



成都市预包装非真空冷藏即食熟肉制品中单核细胞增生李斯特菌定量风险评估*

刘肖¹, 孙宏虎², 王翔³, 刘丽莎¹, 郭婷¹, 孙悦¹, 王军⁴, 白莉^{1△}

1. 国家食品安全风险评估中心国家卫生健康委食品安全风险评估重点实验室(北京 100021);
2. 成都市食品检验研究院辐照保鲜四川省重点实验室(成都 610045); 3. 上海理工大学健康科学与工程学院(上海 200093);
4. 广东海洋大学食品科技学院(湛江 524088)

【摘要】目的 应用@Risk软件,对成都市预包装非真空短保质期即食熟肉制品中单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*, LM)进行定量风险评估。**方法** 使用前期研究获得的成都市预包装非真空冷藏即食熟肉制品中LM污染监测数据,建立风险评估模型,结合从零售到消费阶段LM在熟肉制品中的生长情况,对不同人群因食用熟肉制品导致LM感染的风险进行定量风险评估。**结果** 成都市每年每百万5~<65岁健康人群通过预包装非真空冷藏熟肉制品导致李斯特菌病的潜在病例数为0.01人[95%置信区间(confidence interval, CI): $0 \sim 1.71 \times 10^{-2}$], 65岁及以上健康人群为0.22人(95%CI: $0 \sim 2.67 \times 10^{-1}$), 孕妇为2.88人(95%CI: $3.85 \times 10^{-8} \sim 4.35$)。根据敏感性分析结果,零售时LM初始污染水平是影响患病率最重要的因素($R=0.25$),其他因素依次是零售温度($R=0.08$)、零售时长($R=0.07$)和每餐消费量($R=0.07$)等。**结论** 对于预包装非真空熟肉制品,降低李斯特菌病患病率最主要的措施为控制初始污染水平,要求食品加工厂对加工环境和设备定期清洁和严格消毒,从源头减少LM的污染。零售熟食店应严格控制贮存温度不超过5.0℃并按照保质期销售。消费者购买后应尽快食用或置于冷藏条件下贮存、缩短贮存时间,孕妇人群食用前应彻底加热,从而减少李斯特菌病的发生。

【关键词】 单增李斯特菌 定量风险评估 即食熟肉制品 敏感性分析

Quantitative Risk Assessment of *Listeria monocytogenes* in Prepackaged, Non-Vacuum Sealed, Refrigerated Ready-to-Eat Cooked Meat Products in Chengdu LIU Xiao¹, SUN Honghu², WANG Xiang³, LIU Lisha¹, GUO Ting¹, SUN Yue¹, WANG Jun⁴, BAI Li^{1△}. 1. Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of National Health Commission, China National Centre for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China; 2. Irradiation Preservation Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu Institute of Food Inspection, Chengdu 610045, China; 3. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 4. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

△ Corresponding author, E-mail: baili@cfsa.net.cn

[Abstract] Objective To conduct a quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* (LM) in prepackaged, non-vacuum sealed, short shelf-life, ready-to-eat meat products in Chengdu using the @Risk software. **Methods** Based on monitoring data of LM contamination in pre-packaged, non-vacuum sealed, refrigerated ready-to-eat meat products in Chengdu obtained from a previous study, a risk assessment model was established. The risk of LM infection caused by consuming cooked meat products in different groups of people was quantitatively assessed. In addition, the growth of LM in cooked meat products, from retail to consumption, was also taken into consideration in the assessment. **Results** In Chengdu, the numbers of potential cases of listeriosis caused by consumption of prepackaged, non-vacuum sealed, refrigerated ready-to-eat meat products were 0.01 (95% confidence interval [CI]: $0 \sim 1.71 \times 10^{-2}$) per year per million in healthy individuals aged 5- < 65 years old, 0.22 (95% CI: $0 \sim 2.67 \times 10^{-1}$) in healthy individuals aged 65 and above, and 2.88 (95% CI: $3.85 \times 10^{-8} \sim 4.35$) in pregnant women. According to the results of the sensitivity analysis, the initial pollution level of LM in the retail stage was the most important factor affecting the prevalence ($R = 0.25$), followed by retail temperature ($R = 0.08$), retail time ($R = 0.07$), and amount of consumption per meal ($R = 0.07$). **Conclusions** For pre-packaged, non-vacuum sealed, cooked meat products, the most important measure to reduce the prevalence of listeriosis is to control the initial contamination level, which requires food processing plants to regularly clean and strictly disinfect the processing environment and equipment to minimize LM contamination at the source. Retail delicatessens should strictly maintain a storage temperature below 5.0℃ and strictly adhere to product shelf-life recommendations. As for consumers, they should consume these meat products as soon as possible after purchase or store them under refrigerated

* 国家重点研发计划项目(No. 2022YFF1100700)资助

△ 通信作者, E-mail: baili@cfsa.net.cn

出版日期: 2025-01-20

conditions and shorten the storage time. Pregnant women should thoroughly heat the meat products before eating to reduce the risk of listeriosis.

