

风险评估

中国鸡肉沙门菌厨房内交叉污染模型初探

朱江辉,任鹏程,徐海滨,宋筱瑜,王晔茹,李凤琴

(国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室,北京 100022)

摘要:目的 探索适用于我国食品微生物风险评估的鸡肉沙门菌厨房内交叉污染模型。方法 开展我国部分居民厨房内鸡肉烹调加工行为调查,构建厨房内交叉污染的矩阵模型和简化模型。结果 我国居民报告的案板生熟分开率为31.2% (78/250);矩阵模型中影响交叉污染发生的因素(Spearman 相关系数)为加工凉菜先于加工鸡肉(0.925)、加工前鸡肉中沙门菌污染量(0.135)、更换案板(0.106)、洗手方式(-0.088)和洗案板方式(-0.064);矩阵模型与简化模型推算的凉菜中沙门菌的污染量和发病风险相近,影响交叉污染的关键因素相同;矩阵模型和简化模型推算的交叉污染后沙门菌的平均转移率分别是0.35% (95% CI:0.32~0.38)和0.18% (95% CI:0.16~0.20)。结论 本研究构建的模型适用于我国厨房内鸡肉沙门菌交叉污染研究。

关键词:沙门菌;交叉污染;模型;概率评估;食源性致病菌;鸡肉

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)03-0382-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.03.024

Preliminary model investigation of cross-contamination for chicken-*Salmonella* combination in kitchens of Chinese population

ZHU Jiang-hui, REN Peng-cheng, XU Hai-bin, SONG Xiao-yu, WANG Ye-ru, LI Feng-qin
(Key Laboratory for Food Safety Risk Assessment of Ministry of Health, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective To investigate the cross-contamination model for chicken-*Salmonella* in kitchens for Chinese population. **Methods** A matrix based cross-contamination model for chicken-*Salmonella* in kitchen was built with consideration of Chinese dietary habits in raw chicken meat preparation and a simplified model was validated as well. **Results** 31.2% of interviewed families reported to separate cutting board between raw and cooked; Those important factors (Spearman relation coefficient) to cross-contamination in kitchen were cutting cold dishes before chicken (0.925), contamination loads in chicken (0.135), cutting board separation between raw and cooked (0.106), hand washing (-0.088) and cutting board washing (-0.064). The matrix model and simplified model showed similar loads of *Salmonella* in cold dishes after cross-contamination and indicated the close estimated risks of salmonellosis, as well as same key factors contributing to cross-contamination. The estimated transfer rates of *Salmonella* from chicken meat to cold dishes by matrix and simplified model were 0.35% and 0.18%, respectively. **Conclusion** A cross-contamination model in kitchen for chicken-*Salmonella* was preliminarily built for Chinese population.

Key words: *Salmonella*; cross-contamination; model; probability risk assessment; foodborne pathogens; chicken

非伤寒沙门菌(NTS)是全球报道最频繁的食源性致病菌之一,全球每年罹患NTS胃肠炎病例数为9380万人,死亡15.5万人,其中8030万人的NTS来源于食物^[1]。我国每年因食源性感染NTS而导致的急性胃肠炎病例数为903.5万人次,死亡792人^[2]。

食源性NTS感染涉及多种食物载体,其中禽肉和鸡蛋与人类NTS感染的暴发及散发有关^[3-4]。一般来说,NTS通过鸡肉感染人主要通过两个途径:不完全烹制和交叉污染。Luber^[5]分析发现,采用同一个案板切割生鸡肉和沙拉或者通过其他厨具交叉污染而导致的沙门菌和弯曲菌感染,可能比生鸡肉的不完全烹制所导致的发病风险更高。2007年荷兰国家公共卫生及环境研究院构建的厨房内鸡胸脯肉中弯曲菌交叉污染模型通过模拟居民厨房内加工生鸡肉的行为,研究弯曲菌在生鸡肉、案板、手和凉菜之间的传递规律,分析人群通

收稿日期:2016-02-11

基金项目:国家高技术研究发展计划(2012AA101603)

