基于 FSO 值对生熟食品交叉污染中单增李斯特菌的危害识别

董庆利[1,2]，陆冉冉[2]，汪雯[1]，刘箐[2]，江荣花[2]
(1.农业部农产品质量安全风险评估实验室（杭州），浙江杭州 310021)
(2.上海理工大学医疗器械与食品学院，上海 200093)

摘要：为定性分析生熟食品中单增李斯特菌在不同案板材质上的交叉污染，选定木制、塑料及不锈钢案板为材质研究对象，设置 4 种常见场景，并测定各案板材质不同场景下卤猪舌、案板与黄瓜中单增李斯特菌的污染水平(lgCFU/g)。同时，选择一级 Baranyi 模型修改式，二级主参数模型对黄瓜中单增李斯特菌的生长进行模拟。此外，根据食品安全目标（FSO）计算整个交叉污染过程的污染水平，并以即食食品中单增李斯特菌的 FSO 值 2(lgCFU/g)为标准，与 12 种交叉污染情景(4 种场景×3 种材质)比较，并进行风险等级排序。结果表明：木质案板场景 1($S1_w$)、塑料案板场景 1($S1_p$)和不锈钢案板场景 1($S1_s$)风险等级最高；场景 2、3 和 4 下，木质案板风险等级分别为 2、3 和 3，高出塑料和不锈钢案板(3、4 和 4)一个风险等级。本研究表明对案板不进行任何清洗处理最易引发交叉污染，木质案板相较于其他 2 种案板材质的风险较大。

关键字：单增李斯特菌；交叉污染；FSO；风险等级
文章篇号：1673-9078(2016)11-286-292 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.11.043

Hazard Identification of *Listeria monocytogenes* Cross-contamination from Raw to Cooked Food Based on Food Safety Objective Values

DONG Qing-li[1,2], LU Ran-ran[2], WANG Wen[1], LIU Qing[2], JIANG Rong-hua[2]
(1.Hangzhou Center for Risk Assessment for Agricultural Products, Ministry of Agriculture, Hangzhou 310021, China)
(2. School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: To qualitatively analyze the cross-contamination of *Listeria monocytogenes* from raw to cooked food on cutting boards of different materials, wooden, plastic, and stainless steel cutting boards were selected for this study. Four common scenarios were set up, and the contamination levels (lgCFU/g) of *L. monocytogenes* in marinated pig tongue, cucumber, and on cutting boards under different scenarios were measured. At the same time, the modified first-order Baranyi model and second order main parameter model were used to simulate the growth of *L. monocytogenes* in cucumber. Additionally, the contamination level of the whole cross-contamination process was calculated according to food safety objective (FSO) theory; 2 lgCFU/g was set as the standard value for the FSO of *L. monocytogenes* in ready-to-eat (RTE) foods and was compared with 12 cross-contamination scenarios, i.e., four scenarios using three materials, and the corresponding risks were ranked. The results showed that the wooden cutting board scenario 1 (S_{1w}), plastic cutting board scenario 1 (S_{1p}) and stainless steel cutting board scenario 1 (S_{1s}) showed the highest risk. Under scenarios 2, 3, and 4, the risk levels of wooden cutting boards were 2, 3, and 3, respectively, which were one risk level higher than those of the cutting boards of the other two materials. In conclusion, this study showed that cross-contamination was most likely caused by the use of the cutting boards without any cleaning treatment, and the risk from the wooden cutting board was higher than that of the cutting boards of the other two materials.

Key words: *Listeria monocytogenes*; cross-contamination; food safety objective; risk level

收稿日期：2015-12-07
基金项目：国家自然科学基金资助项目（31271896）；上海市科委长三角科技联合攻关领域资助项目(15395810900)；上海市科委重点支撑项目(13430502400)；农业部农产品质量安全风险评估实验室（杭州）开放课题项目（2015FXPG01）和上海市研究生创新基金资助项目（10-14-308-101）
作者简介：董庆利（1979-），男，博士，副教授，主要从事畜产品安全和质量控制研究

