

厨房食品接触面上猪肉糜中沙门氏菌 转移能力评估

王 真, 董庆利, 王 翔, 秦晓杰, 汪 童, 杨景棋, 袁世豪, 刘阳泰*

(上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093)

摘 要: **目的** 探究厨房中不同食品接触面清洗方式对沙门氏菌转移能力的影响。**方法** 实验室仿真模拟消费者在家庭环境中由于不恰当的食品处理操作导致沙门氏菌交叉污染即食食品的过程。按国标法 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》测定转移的沙门氏菌菌落总数, 计算转移率数据, 定量描述消费者家庭厨房猪肉糜制作过程中沙门氏菌通过交叉污染传递路径从筷子、砧板、刀具、盆子和手 5 种食品接触面转移到即食食品的能力。**结果** 沙门氏菌从猪肉糜转移到筷子、砧板、刀具、盆子和手 5 种不同食品接触面的转移率是 2.41%~42.93%。5 种食品接触面被(8.00±0.04) logCFU/mL 的沙门氏菌污染后, 不清洗时, 沙门氏菌转移到即食食品的转移率均低于 1%。用 500 mL 无菌水或 500 mL 无菌水加有 1 mL 洗洁精的水冲洗各厨房食品接触表面后, 不足以避免即食食品被沙门氏菌交叉污染。**结论** 消费者在家庭环境中不恰当的食品处理操作会导致沙门氏菌通过厨房食品接触面交叉污染即食食品。清洗处理可以降低沙门氏菌转移到即食食品, 但清洗不足以完全去除沙门氏菌的污染。检测数据为家庭厨房中食源性致病菌定量风险评估提供模型参数基础。

关键词: 沙门氏菌; 猪肉糜; 家庭厨房; 交叉污染; 转移率

Evaluation of *Salmonella* transfer efficiency in minced pork on food contact surface in domestic kitchen

WANG Zhen, DONG Qing-Li, WANG Xiang, QIN Xiao-Jie, WANG Tong,
YANG Jing-Qi, YUAN Shi-Hao, LIU Yang-Tai*

(College of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology,
Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: Objective To explore the impact of cleaning methods of different kitchen's food contact surfaces on the transfer ability of *Salmonella*. **Methods** The process in which consumers cross-contaminate ready-to-eat foods with *Salmonella* due to improper food handling practices in the home environment was simulated by laboratory simulations. Total number of *Salmonella* colonies was measured according to GB 4789.2-2016 *National food safety standard-Food microbiological inspection-Determination of total colony*, and the transfer rate was calculated for quantifying the transfer of *Salmonella* from 5 domestic kitchens' food contact surface of chopsticks, cutting boards,

基金项目: 2020 年上海理工大学大学生创新创业训练计划项目

Fund: USST Innovation and Entrepreneurship Project 2020

*通讯作者: 刘阳泰, 博士, 主要研究方向为食源性致病菌预测建模及风险评估。E-mail: usstlyt@163.com

*Corresponding author: LIU Yang-Tai, Ph.D, College of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China. E-mail: usstlyt@163.com

knives, basins and hands to ready-to-eat food through cross-contamination during the production of minced pork.

Results The transfer rate of *Salmonella* from minced pork to 5 domestic kitchens' food contact surface of chopsticks, cutting boards, knives, basins and hands was from 2.41% to 42.93%. Given the initial contamination level of *Salmonella* of (8.00 ± 0.04) logCFU/mL to the 5 contact surface, the transfer rate of *Salmonella* was less than 1% when the kitchen's food contact surfaces were not cleaned. Washing kitchen's food contact surfaces with 500 mL sterile water or 500 mL sterile water plus 1 mL detergent water might not be sufficient to avoid cross-contamination of ready-to-eat foods with *Salmonella*. **Conclusion** Consumers' improper food handling practices in domestic kitchen can lead to cross-contamination that *Salmonella* from minced pork transfer to ready-to-eat food through food contact surfaces. Washing treatment can reduce the transfer of *Salmonella* to ready-to-eat food, but washing is not enough to completely remove *Salmonella* contamination. The detection data provides the model parameter basis for the quantitative risk assessment of food-borne pathogens in the family kitchen.

