

# 次氯酸钠对肉鸡屠宰预冷清洗中沙门氏菌交叉污染的控制效果

肖兴宁<sup>1,2</sup>,汪雯<sup>1,\*</sup>,张巧艳<sup>1</sup>,张建民<sup>3</sup>,廖明<sup>3</sup>,杨华<sup>1</sup>,李延斌<sup>2,4,\*</sup>

(1.浙江省农业科学院农产品质量标准研究所,农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(杭州),浙江省植物有害生物防控省部共建国家重点实验室培育基地,浙江杭州 310021;

2.浙江大学生物系统工程与食品科学学院,浙江杭州 310058;

3.华南农业大学兽医学院,广东广州 510642;

4.阿肯色大学生物与农业工程系,阿肯色州费耶特维尔 72701)

**摘要:**为探究肉鸡屠宰预冷清洗环节添加次氯酸钠(NaClO)对沙门氏菌交叉污染的控制作用,模拟不同NaClO浓度(0~70 mg/L)和初始污染率(25%~100%)条件下3批次鸡肉预冷清洗过程,计算每批次鸡肉清洗后的沙门氏菌污染率及3批次鸡肉全部清洗后的总体污染率。结果显示,当预冷水中添加0,20,50和70 mg/L的NaClO时,3批次鸡肉全部清洗后沙门氏菌污染率分别为88.9%,38.9%,36.1%和36.1%,NaClO可有效控制交叉污染( $p < 0.05$ );NaClO浓度(50 mg/L时,清洗后的预冷水未有沙门氏菌检出,可减小交叉污染风险。色差分析未发现20~70 mg/L的NaClO清洗对鸡肉色泽的显著影响( $p > 0.05$ )。本研究可用于肉鸡屠宰预冷清洗环节沙门氏菌污染率控制,为微生物定量风险评估提供重要信息。

**关键词:**次氯酸钠,肉鸡,交叉污染,沙门氏菌,污染率,预冷清洗

## Effect of Sodium Hypochlorite on Preventing Cross-contamination of *Salmonella* on Broiler in Chilling Processes at Slaughter House

XIAO Xing-ning<sup>1,2</sup>, WANG Wen<sup>1,\*</sup>, ZHANG Qiao-yan<sup>1</sup>, ZHANG Jian-min<sup>3</sup>,  
LIAO Ming<sup>3</sup>, YANG Hua<sup>1</sup>, LI Yan-bin<sup>2,4,\*</sup>

(1.State Key Laboratory Breeding Base for Zhejiang Sustainable Plant Pest Control, MOA Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products(Hangzhou), Institute of Quality and Standard of

Agricultural Products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China;

2.College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

3.College of Veterinary Medicine, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

4.Department of Biological & Agricultural Engineering, University of Arkansas, Fayetteville 72701, USA)

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effect of sodium hypochlorite(NaClO) on preventing the *Salmonella* cross-contamination in broiler chilling process. Three batches of chicken samples were washed consecutively at different NaClO concentration(0~70 mg/L) and initial pre-chill prevalence(25%~100%). The post-chill prevalence of each batch and total chicken samples were determined respectively. The results showed that the post-chill prevalence of *Salmonella* on total chicken samples were 88.9%, 38.9%, 36.1% and 36.1% when the NaClO concentration in chilling water were 0, 20, 50 and 70 mg/L, respectively, indicating that the chlorinated water could reduce the *Salmonella* cross-contamination effectively( $p < 0.05$ ). When the NaClO concentration was 50 mg/L, no *Salmonella* survivor in chilling water was detected, which could prevent the cross-contamination. Color analysis showed that there was no significant adverse effect on sample color with the treatments of 20~70 mg/L NaClO washing( $p > 0.05$ ). This study could provide useful information for preventing *Salmonella* cross-contamination in broiler chilling process at slaughter house, and quantitative microbial risk assessment as well.

**Key words:** sodium hypochlorite; broiler; cross-contamination; *Salmonella*; prevalence; chilling

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)12-0206-06

收稿日期: 2018-09-18

作者简介: 肖兴宁(1991-),女,博士研究生,主要从事预测微生物学与风险评估的研究, E-mail: xingningxiao@126.com。

\*通讯作者: 汪雯(1986-),女,博士,副研究员,主要从事预测微生物学与风险评估的研究, E-mail: ww\_hi1018@163.com。

李延斌(1955-),男,博士,教授,主要从事生物传感与生物模型研究, E-mail: yanbinli@zju.edu.cn。

基金项目: 浙江省重点研发项目(2015C02041); 沃尔玛基金会(SA1703164)。

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2019.12.033

引文格式:肖兴宁,汪雯,张巧艳,等.次氯酸钠对肉鸡屠宰预冷清洗中沙门氏菌交叉污染的控制效果[J].食品工业科技,2019,40(12):206-210,217.