作者简介:朱江辉 男 副研究员 研究方向为微生物风险评估

E-mail:zhujianghui@cfsa.net.cn

通信作者:李凤琴 女 研究员 研究方向为食品安全

E-mail:lifengqin@cfsa.net.cn

过摄食受污染的即食食品暴露于鸡源性弯曲菌的量,但是该研究没有将菜刀这个重要的厨房介质纳入分析^[6]。

目前国际上关于鸡肉沙门菌厨房内交叉污染的研究比较鲜见,而且已有的交叉污染模型没有探讨可能的影响因素,难以有针对性的提出降低厨房内交叉污染发生的有效干预措施。因此本研究拟在国际已有模型的基础上,对我国部分地区居民厨房内鸡肉烹调习惯进行调查,构建我国居民厨房内鸡肉 NTS 交叉污染的模型,为风险管理和风险交流提供科学的依据。

1 材料与方方法

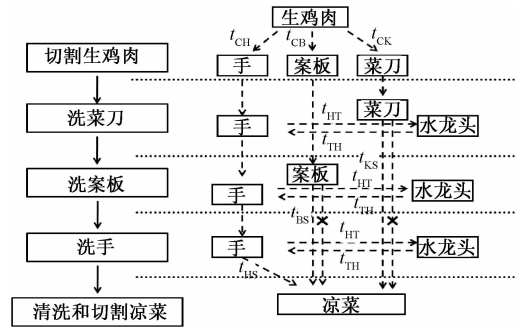
1.1 模型简介

厨房内鸡肉 NTS 交叉污染的模型框架见图 1,研究假设厨房内生鸡肉加工共有 5 个步骤,按顺序分别是切割生鸡肉、洗菜刀、洗案板、洗手、清洗和切割凉菜,上述步骤分别用 CC、WK、WB、WH、WS 和 CS 表示。这 5 个加工步骤中涉及 6 个介质表面,分别是生鸡肉、手、凉菜、案板、菜刀和水龙头,分别用 C、H、S、B、K 和 T 表示。

1.2 方法

1.2.1 模型假设

模型假设:NTS 和弯曲菌在不同厨具或食物载



注: × 表示如果切割生鸡肉更换案板或菜刀后,则交叉污染途径被中断

图 1 我国居民鸡肉沙门菌厨房内交叉污染的框架模型
Figure 1 Concept model of cross-contamination in kitchen of chicken-Salmonella for Chinese population

体之间的传递率是相同的;在切割生鸡肉之前,只有鸡肉被 NTS 污染,而手、凉菜、案板、水龙头和菜刀没有被 NTS 污染;假设案板和菜刀具有相同的传递率;假设鸡肉烹调时间小于鸡肉中 NTS 增长的迟滞期,因此交叉污染过程中没有 NTS 的增长。

1.2.2 鸡肉 NTS 厨房内交叉污染矩阵模型设计

本研究采用 6 × 6 矩阵来描述每个加工行为后,6 种介质中 NTS 污染量较加工前的相对改变。矩阵行元素从上至下和矩阵列元素从左到右依次均为生鸡肉、手、凉菜、案板、水龙头和菜刀,以切割生鸡肉的矩阵 T_{CC} 为例:

$$T_{CC} = \begin{pmatrix} 1 - (t_{CB} \times (1 - t_{CH} - (1 - t_{CH}) \times t_{CK})) - (t_{CH} \times (1 - t_{CB} - (1 - t_{CB}) \times t_{CK})) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ t_{CK} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (t_{CH} \times (1 - t_{CB} - (1 - t_{CB}) \times t_{CK})) & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ t_{CB} \times (1 - t_{CH} - (1 - t_{CH}) \times t_{CK}) & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ t_{CK} \times (1 - t_{CB} - (1 - t_{CB}) \times t_{CH}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

切割生鸡肉的矩阵 T_{CC} 中的第一行第一列表示切割生鸡肉后,生鸡肉中 NTS 的残留率,其中 t_{CB} 、 t_{CH} 和 t_{CK} 分别表示 NTS 从生鸡肉到案板、手和菜刀的传递率。而 $t_{CH} \times (1 - t_{CB} - (1 - t_{CB}) \times t_{CK})$ 表示切割生鸡肉后,在考虑生鸡肉对案板和菜刀污染的

情况下,原生鸡肉中传递到手的 NTS 数量占到原生鸡肉中总的 NTS 数的百分比。以此类推,洗菜刀 (T_{WK})、洗案板 (T_{WB})、洗手 (T_{WH})、清洗凉菜 (T_{WS}) 和切割凉菜 (T_{CS}) 的矩阵依次为:

$$T_{WK} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT})^2) + (t_{HT} \times t_{TH}) & 0 & 0 & t_{TH} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT}) \times t_{HT}) + (t_{HT} \times (1 - t_{TH})) & 0 & 0 & (1 - t_{TH}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_{KK} \end{pmatrix}$$