KEY WORDS: *Salmonella*; minced pork; domestic kitchen; cross-contamination; transfer rate

1 引言

食源性致病菌是全球突出的公共安全问题,更是我国目前食品安全的头号问题^[1]。2019 年世界卫生组织统计数据表明,每年全世界有 6 亿人因食用受污染的食品导致患病,其中有 42 万人因食源性疾病导致死亡^[2]。中国 2010~2016 年共发生 5197 起家庭食源性疾病,累计发病数 29210 例,平均每年发病数约为 4173 例,死亡 780 例,病死率为 2.7%^[3]。

沙门氏菌是目前报道最频繁、最重要的食源性致病菌之一,也是导致人类死亡的第三大致病菌^[4]。据美国疾病控制与预防中心报道显示,沙门氏菌每年造成约 135 万人感染,26500 人住院治疗,420 人死亡^[5]。在我国细菌性食物中毒中,70%~80%是由沙门氏菌引起,其中 90%以上的沙门氏菌感染来源于食用肉类等动物性产品^[6]。

猪肉及猪肉制品是导致沙门氏菌感染的重要来源^[7]。在我国,养殖屠宰环节猪肉中的沙门氏菌检出率可达 78.82%,零售环节猪肉沙门氏菌的平均污染率约为 15%^[8]。欧洲各国关于猪肉沙门氏菌的检测数据显示,猪肉中沙门氏菌的污染率在屠宰场和零售环节分别为 3.20%~16%和 6%~10%^[7]。中国是世界上最大的猪肉生产国和消费国,据统计 2015 年我国猪肉总产量占世界猪肉产品总量的 49%以上,我国居民人均年消费猪肉约 15 kg,占肉类消费的 60%以上^[9]。由此可见,猪肉的安全性与消费者的健康息息相关,猪肉及其相关产品中的沙门氏菌污染传播问题需要关注。

我国居民主要以家庭烹饪市售生鲜肉的方式消费猪肉,消费者可能因猪肉的不完全加热,或制备过程中的交叉污染暴露于生猪肉源沙门氏菌。其中后者是由于沙门氏菌能通过食品制备过程,从自然污染的食品转移到食品操作者、家庭厨房中的各食品接触面,以及其它即食食品^[10,11]。调查发现,食源性疾病的暴发中约有 35%~90%归

因于食品加工设备和家庭厨房食品处理过程中不恰当操作^[12,13],而家庭厨房中不恰当的食品处理操作很容易引起沙门氏菌在食品和非食品接触表面的交叉污染^[14]。因此,猪肉在家庭中引起的沙门氏菌的暴发多由沙门氏菌的交叉污染所致。但是,家庭暴发的食源性疾病由于其散发性和漏报比例大,家庭中不安全的食品制备方法和不良卫生习惯造成的患病风险被低估^[15,16]。并且在无法律监管的家庭环节,关于家庭厨房中猪肉糜交叉污染研究定量数据的匮乏导致与之相关的风险评估、风险管理推进困难。本研究针对消费者家庭厨房猪肉糜制作特定场景,通过测定转移率定量描述沙门氏菌从不同食品接触面转移到即食食品的能力。不再仅关注材质的影响,更侧重于模拟消费者的不恰当操作引起的沙门氏菌在厨房接触面上的交叉污染,用真实的餐具去模拟转移场景。如在木质砧板上用不锈钢刀具切割肉糜,在不锈钢盆中用筷子搅拌肉糜,故选用了木质砧板,木质筷子,不锈钢刀具,不锈钢盆子。

食品微生物定量风险评估是了解食品中沙门氏菌对健康造成危害的重要工具^[17,18]。本研究主要结合消费者家庭厨房食品处理习惯,开展了厨房处理环节猪肉糜中沙门氏菌的交叉污染仿真模拟研究,评估猪肉糜中沙门氏菌在不同厨房接触表面的交叉污染转移能力。通过转移实验获取厨房中猪肉糜制备过程中沙门氏菌通过筷子、砧板、刀具、盆子和手转移到即食食品的转移率数据,为推进家庭厨房猪肉糜中沙门氏菌交叉污染风险评估以及获得更准确模型进行风险特征描述提供基础数据支持。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

生猪肉糜、黄瓜、食品级不锈钢刀具、不锈钢盆、木质砧板、木质筷子及无菌棉签购于上海大润发超市。用无菌采样袋(12 cm×18 cm)分装好已灭菌的食品样品,置于

4 °C 冰箱冷藏备用。

胰酪胨大豆酵母浸膏肉汤培养基(buffered peptone water, BPW)、木糖赖氨酸脱氧胆盐琼脂(xylose lysine deoxycholate agar, XLD)、胰蛋白胨大豆琼脂培养基(tryptic soy agar, TSA)(青岛海博生物技术有限公司)。