沙门氏菌(*Salmonella*)是一种常见的人畜共患病病原菌,畜禽感染沙门氏菌可引起猪霍乱、鸡白痢等疾病,人感染沙门氏菌易造成腹泻、发热及肠道炎症反应<sup>[1-2]</sup>。据统计,我国70%~80%的细菌性食物中毒由沙门氏菌引起,每年病例约820万<sup>[3-4]</sup>,在引起沙门氏菌中毒的食物中,超过90%是畜禽产品<sup>[1-2]</sup>。调查显示,我国生鲜零售鸡肉中沙门氏菌平均污染率为52.3%<sup>[5]</sup>。肉鸡屠宰环节的沙门氏菌交叉污染不容忽视,有研究表明,进入屠宰场活禽沙门氏菌污染率为3%~4%时,屠宰后污染率可升高至35%<sup>[6-7]</sup>。因此,减少屠宰加工环节微生物交叉污染,对保障产品安全具有重要意义。

肉鸡屠宰加工过程包括淋鸡、挂鸡、宰杀、沥血、浸烫、脱毛、掏膛、内腔淋洗、预冷清洗等多个环节,其中,预冷清洗水中残留的细菌可迁移至未污染的鸡肉表面,发生交叉污染,因此需在预冷水中添加杀菌剂进行控制<sup>[8-9]</sup>。NaClO是一种高效广谱的杀菌剂,其杀菌原理是其可在水中形成次氯酸,同细胞内的蛋白质发生氧化反应或破坏磷酸脱氢酶结构,使糖代谢失调而至细胞死亡<sup>[10-11]</sup>。在我国,NaClO是屠宰企业清洗环节的常用杀菌剂<sup>[12]</sup>。

目前,交叉污染研究主要集中在定量描述不同介质间的细菌迁移数量,如猪舌在厨房切片过程中单增李斯特菌的交叉污染迁移数量<sup>[13]</sup>,火腿在切片过程中基于迁移数量的交叉污染模型<sup>[14]</sup>,以及在厨房加工中,鸡肉中弯曲杆菌迁移数量的交叉污染模型<sup>[15]</sup>。关于交叉污染造成细菌污染率变化的研究较少。Jung等<sup>[16]</sup>用自来水、电解水、乳酸、柠檬酸等4种清洗方法对初始污染率为12.5%的莴苣进行连续3批次清洗,计算每批次莴苣清洗后的细菌污染率。

交叉污染造成细菌污染率的变化是风险评估模型中的重要输入参数。鸡肉沙门氏菌风险评估模型中鲜见预冷清洗交叉污染造成细菌污染率变化的相关数据,NaClO浓度和初始污染率对多批次样品清洗后沙门氏菌污染率的影响尚不明确<sup>[17-19]</sup>。因此,本实验模拟不同NaClO浓度(0~70 mg/L)和初始污染率(25%~100%)条件下3批次鸡肉清洗过程,研究清洗后鸡肉沙门氏菌污染率与NaClO浓度的关系,为优化预冷清洗工艺和鸡肉沙门氏菌定量风险评估提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

脑心浸液肉汤(Brain Heart Infusion Broth, BHI)、缓冲蛋白胨水(Buffered Peptone Water, BPW)、木糖-赖氨酸-硫酸四癸钠琼脂(Xylose Lysine Tergitol 4, XLT4)培养基 美国BD公司;亚硒酸盐胱氨酸增菌液(Selenite Cystine Broth, SC) 青岛海博生物技术公司;NaClO溶液 生工生物工程(上海)股份有限

公司;斯坦利沙门氏菌(*Salmonella stanley*)、印第安纳沙门氏菌(*Salmonella indiana*)、鼠伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*)、汤卜逊沙门氏菌(*Salmonella thompson*)、肯塔基沙门氏菌(*Salmonella kentucky*) 五株菌均分离于广州某屠宰场,菌株保存于含有20%甘油的脑心浸液肉汤中,储存于-80℃冰箱备用,由华南农业大学兽医学院提供;鸡胸肉 购置于浙江省杭州市乐购超市。

Thermo Fisher 1389 生物安全柜 英国Waltham公司;HVA-85 高压灭菌锅 日本Hirayama公司;KB240 恒温恒湿培养箱 德国Binder公司;Seward 400 拍打式均质机 英国Seward公司;WASP 2 螺旋接种仪 英国Don Whitley Scientific公司;ProtoCOL3 全自动细胞计数仪 英国Synbiosis公司;10~1000 μL 移液枪 德国Eppendorf公司;CS180 百灵达余氯传感仪 英国Palintest公司;CR400 手持式色差仪 日本ChromaMeter公司;Hitachi 7650 透射电子显微镜 日本Hitachi公司;TX150 水浴锅 英国Grant公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 鸡肉的预处理 鸡胸肉冰鲜运至实验室,切块分装于自封袋中,单块重量约25 g(5 cm×3 cm×2 cm),储存于-20℃冰箱内。实验前取出放置于4℃冰箱解冻并在生物安全柜中紫外灭菌30 min后备用。紫外灭菌后的鸡肉样本中未有沙门氏菌检出。