[Key words] *Listeria monocytogenes* Quantitative risk assessment Ready-to-eat meats Sensitivity analysis

单核细胞增生李斯特菌(*Listeria monocytogenes*, LM)是一种重要的食源性致病菌,人感染后可引起侵袭性李斯特菌病,患者出现脑膜炎、菌血症、流产、早产等严重后果,且病死率高达20%~30%,主要影响孕妇、新生儿、老年人等免疫力较低群体^[1-2]。研究表明,即食食品(ready-to-eat food)是导致人类感染LM最重要的媒介之一,与人类李斯特菌病有关的食物包括肉和肉制品、乳和乳制品、生鲜果蔬、冰淇淋等^[3-6]。LM能够在冰箱冷藏贮存期间生长繁殖,并通过受污染食物传播,由于消费者对冷藏即食食品的偏好转变,李斯特菌病发病率大大增加^[7-9]。据欧洲食品安全局生物危害评估小组(EFSA BIOHAZ)2018年调查,即食熟肉和热处理香肠是欧盟和欧洲经济区(EU/EEA)每人每年消费量最多的即食食品子类别,熟肉是每年导致李斯特菌病病例数最多的子类别^[10]。西班牙2019年暴发由即食猪肉引起的大规模疫情,207例感染者中3例死亡,34名孕妇中5例流产^[11]。2024年美国报道由于食用熟肉制品引起的李斯特菌病暴发,导致60例感染,10例死亡^[12]。我国主要为散发病例,如2015年自贡市报道1例孕妇因食用熟肉制品而感染单增李斯特菌,经垂直传播导致新生儿败血症^[13];2019年及2021年北京市分别报告1例因厨房交叉污染^[14]和1例免疫力低下患者因食用预包装冷藏即食食品导致的李斯特菌病^[15],因此,对即食食品,尤其是即食熟肉制品中LM开展风险评估很有必要。

当前,风险分析已经成为制定食品安全管理措施的有效参考工具,由风险管理、风险评估和风险交流三部分组成。风险评估是风险分析的科学基础,微生物风险评估使用科学信息描述暴露于食物基质中的特定病原微生物对人体造成健康危害的可能性和程度,量化消费者的风险水平^[16]。定量微生物风险评估(quantitative microbial risk assessment, QMRA)应用定量信息来估计消费者实际暴露于食物中特定病原微生物的健康风险,为公共卫生政策研究和风险管理工作提供科学基础^[17-18]。联合国粮食及农业组织/世界卫生组织(FAO/WHO)等国际组织和一些发达国家已完成熟肉制品和奶酪等即食食品中LM的定量风险评估^[19-21]。我国也曾开展熟肉制品中LM定量风险评估工作,并提出相关控制措施^[22-23],但主要针对散装熟肉制品或所有包装类型熟肉制品。目前,市面上即食食品主要采用有氧、真空和气调等进行包

装,包装形式影响食品保质期,进而影响病原菌在贮存过程中的生长。本研究关注的类型为预包装、非真空、短保质期(4~20 d)的冷藏熟肉制品,食品加工厂切割、包装等过程可能导致LM污染,冷藏贮存期间LM一定程度生长,产生可能的健康风险,对于该类型食品,何种环节应重点把控,国内尚未开展针对性风险评估。

本课题组研究结果显示,成都市2022年9月-2023年5月预包装非真空短保质期冷藏熟肉制品中存在LM检出率较高(20.0%),31.03%的阳性样品污染量 ≥ 110 MPN/g,3.45%的阳性样品污染量 $>1\ 100$ MPN/g,且分离菌株中、高毒力菌株占比高达79.3%的情况(数据未发表),对于成都市居民具有潜在的患病风险。因此,为了解实际风险情况,依据样品污染率和定量污染水平数据开展定量风险评估,以期相关部门针对此类食品制定公共卫生政策和风险管理措施提供科学依据,减少因食用此类食品引起的食源性疾病。

1 资料与方法

1.1 样品资料

2022年9月-2023年5月,从成都市6个主要市辖区(金牛区、锦江区、青羊区、双流区、温江区和武侯区)22家大型超市和熟食卤货门店,采集预包装、非真空、短保质期(4~20 d)冷藏即食熟肉制品,每个采样点不超过5份,共采集145份,进行定性和定量检测。定性检测采用GB 4789.30-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 单核细胞增生李斯特氏菌检验》第一法和SN/T 5224-2019《出口食品中单核细胞增生李斯特氏菌检验方法 实时荧光PCR内标法》,定量检测采用GB 4789.30-2016第三法^[24]。

1.2 风险评估流程

依据FAO/WHO颁布的《食品微生物风险评估指南》(2021),风险评估主要包含4个方面:危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述。危害识别和危害特征描述主要通过国内外监测报告、评估报告、相关文献等掌握相关资料。暴露评估是风险评估的核心,基于预包装非真空冷藏熟肉制品中LM污染监测数据,考虑消费者运输阶段和家庭贮存阶段LM的增长,结合消费行为模式数据,确定消费者食用时的最终污染水平。风险特征描述为在危害识别、危害特征描述、暴露评估的基础上,确