2.2 仪器与设备

WAECO-CF50 型松下冰箱[美国电子(深圳)有限公司]; YXQ-LS-S-II 型高压灭菌锅(上海博讯实业有限公司医疗器械厂); XW-80A 漩涡混合器(上海精科实业有限公司); Scientz-09 型无菌均质器(浙江宁波新芝生物科技股份有限公司); HWS-150 生化培养箱(上海跃进医疗器械厂); JT302N 型电子天平(上海精天电子仪器有限公司); THZ-103 B 型恒温培养摇床(上海一恒科学仪器有限公司); SW-CJ-1FD 型超净工作台(江苏苏州安泰空气技术有限公司); DL-1 电炉(上海力辰邦西仪器科技有限公司)。

2.3 菌株选用、活化和菌悬液的制备

以肠炎沙门氏菌为实验菌株, 分离自市售猪腿肉中, -80 °C 甘油保藏^[16]。实验时将保藏的肠炎沙门氏菌转接至 100 mL BPW 液体培养基中, 于 37 °C、110 r/min 摇床培养 16~18 h 进行活化, 然后划线至 TSA 培养基上, 置于 (4.00±0.50) °C 冰箱中临时保存。临用前从 TSA 培养基上用一次性无菌接种环挑取一环单菌落, 接种于 BPW 液体培养基中, 于 37 °C、110 r/min 摇床培养 16~18 h 使菌体达到稳定期, 用无菌生理盐水(0.85% NaCl 溶液)稀释得到 (8.00±0.04) logCFU/mL 的初始菌悬液备用。

2.4 灭菌方式

厨房工具和手套作为沙门氏菌交叉污染的受体和供体时, 均需要采取相应的措施进行灭菌处理从而保证无菌状态。各中介介质的灭菌方式^[19]见表 1, 多次实验验证后均未检出活菌。实验过程也需保证无菌操作, 避免其它致病菌的污染对交叉污染转移率结果产生影响。

表 1 交叉污染实验中各介质的灭菌方式
Table 1 Sterilization methods of different items during cross-contamination test

编号	介质	灭菌方式	活菌残留
1	砧板	121 °C 高压灭菌 15 min	未检出
2	刀具	121 °C 高压灭菌 15 min	未检出
3	盆子	121 °C 高压灭菌 15 min	未检出
4	筷子	121 °C 高压灭菌 15 min	未检出
5	手套	75% 酒精喷淋后紫外灯照射 1 h	未检出
6	黄瓜	清水清洗后, 75% 酒精喷淋后紫外灯照射 1 h	未检出

2.5 沙门氏菌从生猪肉糜向厨房食品接触表面转移能力测定

在超净工作台内称取(22.00±0.50) g 肉糜样品于无菌采样袋中, 取 3 mL 菌悬液接种至肉糜中, 均质 1 min 使菌液与肉糜充分混匀, 静置 10 min。肉糜的实际带菌量通过接种菌液后肉糜中沙门氏菌总带菌量与不接种时沙门氏菌总带菌量的差值来表示。选用木质砧板、不锈钢刀具、不锈钢盆、木质筷子和橡胶手套 5 种常见的厨房食品接触面, 其中用手套来代替手接触面。按照图 1 中的 5 种转移场景将带菌肉糜样品分别在灭菌后的接触表面静置 10 min, 模拟沙门氏菌从肉糜中向厨房食品接触面转移的场景。采用棉签擦拭法^[18]测定各食品接触表面转移的沙门氏菌菌量, 计算转移率。实验重复 3 次, 每次 3 个平行。