其中 t_{kk} 表示清洗菜刀后菜刀上 NTS 的残留率,如果菜刀生熟分开,即切割生鸡肉和切割凉菜分别采用不同的菜刀,那么生鸡肉中 NTS 通过菜刀

传递给凉菜的过程被中断,则矩阵 T_{wk} 的第 6 行第 6 列代表菜刀上 NTS 残留率的参数 $t_{kk} = 0$ 。

$$T_{WB} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT})^2) + (t_{HT} \times t_{TH}) & 0 & 0 & t_{TH} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_{BB} & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT}) \times t_{HT}) + (t_{HT} \times (1 - t_{TH})) & 0 & 0 & (1 - t_{TH}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

其中 t_{bb} 表示清洗案板后案板上 NTS 的残留率,如果案板生熟分开,即切割生鸡肉和切割凉菜分别采用不同的案板,那么生鸡肉中 NTS 通过案板传递

给凉菜的途径被中断,则矩阵 T_{wb} 的第 4 行第 4 列代表案板上 NTS 残留的参数 $t_{bb} = 0$ 。

$$T_{WH} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT})^2) + (t_{HT} \times t_{TH}) & 0 & 0 & t_{TH} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT}) \times t_{HT}) + (t_{HT} \times (1 - t_{TH})) & 0 & 0 & (1 - t_{TH}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{WS} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (T_{HH} \times (1 - t_{HT})^2) + (t_{HT} \times t_{TH}) & 0 & 0 & t_{TH} & 0 \\ 0 & 0 & t_{SS} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (t_{HH} \times (1 - t_{HT}) \times t_{HT}) + (t_{HT} \times (1 - t_{TH})) & 0 & 0 & (1 - t_{TH}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_{CS} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - t_{HT} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_{HS} & 1 & t_{BS} & 0 & t_{KS} \\ 0 & 0 & 0 & 1 - t_{BS} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 - t_{KS} \end{pmatrix}$$

本研究假设厨房内生鸡肉是 NTS 的唯一来源,因此在切割生鸡肉前生鸡肉、手、凉菜、案板、水龙头和菜刀中 NTS 的数量以矩阵 N_0 表示:

$$N_0 = \begin{pmatrix} nC \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

其中 nC 表示生鸡肉在切割前 NTS 的数量,而鸡肉 NTS 厨房内交叉污染的过程可以用公式表示:

$$N = N_0 \times T_{CC} \times T_{WK} \times T_{WB} \times T_{WH} \times T_{WS} \times T_{CS} \quad \text{公式(1)}$$

其中 N 是 6×1 矩阵,表示发生交叉污染后,生鸡肉、手、即食食品、案板、水龙头和刀(自上而下)上 NTS 残留数量。

1.2.3 厨房内交叉污染简化模型

2007 年荷兰国家公共卫生及环境研究院的同一组专家,为了完成鸡肉中弯曲菌污染从农场到餐桌的全过程定量风险评估^[7],将厨房内交叉污染矩阵模型简化为:

$$N_{salad}(i) = (t_{CH} \times t_{HH} \times t_{HS} \times t_{CB} \times t_{BB} \times t_{BS})t_{SS}N_0(i) \quad \text{公式(2)}$$

其中 t_{HH} 和 t_{SS} 分别是指在洗手和洗凉菜后手和凉菜上 NTS 残留率。同样由于该模型没有考虑切割生鸡肉时,NTS 从生鸡肉到菜刀的传递率,因此本研究对公式(2)进行了改进,具体见公式(3):

$$N_{dishes} = ((t_{CH} \times t_{HH} \times t_{HS}) + (t_{CB} \times t_{BB} \times pBKR \times t_{BS}) + (t_{CK} \times t_{KK} \times pKCR \times t_{KS})t_{SS}N_0 \quad \text{公式(3)}$$

其中 $p\text{BCR}$ 和 $p\text{KCR}$ 分别指在居民切割生鸡肉后,更换案板和菜刀切割凉菜的频率,研究假设两个参数符合二分布,当居民切割生鸡肉后更换案板和菜刀,则两个参数等于 0,反之等于 1。 N_{dishes} 表示厨房内交叉污染发生后,凉菜上污染的 NTS 数量。