定特定人群食用含有LM污染的预包装非真空冷藏熟肉制品而患李斯特菌病的概率。

1.3 暴露评估

暴露评估模型以零售预包装非真空冷藏熟肉制品起,至最终食用止,模拟LM在此期间的生长情况。运用@Risk软件,采用Monte carlo模拟运行迭代10 000次,对模型参数进行分析,评估的结果以概率分布的形式描述,该软件能够处理复杂的概率分布,适用于不同类型的风险评估任务。

1.3.1 初始污染水平

样品经检测得到LM污染率和污染水平数据,污染水平近似认为预包装非真空冷藏即食熟肉制品中LM初始污染水平。使用Beta分布描述LM综合污染率,用Pd表示。用累积分布函数描述阳性样品中LM的污染水平,用Cp表示。采用JARVIS等式^[25]: $Dm = -(2.303/V) \times \log(Z/N)$ 计算阴性样品中LM的实际浓度。其中Dm代表阴性样品中LM的真实浓度(Log CFU/g),V代表检测样品的量(25 g),Z代表阴性样品的数量,N代表样品总量。用反向偏斜累积概率分布(left-hand-tailed cumulative)描述阴性样品中LM的浓度。最后用离散函数Discrete(Cp; Cn, Pd; Pn)综合描述LM的污染水平,用Cp*表示。

1.3.2 零售到消费阶段相关参数

从零售到消费主要经过零售环节、运输环节和家庭贮存环节,至消费者最终消费。主要考虑的变量包括:零售阶段的贮存时间与贮存温度,消费者运输时间与运输温度,家庭贮存时间和贮存温度,以及居民对于此类食品的消费与食用情况。运输时间、运输温度、家庭贮存时间、家庭贮存温度等参数由即食食品消费情况调查获得。

零售环节:超市零售环节低温贮存温度变化使用Pert分布[Pert(2, 4, 15)]进行描述^[26]。从生产完成到消费者购买,根据专家意见,在超市低温贮存时间使用Pert(1, 48, 168)分布进行描述。

运输环节:消费者从零售点购买到家庭的运输过程中,通常没有低温条件,容易发生LM的生长,该环节关键参数为运输温度和时间。运输过程中的环境温度参考国家气象科学数据中心成都市过去6年月平均气温,采用Pert(-0.6, 17.07, 37.15)分布拟合^[17]。从购买到家庭的运输时间用Pert(0.5, 2, 3)分布进行描述^[27]。

家庭贮存环节:部分消费者在购买到家庭之后不会即刻食用,可能会在室温短时间存放后食用或者较长时间冷藏后食用。据此,家庭环节平均贮存时间采用Pert(0.48, 1.92, 24)分布^[28],食用之前的贮存温度根据专家意见使用Pert(4, 10, 25)分布进行描述。

1.3.3 消费情况

消费量和消费频次等数据主要参考中国居民营养与健康状况监测中的即食食品消费情况调查。我国熟肉消费人群每人每餐熟肉制品消费量:5~<65岁人群熟肉制品每餐的平均消费量在82~107 g之间,标准差在47~61之间;65岁及以上老年人熟肉制品每餐的平均消费量在72~95 g之间,标准差在40~69之间。使用均匀分布描述各年龄组人群熟肉制品每餐平均消费量的差异性。使用累积分布函数描述熟肉制品年消费频次。

1.3.4 风险评估模型的构建

本研究中风险评估模型包含5个节点(表1),分别为:初始污染、零售、运输、家庭贮存和消费。生长预测模型采用广义线性回归模型描述熟肉制品中LM增长速率与温度的关系,具体公式为: $r = b(T - T_0)$ 。其中,r为最大比生长速率 μ 的平方根,b为斜率,T为温度(℃), T_0 为细菌生长的理论最低温度。根据平方根模型确定LM在熟肉制品中的生长动力学参数,以每天的生长速率(Log CFU/d)表示,公式为: $\sqrt{\mu} = 0.058(T + 1.03)^{[20]}$ 。

1.4 风险特征描述

风险特征描述主要包括不同暴露情形下,对于不同人群(包括一般人群及孕妇、婴幼儿和老年人等易感人群),预包装非真空冷藏熟肉制品中LM可能导致李斯特菌病的风险估计、敏感性分析、干预措施及科学建议等。

2 结果

2.1 定量风险评估

2.1.1 污染率和初始污染水平

本研究共采集145份样品,其中LM阳性样品数为29份,污染率为20.0%。污染率的分布函数为Beta(30, 117)。经10 000次迭代后得到LM的阳性率均值为20.4%,阴性率均值为79.6%。应用@Risk软件中的累积函数拟合,得到阳性样品中LM的污染水平均值为1.41 Log CFU/g,未检出的阴性样品污染水平均值为-2.09 Log CFU/g。应用Discrete函数描述样品中LM的初始污染水平均值为-1.38 Log CFU/g(图1)。

2.1.2 零售到消费阶段LM的增长

2.1.2.1 零售环节LM的增长

使用Pert(2, 4, 12)分布描述超市贮存温度变化,从拟合结果可知,零售阶段冷藏的平均温度为5.0℃。在超市低温贮存的时间使用Pert(1, 48, 168)分布进行描述,由拟合结果可知超市平均零售时间为60.2 h。经零售点零售,LM的整体平均污染水平为-1.05 Log CFU/g。