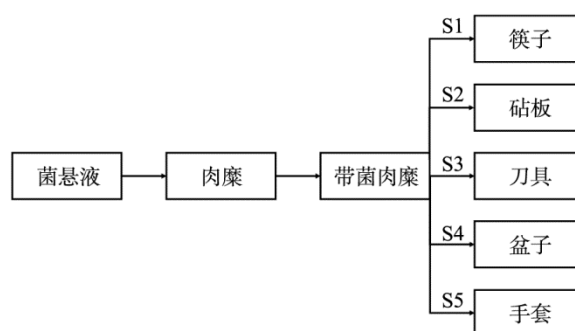


图 1 沙门氏菌向厨房工具和手套的转移场景

Fig.1 Scenarios of *Salmonella* transferring to kitchen tools and gloves

2.6 沙门氏菌从不同厨房食品接触表面向黄瓜的转移能力测定

在操作台内将灭菌的黄瓜切成约 0.5 cm 的薄片, 每袋(25.00±0.50) g 分装在无菌均质袋中, 加入 225 mL 生理盐水中测原始带菌量^[19]。模拟被污染的厨房食品接触面时, 取 1 mL 菌悬液接种在灭菌后的厨房食品接触表面, 用细胞刮板将菌液在给定木质砧板、不锈钢盆以及手套 10 cm×10 cm 的区域涂抹均匀, 静置 10 min 使沙门氏菌更好地粘附在接触表面。按照图 2 的转移场景, 将筷子浸没在装有 9 mL 初始菌悬液的 15 mL 离心管中 1 min 获得初始污染水平, 再用筷子搅拌已灭菌的黄瓜切片, 黄瓜搅拌加静置一共 10 min(S6); 将分装好的黄瓜切片在带有初始污染水平的砧板、盆子和手套接触面上静置 10 min(S7、S9、S10); 用已灭菌的不锈钢刀具将分装的(25.00±0.50) g 的小段黄瓜切片, 静置 10 min(S8)。将转移有沙门氏菌的黄瓜切片装入 225 mL 的无菌生理盐水中均质, 测定转移的沙门氏菌菌量, 计算转移率^[19]。实验重复 3 次, 每次 3 个平行。

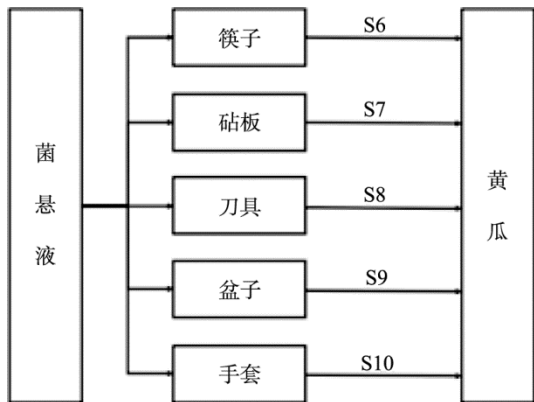


图 2 接触面不清洗时沙门氏菌向黄瓜转移的场景

Fig.2 Scenarios of *Salmonella* transferring to cucumber from unwashed contact surfaces

2.7 不同清洗方法处理厨房食品接触表面后, 沙门氏菌向黄瓜的转移能力测定

转移场景如图 3 所示, 各种厨房食品接触面不进行清洗处理, 接种菌液后直接将分装好的已灭菌黄瓜在被污染各接触面上静置 10 min(S11); 用 500 mL 的无菌水清洗各接触表面后与分装好的灭菌黄瓜接触(S12); 用 500 mL 的无菌水加 1 mL 的洗洁精摇匀后清洗各接触表面, 将已灭菌黄瓜与清洗处理后的各接触面静置 10 min(S13)。将静置后的黄瓜切片装入 225 mL 的无菌生理盐水中均质, 测定转移的沙门氏菌菌量, 计算转移率^[19]。实验重复 3 次, 每次 3 个平行。

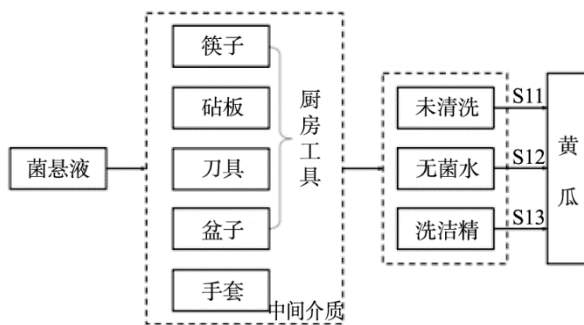


图 3 不同清洗方法处理厨房接触面后沙门氏菌向黄瓜转移的场景

Fig.3 *Salmonella* transfer to cucumber from contact surfaces treated with different cleaning methods

2.8 转移率计算以及统计分析

供体、受体的带菌量均按国标法 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行定量^[20], 应用 Microsoft Excel 2019 对实验数据进行统计并

使用标准差公式计算标准差, 根据公式(1)计算转移率。最终结果以平均值±标准差来呈现。采用 SPSS 25.0 软件对不同场景下的转移率进行显著性检验。应用 GraphPad Prism 8 软件进行作图。