1.2.2 菌悬液制备及鸡肉接种 5株菌株分别接种至5 mL BHI液体培养基中,置于37℃恒温培养箱中培养24 h,将菌液等体积均匀混合,制得25 mL菌种原液,约9 lg CFU/mL。用BPW稀释菌种原液,使初始接种液浓度约为7 lg CFU/mL。将鸡肉浸泡于接种液中30 min,转移至无菌称量盘,在生物安全柜内静置30 min,确保细菌附着在鸡肉表面。鸡肉表面初始接种水平约为5 lg CFU/g。

#### 1.2.3 鸡肉预冷清洗

1.2.3.1 不同浓度NaClO的预冷清洗 实验前,将水浴锅水温调节至4℃。分别取浓度为0.8 g/mL的NaClO溶液0、238、595、833 μL溶于1 L预冷水中,制备NaClO浓度为0、20、50、70 mg/L的预冷水,不含NaClO的预冷水清洗为对照组。以对照组为例,将4块接种后的鸡肉(初始污染率为100%)放入NaClO浓度为0 mg/L的烧杯中清洗20 min后取出;不更换预冷水,将第二批共4块无菌鸡肉放入水中清洗20 min;再将第三批共4块无菌鸡肉放入预冷水中清洗20 min,即完成鸡肉初始污染率为100%,NaClO浓度为0 mg/L的3批次鸡肉连续预冷清洗。20、50、70 mg/L NaClO预冷水清洗过程同对照组操作,整个实验重复3次。

1.2.3.2 不同初始污染率的预冷清洗 研究3种初

始污染率(25%、50%、100%)鸡肉预冷清洗(NaClO浓度为50 mg/L)后的细菌污染率,不含NaClO的预冷水清洗为对照组。以初始污染率为25%,NaClO浓度为0 mg/L实验为例,将含有1块接种鸡肉的4块鸡肉(初始污染率为25%)放入NaClO浓度为0 mg/L的预冷水中清洗20 min后取出;不更换预冷水,将第二批共4块无菌鸡肉放入水中清洗20 min;再将第三批共4块无菌鸡肉放入预冷水中清洗20 min,即完成初始污染率为25%,NaClO浓度为0 mg/L的3批次鸡肉连续预冷清洗。其余5组(25%,50 mg/L;50%,0 mg/L;50%,50 mg/L;100%,0 mg/L;100%,50 mg/L)清洗实验操作同对照组处理,整个实验重复3次。

#### 1.2.4 指标测定

1.2.4.1 预冷水中细菌测定 取1 mL清洗后预冷水于无菌离心管,充分震荡后,吸取50  $\mu$ L采用螺旋涂布法涂布于XLT4琼脂培养基中,置于37  $^{\circ}$ C恒温培养箱培养18 h,使用全自动细胞计数仪计数。当样本中细菌浓度低于涂布法定量限(20 CFU/mL)时,采用增菌富集法定性测定样本中是否含有沙门氏菌残留。取1 mL预冷水至9 mL SC增菌液中,37  $^{\circ}$ C,12 h培养后吸取10  $\mu$ L增菌液涂布于XLT4琼脂培养基中,置于37  $^{\circ}$ C恒温培养16~18 h,若平板长出黑色菌落,则判定预冷水中含有沙门氏菌残留。

1.2.4.2 清洗后鸡肉污染率测定 清洗后鸡肉样本转移至含有25 mL BPW的均质袋中,以250 r/min速度拍打1 min,取1 mL均质液至9 mL SC增菌液中,37  $^{\circ}$ C培养12 h。取10  $\mu$ L增菌液涂布于XLT4琼脂培养基中,37  $^{\circ}$ C恒温培养16~18 h,若平板长出黑色菌落,则判断为沙门氏菌阳性样本。每批次鸡肉清洗后沙门氏菌污染率( $P_n$ ,%)及鸡肉全部清洗后总污染率( $P$ ,%)计算如公式(1)~(2)所示。

$$P_n(\%) = \frac{M_n}{N_n} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中: $M_n$ 第n批次鸡肉清洗后沙门氏菌阳性样本量( $n=0,1,2,3$ ), $N_n$ 为每批次鸡肉样本量。当 $n=0$ 时, $P_0$ 为初始污染率即第一批次鸡肉清洗前细菌污染率(%);当 $n=1$ 时, $P_1$ 为第一批次鸡肉清洗后的细菌污染率(%);当 $n=2$ 时, $P_2$ 为第二批次鸡肉清洗后的细菌污染率(%);当 $n=3$ 时, $P_3$ 为第三批次鸡肉清洗后的细菌污染率(%)。

$$P(\%) = \frac{M}{N} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中: $M$ 为3批次鸡肉全部清洗后的沙门氏菌阳性样本量, $N$ 为3批次鸡肉样本总量。