表 1 从零售到消费预包装非真空冷藏熟肉制品中LM风险评估变量和模型的描述及分布

Table 1 Description and distribution of variables and models for the assessmeent of LM risks in prepackaged, non-vacuum sealed, refrigerated cooked meats from retail to consumption

Nodes	Parameter	Distribution or value	Source
Initial contamination	Pd/%	Beta (30, 117)	This study
	Pn/%	1—Pd	This study
	Cp/(Log CFU/g)	Cumul (—1.4, 3.04, {—1.4, —0.44, 0.63, 0.97, 1, 1.3, 1.48, 1.6, 1.63, 1.66, 1.88, 2, 2.18, 2.38, 2.6, 3.04}, {0.069, 0.138, 0.207, 0.241, 0.276, 0.379, 0.414, 0.448, 0.483, 0.517, 0.552, 0.586, 0.621, 0.793, 0.828, 1})	This study
	Cn/(Log CFU/g)	Cumul (—3.56, —0.7, {—3.56, —2.04, —0.7}, {0.01, 0.5, 0.99})	Calculated obtained
	Cp*/(Log CFU/g)	Discrete (Cp:Cn, Pd:Pn)	This study
Retail	Tc1/h	Pert (1, 48, 168)	This study
	Tms1/℃	Pert (2, 4, 12)	[26]
Transportation	Tc2/h	Pert (0.5, 2, 3)	[27]
	Tms2/℃	Pert (—0.6, 17.07, 37.15)	China Meteorological Information Center
Home storage	Tc3/h	Pert (0.48, 1.92, 24)	[28]
	Tms3/℃	Pert (4, 10, 25)	This study
Consumption	Ac1/g	Normal (Uniform [82, 107], Uniform [47, 61])	This study
	Ac2/g	Normal (Uniform [72, 95], Uniform [40, 69])	This study
	Cf	Cumul (0, 2 548, {1, 10, 25, 44, 64, 106, 208, 263, 296, 411, 572, 1 202}, {0.188, 0.32, 0.5, 0.6, 0.704, 0.8, 0.905, 0.93, 0.94, 0.97, 0.99, 0.999})	This study

Pd: proportion of positive samples; Pn: proportion of negative samples; Cp: concentration of positive; Cn: concentration of negative; Cp*: concentration of LM; Tc: duration; Tms: temperature; Ac1: 5- < 65 years old; Ac2: 65 years old and above; Cf: frequency.

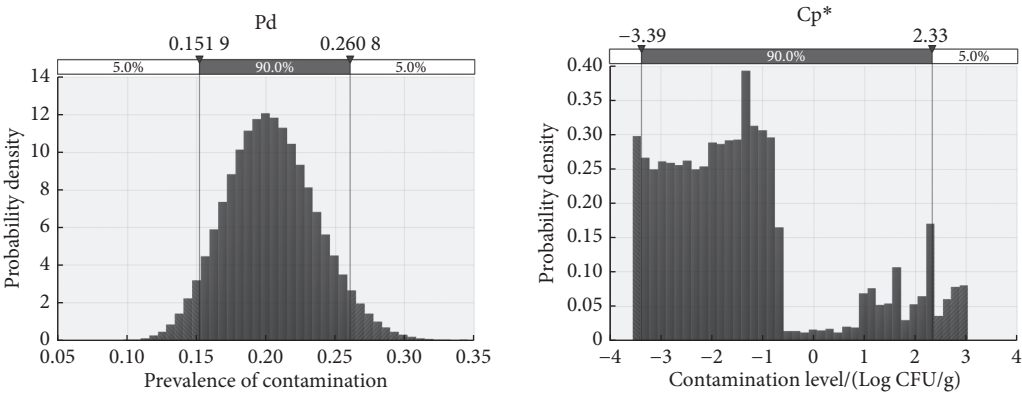


图 1 零售阶段预包装非真空冷藏熟肉制品中LM的污染率（左）和污染水平（右）

Fig 1 The contamination rate (left) and the level (right) of LM contamination in prepackaged, non-vacuum sealed, refrigerated cooked meat products in the retail stage

Pd: proportion of positive samples; Cp*: concentration of LM.

2.1.2.2 运输环节LM的增长

运输过程中暴露温度采用Pert(—0.6, 17.07, 37.15)分布拟合。从拟合结果可知,成都平均气温为17.5℃(5%: 5.9℃; 95%: 29.4℃)。消费者从零售到家庭的运输时间用Pert(0.5, 2, 3)分布进行描述。经消费者运输至家庭的过程, LM数量有所增长, 至此LM平均污染水平为—0.94 Log CFU/g。

2.1.2.3 家庭贮存环节LM的增长

家庭贮存时间服从Pert(0.48, 1.92, 24)分布, 经拟合,

该类食品家庭环节平均贮存时间为5.36 h, 95%CI为0.98 ~ 12.43 h。食用之前的贮存温度服从Pert(4, 10, 25)分布。经家庭贮存环节, LM的污染水平升高, 贮存后(食用时)LM的平均污染浓度为—0.81 Log CFU/g。