1.2.4 模型参数的规定

鸡肉沙门菌交叉污染模型的参数包括交叉污染前鸡肉中 NTS 的污染量 (CFU),鸡肉中 NTS 在不同厨房媒介、手和凉菜之间传递率、不同清洗方式下案板、菜刀、手和凉菜上 NTS 的残留率以及我国居民厨房内鸡肉加工行为的参数,见表 1。

表 1 厨房内生鸡肉中沙门菌交叉污染模型参数

变量描述	变量名	变量单位	结果	数据来源或依据
沙门菌从鸡肉到手的传递率	t_{CH}	—	riskbeta(1, 1.78, 41.1)	文献[8-9]
不洗手后,手上沙门菌的残留率	t_{NWH}	—	1	经验推断
用凉水洗手后,手上沙门菌的残留率	t_{WHcold}	—	$10^{(\text{risknorm}(1, -6.46, 1.26))} / (10^{(\text{risknorm}(1, -2.88, 0.68))})$	文献[10]
用洗涤剂洗手后,手上沙门菌的残留率	t_{WHsoap}	—	$10^{(\text{risknorm}(1, -7.04, 0.66))} / (10^{(\text{risknorm}(1, -2.88, 0.68))})$	文献[10]
沙门菌从手到即食食品的传递率	t_{HS}	—	riskbeta(1, 0.6, 2.3)	文献[8-9]
沙门菌从鸡肉到案板的传递率	t_{CB}	%	$(10^{(\text{risknorm}(1, 0.098, 0.606))}) / 100$	文献[9, 11]
不清洗案板后,案板上沙门菌的残留率	t_{NWB}	—	1	经验推断
用凉水清洗案板后,案板上沙门菌的残留率	t_{WBcold}	—	$10^{(\text{risknorm}(1, -3.51, 0.43))} / (10^{(\text{risknorm}(1, -3.15, 0.49))})$	文献[10]
用洗涤剂清洗案板后,案板上沙门菌的残留率	t_{WBsoap}	—	$10^{(\text{risknorm}(1, -6.4, 1.54))} / (10^{(\text{risknorm}(1, -3.15, 0.49))})$	文献[10]
沙门菌从案板到即食食品的传递率	t_{BS}	%	$(10^{(\text{risknorm}(1, 1.535, 0.32))}) / 100$	文献[11]
沙门菌从鸡肉到菜刀的传递率	t_{CK}	%	$(10^{(\text{risknorm}(1, 0.098, 0.606))}) / 100$	经验推断
不清洗菜刀后,菜刀上沙门菌的残留率	t_{NWK}	—	1	经验推断
用凉水清洗菜刀后,菜刀上沙门菌的残留率	t_{WKcold}	—	$10^{(\text{risknorm}(1, -9.16, 2.26))} / (10^{(\text{risknorm}(1, -3.06, 0.56))})$	文献[10]
用洗涤剂清洗菜刀后,菜刀上沙门菌的残留率	t_{WKsoap}	—	0	文献[10]
沙门菌从菜刀到即食食品的传递率	t_{KS}	—	$(10^{(\text{risknorm}(1, 1.535, 0.32))}) / 100$	经验推断
清洗即食食品后,即食食品上沙门菌的残留率	t_{SS}	Log reduction	riskpert(1, 0, 0.4, 1)	文献[12]
本研究采用的鸡肉中沙门菌污染量	$n\text{C}$	—	$10^{(\text{risknorm}(2.39, 1.35))}$	文献[6]
我国居民加工凉菜先于烹制鸡肉的率	$p\text{SC}$	—	riskdiscrete($\{0, 1\}, \{1, 1\}$)	经验推断
居民切割生鸡肉后更换菜刀的率	$p\text{KCR}$	—	riskdiscrete($\{0, 1\}, \{78, 172\}$); 0 = 更换, 1 = 不更换	我国居民鸡肉烹调习惯调查
居民切割生鸡肉后更换案板的率	$p\text{BCR}$	—	同 $p\text{KCR}$	我国居民鸡肉烹调习惯调查
居民切割生鸡肉后不同洗菜刀方式的率	$p\text{WK}$	—	riskdiscrete($\{1, 2, 3, 4\}, \{2, 83, 0, 87\}$); 1 = 不清洗, 2 = 用冷水洗; 3 = 用热水洗; 4 = 用洗涤剂洗	我国居民鸡肉烹调习惯调查
居民切割生鸡肉后不同洗案板方式的率	$p\text{WB}$	—	同 $p\text{WB}$	我国居民鸡肉烹调习惯调查
居民切割生鸡肉后不同洗手方式的率	$p\text{WH}$	—	riskdiscrete($\{1, 2, 3\}, \{1, 40, 206\}$); 1 = 不清洗, 2 = 用冷水洗; 3 = 用洗涤剂洗;	我国居民鸡肉烹调习惯调查
沙门菌致病剂量反应关系参数 α	α	—	0.1324	文献[13]
沙门菌致病剂量反应关系参数 β	β	—	51.45	文献[13]