近年来，交叉污染引起的食品安全事故频发，食物制备过程中微生物的交叉污染是引起食物中毒的重要起因之一。常见的食品间交叉污染途径有 3 种，空气和食品(Air to food)、物体表面和流质食品之间(Surface to food in fluids)以及物体表面和食品接触面之间(Surface to food by contact)[1]。家庭食源性疾病发生的重要原因之一是物体表面和食品接触面之间的交叉污染，包括即食食品接触受污染的食物原料、案板、抹布等各种介质，这一途径所导致的交叉污染是当前国内外研究的热点与难点[2]。案板作为菜肴烹饪不可缺少的器具，其材质差异对微生物生存和转移的影响重大，家庭厨房常见的三种案板材质，分别是木质、塑料和不锈钢案板。研究表明：木质案板表面的裂缝被认为给微生物提供合适的生存环境，是食品病原菌的潜在来源之一[3]。20 世纪塑料案板问世，在一些家庭中逐渐替代了木质案板，但也被认为是交叉污染的良好媒介[4]。在显微镜下观测不锈钢案板很粗糙，且不锈钢案板材质较硬，对刀口不利[5]。Soares 等[6]对不同案板材质与肠炎沙门菌恢复率之间的影响进行了研究。然而，传统的转移率与恢复率的研究并不能实现对案板材质不同清洁处理情况下的危害识别定性分析，需要有一个统一且公认的标准来评定危害水平，为消费者行为提供意见。

国际食品微生物标准委员会（International Commission on Microbiological Specification for Foods，ICMSF）在 1996 年提出食品安全目标(Food Safety Objective，FSO)的概念。食品安全目标是指研究特定食品中微生物危害的最大频率和（或）数量，并保证达到消费者合适的安全保护水平(Appropriate Level of Protection，ALOP)[7]，FSO 是 ALOP 的量化表现，可直接用来指导生产[8]。此外，FSO 通常是由食物种类、所关注的微生物危害种类、食物中微生物危害的出现频率或最高浓度这三部分组成，作为风险分析过程的一部分，FSO 具有较强的公共性[9]。关于应用 FSO 对食品中致病菌的风险研究已有较多：Gkogka 等[10]通过可用的数据来探讨 ALOP 和 FSO 之间的联系，构建了两者关系的模型。对“四大食源性病原菌”之一的单增李斯特菌 FSO 值的确定，欧盟委员会规定单增李斯特菌的 FSO 值为 2(lgCFU/g)[11]。国内郑丽敏等[12]对即食食品中单增李斯特菌的 FSO 值进行探讨后建议 FSO 值为 2(lgCFU/g)。

风险排序(Risk Ranking)是用于设置优先级别的工具，协助决策者集中关注最重要的食品相关的安全健康问题并且提出解决策略，已经成为食品安全不可缺少的部分[13]，它能够科学有效地把大量的污染水平数据结合膳食暴露量、危害等因素转化为风险的量化分级。通过风险排序，能够很直观地找到危害点，以帮助风险管理者通过比较不同来源风险的相对大小以确定优先监管的领域。

本文运用单增李斯特菌的 FSO 值对不同案板材质上生熟食品中交叉污染的情况进行危害识别，通过模拟厨房消费过程中，不同的交叉污染场景在家庭贮藏中单增李斯特菌生长的潜在可能，进行了风险等级排序。为结合消费者卫生习惯有关行为频率调查数据，单增李斯特菌剂量-效应模型进行暴露评估提供参考，实现更精确的风险评估。

1 材料与方法

1.1 材料与培养基

生鲜蔬菜选择黄瓜，因黄瓜切片后表面平坦，可以增强试验的重现性[14]。熟肉制品选择市售某种真空包装卤猪舌，两者均购于上海卜蜂莲花超市。

TSA-YE 培养基、TSB-YE 培养基和 PALCAM 培养基，均购于山东青岛海博生物技术有限公司。

1.2 设备与案板材质

YXQ-LS-75SII 型立式压力蒸汽灭菌器(上海博讯实业有限公司医疗器械厂)；SSW-CJ-IC 型净化工作台(上海跃进医疗器械厂)；XW-80A 型漩涡混合器(上海精科实业有限公司)；HWS-150 型恒温恒湿培养箱(上海比朗仪器有限公司)；MJ-180B-Ⅱ型生化培养箱(上海跃进医疗器械厂)；100~1000 μL 移液枪(芬兰百得(BIOHIT))；Scientz-09 型无菌均质器(浙江宁波新芝生物科技股份有限公司)；BCD-189S 型冰箱(松下电器(中国)有限公司)。

Suncha/双枪原木菜板(浙江双枪竹木有限公司)；lock & lock 抗菌砧板 CSC543(乐扣乐扣公司)；SUS304 食品级不锈钢菜板(金凡金属)；次氯酸钠，有效氯含量 8000~10500 mg/L。