2.2 风险特征描述

2.2.1 风险估计

本研究危害特征描述所使用的剂量-反应模型参考2017年欧洲食品安全局(EFSA)针对即食食品中LM风险评估所使用的指数型模型。该模型中的一个重要参数为

r , 即单个细胞可能导致的每餐发生李斯特菌病的风险。该参数与所针对的人群、疾病的年发病例数统计以及食品中LM的污染频次及程度的准确性相关。对于5~<65岁健康人群 $r=7.82\times 10^{-15}$, 65岁及以上健康人群取 $r=1.47\times 10^{-13}$, 孕妇人群 $r=1.99\times 10^{-12}$ 。居民在食用熟肉制品时LM的污染水平从暴露评估过程中获得。通过@Risk软件进行风险评估模拟。风险评估模型采用拉丁超立方抽样方法进行10000次迭代的Monte Carlo模拟。

结果显示, 成都市5~<65岁健康人群消费预包装非真空冷藏熟肉制品每餐导致发生LM感染的概率平均值为 1.31×10^{-10} , 即每百万餐有0.000 13个潜在发病病例。65岁及以上人群患病概率为 1.93×10^{-9} , 即每百万餐有0.001 9个潜在发病病例。孕妇人群的患病概率为 3.34×10^{-8} , 即每百万餐有0.033个潜在发病病例。不同人群患病风险的不同百分位数值见表2, 由每餐患病风险结果可知孕妇人群患病概率最高。

表 2 成都市居民每餐通过食用预包装非真空熟肉制品患李斯特菌病概率
Table 2 Probability of having listeriosis among Chengdu residents from eating pre-packaged non-vacuum sealed cooked meats at each meal

Healthy people	Estimated average values	5% percentile	95% percentile
Aged 5- < 65 yr.	1.31×10^{-10}	0	5.95×10^{-10}
Aged 65 yr. and above	1.93×10^{-9}	0	9.15×10^{-9}
Pregnant women	3.34×10^{-8}	5.31×10^{-14}	1.51×10^{-7}

每年每百万人群患病风险估计是利用不同人群的每餐发病风险以及不同人群每年消费频次参数计算获得。由表3知, 成都市每年每百万5~<65岁健康人群居民通过预包装非真空冷藏熟肉制品导致李斯特菌病的潜在病例数为0.01人, 65岁及以上健康人群为0.22人, 孕妇为2.88人。

表 3 成都市每年每百万人通过食用预包装非真空熟肉制品患李斯特菌病概率
Table 3 Probability of listeriosis per million people per year in Chengdu through the consumption of pre-packaged, non-vacuum sealed, cooked meats

Healthy people	Estimated average values	5% percentile	95% percentile
Aged 5- < 65 years	1.13×10^{-2}	0	1.71×10^{-2}
Aged 65 years and above	2.22×10^{-1}	0	2.67×10^{-1}
Pregnant women	2.88	3.85×10^{-8}	4.35

2.2.2 敏感性分析

采用Spearman相关分析方法, 分析每个关键因素与因食用预包装非真空冷藏熟肉制品导致LM感染风险的相关关系, 因素的相关系数(R)绝对值越大, 说明对患病风险值的影响越大, 正值代表对应因素增加患病风险, 负值代表对应因素降低患病风险。由敏感性分析结果可知, 多个因素与三类人群的患病风险均为正相关。以65岁以下健康人群为例(图2), 与每餐患病概率关联度较高的因素为: 零售时LM初始污染水平($R=0.25$), 零售温度($R=0.08$)、零售时长($R=0.07$)和每餐消费量($R=0.07$)。

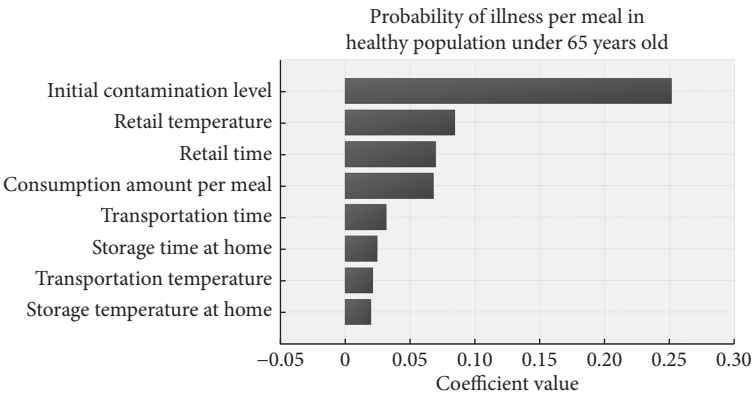


图 2 预包装非真空冷藏熟肉制品中LM导致65岁以下健康人群患病风险的敏感性分析

Fig 2 Sensitivity analysis of the risks of illness in the healthy individuals under 65 years old due to LM in pre-packaged, non-vacuum sealed, refrigerated cooked meats