注:—表示变量无单位

交叉污染前鸡肉中 NTS 的污染数量参考荷兰研究公布的数据^[6]。传递率和残留率的数据来自文献检索结果^[8-12]。我国居民厨房内鸡肉加工行为的参数来自国家食品安全风险评估中心进行的我国部分地区居民鸡肉烹调习惯的初步调查结果。该项目共入户调查了 251 户家庭,这些家庭分布于安徽、福建、甘肃、重庆共 22 个省市/自治区,因此对我国居民鸡肉烹调习惯有一定的代表性。

1.3 统计学分析

厨房内交叉污染模型的构建和计算在 R 软件

(R version 3.1.2)上进行,模型迭代 10 000 次,采用 Spearman 相关系数进行敏感性分析。矩阵模型和简化模型的输出结果比较采用非参数秩次检验 (Mann-Whitney U 检验), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 我国部分地区居民厨房内鸡肉加工行为的参数

我国部分地区居民鸡肉烹调习惯调查选择每户家庭中主要从事鸡肉烹调的家庭成员进行面对

面调查,共调查了251人,其中女性198人,占78.9%;职业为农民的86人,占34.3%,其次为工人43人,占17.1%;教育水平为初中的最多(33.5%,84/251),其次为高中(27.1%,68/251)、大专及以上(23.9%,60/251)和小学及以下(11.6%,29/251);调查对象的平均年龄为43.5岁,最小17岁,最大79岁。

调查发现,我国居民切割生鸡肉所用的案板和菜刀的生熟分开的比例很低,除1户数据缺失外,在250户调查家庭中,仅有78户家庭报告会生熟分开,占全部的31.2%。

在172家报告没有案板生熟分开的家庭中,报告不清洗案板、用冷水清洗和用洗涤剂清洗的分别为2家、83家和87家,仅采用冷水清洗或不清洗的家庭占全部的49.4%(85/172),在247名应答的调查对象中,回答在切割生鸡肉后没有洗手和只是用冷水洗手的对象分别是1人和40人,占全部调查对象的0.4%和16.2%。

2.2 交叉污染后凉菜中 NTS 污染水平和发病风险的概率分布

本研究的交叉污染模型是模拟鸡肉中的 NTS 通过污染凉菜后被人群摄入,从而导致 NTS 病例发生的概率。假设厨房内鸡肉加工之前,其 NTS 的污染量(单位为 cfu)符合 $10^{Normal(2.39,1.35)}$ 的分布^[6],经过生鸡肉切割、清洗菜刀、清洗案板、洗手和切割凉菜5个步骤之后,矩阵模型推算的凉菜中平均 NTS 量的平均值是86.6 cfu,中位数为74.9 cfu,95%可信区间(95% CI)是47.7~215.7 cfu。简化模型推算的平均值是46.1 cfu,中位数为36.5 cfu,95% CI=22.8~142.3 cfu,秩次检验的结果提示两种模型计算的凉菜中 NTS 污染水平的分布差异有统计学意义($P < 0.05$),见图2。

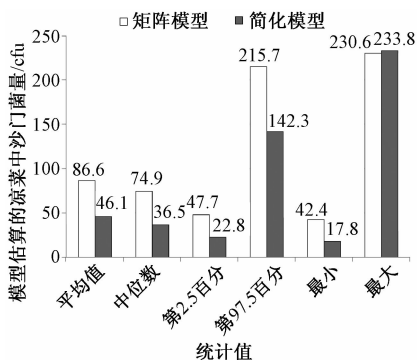


图2 矩阵模型和简化模型推算的交叉污染后凉菜中沙门菌量的平均值及其分布

Figure 2 Estimated doses and distributions by matrix and simplified models for *Salmonella* in cold dishes after cross-contamination in kitchen