$$TR = \frac{N_d}{N_r} \% \quad (1)$$

式(1)中, TR 为转移率, %; N_d 为沙门氏菌供体表面的带菌量, CFU; N_r 沙门氏菌受体表面的带菌量, CFU。

3 结果与分析

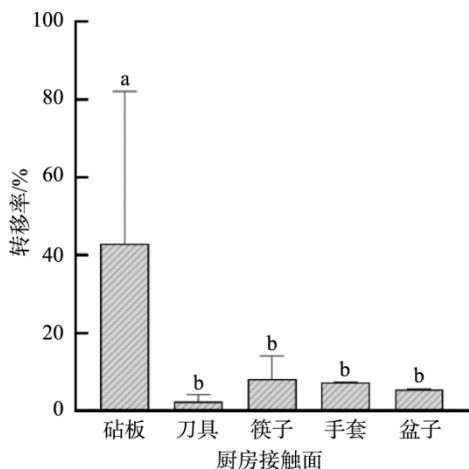
3.1 沙门氏菌从生猪肉糜样品向厨房食品接触表面的转移能力

结果如表 2 所示, 肉糜到厨房不同食品接触表面的转移率范围是 2.41%~42.93%。本研究中的肉糜与各厨房接触面的接触时间仅为 10 min, 接触时间较短但沙门氏菌仍会转移, 表明沙门氏菌到食物接触表面的转移是瞬时的。类似关于沙门氏菌从到不锈钢和木质食品接触表面接触 1 min 和 15 min 的转移结果也可说明沙门氏菌到食物接触表面的转移是瞬时的^[21]。

图 4 中关于猪肉糜中沙门氏菌到各接触表面的转移率经显著性分析结果可知, 仅沙门氏菌在砧板上的转移率与在刀具、筷子、盆子和手套转移率有显著性差异 ($P < 0.05$), 刀具、筷子、盆子和手套 4 种接触面之间的转移率没有显著性差异 ($P > 0.05$)。这可能是接触面材质的性质影响了沙门氏菌的转移效率, 一般木质接触面被认为是由于其难清洗^[22]和消毒^[23,24]被认为是更不安全的。本研究中木质砧板上沙门氏菌的高转移率也印证了木质食品接触面存在安全隐患。另外与肉糜接触时间, 木质和不锈钢接触面的转移差异也可能是静态接触和动态接触引起的^[25]。

表 2 沙门氏菌在不同场景下的转移率($n=3$)
Table 2 *Salmonella* transfer rate in different scenarios($n=3$)

场景	供体	受体	转移率/%
S1	肉糜	筷子	8.14±5.91
S2	肉糜	砧板	42.93±39.22
S3	肉糜	刀具	2.41±1.76
S4	肉糜	盆子	5.50±0.14
S5	肉糜	手套	7.29±0.13
S6	筷子	黄瓜	0.59±0.73
S7	砧板	黄瓜	0.76±1.47
S8	刀具	黄瓜	0.62±1.29
S9	盆子	黄瓜	0.91±1.27
S10	手套	黄瓜	0.86±2.93



注: 不同字母代表具有显著性差异, $P < 0.05$; 相同字母代表无显著性差异, $P > 0.05$ 。以下同

图 4 沙门氏菌从生猪肉糜到厨房食品接触面的转移率($n=3$)
Fig.4 Transfer rate of *Salmonella* from raw minced pork to kitchen food contact surfaces($n=3$)

3.2 沙门氏菌从不同厨房食品接触表面向黄瓜的转移能力

图 5 是沙门氏菌从不清洗的接触表面到即食食品黄瓜的转移, 显著性分析结果表明接触面向黄瓜转移时, 5 种转移场景的转移结果没有显著性差异($P > 0.05$), 并且转移率均低于 1%。尽管沙门氏菌的转移率低, 但多项研究^[26,27]都发现沙门氏菌在实际情况中并不是单一分布的, 在厨房中砧板、刀具、洗碗布、手、水槽和餐具上都检出有沙门氏菌的存在, 当即食食品与多个表面接触, 并且消费者实际食用量是大于本研究中的 25 g 的, 多个因素的叠加导致患病概率增大, 更加说明由于消费者不恰当的食品操作习惯导致通过交叉污染传递路径由食物接触表面转移到即食食品再被消费者食用, 从而导致消费者患食源性疾病的风险是不可小觑的。

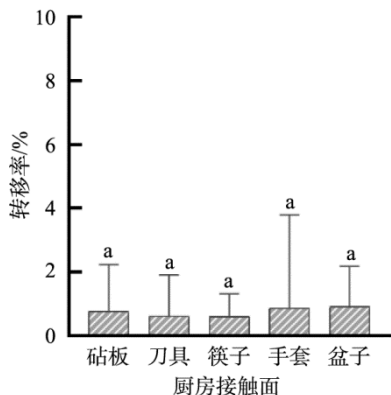


图 5 未清洗的接触表面上的沙门氏菌到黄瓜的转移率($n=3$)
Fig.5 Transfer rate of *Salmonella* from unwashed contact surfaces to cucumbers ($n=3$)