3 讨论

本研究通过@Risk软件建立了熟肉制品中LM的定量风险评估模型, 关注的熟肉制品类型为预包装、非真空、短保质期4~30 d的冷藏熟肉制品。不同人群患病风险估

计显示, 对于高风险人群, 包括孕妇和65岁及以上健康人群, 每餐通过食用熟肉制品患李斯特菌病概率明显高于5~<65岁健康人群。孕妇最为易感, 比5~<65岁健康人群患病概率高2个数量级。

敏感性分析发现, 对于预包装非真空熟肉制品, 零售

时LM的初始污染水平是影响患李斯特菌病最重要的因素。该类食品非真空包装,保质期短,若发生LM污染,在较短贮存时间内LM生长缓慢,食用时食品中LM的总量与初始污染水平密切相关。该结果与散装即食食品敏感性分析结果较为一致^[23]。散装即食食品无预包装,贮存时间更短,其最终污染水平主要源于初始污染。因此对于本研究关注的熟肉制品,最主要的控制措施是减少零售时产品中LM的初始污染水平。

减少初始污染水平主要依赖食品加工厂生产环境的微生物控制^[29]。LM具有在不利环境条件下的生存能力以及以生物膜的形式在食品加工设备表面定植的能力,可在食品加工环境中持续存在,被认为是即食食品污染的主要来源^[30-31]。因此,食品加工厂应定期对生产环境、操作台和机器等食品接触表面进行消毒,遵守良好生产规范和危害分析关键控制点,各环节严格把控,从源头加强卫生管理,从而降低食源性疾病的风险。

零售温度和零售时长也是影响李斯特菌患病率的重要因素。根据美国食品安全检验局(FSIS)建议,即食食品温度保持在5.0℃或以下,可以预防约9%因熟肉制品制作环节污染而导致的李斯特菌病。因此,零售熟食店应严格控制即食熟肉制品的贮存温度不超过5.0℃。冷藏温度下LM能够缓慢生长,零售店对于预包装即食熟肉制品应严格按照规定的保质期销售。对于消费者,购买后应尽快食用或尽快冷藏贮存,缩短贮存时间,保证在保质期内食用;孕妇人群食用前应彻底加热,也能够有效减少李斯特菌病的发生^[32-33]。相关部门应定期面向消费者(尤其高风险人群)和食品生产厂家进行科普宣传和风险提示,不断提高大众对于LM及其健康风险的认知。

微生物定量风险评估涉及多个模型和参数。由于部分参数缺失,本次评估采用了假设数据,这可能引入一定的不确定性。此外,由于缺乏针对我国特定数据的单增李斯特菌剂量-反应模型,参考的国外模型可能不完全适用于我国居民的患病风险计算。与此同时,预包装冷藏即食熟肉制品种类繁多、工艺配方各异,单一的生长模型难以准确描述单增李斯特菌在不同条件下的生长行为。因此,针对本评估中的不确定性,建议在未来的研究中补充和完善相关数据和模型,以确保评估数据的可靠性和准确性,从而提升评估结果的精确性。

本研究为成都市相关部门制定预包装非真空短保质期熟肉制品中LM相关风险管理措施提供科学基础,也为国内其他城市制定管理措施提供参考依据。

* * *

作者贡献声明 刘肖负责论文构思、研究方法、初稿写作和审读与编辑

写作,孙宏虎负责论文构思、调查研究和研究项目管理,王翔负责正式分析、研究方法、可视化和初稿写作,刘丽莎负责论文构思和经费获取,郭婷负责研究方法和可视化,孙悦负责研究方法和可视化,王军负责初稿写作和审读与编辑写作,白莉负责研究项目管理、提供资源、监督指导、初稿写作和审读与编辑写作。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表的版本进行最终定稿,并同意对工作的所有方面负责。

Author Contribution LIU Xiao is responsible for conceptualization, methodology, writing--original draft, and writing--review and editing. SUN Honghu is responsible for conceptualization, investigation, and project administration. WANG Xiang is responsible for formal analysis, methodology, visualization, and writing--original draft. LIU Lisha is responsible for conceptualization and funding acquisition. GUO Ting is responsible for methodology and visualization. SUN Yue is responsible for methodology and visualization. WANG Jun is responsible for writing--original draft and writing--review and editing. BAI Li is responsible for project administration, resources, supervision, writing--original draft, and writing--review and editing. All authors approved the final version to be published and agreed to take responsibility for all aspects of the work. All authors consented to the submission of the article to the Journal.

利益冲突声明 本文作者白莉是本刊编委会编委。该文在编辑评审过程中所有流程严格按照期刊政策进行,且未经其本人经手处理。除此之外,所有作者均声明不存在利益冲突。

Declaration of Conflicting Interests BAI Li is a member of the Editorial Board of the journal. All processes involved in the editing and reviewing of this article were carried out in strict compliance with the journal's policies and there was no inappropriate personal involvement by the author. Other than this, all authors declare nocompeting interests.