利用FAO/WHO 2002年对鸡肉中沙门菌定量风险评估中所采用的剂量-反应关系^[14],假设不同血清型的NTS具有相同的致病力,矩阵模型推算的人群通过凉菜而罹患NTS食物中毒的平均风险的平均值为 1.10×10^{-2} ,中位数为 1.11×10^{-2} ,95% CI = $(1.04 \sim 1.18) \times 10^{-2}$ 。简化模型推算的平均风险的平均值为 7.57×10^{-3} ,中位数为 7.61×10^{-3} ,95% CI = $(6.94 \sim 8.18) \times 10^{-3}$,秩次检验的结果提示两种模型计算的人群通过凉菜而罹患NTS食物中毒的平均风险的分布差异有统计学意义($P < 0.05$),见图3。

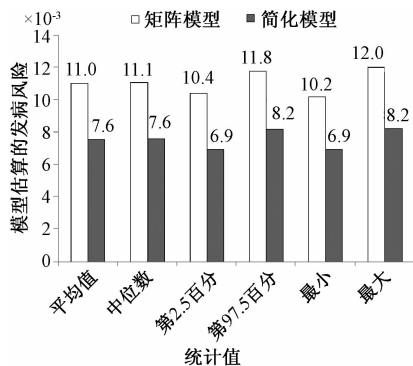


图3 矩阵模型和简化模型推算的交叉污染导致的居民发生沙门菌食物中毒的平均风险及其分布

Figure 3 Estimated risks and distributions by matrix and simplified models for salmonellosis from cold dishes after cross-contamination in kitchen.

2.3 矩阵模型和简化模型的敏感性分析结果

除了估计交叉污染后凉菜中的 NTS 污染量以及发病风险外,本研究还对矩阵模型和简化模型中影响交叉污染的重要因素进行比较。通过分别对矩阵模型和简化模型开展敏感性分析,筛选和比较两个模型中 Spearman 相关系数最大的前5个因素及其相关系数值,结果提示矩阵模型和简化模型中影响交叉污染发生的因素具有高度一致性,见图4。矩阵模型和简化模型中,影响交叉污染发生的因素按照 Spearman 相关系数的绝对值由大到小依次为加工凉菜是否先于加工鸡肉(p_{SC} ,矩阵模型相关系数及95% CI为0.925,0.924~0.926;简化模型为0.926,0.925~0.927)、加工前鸡肉中 NTS 污染量(n_C ,矩阵模型相关系数及95% CI为0.135,0.117~0.153;简化模型为0.147,0.130~0.165)、更换案板(p_{BCR} ,矩阵模型相关系数及95% CI为0.106,0.092~0.125;简化模型为0.095,0.079~0.113)、洗手方式(p_{WH} ,矩阵模型相关系数及95% CI为-0.088,-0.107~0.063;简化模型为-0.085,-0.104~0.061)和洗案板方式(p_{WB} ,矩阵模型相关系数及95% CI为-0.064,-0.080~0.048;简化

模型为 0.065, -0.079 ~ 0.048),其他因素相关系数的绝对值小于 0.05。

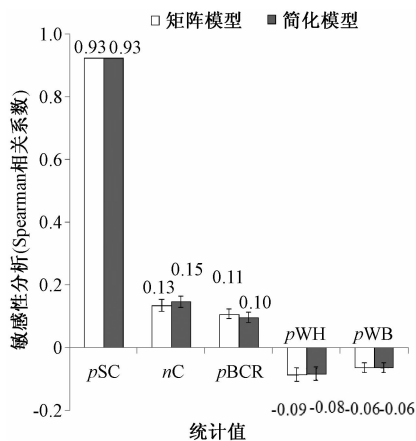


图4 矩阵模型和简化模型中影响交叉污染发生的重要因素及其相关系数和 95% CI

Figure 4 First 5 important factors, their estimated correlation coefficients and 95% confidence interval for matrix and simplified models

2.4 对 NTS 通过交叉污染从鸡肉到凉菜的转移率的估算

本研究通过计算每次矩阵模型和简化模型迭代运算时,交叉污染后凉菜中的 NTS 污染量与交叉污染前鸡肉中 NTS 污染量的输入值之间的比值,得到 NTS 通过交叉污染从污染源鸡肉到凉菜之间的传递率。图 5 结果提示矩阵模型计算得到的平均传递率的平均值为 0.35%, 95% CI 为 (0.32 ~ 0.38)% ,而简化模型计算得到的平均传递率的平均值为 0.18% ,95% CI 为 (0.16 ~ 0.20)% 。