1.3 菌种选用、活化及菌悬液制备

单增李斯特菌(ATCC 19116 血清型 4c)为本实验室保藏。用无菌接种环接取一针于 TSB-YE 液体培养基中，

在 30 ℃的恒温摇床中培养 18 h，然后在 TSA-YE 固体培养基上进行之字型划线，并培养于 37 ℃的恒温恒湿培养箱 24 h[15]。反复 3 次进行菌种活化，制得初始菌悬液。

1.4 介质接种、场景设置与带菌量测定

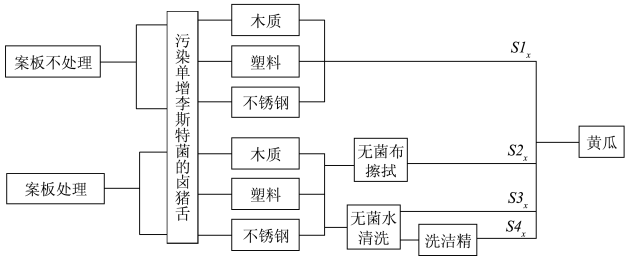


图 1 卤猪舌通过案板到黄瓜的交叉污染流程

Fig.1 Flow chart of cross-contamination from contaminated marinated pig tongue to cucumber via cutting boards

注：*S* 为不同场景；下标 *x* 为 *w* 表示木质案板；为 *p* 表示塑料案板；为 *s* 表示不锈钢案板。

于无菌超净台内称取 4 份 25 g 卤猪舌，置于洁净器皿上，用移液枪移取 1 mL 上述初始菌悬液于卤猪舌表面，并用无菌钳翻动，确保单增李斯特菌较均匀黏附在其表面，静置约 15 min。然后将卤猪舌放置在 5×5 cm^2 灭菌木质案板区域内，用无菌刀具模拟厨房操作，将其切 10 次，切片在案板停留 1 min 后转移。后续操作根据不同的场景进行，见图 1。

共设计 4 种厨房常见场景(图 1)，场景 1 为案板不处理，场景 2、3 和 4 为案板处理。场景 1 是切完卤猪舌后案板不做任何处理，采用擦拭取样法对案板带菌量进行测定，刀具与手进行无菌处理，再切黄瓜 10 次；场景 2 为案板用无菌布擦拭，同场景 1 方法对案板带菌量进行测定，刀具与手进行无菌处理，再切黄瓜 10 次；场景 3 为用 500 mL 无菌水冲洗，简单沥干水渍，同上方法对案板带菌量进行测定，刀具与手进行无菌处理，再切黄瓜 10 次；场景 4 为用洗洁精、500 mL 无菌水冲洗，简单沥干水渍，同上方法对案板带菌量进行测定，

刀具与手进行无菌处理，再切黄瓜 10 次。木质案板、塑料案板和不锈钢案板操作一致。刀具与手等介质的灭菌方式见表 1[16]。

表 1 各介质的灭菌方式

Table 1 Sterilization methods of different media

介质	灭菌方式	活菌残留
案板(木质、塑料、不锈钢)	75%酒精喷淋后紫外灯照射 1 h	ND
抹布、刀具	121 ℃高压灭菌 15 min	ND
手	75%酒精浸泡 2 min	ND
黄瓜	稀释 10 倍的 84 消毒液浸泡 20 min 后紫外灯照射 1 h	<1(lgCFU/g)

注：ND 表示未检出。

卤猪舌和生黄瓜片的带菌量按照国标 GB 4789.2-2010[17]《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行定量测定。

1.5 黄瓜中单增李斯特菌生长建模

4 种场景下 3 种不同材质的案板每组试验各重复 10 次，应用 Microsoft Excel 2010 进行试验数据统计。

黄瓜中单增李斯特菌的一级生长模型采用 Baranyi 模型修改式，见式(1)[18]。

$$N_t = N_0 + \mu_{max} \times t + \ln(e^{-\mu_{max} t} + e^{-h} - e^{-\mu_{max} t-h}) \quad (1)$$

式(1)中，*Nt* 为单增李斯特菌在 *t* 时刻常用对数值(lgCFU/g)；N_0 为黄瓜中初始菌量(lgCFU/g)；μ_{max} 为最大比生长速率(h^{-1})；*t* 为家庭贮藏时间分布；*h* 为微生物生理学参数。

