

- [12] BERNHOFT A, TORP M, CLASEN P E, et al. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway [J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2012, 29 (7):1129-1140.
- [13] COVARELLI L, BECCARI G, PRODI A, et al. *Fusarium* species, chemotype characterisation and trichothecene contamin-

ation of durum and soft wheat in an area of central Italy [J]. J Sci of Food Agric, 2015, 95(3):540-551.

- [14] VALERIA S, GABRIELLA A, GASPARE C, et al. Climate, soil management, and cultivar affect *Fusarium* head blight incidence and deoxynivalenol accumulation in durum wheat of southern Italy [J]. Frontiers in Microbiology, 2016, 7:1014.

## 风险评估

# 食品微生物定量风险分级模型初探与验证

翟前前<sup>1</sup>, 朱江辉<sup>2</sup>, 方赤光<sup>1</sup>, 白光大<sup>1</sup>

(1. 吉林省疾病预防控制中心, 吉林 长春 130062; 2. 国家食品安全风险评估中心  
国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室, 北京 100022)

**摘要:**目的 构建吉林省食品微生物定量风险分级模型并进一步验证。方法 利用食物消费量、交叉污染和烹调行为等相关数据,以2014年吉林省食品微生物监测数据为例,通过风险矩阵对不同致病菌污染所致人群健康风险进行风险分级并利用 Risk Ranger 进一步验证。结果 通过分级模型发现调理生猪肉中存在沙门菌污染,乳与乳制品和三明治中单增李斯特菌污染存在中风险;发现41.67%的食源性疾病病例由沙门菌引起;中式凉拌素菜导致的食源性疾病人数最多,占有所有病例的69.06%;75.22%的食源性疾病病例是由于不完全烹调所致;经 Risk Ranger 进一步验证提出应对“调理生猪肉-沙门菌”组合优先进行风险评估,不完全烹调及其干预措施是评估的重点环节;根据年发病率推算,吉林省2700万人中,每年约有3.6万人发生食源性疾病。结论 吉林省食品微生物定量风险分级模型初步建立,但需要进一步修正模型参数,更加准确的估算发病率。

**关键词:**食品微生物;风险评估;风险分级;定量;模型;吉林

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2019)03-0259-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2019.03.014

## Preliminary investigation of quantitative food microbial risk ranking model and its verification

ZHAI Qianqian<sup>1</sup>, ZHU Jianghui<sup>2</sup>, FANG Chiguang<sup>1</sup>, BAI Guangda<sup>1</sup>

(1. Jilin Province Center for Disease Control and Prevention, Jilin Changchun 130062, China;  
2. NHC Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, China National Center for Food  
Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

**Abstract: Objective** To develop the quantitative food microbial risk ranking model in Jilin Province and further verify it. **Methods** Based on the real consumption data, parameters for cross-contamination and cooking habits, the food pathogen monitoring result from Jilin Province in 2014 was used as an example, a deterministic risk ranking model and matrix were used to prioritize the microbial hazards and food types combination, and Risk Ranger was used to further verify the risk. **Results** There was medium health risk caused by *Salmonella* in marinated raw pork and *Listeria monocytogenes* in milk and sandwich. 41.67% of the illness was salmonellosis and 69.06% of the cases were attributed to the Chinese vegetarian salad and 75.22% of the cases were caused by under cooked food. Risk Ranger further verified that priority should be given to the risk assessment of the “marinated raw pork-*Salmonella*” combination and under cooked food and interventions were the key aspects of the assessment. According to the annual incidence rate, about 36 000 people suffered from foodborne diseases each year among Jilin’s 27 million population. **Conclusion** A quantitative risk ranking model for

收稿日期:2019-03-04

基金项目:卫生行业科研专项项目(201302005)

作者简介:翟前前 女 主管医师 研究方向为食源性疾病负担 E-mail:80843286@qq.com

通信作者:白光大 男 主任医师 研究方向为食品安全 E-mail:baigd100@163.com

food microbial was preliminary developed in Jilin Province which needs further modification on the model parameters for more accurate estimation.

**Key words:** Food microbial; risk assessment; risk ranking; quantitative; model; Jilin

食品微生物污染所致食源性疾病负担严重,以沙门菌污染为例,我国沙门菌所致食源性疾病每年发病约 903.5 万人次,每年估计死亡 792 人<sup>[1]</sup>,由沙门菌引起的细菌性食源性疾病发病数在全国位居第二<sup>[2]</sup>,而在吉林省位居第一<sup>[3-4]</sup>。美国疾病预防控制中心估计,每年约有 4 800 万人患食源性疾病,12.8 万人住院,3 000 人死于食源性疾病;每年因沙门菌感染所致食源性疾病病例约 102.8 万人次,1.9 万人住院,378 人死亡<sup>[5]</sup>。

食品中微生物风险评估(MRA)已被国际食品法典委员会(CAC)确定为重要的工作领域<sup>[3-7]</sup>。食品安全风险分析是国际上解决食品安全问题的通行做法,其中风险评估是科学基础。

EVERS 等<sup>[8]</sup>基于 Microsoft Excel 构建了一个简单的“快速微生物定量风险评估(swift quantitative microbiological risk assessment, sQMRA)工具”。sQMRA 是从零售阶段开始,通过分析病原体繁殖和传播相关的关键(交叉污染和烹饪),最终获得该食品-病原体组合导致的感染率和发病人数。Risk Ranger 是一个简单的半定量食品安全风险计算工具,旨在帮助确定不同食品、病原体和加工组合的相对风险,有助于分析食源性疾病致病因素之间的相互作用,探讨降低风险的不同策略的影响和变化程度。Risk Ranger 作为一个成熟的风险计算器在澳大利亚