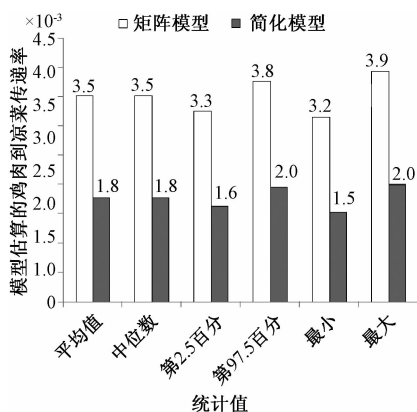


图5 矩阵模型和简化模型推算的通过交叉污染沙门菌从生鸡肉到凉菜的传递率及其分布

Figure 5 Estimated transfer rates and distributions by matrix and simplified models for *Salmonella* from raw chicken meats to cold dishes after cross-contamination in kitchen

3 讨论

国外研究证实,厨房内普遍存在交叉污染,而

且是导致食源性疾病发生的重要原因。新西兰进行的一项家庭内食物处理方式调查估计^[15],导致厨房内交叉污染发生载体数量的 41% 和 28% 为菜刀和厨房其他用品。Brynestad 等^[13]的研究提示,74% 的空肠弯曲菌病例是由于烹调过程中的交叉污染所致,只有 3% 的病例可以归因于食物烹调不彻底,而 23% 的病例是由于洗手方式不合理、厨房环境差等多种途径所致。根据文献^[16-18],厨房内交叉污染也是我国微生物导致食源性疾病暴发的主要原因,因此本研究提出的我国居民厨房内交叉污染的模型和鸡肉烹调加工行为参数,为评价和研究降低我国厨房内交叉污染的干预措施提供了模型和数据基础,具有重要的应用价值。

目前国际上已经开展了关于厨房内交叉污染的研究^[6-7,9-14,19-22],这些研究或者模型可以分为 3 类。第一类是对单个交叉污染行为的研究,例如 Sheen^[22]对切割熟肉这一单一行为所引起的单核细胞增生李斯特菌交叉污染的研究。第二类是对整个交叉污染过程的简单概括。多见于早期微生物风险评估中对厨房内交叉污染作用的研究,例如 Straver 等^[21]在 2007 年对鸡肉中沙门菌污染的定量风险评估中,将交叉污染的过程简单描述为沙门菌从案板到生菜的传递率乘以沙门菌从鸡肉到案板的传递率。由于第一类和第二类研究不能对潜在的降低厨房内交叉污染的控制措施进行评价,因此第三类研究或者模型^[6-7,22],将第一类和第二类研究进行整合,一方面简化单个行为的模型,另一方面引入一些导致交叉污染的行为参数,将交叉污染发生的过程以数学公式的形式表示出来,通过改变一些行为参数的数值来评价潜在的降低厨房内交叉污染的干预措施的效果。

本研究就是在已有的第三类研究的基础上,通过增加可能的厨房内的 NTS 传播介质,使得厨房内交叉污染的模型更接近于真实情况,其次,本研究首次引入了我国部分地区居民厨房内鸡肉烹调加工的行为参数,使得模型更适于在中国开展微生物定量风险评估研究,最后矩阵模型的敏感性分析结果提示,加工鸡肉先于加工凉菜,加工前鸡肉中 NTS 污染量,案板生熟分开,洗手方式和洗案板方式等 5 个因素是影响厨房内交叉污染发生的最重要因素,这个结果符合对厨房内交叉污染发生的一般认识,因此本研究提出的厨房内交叉污染模型具有一定的科学性。

为了提高模型的应用,本研究还提出了一种简化模型,并将其与矩阵模型的结果进行了比较,结果显示,在评价降低厨房内交叉污染的干预措施效

果的微生物定量风险评估研究中,简化模型是可以替代复杂的矩阵模型的。

本次研究提出的我国居民厨房内交叉污染模型存在以下不足之处,首先,我国居民家庭内鸡肉烹调习惯的差异很大,因此本研究提出的概念模型仅能代表我国大多数家庭的烹调习惯,对于一些特殊的鸡肉烹调加工方法,需要开展专门的研究;其次前所述及,由于国际上关于沙门菌厨房内交叉污染的研究远不如对弯曲菌充分,因此鸡肉、菜刀、案板和手之间 NTS 的传递率是用弯曲菌的传递率代替,而且与我国居民更多的使用木质案板,厨房内交叉污染后残留在木质案板上以及通过木质案板转移到凉菜中的 NTS 数量可能更多,应对此开展专项的交叉污染情况调查。此外我国居民在厨房内使用洗涤剂的种类及其杀灭 NTS 的效果也需要进一步深入研究。