表1 不同NaClO浓度清洗后的鸡肉沙门氏菌污染率(%)

Table 1 Post-chill prevalence of *Salmonella* on chicken samples at different chlorine concentration(%)

NaClO(mg/L)	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P$
0	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	91.7 $\pm$ 14.4 <sup>a</sup>	83.3 $\pm$ 28.9 <sup>a</sup>	88.9 $\pm$ 12.7 <sup>a</sup>
20	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	16.7 $\pm$ 14.4 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	38.9 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>
50	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	8.3 $\pm$ 14.4 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	36.1 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>
70	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	8.3 $\pm$ 14.4 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	36.1 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>

注: $P$ 为鸡肉全部清洗后总污染率(%);同列字母相同者差异不显著,不同者差异显著( $p < 0.05$ );表4同。

1.2.4.3 鸡肉色泽测定 本实验测定了第一批鸡肉NaClO(0、20、50、70 mg/L)预冷清洗前后的色泽变化。以色差仪测量鸡肉表面的色泽变化指标值( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ )。其中, $\Delta L$ 表示亮度值, $\Delta a$ 表示红度值, $\Delta b$ 表示黄度值。每个样品平行测定5次,整个实验重复3次。

1.2.4.4 透射电子显微镜样品制备与观察 为研究细菌在不同浓度NaClO处理下的细胞损伤程度。鸡肉在0、20、50、70 mg/L的NaClO中清洗后取出,用刀片在鸡肉样本上取尺寸为3 mm  $\times$  1 mm  $\times$  1 mm大小的鸡肉块。采用2.5%戊二醛和1%四氧化锇双重固定鸡胸肉样品,乙醇梯度脱水,树脂包埋,切片后经柠檬酸铅和醋酸双氧铀双重染色,透射电子显微镜下观察细胞状态<sup>[20]</sup>。

### 1.3 数据处理

结果以“平均值  $\pm$  标准差”表示,采用Origin 8.1软件进行作图分析。采用SPSS 18.0软件进行统计分析,通过一元方差分析(Oneway ANOVA)进行多个组间平均数的比较。若组间存在显著性差异,采用Duncan检验进行组间多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaClO浓度对清洗后鸡肉沙门氏菌污染率的影响

由表1可知,当预冷水中未添加NaClO时,第一批鸡肉清洗后污染率仍为100%,第二、三批无菌鸡肉清洗后污染率分别为91.7%和83.3%,表明低温清洗(4  $^{\circ}$ C)对沙门氏菌交叉污染抑制效果不明显,细菌可通过预冷水迁移至后续清洗的鸡肉样本<sup>[21]</sup>。添加NaClO后,沙门氏菌通过预冷水迁移至第二批鸡肉的概率降低,且第三批无菌鸡肉在20~70 mg/L的NaClO中清洗后未发生沙门氏菌污染,表明NaClO可一定程度上减少预冷水中细菌残留量,从而减少细菌迁移<sup>[16]</sup>。对预冷水中细菌污染水平测定结果显示(表2),当未添加NaClO时,清洗后预冷水中沙门氏菌的污染水平为4lg CFU/mL。当NaClO浓度为20 mg/L时,清洗后预冷水中沙门氏菌污染水平低于定量限(20 CFU/mL),但增菌后有沙门氏菌检出。当NaClO浓度为50和70 mg/L时,增菌后预冷水中未检出沙门氏菌。可见,预冷水中NaClO浓度(50 mg/L)时,可有效抑制多批次鸡肉清洗过程的交叉污染。

### 2.2 初始污染率对交叉污染的影响

由表3可知,当预冷水中未添加NaClO和NaClO添加浓度为50 mg/L时,样品初始污染率对交叉污染影响均不显著( $p > 0.05$ )。未添加NaClO时,各种

表3 不同初始污染率条件下清洗后的鸡肉沙门氏菌污染率

Table 3 Post-chill prevalence of *Salmonella* on chicken samples at different initial pre-chill prevalence