黄瓜中单增李斯特菌生长的二级模型采用主参数模型，考虑 pH 值、水分活度（a_w）和温度对单增李斯特菌生长繁殖的影响[19]。主参数模型修正方程式为式(2)。其中，对应的 $CM_1(pH)$、$CM_2(a_w)$和 $CM_2(T)$表达式分别见式(3)、(4)、(5)。

$$lag = h / [lag_{opt} \cdot CM_2(T) \cdot CM_2(a_w) \cdot CM_1(PH)] \quad (2)$$

$$CM_n = \begin{cases} 0, & 当 X \le X_{min} \\ \dfrac{(X - X_{max}) \cdot (X - X_{min})^n}{(X_{opt} - X_{min})^{n-1} \{(X_{opt} - X_{min}) \cdot (X - X_{opt}) - (X_{opt} - X_{min}) \cdot [(n-1) \cdot X_{opt}] + X_{min} - n \cdot X\}} & 当 X_{min} < X < X_{max} \\ 0, & 当 X \ge X_{min} \end{cases}$$

式(2)中，T 为温度(℃)；X 为温度、pH 或者 a_w，X_{min} 为无增长下的 X_i 值的下限；X_{max} 为无增长下的 X_i 值的上限；X_{opt} 为 lag 与

它的最适值 lag_{opt} 等值时的值(h)。

$$CM_1(pH)=\frac{(pH-pH_{max})\cdot(pH-pH_{min})}{(pH_{opt}-pH_{min})\cdot(pH-pH_{opt})-(pH_{opt}-pH_{max})\cdot(pH_{min}-pH)} \quad (3)$$

$$CM_2(a_w)=\frac{(a_w-a_{wmax})\cdot(a_w-a_{wmin})^2}{(a_{wopt}-a_{wmin})[(a_{wopt}-a_{wmin})\cdot(a_w-a_{wopt})-(a_{wopt}-a_{wmax})\cdot(a_{wopt}+a_{wmin}-2a_w)]} \quad (4)$$

$$CM_2(T)\frac{(T-T_{max})\cdot(T-T_{min})^2}{(T_{opt}-T_{min})[(T_{opt}-T_{min})\cdot(T-T_{opt})-(T_{opt}-T_{max})\cdot(T_{opt}+T_{min}-2T)]} \quad (5)$$

式(3)、(4)和(5)中，pH_{min} 与 a_{wmin}、T_{min} 分别为最低生长 pH 值、最低生长 a_w 和最低生长 T，即低于此数值单增李斯特菌不生长；pH_{opt}、a_{wopt} 与 T_{opt} 分别为最适生长 pH 值，最适生长 a_w 和最适生长 T，即在此条件下最适合单增李斯特菌生长；pH 与 a_w 和 T 分别为黄瓜中 pH 和 a_w，以及家庭贮藏温度分布，具体数值见表 2。

h 值参考 Baranyi 和 Roberts 的想法[18]，他们认为微生物的迟滞时间是细胞之前与现生长状态共同作用的结果，在数值上，参数 h 等于迟滞期时间与最大生长速率的乘积，见式(6)，式中最大比生长速率 μ_{max} 和迟滞期 λ 值确定方法为，通过将 ComBase 数据库里关于蔬菜或水果及其制品中单增李斯特菌在 5 ℃、7 ℃、10 ℃、20 ℃和 25 ℃的生长参数，运用 ComBase 数据库里系统自带的 DMFit 软件，选择 Baranyi and Roberts Model 方式进行拟合得出。对应温度得到 h 值采用@Risk5.5 软件（美国 Palisade 公司）进行最佳分布拟合。

$$h=\mu_{max}\cdot\lambda \quad (6)$$

表 2 不同交叉污染场景下单增李斯特菌各参数值

Table 2 Levels of *Listeria monocytogenes* in different cross contamination scenarios