3.3 不同清洗方法处理厨房食品接触表面后, 沙门氏菌向黄瓜的转移能力

将 5 种厨房食品接触面分别按照不清洗、500 mL 无菌水清洗和 500 mL 无菌水加洗洁精 3 种方式处理后, 将接触面上的沙门氏菌向黄瓜的转移结果进行比较, 结果如图 6 所示。比较不清洗和用无菌水清洗, 可看出整体的菌量都呈下降趋势, 但仍存在沙门氏菌的转移就说明用水冲洗接触表面后仍有沙门氏菌的残留。Barril 等^[28]关于越南家庭厨房猪肉处理以及 Gkana 等^[29]比较厨房工具的不锈钢和木质材料表面沙门氏菌到西红柿的转移中都得到了清洗处理可以降低沙门氏菌污染水平, 但不可完全消除沙门氏菌的污染的结论。此外, Soares 等^[22]用水清洗塑料砧板使其达到检测限一下, 但富集后阳性率竟高达 100%也证实了仅用水冲洗并不能完全去除表面粘附的沙门氏菌。

洗洁精水清洗厨房食品接触面, 刀具、筷子、盆子上沙门氏菌转移率结果为 1%~2%, 与清水清洗的结果相当。砧板、手套的转移率结果不降反而略高于清水清洗的转移率结果, 砧板转移率升高约 0.1%, 手套转移率升高约 0.5%, 并且多次实验重复仍为类似结果。其中, 刀具、筷子、盆子在模拟用无菌水或洗洁精水清洗时, 冲洗过程的流动水量和水压是不足的, 并且未加入擦洗等步骤, 所以 2 种清洗方式对厨房食品接触面上沙门氏菌转移的影响差别不明显^[30]。而木质砧板的多孔性, 给予初始污染水平时菌液渗入木头材料内部使得接触表面初始粘附的沙门氏菌菌量少, 并且洗洁精水清洗比无菌水清洗导致接触面上沙门氏菌量减少更多, 推测可能是低菌量导致高转移率的缘故, Ravishankar 等^[31]也得到了类似结论。交叉污染实验本身存在特殊性, 实验中很多变量不可控^[32,33], 故实验操作者的操作也会影响同一场景下沙门氏菌转移量^[34], 如本实验选用的手套, 由于无支撑装置手套表面难以被均匀冲洗, 同一实验结果难以重现, 转移率结果存在差异。另外, 实验室环境的差异^[35]使得不同研究者的实验结果目前难以进行客观比较。

4 结论与展望

本研究的交叉污染的转移率研究结果与前人一致, 即接触面材质会影响沙门氏菌的转移^[21], 且清洗食品接触面会降低沙门氏菌从接触面到即食食品的转移^[31]。仅用水冲洗被污染的厨房食品接触面不足以清除沙门氏菌的污染, 即食食品与这些厨房表面接触会导致交叉污染, 造成食源性疾病的暴发。本研究结果对消费者在家庭食品制备过程中沙门氏菌的转移有更准确的认识, 推广正确、安全的食品处理知识提供理论依据是有利的。此外, 尽管本研究数据有限, 但也为家庭厨房中食源性致病菌定量风险评估提供了模型参数基础。

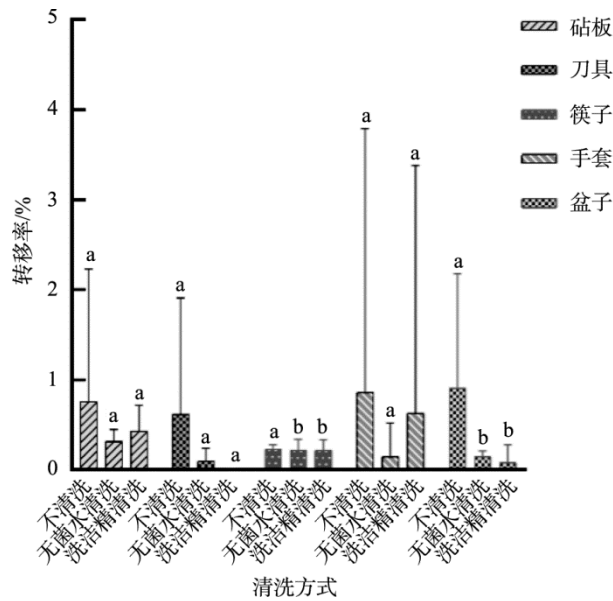


图 6 接触面经不同清洗方法处理后沙门氏菌到黄瓜的转移率 (n=3)

Fig.6 Transfer rate of *Salmonella* to cucumber after the contact surfaces is treated by different cleaning methods(n=3)

没有单一的因素可以决定沙门氏菌在表面间如何移动,但探究每一个潜在因素可帮助我们更好地了解交叉污染的复杂本质。通过比较各研究之间的共性和差异性,联系实际家庭厨房情况,提出如下建议和展望:

(1)进行仿真模拟实验时,可结合消费者行为习惯调查,模拟更符合真实情况的转移场景;