参 考 文 献

- [1] FOTOPOULOU E T, JENKINS C, PAINSET A, *et al.* *Listeria monocytogenes*: the silent assassin. *J Med Microbiol*, 2024, 73(3): 001800. doi: 10.1099/jmm.0.001800.
- [2] SCHLECH W F. Epidemiology and clinical manifestations of *Listeria monocytogenes* infection. *Microbiol Spectr*, 2019, 7(3): 10.1128/microbiolspec.gpp3-0014-2018. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0014-2018.
- [3] TANUI C K, BENEFO E O, KARANTH S, *et al.* A machine learning model for food source attribution of *Listeria monocytogenes*. *Pathogens*, 2022, 11(6): 691. doi: 10.3390/pathogens11060691.
- [4] FILIPELLO V, MUGHINI-GRAS L, GALLINA S, *et al.* Attribution of *Listeria monocytogenes* human infections to food and animal sources in Northern Italy. *Food Microbiol*, 2020, 89: 103433. doi: 10.1016/j.fm.2020.103433.
- [5] OLIVERIA REIS J, CARVALHO TEIXEIRA L A, CUNHA-NETO A, *et al.* *Listeria monocytogenes* in beef: a hidden risk. *Res Microbiol*, 2024, 175(7): 104215. doi: 10.1016/j.resmic.2024.104215.
- [6] Dos SANTOS J S, BIDUSKI B, Dos SANTOS L R. *Listeria monocytogenes*: health risk and a challenge for food processing establishments. *Arch Microbiol*, 2021, 203(10): 5907-5919. doi: 10.1007/s00203-021-02590-2.
- [7] LOPEZ-VALLADARES G, DANIELSSON-THAM M L, THAM W. Implicated food products for listeriosis and changes in serovars of *Listeria*

- monocytogenes* affecting humans in recent decades. Foodborne Pathog Dis, 2018, 15(7): 387-397. doi: 10.1089/fpd.2017.2419.
- [8] 李薇薇, 郭云昌, 占利, 等. 2017年中国即食食品中单核细胞增生李斯特菌的分子流行病学特征. 中华预防医学杂志, 2020, 54(2): 175-180. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2020.02.012.
- LI W W, GUO Y C, ZHAN L, *et al.* Molecular epidemiology of *Listeria monocytogenes* isolated from ready-to-eat food in 2017 in China. Chi J Prev Med, 2020, 54(2): 175-180. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2020.02.012.
- [9] SAMPEDRO F, PEREZ-RODRIGUEZ F, SERVADIO J, *et al.* Quantitative risk assessment model to investigate the public health impact of varying *Listeria monocytogenes* allowable levels in different food commodities: a retrospective analysis. Int J Food Microbiol, 2022, 383: 109932. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109932.
- [10] EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ); RICCI A, ALLENDE A, *et al.* *Listeria monocytogenes* contamination of ready-to-eat foods and the risk for human health in the EU. EFSA J, 2018, 16(1): e05134. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5134.
- [11] FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ N F, RUIZ-MONTERO R, BRIONES E, *et al.* Listeriosis outbreak caused by contaminated stuffed pork, Andalusia, Spain, July to October 2019. Euro Surveill, 2022, 27(43): 2200279. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2022.27.43.2200279.
- [12] Centers for Disease Control and Prevention. *Listeria* outbreak linked to meats sliced at delis. [2024-09-25]. <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/delimeats-7-24.html>.
- [13] 张玲, 陈曦, 罗丽娟, 等. 一起单增李斯特菌引起新生儿败血症的溯源研究. 疾病监测, 2018, 33(11): 936-939. doi: 10.3784/j.issn.1003-9961.2018.11.013.
- ZHANG L, CHEN X, LUO L J, *et al.* Infection source of a neonatal sepsis case caused by *Listeria monocytogenes*. Dis surveill, 2018, 33(11): 936-939. doi: 10.3784/j.issn.1003-9961.2018.11.013.
- [14] 封会茹, 石婧, 陈倩, 等. 单增李斯特菌感染一例患者的病因溯源. 疾病监测, 2020, 35(1): 81-85. doi: 10.3784/j.issn.1003-9961.2020.01.018.
- FENG H R, SHI J, CHEN Q, *et al.* Etiological analysis of a patient with *Listeria monocytogenes* infection. Dis surveill, 2020, 35(1): 81-85. doi: 10.3784/j.issn.1003-9961.2020.01.018.
- [15] NIU Y L, WANG C, LIU Y Z, *et al.* Pre-packaged cold-chain ready-to-eat food as a source of sporadic listeriosis in Beijing, China. J Infect, 2024, 89(4): 106254. doi: 10.1016/j.jinf.2024.106254.
- [16] NG S, SHAO S Y, LING N. Food safety risk-assessment systems utilized by China, Australia/New Zealand, Canada, and the United States. J Food Sci, 2022, 87(11): 4780-4795. doi: 10.1111/1750-3841.16334.
- [17] BAI L, WANG J, SUN H H, *et al.* Quantitative microbiological risk assessment of nontyphoidal *Salmonella* in ground pork in households in Chengdu, China. Risk Anal, 2023, 43(6): 1097-1114. doi: 10.1111/risa.13998.
- [18] BURCH T R, STOKDYK J P, RICE N, *et al.* Statewide quantitative microbial risk assessment for waterborne viruses, bacteria, and protozoa in public water supply wells in Minnesota. Environ Sci Technol, 2022, 56(10): 6315-6324. doi: 10.1021/acs.est.1c06472.
- [19] MATARAGASA M, ZWIETERING M H, SKANDAMIS P N. Quantitative microbiological risk assessment as a tool to obtain useful information for risk managers-specific application to *Listeria monocytogenes* and ready-to-eat meat products. Int J Food Microbio, 2010, 141: S170-S179. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.005.
- [20] HADJICHARALAMBOUS C, GRISPOLDI L, CHALIAS T, *et al.* A quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* from prevalence and concentration data: application to a traditional ready to eat (RTE) meat product. Int J Food Microbiol, 2022, 379: 109843. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109843.
- [21] ROCOURT J, BENEMBAREK P, TOYOFUKU H, *et al.* Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods: the FAO/WHO approach. FEMS Immunol Med Microbiol, 2003, 35(3): 263-267. doi: 10.1016/S0928-8244(02)00468-6.
- [22] 田静, 樊永祥, 刘秀梅. 散装熟肉制品中单核细胞增生李斯特菌的定量风险评估. 中华预防医学杂志, 2011, 45(6): 537-542. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2011.06.014.
- TIAN J, FAN Y X, LIU X M, *et al.* Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in bulk cooked meat products. Chin J Prev Med, 2011, 45(6): 537-542. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2011.06.014.
- [23] 田静. 熟肉制品中单增李斯特菌的风险评估及风险管理措施的研究. 北京: 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所, 2010.
- TIAN J. Study on risk assessment of *Listeria monocytogenes* in cooked meat and risk management measures. Beijing: National Institute for Nutrition and Health, 2010.
- [24] 蔡炯, 陈潇, 朱虹霖, 等. 成都市冷藏即食预包装熟肉制品中单核细胞增生李斯特菌定量检测及污染风险研究. 中国食品卫生杂志, 2024, 36(4): 426-432. doi: 10.13590/j. cjfh.2024.04.010. doi: 10.13590/j. cjfh.2024.04.010.
- CAI J, CHEN X, ZHU H L, *et al.* Research on quantitative and contamination level of *Listeria monocytogenes* from pre-packaged refrigerated ready-to-eat meat in Chengdu City. Chin J Food hyg, 2024, 36(4): 426-432. doi: 10.13590/j. cjfh.2024.04.010.
- [25] JARVIS B. Sampling for microbiological analysis. Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen Publishers, 2000.
- [26] 王凯, 叶可萍, 白红武, 等. 冷却猪肉中单增李斯特菌的定量暴露评估. 食品科学, 2016, 37(11): 79-83. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201611014.
- WANG K, YE K P, BAI H W, *et al.* Quantitative exposure assessment of *Listeria monocytogenes* in chilled pork. Food Sci, 2016, 37(11): 79-83. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201611014.
- [27] 贾华云, 王晔茹, 王彝白纳, 等. 零售生鲜猪肉中沙门菌污染对居民健康影响的初步定量风险评估. 卫生研究, 2021, 50(4): 646-664. doi: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.04.018.
- JIA H Y, WANG Y R, WANG Y B N, *et al.* Preliminary quantitative risk assessment of the effect of *Salmonella* on human health in retail fresh pork. J Hyg Res, 2021, 50(4): 646-664. doi: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.04.018.
- [28] ZHU J, BAI Y, WANG Y R, *et al.* A risk assessment of salmonellosis