	0 mg/L			50 mg/L		
	25	50	100	25	50	100
P <sub>0</sub> (%)	25	50	100	25	50	100
P <sub>1</sub> (%)	100.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	66.7 ± 28.9 <sup>a</sup>	66.7 ± 14.4 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
P <sub>2</sub> (%)	75.0 ± 25.0 <sup>a</sup>	50.0 ± 25.0 <sup>a</sup>	91.7 ± 14.4 <sup>a</sup>	33.3 ± 28.9 <sup>a</sup>	33.0 ± 28.9 <sup>a</sup>	8.3 ± 14.4 <sup>a</sup>
P <sub>3</sub> (%)	75.0 ± 25.0 <sup>a</sup>	75.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	83.3 ± 28.9 <sup>a</sup>	16.7 ± 14.4 <sup>ab</sup>	33.0 ± 14.4 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>
P (%)	83.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	75.0 ± 8.3 <sup>a</sup>	88.9 ± 12.7 <sup>a</sup>	38.9 ± 12.7 <sup>a</sup>	44.5 ± 12.7 <sup>a</sup>	36.1 ± 4.8 <sup>a</sup>

注:相同浓度 NaClO 处理相同批次间字母相同者差异不显著,不同者差异显著(p < 0.05)。

表2 鸡肉全部清洗后的预冷水中的细菌存活数量

Table 2 Bacterial survival in chilling water

NaClO (mg/L)	0	20	50	70
菌量	4lg CFU/mL	<20 CFU/mL <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>

注:<sup>a</sup> 涂布法检测限为 20 CFU/mL, <sup>b</sup> 增菌富集后未有沙门氏菌检出。

初始污染率的鸡肉清洗后污染率均较高;NaClO 添加浓度为 50 mg/L 时,可控制各种初始污染率鸡肉样品在清洗中的交叉污染。Maffei 等<sup>[22]</sup>研究了沙门氏菌污染率分别为 9.0%、16.7%、50.0% 的生菜清洗后的细菌污染率变化,同样未发现初始污染率对交叉污染的影响。Yang 等<sup>[21]</sup>的研究也表明 NaClO 浓度为 50 mg/L 时,可有效控制预冷清洗中初始污染率为 3.0%~43.3% 鸡肉沙门氏菌的交叉污染。

### 2.3 NaClO 清洗对鸡肉色泽的影响

不同浓度 NaClO 清洗后的鸡肉色泽变化如表 4 所示。清洗后的鸡肉表面亮度值、红度值、黄度值未发生显著性变化(p > 0.05),表明预冷清洗中使用浓度低于 70 mg/L NaClO,不会造成鸡肉色泽变化。NaClO 氧化性对食品色泽影响可能与浓度和食品基质相关。王凯利等<sup>[23]</sup>研究发现 250 mg/L NaClO 处理对鸡肉色泽变化没有显著性影响。孙静等<sup>[24]</sup>研究

发现,1000 mg/L NaClO 处理后鸭蛋壳的表面亮度显著增大。

表4 鸡肉处理前后色泽变化

Table 4 Changes in color of chicken samples treated with different NaClO concentrations

NaClO (mg/L)	ΔL	Δa	Δb
0	5.4 ± 1.0 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>a</sup>
20	7.0 ± 1.9 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.9 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.7 <sup>a</sup>
50	5.6 ± 1.6 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	2.8 ± 1.6 <sup>a</sup>
70	5.5 ± 2.2 <sup>a</sup>	1.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	2.8 ± 1.4 <sup>a</sup>

### 2.4 NaClO 清洗后鸡肉表面细菌透射电镜图

不同浓度 NaClO (0、20、50、70 mg/L) 处理后的鸡肉表面沙门氏菌细胞状态如图 1 所示,0 mg/L 的 NaClO 处理后的沙门氏菌细胞壁及细胞膜结构完整,电子密度较高,胞浆内电子密度均一(图 1A)。经 20、50、70 mg/L 的 NaClO 处理后,细菌细胞壁和胞浆内电子密度均降低,菌体细胞壁及细胞膜断裂,核心溶解(图 1B~图 1D)<sup>[25]</sup>,菌体均受到一定程度的破坏。

## 3 讨论与结论

交叉污染是造成食品致病菌污染、引发食品安全事件的重要因素之一<sup>[26]</sup>,加强交叉污染对食品中

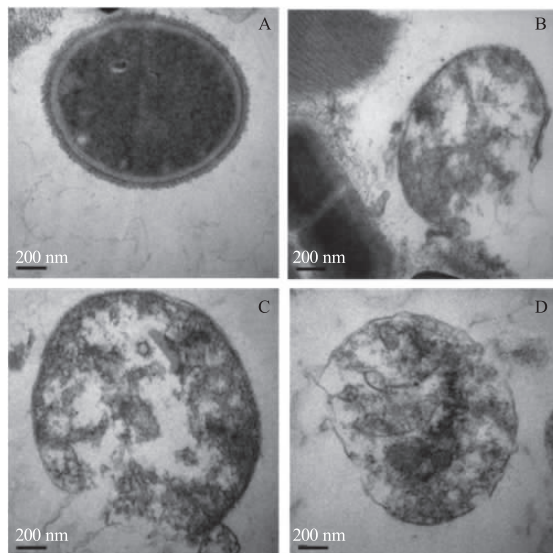


图1 不同浓度 NaClO 处理下的沙门氏菌透射电镜图(5000 ×)