(2)消费者是确保食品安全的最后一道防线,消费者应该了解、重视在无人监管的家庭环节中与食品处理习惯相关的食品安全风险,并在实际操作中践行;

(3)交叉污染的转移率会因沙门氏菌、接触面类型、接触时间、清洗习惯以及即食食品种类的不同而发生变化,可基于家庭实际情况,展开更多的转移研究,为交叉污染的定量风险评估提供基础数据支持。

参考文献

- 陈君石. 中国的食源性疾病有多严重? [N]. 北京科技报, 2015-04-20(052).
Chen JS. How serious is foodborne illness in China? [N]. Beijing Science and Technology News, 2015-04-20(052).
- World Health Organization. Food safety [EB/OL]. [2020-11-09]. <https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
- 张晶, 李薇薇, 杨淑香, 等. 中国 2010—2016 年家庭食源性疾病暴发事件流行特征分析[J]. 中国公共卫生, 2019, (10): 1379-1382.
Zhang J, Li WW, Yang SX, et al. Epidemic characteristics of household outbreaks of foodborne diseases in China, 2010—2016 [J]. Chin J Pub Heal, 2019, (10): 1379-1382.
- Ferrari RG, Rosario DKA, Neto AC, et al. Worldwide epidemiology of *Salmonella* serovars in animal based foods: A meta-analysis [J]. Appl

Environ Microbiol, 2019, 85(14): 1-21.

- Centers for Disease Control and Prevention. *Salmonella*. [EB/OL]. [2020-11-10]. <https://www.cdc.gov/salmonella/>.
- 黄伟, 汤德元, 杨泽平, 等. 猪沙门氏菌病的诊断方法及防制研究进展[J]. 猪业科学, 2010, 27(4): 76-79.
Huang W, Tang DY, Yang ZP, et al. Research progress on diagnosis and prevention of swine salmonellosis [J]. Swine Ind Sci, 2010, 27(4): 76-79.
- Bonardi S. *Salminella* in the pork production chain and its impact on human health in the European Union [J]. Epidemiol Infect, 2017, 145(8): 1513-1526.
- 柴云雷, 郭丽, 马雪, 等. 生猪肉中沙门氏菌的分离与鉴定[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2951-2955.
Chai YL, Guo L, Ma X, et al. Separation and identification of *Salmonella* in raw pork [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(7): 2951-2955.
- 马智杰, 王岗, 李向云, 等. 中国 2002—2015 年学校食源性疾病暴发事件分析[J]. 中国公共卫生, 2016, 32(12): 1700-1705.
Ma ZJ, Wang G, Li XY, et al. Epidemiological characteristics of foodborne disease outbreaks in schools in China, 2002 - 2015 [J]. Chin J Pub Heal, 2016, 32(12): 1700-1705.
- Ravishankar S, Zhu L, Jaroni D. Assessing the cross contamination and transfer rates of *Salmonella enterica* from chicken to lettuce under different food-handling scenarios [J]. Food Microbiol, 2010, 27(6): 791-794.
- 江荣花, 汪雯, 蔡铮, 等. 肉制品加工过程中食源性致病菌交叉污染及风险评估的研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 305-311.
Jiang RH, Wang W, Cai Z, et al. Progress in foodborne pathogen cross-contamination and risk assessment during meat processing [J]. Food Sci, 2018, 39(7): 305-311.
- Catellani P, Miotti SR, Alberghini L, et al. Levels of microbial contamination of domestic refrigerators in Italy [J]. Food Control, 2014, 42: 257-262.
- Yap M, Ling M, Hartantyo SHP, et al. Microbial quality and safety of sushi prepared with gloved or bare hands: Food handlers' impact on retail food hygiene and safety [J]. J Food Prot, 2019, 82(4): 615-622.
- Erickson MC, Liao J, Cannon JL, et al. Contamination of knives and graters by bacterial foodborne pathogens during slicing and grating of produce [J]. Food Microbiol, 2015, 52(12): 138-145.
- Gurman PM, Ross T, Kiermeier A. Quantitative microbial risk assessment of salmonellosis from the consumption of Australian pork: Minced meat from retail to burgers prepared and consumed at home [J]. Risk Anal, 2018, 38(12): 2625-2645.
- Redmond EC, Griffith CJ. Consumer food handling in the home: A review of food safety studies [J]. J Food Prot, 2003, 66(1): 130.
- 董庆利, 王海梅, Malakar PK, 等. 我国食品微生物定量风险评估的研究进展[J]. 食品科学, 2015, (11): 221-229.
Dong QL, Wang HM, Malakar PK, et al. Review of progress in quantitative microbiological risk assessment in China [J]. Food Sci, 2015, (11): 221-229.
- Pérez-Rodríguez F, Valero A, Carrasco E, et al. Understanding and modelling bacterial transfer to foods: A review [J]. Trends Food Sci Technol, 2008, 19(3): 131-144.
- 王海梅, 董庆利, 刘箐, 等. 不同场景下冷却猪肉中气单胞菌到小青菜的交叉污染[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 196-200.