- linked to chicken meals prepared in households of China. Food Control, 2017, 79: 279-287. doi: 10.1111/j.1539-6924.2012.01796.x.
- [29] MEMBRE J M, BOUE J. Quantitative microbiological risk assessment in food industry: theory and practical application. Food Res Int, 2018, 106: 1132-1139. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.025.
- [30] FINN L, ONYEAKA H, O'NEILL S, *et al.* *Listeria monocytogenes* biofilms in food-associated environments: a persistent enigma. Foods, 2023, 12(18): 3339. doi: 10.3390/foods12183339.
- [31] OSEK J, WIECZOREK K. Why does *Listeria monocytogenes* survive in food and food-production environments? J Vet Res, 2023, 67(4): 537-544. doi: 10.2478/jvetres-2023-0068.
- [32] VOSSEN-WIJMENGA W P, BESTEN H M, ZWIETERING M H. Temperature status of domestic refrigerators and its effect on the risk of listeriosis from ready-to-eat (RTE) cooked meat products. Int J Food Microbiol, 2024, 413: 110516. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110516.
- [33] JOFRE A, LATORRE-MORATALLA M L, GARRIGA M, *et al.* Domestic refrigerator temperatures in Spain: assessment of its impact on the safety and shelf-life of cooked meat products. Food Res Int, 2019, 126: 108578. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108578.
- (2024 - 12 - 17收稿, 2025 - 01 - 10修回)
- 编辑 姜 恬
-  **开放获取** 本文使用遵循知识共享署名—非商业性使用 4.0国际许可协议(CC BY-NC 4.0), 详细信息请访问 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>。
- OPEN ACCESS** This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.
- © 2025 《四川大学学报(医学版)》编辑部
Editorial Office of Journal of Sichuan University (Medical Sciences)