变量	单位	输入参数	来源
$S1_w$	lgCFU/g	N_0=2.605±0.224,H_0=5.395±0.265, $\sum R$=0	实测值
$S1_p$		N_0=2.574±0.433,H_0=5.086±0.420, $\sum R$=0	
$S1_s$		N_0=3.451±0.693,H_0=4.395±0.538, $\sum R$=0	
$S2_w$		N_0=2.235±0.373,H_0=4.731±0.224, $\sum R$=0.187	
$S2_p$		N_0=2.022±0.416,H_0=5.090±0.416, $\sum R$=0.822	
$S2_s$		N_0=2.467±0.645,H_0=4.375±0.511, $\sum R$=0.582	
$S3_w$		N_0=1.614±0.056,H_0=4.689±0.192, $\sum R$=0.324	
$S3_p$		N_0=1.537±0.279,H_0=5.081±0.421, $\sum R$=2.022	
$S3_s$		N_0=1.704±0.248,H_0=4.385±0.526, $\sum R$=1.404	
$S4_w$		N_0=1.518±0.066,H_0=4.716±0.209, $\sum R$=0.442	
$S4_p$		N_0=1.262±0.180,H_0=5.083±0.420, $\sum R$=2.175	
$S4_s$		N_0=1.782±0.079,H_0=4.384±0.525, $\sum R$=2.342	
T	℃	T~Normal(6.6,2.2)	Laguerre et al. [20]
t	h	t~Pert(0,19.2,48)	高翠等[21]
h		h~BetaGeneral(0.215, 0.184, 0.284, 1.11)	见本文
lag_{opt}	h	2.6	姚远等[22]
GR	℃	T_{min}=1.5, T_{opt}=37, T_{max}=40 a_{wmin}=0.92, a_{wopt}=0.96, a_{wmax}=0.99, a_w~Logistic(0.95,0.048) pH_{min}=4.39, pH_{max}=9.60, pH_{opt}=7, pH~Logistic(5.98,0.54)	Todd et al.[23]

注：N_0 和 H_0 值为平均值±标准差。

1.6 应用 FSO 对不同场景进行风险排序

本文中单增李斯特菌 FSO 值设定为 2 logCFU/g[23]，黄瓜中单增李斯特菌采用@Risk5.5 软件（美国 Palisade 公司）进行蒙特卡罗（Monte Carlo）抽样方法对不同案板材质在 4 种场景下 N_t 的频率分布进行 10000 次迭代模拟，根据 ICMSF 提出的 FSO 方程式，见式（7）[24]：

$$H_0-\Sigma R+\Sigma I\le FSO \quad (7)$$

式（7）中，H_0 为初始危害水平；$\sum R$ 为总的危害下降值；$\sum I$ 为总的危害上升值；FSO 为食品安全目标。

其中，H_0 为卤猪舌中初始污染水平。$\sum R$ 为对案板进行不同处理方式过程中单增李斯特菌的降低，例如：场景 1 未进行任何处理，即$\sum R$=0，场景 2、3 和 4 的 $\sum R$ 为场景 1 案板测得的单增李斯特菌量减去场景 2、3 和 4 下采用擦拭取样法测得的案板上的数量，即采取一定措施导致菌量减少值。$\sum I$ 为单增李斯特菌转移到黄瓜，经过一定时间贮藏后增加的量，即 N_t 值。进而，H_0-$\sum R$+$\sum I$ 最终值与 FSO 值 2(logCFU/g)进行比较，超出 FSO 值由高到低排序来进行风险等级判定，见表 3。

表 3 风险等级设置

Table 3 Settings for risk levels

超出 FSO 值	风险等级
≥5.5(logCFU/g)	1
≥4.5(logCFU/g)且<5.5(logCFU/g)	2
≥3.5(logCFU/g)且<4.5(logCFU/g)	3
<3.5(logCFU/g)	4

2 结果与讨论

2.1 FSO 值测定结果分析

不同场景下 3 种材质的 FSO 值结果见图 2。可直观看出，同种案板材质下的 FSO 值（lgCFU/g），场景 1、2、3 和 4 呈现依次递减的趋势，场景 1 到场景 2 的递减程度较大，可见，对案板不作任何处理直接切取黄瓜将会导致大量单增李斯特菌的转移和存活，造成交叉污染过程中单增李斯特菌的污染水平较高。对案板进行越细致的清洗处理，虽然不能完全杜绝卤猪舌中的单增李斯特菌通过案板转移到黄瓜，但是明显降低了单增李斯特菌转移的数量。所以，无论消费者家庭厨房中使用何种材质的案板，对使用过的案板进行彻底的清洗和消毒后再处理其他食物，都将有效的降低交叉污染的风险，保障自身及家人的食品安全。