- Wang HM, Dong QL, Liu Q, *et al.* Cross-contamination of *Aeromonas spp.* from chilled pork to *Brassica chinensis* under different food-handling scenarios [J]. *Food Sci*, 2014, 35(21): 196–200.
- [20] GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiology inspection-Determination of the total number of colonies [S].
- [21] Gkana E, Choriantopoulos N, Grounta A, *et al.* Effect of inoculum size, bacterial species, type of surfaces and contact time to the transfer of foodborne pathogens from inoculated to non-inoculated beef fillets via food processing surfaces [J]. *Food Microbiol*, 2017, 62(4): 51–57.
- [22] Soares VM, Pereira JG, Viana C, *et al.* Transfer of *Salmonella enteritidis* to four types of surfaces after cleaning procedures and cross-contamination to tomatoes [J]. *Food Microbiol*, 2012, 30(2): 453–456.
- [23] Gough NL, Dodd CER. The survival and disinfection of *Salmonella typhimurium* on chopping board surfaces of wood and plastic [J]. *Food Control*, 1998, 9(6): 363–368.
- [24] Ripolles-Avila C, Hascot AS, Abel GRC, *et al.* Hygienic properties exhibited by single-use wood and plastic packaging on the microbial stability for fish [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2019, 113: 108309.
- [25] Beatriz MV, Hall NO, Ryser ET, *et al.* Influence of physical variables on the transfer of *Salmonella typhimurium* LT2 between potato (*Solanum tuberosum*) and stainless steel via static and dynamic contact [J]. *Food Microbiol*, 2020, 92: 103607.
- [26] Evans EW, Redmond EC. Domestic kitchen microbiological contamination and self-reported food hygiene practices of older adult consumers [J]. *J Food Protect*, 2019, 82(8): 1326–1335.
- [27] Borrusso PA, Quinlan J. Prevalence of pathogens and indicator organisms in home kitchens and correlation with unsafe food handling practices and conditions [J]. *J Food Prot*, 2017, 80(4): 590–597.
- [28] Barril PA, Soto SA, Jaureguiberry, *et al.* Microbiological risk characterization in butcher SHOPS from the province of Neuquen, Patagonia Argentina [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2019, 107: 35–40.
- [29] Gkana E, Lianou A, Nychas GJE. Transfer of *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* from beef to tomato through kitchen equipment and the efficacy of intermediate decontamination procedures [J]. *J Food Prot*, 2016, 79(7): 1252–1258.
- [30] Soares VM, Pereira JG, Viana C, *et al.* Transfer of *Salmonella Enteritidis* to four types of surfaces after cleaning procedures and cross-contamination to tomatoes [J]. *Food Microbiol*, 2012, 30(2): 453–456.
- [31] Ravishankar S, Zhu L, Jaroni D. Assessing the cross contamination and transfer rates of *Salmonella enterica* from chicken to lettuce under different food-handling scenarios [J]. *Food Microbiol*, 2010, 27(6): 791–794.
- [32] Yi J, Huang K, Young GM, *et al.* Quantitative analysis and influences of contact dynamics on bacterial cross-contamination from contaminated fresh produce [J]. *J Food Eng*, 2020, 270: 109771.
- [33] Chen Y, Jackson KM, Chea FP, *et al.* Quantification and variability analysis of bacterial cross-contamination rates in common food service tasks [J]. *J Food Prot*, 2001, 64(1): 72–80.
- [34] Hui L, Hishamuddin AH, Kwai, *et al.* Assessment of food safety knowledge, attitude, self-reported practices, and microbiological hand hygiene of food handlers [J]. *Int J Environ Res Pub Health*, 2017, 14(1). DOI: 10.3390/ijerph14010055
- [35] Evans, Ellen W, Redmond, *et al.* Behavioral observation and microbiological analysis of older adult consumers' cross-contamination practices in a model domestic kitchen [J]. *J Food Prot*, 2018, 81(4): 569–581.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王 真, 硕士, 主要研究方向为食源性致病菌预测建模及风险评估。
E-mail: usstwangz@163.com



刘阳泰, 博士, 主要研究方向为食源性致病菌预测建模及风险评估。
E-mail: usstlyt@163.com