Fig.1 Transmission electron microscope photographs of *Salmonella* treated with different concentrations of NaClO(5000 ×)

注:A、B、C、D 分别是 0、20、50、70 mg/mL NaClO 处理的沙门氏菌。

细菌污染率、污染水平变化规律的研究,对开展微生物风险评估具有重要意义。本研究针对鸡肉屠宰预冷清洗环节的连续清洗过程,研究了 NaClO 浓度(0~70 mg/L)和初始污染率(25%~100%)对交叉污染的影响,发现添加 NaClO 可有效抑制多批次鸡肉清洗过程中的沙门氏菌交叉污染,且浓度 $\geq 50$  mg/L时,预冷水中无沙门氏菌残留,可减小交叉污染风险。

目前,肉鸡沙门氏菌的定量风险评估模型普遍未考虑预冷环节多批次清洗过程中交叉污染造成的沙门氏菌污染率变化。Yang 等<sup>[21]</sup>研究了单批次预冷清洗中不同氯浓度清洗后的鸡肉沙门氏菌污染率变化,不适用于多批次清洗的交叉污染情况。Whyte 等<sup>[27]</sup>评价了二氯异氰尿酸钠在肉鸡预冷清洗过程中对交叉污染的控制效果, Park 等<sup>[28]</sup>研究了电解水对肉禽清洗中弯曲杆菌交叉污染的控制效果,然而,在我国肉鸡屠宰质量管理规范中(NY/T 1174-2006),NaClO 是唯一允许在屠宰预冷环节使用的杀菌剂。前人的研究均无法为我国肉鸡屠宰沙门氏菌风险评估模型提供数据基础。因此,本研究对我国肉鸡预冷清洗环节沙门氏菌污染控制、开展沙门氏菌定量风险评估具有重要意义。本研究为实验室模拟实验,未来需在中试规模下进行大样本验证。此外,本研究未涉及清洗后鸡肉细菌污染率与清洗批次、氯浓度及初始污染率等因素之间的定量模型,需在下一步研究中进行探索。