同种场景下不同材质的案板，使用木质案板导致整体污染水平较高的有场景 1、2、3 和 4。可表明，使用木质案板处理食品导致交叉污染的风险是相对较高的。这可能是因为木质本身存在许多裂缝，容易让微生物存活和繁殖[25]。此外，由于木材纤维有不同的方向，导致试验过程中细菌采样方法也十分重要，顺着木材纤维的方向进行擦拭取样是较好的采样方式[3]。而对于转移率的影响，即木质案板上单增李斯特菌的污染水平，有研究表明，粗糙的受体表面有利于微生物的转移[26]，木质案板相对于塑料和不锈钢案板较粗糙，当接触污染了单增李斯特菌的卤猪舌时，木质案板能更多的转移单增李斯特菌。塑料案板与不锈钢案板对最终交叉污染结果的影响不大，场景 1 与 3 中塑料案板略低于不锈钢案板，场景 2 与 4 中 2 种案板材质几乎持平。塑料案板和不锈钢案板与木质案板相比，表面孔隙较少，进行清洁处理对结果影响大。塑料案板早在 20 世纪 70 年代就已经问世，因其独特的优点在一些家庭中逐步取代木质案板，有研究者将抗菌成分的物质加入到塑料案板中，制成具有抗菌性能的可接触食品的塑料案板，在一定程度上降低了交叉污染的风险，但抗菌性能是有一定范围的，并非针对所有的食源性致病菌[27]。本试验使用的塑料案板也具有抗菌作用，因其含有抗菌剂 KROSTOMN，一般认为对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌具有 99.9%的抑菌效果，但本试验研究对象为单增李斯特菌，故无法验证其抗菌性能。本试验使用塑料案板的各场景污染水平最低，除了与塑料案板表面孔隙少以外，可能还与塑料案板中加入的抗菌剂等成分有关。

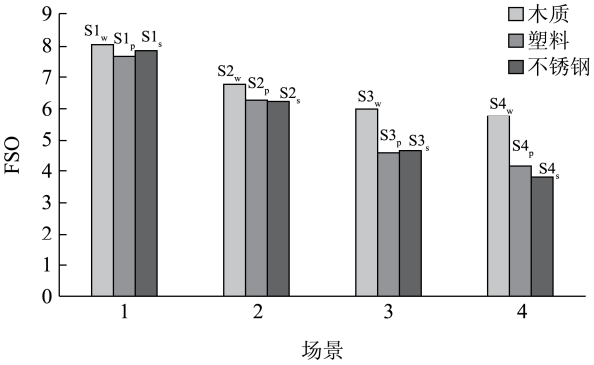


图 2 4 种场景下 3 种案板材质概念性方程式污染水平

Fig.2 Conceptual equation contamination level of cutting boards of three materials in four scenarios

2.2 风险等级排序

表 4 不同场景下的风险等级判定

Table 4 Determination of risk ranks in different scenarios

场景	变量	>2 logCFU/g (FSO)值	风险等级
1	SI_w	5.99	1
	SI_p	5.65	1
	SI_s	5.84	1
2	SI_w	4.77	2
	SI_p	4.28	3
	SI_s	4.24	3
3	SI_w	3.97	3
	SI_p	2.59	4
	SI_s	2.68	4
4	SI_w	3.79	3
	SI_p	2.16	4
	SI_s	1.82	4

本文以即食食品中单增李斯特菌的食品安全目标(FSO)值 2(lgCFU/g)为标准，超出 FSO 值由高到低来进行风险等级判定结果见表 4。其中等级由 1 到 4，分别代表这 12 种场景中的风险最大和风险最小。无显著差异的场景标识为相同的风险，即风险等级相同。该表显示，$S1_w$、$S1_p$ 与 $S1_s$ 风险等级最高，这说明对案板不作任何处理直接切取其他食物是有较大致病风险的。此外，场景 2、3 和 4 下，木质案板的风险等级基本要比塑料和不锈钢案板高出一级，说明使用木质案板的风险较高，建议使用木质案板的消费者要经常清洗与消毒，或者更换其他材质的案板。

根据 FSO 的定义公式 H_o-$\sum R$+$\sum I \le FSO$，且以单增李斯特菌的 FSO 值 2(lgCFU/g)为标准，结合表 4 结果可知，整个交叉污染过程中，对最终风险等级排序产生重要影响的是$\sum I$ 和 H_o，表明黄瓜中单增李斯特菌随着时间的增长会产生较大的危害，因本文黄瓜中单增李斯特菌的生长模拟依据 Baranyi 修改式，其中 12 种交叉污染情景的最大比生长速率、家庭贮藏时间分布和微生物生理学参数一致，故而黄瓜中初始菌量影响最终结果。黄瓜的初始菌量是因无菌黄瓜接触被污染且清洁不完全的案板，而在同场景下，即清洁方式一致的情况下，若卤猪舌中单增李斯特菌的初始危害水平 H_o 较高，则会对最终的风险等级排序造成一定的影响。此外，同场景下清洁方式虽然一致，但是相同的清洁方式对不同材质的案板产生的作用是不同的，由于木质案板、塑料案板和不锈钢案板之间存在材质差异，使得$\sum R$ 值不等，木质案板相较其它 2 种材质案板表面较粗糙，即使木质案板内部的植物纤维紧密排列，但仍有很多细微的空隙，故而在场景 2、3 和 4 中，$\sum R$ 值最小，这可能是在表 4 场景 2、3 和 4 中，木质案板的风险都比其他 2 种材质案板要高出一个等级的重要原因之一。因而控制卤猪舌中单增李斯特菌的初始危害水平以及选择表面平滑的材质案板能够有效的降低风险等级。