参考文献

- [1] Majowicz S E, Musto J, Scallan E, et al. International collaboration on enteric disease burden of illness studies, the global burden of nontyphoidal *Salmonella* gastroenteritis [J]. *Clinical Infectious Diseases*, 2010, 50 (6) : 882-889.
- [2] 毛雪丹,胡俊峰,刘秀梅.用文献综述法估计我国食源性非伤寒沙门菌病疾病负担 [J]. *中国疾病控制杂志*, 2011, 15 (7) : 622-625.
- [3] Bryan F L, Doyle M P. Health risks and consequences of *Salmonella* and *Campylobacter jejuni* in raw poultry [J]. *Journal of Food Protection*, 1995, 58 (3) : 326-344.
- [4] Humphrey T. Public health aspects of *Salmonella* infection [M]. Wallingford, UK : CABI Publishing, 2000.
- [5] Lubber P. Cross-contamination versus undercooking of poultry meat or eggs-which risks need to be managed first [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 134 (1/2) : 21-28.
- [6] Mylius S D, Nauta M J, Havelaar A H. Cross-contamination during food preparation; a mechanistic model applied to chickenborne *Campylobacter* [J]. *Risk Analysis*, 2007, 27 (4) : 803-813.
- [7] Nauta M J, Jacobs-Reitsma W F, Havelaar A H. A risk assessment model for *Campylobacter* in broiler meat [J]. *Risk Analysis*, 2007, 27 (4) : 845-860.
- [8] Montville R, CHEN Y, Schaffner D W. Glove barriers to bacterial cross-contamination between hands to food [J]. *Journal of Food Protection*, 2001, 64 (6) : 845-849.
- [9] CHEN Y, Jackson K M, Chea F P, et al. Quantification and variability analysis of bacterial cross-contamination rates in common food service tasks [J]. *Journal of Food Protection*, 2001, 64 (1) : 72-80.
- [10] van Asselt E, Fischer A, de Jong A E, et al. Cooking practices in the kitchen-observed versus predicted behavior [J]. *Risk Analysis*, 2009, 29 (4) : 533-540.
- [11] Kusumaningrum H D, van Asselt E D, Beumer R R, et al. A quantitative analysis of cross-contamination of *Salmonella* and *Campylobacter* spp via domestic kitchen surfaces [J]. *Journal of Food Protection*, 2004, 67 (9) : 1892-1903.
- [12] Smith S, Dunbar M, Tucker D, et al. Efficacy of a commercial produce wash on bacterial contamination of lettuce in a food service setting [J]. *Journal of Food Protection*, 2003, 66 (12) : 2359-2361.
- [13] Brynestad S, Lubber P, Braute L, et al. Quantitative microbiological risk assessment of campylobacteriosis cases in the German population due to consumption of chicken prepared in homes [J]. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2008, 8 (3) : 194-213.
- [14] World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens [R]. 2002.
- [15] Gilbert S E, Whyte R, Rayne G, et al. Survey of domestic food handling practices in New Zealand [J]. *Journal of Food Microbiology*, 2007, 117 (3) : 306-311.
- [16] 王琴.一起由沙门氏菌引起的食源性疾病的流行病学调查 [J]. *疾病预防控制通报*, 2013, 28 (3) : 65-66
- [17] 陈洪浩.一起由沙门菌引起的食物中毒调查报告 [J]. *中国社区医师*, 2011, 13 (29) : 155-156.
- [18] 徐妍,马智龙,蔡震,等.一起细菌性食物中毒的病原学分析 [J]. *现代预防医学*, 2010, 37 (24) : 4661-4662.
- [19] Oscar T P. A quantitative risk assessment model for *Salmonella* and whole chickens [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 93 (2) : 231-247.
- [20] YANG H, Mokhtari A, Jaykus L A, et al. Consumer phase risk assessment for *Listeria monocytogenes* in deli meats [J]. *Risk Analysis*, 2006, 26 (1) : 89-102.
- [21] Straver J M, Janssen A F, Linnemann A R, et al. Number of *Salmonella* on chicken breast filet at retail level and its implications for public health risk [J]. *Journal of Food Protection*, 2007, 70 (9) : 2045-2055.
- [22] Sheen S. Modeling surface transfer of *Listeria monocytogenes* on salami during slicing [J]. *Journal of Food Science*, 2008, 73 (6) : 304-311.