### 参考文献

- [1] 朱冬梅,彭珍,刘书亮,等.肉鸡屠宰加工过程中沙门氏菌的污染情况及其耐药性分析[J].食品科学,2014,35(17):214-219.
- [2] 尹德凤,张莉,张大文,等.食品中沙门氏菌污染研究现状[J].江西农业学报,2015,27(11):55-60.
- [3] Ren X, Li M, Xu C, et al. Prevalence and molecular characterization of *Salmonella enterica* isolates throughout an integrated broiler supply chain in China [J]. *Epidemiology & Infection*, 2016, 144(14):2989-2999.
- [4] Mao X, Hu J, Liu X. Estimation on disease burden of foodborne non-typhoid salmonellosis in China using literature review method [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2011, 15(7):622-625.
- [5] Yang B, Xi M, Wang X, et al. Prevalence of *Salmonella* on raw poultry at retail markets in China [J]. *Journal of Food Protection*, 2011, 74(10):1724-1728.
- [6] 赵瑞兰,张培正,李远钊.肉鸡加工厂环境及半成品中沙门氏菌污染情况调查[J].中国食物与营养,2005(9):32-34.
- [7] 阎学燕,肖保林,张春艳,等.肉鸡屠宰加工生产链中沙门氏菌的污染情况分析[J].医学动物防制,2015,31(11):1206-1209.
- [8] 樊静,李苗云,张建威,等.肉鸡屠宰加工中的微生物控制技术研究进展[J].微生物学杂志,2011,31(2):80-84.
- [9] 赵志华.鸡屠宰过程中关键控制点的选择[J].肉类工业,2002(4):7-9.
- [10] 陈丽珠.次氯酸钠消毒控制微生物的效果评价[J].工业用水与废水,2015,61:18-20.
- [11] 侯田莹,赵园园,郑淑芳.次氯酸钠在蔬菜加工中循环利用的杀菌效果评价[J].食品科学,2010,31(13):27-30.
- [12] 董飒爽,王凯利,黄现青,等.肉鸡屠宰过程中预冷减菌工艺研究现状[J].肉类工业,2017(5):40-47.
- [13] 董庆利,陆冉冉,汪雯,等.案板材质对单增李斯特菌在生熟食品间交叉污染的影响[J].农业机械学报,2016,47(3):207-213.
- [14] Sheen S, Hwang C A. Mathematical modeling the cross-contamination of *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of ready-to-eat meat product while slicing [J]. *Food Microbiology*, 2010, 27:37-43.
- [15] Mylius S D, Nauta M J, Havelaar A H. Cross-contamination during food preparation: A mechanistic model applied to chicken-borne *Campylobacter* [J]. *Risk Analysis*, 2007, 27:803-813.
- [16] Jung Y, Jang H, Guo M, et al. Sanitizer efficacy in preventing cross-contamination of heads of lettuce during retail crisping [J]. *Food Microbiology*, 2017, 64:179-185.
- [17] 赵格,刘娜,赵建梅,等.肉鸡屠宰加工过程中沙门菌污染定量风险评估[J].中国动物检疫,2018,35(4):26-31.
- [18] 韩荣伟,于忠娜,张莉,等.我国鸡肉产品中沙门氏菌风险评估的研究进展[J].食品科学,2015,36(23):372-376.
- [19] 张玉,陈玉贞,胡春光,等.肉鸡屠宰场沙门菌定量评估模型的构建[J].卫生研究,2015,44(3):466-469,478.
- [20] Xie L, Shang W, Liu C, et al. Mutual association of broad bean wilt virus 2 VP37-derived tubules and plasmodesmata obtained from cytological observation [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6:21552.
- [21] Yang H, Li Y, Griffis C L, et al. A probability model for cross-contamination by *Campylobacter jejuni* and *Salmonella typhimurium* in poultry chilling process [J]. *Applied Engineering in Agriculture*, 2002, 18(6):717.
- [22] Maffei D F, Sant'Ana A S, Monteiro G, et al. Assessing the effect of sodium dichloroisocyanurate concentration on transfer of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium in wash water for production of minimally processed iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) [J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2016, 62(6):444-451.
- [23] 王凯利,黄现青,袁红蕊,等.肉鸡屠宰过程中四种消毒剂对鸡胴体微生物、pH 和色泽的影响[J].中国家禽,2016,38(10):41-44.
- [24] 孙静,邓妹颖,李游,等.次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO<sub>2</sub> 复合材料涂膜对鸭蛋保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2017,38(18):295-299.
- [25] Gray M J, Wholey W Y, Jakob U. Bacterial responses to reactive chlorine species [J]. *Annual Review of Microbiology*, 2013, 67:141-160.
- [26] 凌云,谷端银,孙甜甜,等.食品质量安全问题中交叉污染及其预防控制研究[J].中国食物与营养,2012,18(7):10-14.
- [27] Whyte P, Collins J D, McGill K, et al. Assessment of sodium dichloroisocyanurate in the control of microbiological cross-

(下转第 217 页)

藏条件等<sup>[20]</sup>。因为西南地区是主产区、样品数多,黄曲霉毒素 AFS 浓度范围大,黄曲霉毒素超标食品两份都在西南地区,推测可能是两份样品含水量较高,在贮藏或者加工过程中更容易产生黄曲霉毒素,玉米,花生中也得到证实含水量高的作物黄曲霉毒素更容易产生和增加<sup>[21-23]</sup>,本研究显示加工产品的类型与黄曲霉超标有明显关系,这为荞麦黄霉素超标预防提供了方向。

我国食品中黄曲霉毒素限量标准与 CAC、欧盟、日本、美国标准相比存在一定差异<sup>[24]</sup>。第一,新标准未涉及黄曲霉毒素(AFB<sub>1</sub> + AFB<sub>2</sub> + M<sub>1</sub> + M<sub>2</sub>)的总量标准,几种毒性叠加效应方面的要求相对缺失;第二,新标准增加了食品类别,但与欧盟标准相比覆盖面仍有缺失,尤其是缺乏针对不同用途的同类食品的分。我国黄曲霉毒素研究花生和玉米的较多,对荞麦食品黄曲霉毒素的研究较少,研究荞麦食品的黄曲霉毒素的污染情况,为我国食品黄曲霉毒素限量标准提供了可参考的依据,建议增加食品中黄曲霉毒素总量的限值标准并将各种食品的限值进行细化。