3 结论

3.1 本文对案板的材质进行研究，分别考虑了木质、塑料和不锈钢案板材质，同时依据文献调研的消费者行为习惯，即 5%的消费者会用干抹布擦抹案板，24%的消费者用清水洗净案板，约 81%的消费者会使用同一块案板切割肉制品和生鲜蔬菜[1]，Klontz 等[28]研究报道，1620 个研究对象中 25%的消费者，在处理过原料肉或鸡肉后再次使用案板而不做任何处理。以此来设定 4 种场景，模拟食品制备的过程，进行不同场景下不同案板材质上卤猪舌与黄瓜的先后切片处理，并测定卤猪舌、案板和黄瓜中单增李斯特菌的污染水平，结合 FSO 进行风险等级排序。最终为生熟食品中单增李斯特菌在不同案板材质上的交叉污染进行定性分析。

3.2 为了方便试验过程案板与黄瓜中的菌落计数，将初始接菌量设定为 8(lgCFU/mL)，这与实际生活中交叉污染情况下初始污染水平有较大差异，通常情况下，交叉污染的引起是由少量食源性致病菌的污染，甚至可能是食源性致病菌单细胞的污染引发的。考虑低数量级情况下的交叉污染，以及细菌的随机生长和变异性特点，对后期的风险评估结果将有更广的适用范围，以及增强食源性致病菌风险评估的实用性。

3.3 此外，本文的研究目的是对风险等级进行判定，即定性分析，虽然有考虑到家庭食品贮藏的情况，将黄瓜中单增李斯特菌随着一定的贮藏时间不断繁殖的情况考虑在风险之中，但如果结合食物制备过程中与消费者卫生习惯有关行为频率调查数据，单增李斯特菌剂量-效应模型进行定量分析，将能更精确地推断其中的风险，更好地实现风险评估，为风险管理者提供建设性的意见。

参考文献

[1] 王海梅,董庆利,朱江辉,等.厨房中食源性致病菌交叉污染的研究进展[J].食品与发酵科技,2014,50(6):16-21
WANG Hai-mei, DONG Qing-li, ZHU Jiang-hui, et al. Research progress of foodborne pathogen cross-contamination in the kitchen [J]. Food and Fermentation Technology, 2014, 50(6): 16-21

[2] 韦光贤,牛德宝,谢仁珍,等.食品加工企业食源性交叉污染风险控制分析[J].轻工科技,2014,10(7):36-37
WEI Guang-xian, NIU De-bao, XIE Ren-zhen, et al. Risk contral analysis of foodborn cross-contamination in food process program [J]. Light Industry Science and Technology, 2014, 10(7): 36-37

[3] Carpentier B. Sanitary quality of meat chopping board surfaces: a bibliographical study [J]. Food Microbiology, 1997, 14(1): 31-37

[4] Cliver D O. Cutting boards in *Salmonella* cross-contamination [J]. Journal of Aoac International, 2006, 89(2): 538-542

[5] Moore G, Blair I S, Mcdowell D A. Recovery and transfer of *Salmonella typhimurium* from four different domestic food contact surfaces [J]. Journal of Food Protection, 2007, 70(10): 2273-2280

[6] Mendonca Soares V, Goncalves Pereira J, Viana C, et al.

Transfer of *Salmonella enteritidis* to four types of surfaces after cleaning procedures and cross-contamination to tomatoes [J]. Food Microbiology, 2012, 30(2): 453-456

[7] 郑丽敏.即食凉拌菜中单增李斯特菌的风险评估与管理[D].上海:上海理工大学,2012
ZHENG Li-ming. Quantitative risk assessment and management of listeria monocytogenes in ready-to-eat salads [D]. Shanghai: University of Shanghai for Science and Technology, 2012

[8] 徐萌,陈超.食品安全目标研究及其对我国食品安全管理的启示[J].食品科学,2007,28(6):376-380
XU Meng, CHEN Chao. Overview on therory of food safety obejectives and revelation to food safety management [J]. Food Science, 2007, 28(6): 376-380

