 $\log_{10}\text{cfu/g}$ 、2.3 $\log_{10}\text{cfu/g}$,碱性电解水和酸性电解水组合分别使其减少 2.1 $\log_{10}\text{cfu/g}$ 、2.3 $\log_{10}\text{cfu/g}$,酸性电解水杀菌效果显著好于碱性电解水,由于碱性电解水能去除鸡蛋上的污物,在鸡蛋清洗过程中仍是不可缺少的部分,说明电解水有潜力作为新型消毒剂,用于鸡蛋清洗消毒处理。

鸡舍环境卫生在减少病原菌方面发挥重要作用,设备清洗和消毒有助于减少病原菌数量,切断疾病传播途径,防止交叉污染,或使病原菌数量维持低于引起疾病暴发的水平。Guentzel 等^[3]在学校餐厅各种表面及其他公共接触区域,用中性电解水喷雾消毒,结果表明能减少各种表面 79-100%微生物,说明电解水是一种有效的表面和设备消毒剂。本试验比较研究微酸性电解水、拜洁、百毒杀对鸡舍环境表面消毒效果,消毒指标为菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母除菌率,地面消毒,100 mg/L 微酸性电解水 > 百毒杀 > 拜洁,除菌率为 38.13-79.68%;墙壁消毒,80 mg/L 微酸性电解水 > 拜洁 > 百毒杀,除菌率为 62.3-92.84%;饲槽消毒,80 mg/L 微酸性电解水 > 拜洁 > 百毒杀,除菌率为 63.52-96.83%;集蛋带消毒,100 mg/L 微酸性电解水 > 百毒杀 > 拜洁,除菌率为 65.45-84.48%,结果一方面表明 80-100 mg/L 微酸性电解水对地面、墙壁、饲槽、集蛋带菌落总数、大肠杆菌、金黄

色葡萄球菌、霉菌和酵母的消毒效果优于或等同于百毒杀和拜洁，说明 80-100 mg/L 微酸性电解水可替代百毒杀和拜洁用于鸡舍环境消毒；另一方面说明现场环境表面污染程度、表面材料、消毒剂种类和浓度、微生物种类和数量影响消毒效果。

参考文献：

- [1] AKBARMEHR J. Isolation of *Salmonella* spp. from poultry (ostrich, pigeon, and chicken) and detection of their *hilA* gene by PCR method [J]. African Journal of Microbiology Research, 2010, 4(24):2678-2681.
- [2] BOYEN F, HAESBROUCK F, MAES D, et al. Non-typhoida *Salmonella* infections in pigs: A closer look a epidemiology, pathogenesis and control [J]. Veterinary Microbiology, 2008, 130(1-2): 1-19.
- [3] 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, 2008,25:36-41.
- [4] MORETRO T, HEIR E, NESSE L L, et al. Control of Salmonella in food related environments by chemical disinfection[J]. Food Research International, 2012, 45:532–544.
- [5] FASENKO G M, CHRISTOPHER EE, MCMULLEN LM. Spraying hatching eggs with electrolyzed oxidizing water reduces eggshell microbial load without compromising broiler production parameters[J]. Poultry Science, 2009, 88 :1121–1127.
- [6] ABDULSUDI I Z, YOSHINORI K, HAPPINESS S M. A review of microbiological safety of fruits and vegetables and the introduction of electrolyzed water as an alternative to sodium hypochlorite solution[J]. African Journal of Food Science, 2010, 4(13): 778 -789.
- [7] CAO W, ZHU Z W, SHI Z X, et al. Efficiency of slightly acidic electrolyzed water for inactivation of *Salmonella enteritidis* and its contaminated shell eggs[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 130:88-93.
- [8] KOIDE S, TAKEDA J, SHI J, et al. Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water on fresh cut cabbage[J]. Food Control, 2009, 20(3):294-297.
- [9] KOIDE S, SHITANDA D, NOTE M, et al. Effects of mildly heated, Slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot[J]. Food Control, 2011, 22:452-456.

- [10] OZER NP, 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.
- [11] FABRIZIO K A, CUTTER C N. Application of electrolyzed oxidizing water to reduce *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat meats[J]. Meat Science, 2005, 71(2):327–333.
- [12] ABDULSUI I Z, YOSHINORI K, ADILI T, et al. In vitro inactivation of *Escherichiacoli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. using slightly acidic electrolyzed water[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2010, 110(3):308–313.
- [13] BIALKA KL, 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.
- [14] MUSGROVE M T, COX N A, BERRANG M E, et al. Effect of inoculation and application methods on the performance of chemicals used to disinfect *Salmonella*-contaminated broiler hatching eggs[J]. J Appl Poult Res, 2010, 19:387–392.
- [15] FASENKO G M, CHRISTOPHER E E, MCMULLEN LM. Spraying hatching eggs with electrolyzed oxidizing water reduces eggshell microbial load without compromising broiler production parameters[J]. Poultry Science , 2009, 88 :1121–1127.