参考文献

[1] 罗自生,秦雨,徐艳群,等.黄曲霉毒素的生物合成、代谢和毒性研究进展[J].食品科学,2015,36(3):250-257.  
 [2] Klich M A. *Aspergillus flavus*: The major producer of aflatoxin [J]. *Molecular Plant Pathology*, 2007, 8(6): 713-722.  
 [3] 王婧莹,王琢,闫培生.黄曲霉毒素的脱毒研究进展[J].中国农业科技导报,2019(4):42-51.  
 [4] 马海华,张元,甄彤,等.电化学生物传感器在黄曲霉毒素检测中的研究进展[J].中国粮油学报,2016,31(2):132-140.  
 [5] Matumba L, Sulyok M, Njoroge S M C, et al. Uncommon occurrence ratios of aflatoxin AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>, and AFG<sub>2</sub> in maize and groundnuts from Malawi [J]. *Mycotoxin Research*, 2015, 31(1): 57-62.  
 [6] Sartori, André Victor, Juliana S D M, et al. Determination of aflatoxins M1, M2, AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>, and AFG<sub>2</sub> and ochratoxin A in UHT and powdered milk by modified QuEChERS method and ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Food Analytical Methods*, 2015, 8(9): 2321-2330.  
 [7] 沈青山,周威,莫海珍,等.黄曲霉毒素污染控制的研究进展[J].食品科学,2016,37(9):237-243.  
 [8] 龚阿琼,邓娟娟,郑豆豆,等.2018年上半年原料及饲料毒素检测分析[J].中国饲料,2018(17):90-92.  
 [9] 王庆峰,王岩,柴竹林.黄曲霉毒素在粮食和食品中的危害及防治措施研究[J].食品安全导刊,2015(8):52.  
 [10] 张萍,彭西甜,冯钰铸.食品中黄曲霉毒素检测的样品前处理技术研究进展[J].分析科学学报,2018,34(2):274-280.  
 [11] GB 5009.22-2016 食品安全国家标准食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.  
 [12] 高秀芬,荫士安,张宏元,等.中国部分地区玉米中4种黄曲霉毒素污染调查[J].卫生研究,2011,40(1):46-47.  
 [13] 范蓓,李庆鹏,哈益明.关注黄曲霉毒素国内外限量标准,完善食品安全保障措施[J].食品工业科技,2010,31(12):26-27.  
 [14] GB 2761-2017 食品安全国家标准食品中真菌毒素限量[S].北京:中国标准出版社,2017.  
 [15] 王明亮.关于中国学术期刊标准化数据库系统工程的进展[EB/OL].1998-08-16. <http://www.caicd.edu.cn/pub/wml.txt/980810-2.html>.  
 [16] 杨世亚,邱景富.食品中真菌毒素的污染状况与检测方法研究进展[J].现代预防医学,2012,39(22):5897-5900.  
 [17] 王君,刘秀梅.部分市售食品中总黄曲霉毒素污染的监测结果[J].中华预防医学杂志,2006(1):33-37.  
 [18] 黄湘东,龙朝阳,梁春穗,等.广东省市售大米、花生及其制品中黄曲霉毒素污染水平调查[J].华南预防医学,2007(3):62-63.  
 [19] 王君,刘秀梅.中国人群黄曲霉毒素膳食暴露量评估[J].中国食品卫生杂志,2007(3):238-240.  
 [20] 张玲珍,杨彩梅,张旭,等.微生物降解黄曲霉毒素的研究进展[J].饲料博览,2015(7):18-21.  
 [21] 陈军,赵立.含水量对玉米粉贮藏过程中黄曲霉生长及黄曲霉毒素积累的影响[J].湖北农业科学,2013,52(17):4192-4193.  
 [22] 刘冬梅,曹成,俎建英,等.不同贮藏条件下花生中黄曲霉毒素变化趋势[J].食品安全质量检测学报,2016,7(5):1920-1923.  
 [23] Abrar M, Anjum F M, Butt M S, et al. Aflatoxins: Biosynthesis, occurrence, toxicity, and remedies [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2013, 53(8): 862-874.  
 [24] 王君,刘秀梅.中国人群黄曲霉毒素膳食暴露量评估[J].中国食品卫生杂志,2007(3):238-240.  
 [25] 王君,刘秀梅.部分市售食品中总黄曲霉毒素污染的监测结果[J].中华预防医学杂志,2006(1):33-37.  
 [26] 黄湘东,龙朝阳,梁春穗,等.广东省市售大米、花生及其制品中黄曲霉毒素污染水平调查[J].华南预防医学,2007(3):62-63.  
 [27] 王君,刘秀梅.中国人群黄曲霉毒素膳食暴露量评估[J].中国食品卫生杂志,2007(3):238-240.  
 [28] Park H, Hung Y C, Brackett R E. Antimicrobial effect of

electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 72(1): 77-83.

(上接第 210 页)

contamination in broiler carcass immersion chilling systems [J]. *Journal of Food Safety*, 2010, 22(1): 55-65.  
 [28] Park H, Hung Y C, Brackett R E. Antimicrobial effect of

electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 72(1): 77-83.

全国中文核心期刊  
轻工行业优秀期刊