[9] Jouve J L. Establishment of food safety objectives [J]. Food Control, 1999, 10(4): 303-305

[10] Gkogka E, Reij M W, Gorris L G M, et al. The application of the appropriate level of protection (ALOP) and food safety objective (FSO) concepts in food safety management, using *Listeria monocytogenes* in deli meats as a case study [J]. Food Control, 2013, 29(2): 382-393

[11] Whiting R C. What risk assessments can tell us about setting criteria [J]. Food Control, 2011, 22(9): 1525-1528

[12] 郑丽敏,董庆利,丁甜,等.即食凉拌菜中单增李斯特菌生长模型的建立[J].食品科学,2013,34(15):22-26
ZHENG Li-ming, DONG Qing-li, DING Tian, et al. Predictive modeling of *Listeria monocytogenes* growth in ready-to-eat dishes [J]. Food Science, 2013, 34(15): 22-26

[13] Speybroeck N, Devleesschauwer B, Depoorter P, et al. Needs and expectations regarding risk ranking in the food chain: A pilot survey amongst decision makers and stakeholders [J]. Food Control, 2015, 54(1): 35-43

[14] 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 surface [J]. Journal of Food Protection, 2004, 67(9): 1892-1903

[15] Wong W C, Pui C F, Chilek T Z. T, et al. Survival of *Listeria monocytogenes* during frying of chicken burger patties [J]. Food and Nutrition Sciences, 2011, 7(5): 471-475

[16] 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 Hai-mei, DONG Qing-li, LIU qing, et al. Cross-contamination of *Aeromonas* spp. from chilled pork to *Brassica chinensis* under different food-handing scenarios [J]. Food Science, 2014, 35(21): 196-200

[17] GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 卫生微生物检验 菌落总数测定[S]
GB 4789.2-2010 National food safety standard food microbiological examination aerobic plate count [S]

[18] Baranyi J, Roberts T A. Mathematics of predictive food microbiology [J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 26(2): 199-218

[19] Te Giffel M C, Zwietering M H. Validation of predictive models describing the growth of *Listeria monocytogenes* [J]. International Journal of Food Microbiology, 1999, 46(2): 135-149

[20] Laguerre O, Derens E, Palagos B. Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: A French survey [J]. International Journal of Refrigeration-Revue Internationale Du Froid, 2002, 25(5): 653-659

[21] 董庆利,高翠,郑丽敏,等.冷却猪肉中气单胞菌的定量暴露评估[J].食品科学,2012,33(15):24-27
DONG Qing-li, GAO Cui, ZHENG Li-ming, et al. Quantitative exposure assessment of *Aeromonas* spp. in chilled pork [J]. Food Science, 2012, 33(15): 24-27

[22] 姚远,董庆利.乳酸钠对肉及肉类食品中腐败菌和致病菌的抑制作用研究进展[J].食品工业科技,2014,35(7):378-383
YAO Yuan, DONG Qing-li. Inhibition of spoilage and pathogenic bacteria by sodium iactate in the meat and meat products [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(7): 378-383

[23] Perez-Rodriguez F, Todd E C D, Valero A, et al. Linking quantitative exposure assessment and risk management using the food safety objective concept: An example with *Listeria monocytogenes* in different cross-contamination scenarios [J]. Journal of Food Protection, 2006, 69(10): 2384-2394

[24] Eva D, Sebastian M. Definition and usage of food safety margins for verifying compliance of food safety obejectives [J]. Food Control, 2016, 59: 669-674

[25] Goh S G, Leili A-H, Kuan C H, et al. Transmission of *Listeria monocytogenes* from raw chicken meat to cooked chicken meat through cutting boards [J]. Food Control, 2014, 37: 51-55

[26] 谢爱英,张富新,陈颖.发酵香肠的 pH 值、水分含量与水分活度(A_w)的关系及其对制品贮藏性的影响[J].食品与发酵工业,2004,30(11):143-146
XIE Ai-ying, ZHANG Fu-xin, CHEN Ying. Quality of fermented sausage during storage: relationship of pH, water control and water activity [J]. Food and Fermentation

Industries, 2004, 30(11): 143-146

[27] Moretro T, Hoiby-Pettersen G S, Halvorsen C K, et al. Antibacterial activity of cutting boards containing silver [J]. Food Control, 2012, 28(1): 118-121

[28] Klontz K C, Timbo B, Fein S, et al. Prevalence of selected food consumption and preparation behaviors associated with increased risks of food-borne disease [J]. Journal of Food Protection, 1995, 11(8): 927-930

现代食品科技