等国家应用广泛,我国上海市<sup>[9]</sup>和江苏省<sup>[10]</sup>等地近年来也利用其进行食品微生物风险评估。本研究以 2014 年吉林省食品微生物监测数据为基础,参照文献<sup>[11]</sup>sQMRA 模型中交叉污染和烹调参数,探讨吉林省食品微生物监测数据 sQMRA 模型试用情况,并应用 Risk Ranger 加以验证,以期提出吉林省需重点监管的食源性致病菌、食品以及优先需要开展定量评估的“食品-致病菌”组合的目录。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

食物消费量数据来自 2002 年中国居民营养与健康状况调查<sup>[12]</sup>,对于不同食源性致病菌的危害分级来自国际食品微生物标准委员会(ICMSF)对食源性致病菌或毒素的危害分级<sup>[13]</sup>,不同食品致病菌的最低感染剂量来自相关文献报道<sup>[14]</sup>,交叉污染与不完全烹调数据参照文献<sup>[11]</sup>,2014 年吉林省食品微生物污染数据和 2010—2016 年吉林省食源性疾病暴发事件数据来自国家食品安全风险监测网。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 模型参数选择

本研究应用的 sQMRA 和 Risk Ranger 分别有 11 个参数,具体参数来源、参数选择和参数计算见表 1。

表 1 sQMRA 和 Risk Ranger 参数来源

Table 1 Sources of sQMRA and Risk Ranger parameters

环节	sQMRA		Risk Ranger	
	参数	参数来源	参数	参数来源
摄食	年度消费份数,每份重量	—	消费频次,消费人群,人口数	—
零售污染	污染率,平均污染浓度	—	污染率	—
交叉污染	发生交叉污染百分比,每份传出率,每份传回率	专家启发法	加工过程,加工后再污染率,加工后控制有效性	致病微生物的危害特征
烹调加工	完全、不完全烹调和生食百分比,不同烹调方法下致病菌存活率	专家启发法	食用前准备	利用 sQMRA 烹调数据计算所得
剂量关系	致病的最低数量	文献检索	最初感染剂量增加几倍会引起消费者感染或中毒	利用 sQMRA 中半数致死量(ID50)/污染浓度计算所得
发病	不同致病菌的发病率	通过其他 10 个参数计算所得	—	—
危害严重程度	—	—	危害性,人群易感性	ICMSF 食源性致病菌危害分级

注:—表示没有参数或没有来源

#### 1.2.2 风险矩阵建立

本研究试用 sQMRA 时参照文献<sup>[11]</sup>研制的食品微生物风险分级矩阵,对 2014 年吉林省食品微生物监测数据进行风险分级,即矩阵列变量为不同食

源性致病菌的危害等级,矩阵行变量为每餐的疾病概率(目标人群通过特定食品暴露于目标致病菌而发生疾病的可能性)。应用 Risk Ranger 做验证时,不选择 Risk Ranger 评分而选择 Risk Ranger 结果部

分风险估计中的“每人每日的疾病概率”,因为 Risk Ranger 的每人每日的疾病概率与 sQMRA 的每餐疾病概率具有可比性,可以在风险矩阵中作为重要的变量使用;因此, Risk Ranger 矩阵列变量为不同食源性致病菌的危害等级,与 sQMRA 模型相同,矩阵行变量为每人每日的疾病概率。风险大小的评分=矩阵列变量(危害等级)计分×矩阵行变量(发病可能性)计分,按照风险评分的大小划分风险等级,风险矩阵见表 2。

表 2 食品微生物风险分级 sQMRA 和 Risk Ranger 矩阵

可能性等级(分值)	危害等级(分值)				
	极轻(1)	轻(2)	中(3)	高(4)	严重(5)
$\geq 1 \times 10^{-3}$ (5)	低(5)	中(10)	较高(15)	高(20)	高(25)
$1 \times 10^{-4} \sim < 1 \times 10^{-3}$ (4)	低(4)	中(8)	较高(12)	较高(16)	高(20)
$1 \times 10^{-5} \sim < 1 \times 10^{-4}$ (3)	极低(3)	低(6)	中(9)	较高(12)	较高(15)
$1 \times 10^{-6} \sim < 1 \times 10^{-5}$ (2)	极低(2)	低(4)	低(6)	中(8)	中(10)
$< 1 \times 10^{-6}$ (1)	极低(1)	极低(2)	极低(3)	低(4)	低(5)

注:可能性等级为 sQMRA 每餐的疾病概率或 Risk Ranger 每人每日的疾病概率

表 3 2014 年吉林省食品微生物监测结果

Table 3 Monitoring results of food microorganisms in Jilin Province in 2014

食品类别	检出率/%			
	单增李斯特菌	金黄色葡萄球菌	蜡样芽胞杆菌	沙门菌
早餐	4.23 (3/71)	2.47 (6/243)	30.34 (27/89)	0.00 (0/243)
午餐	2.08 (5/240)	4.17 (10/240)	25.32 (20/79)	0.42 (1/240)
外卖配送餐	3.75 (9/240)	4.17 (10/240)	24.47 (23/94)	0.42 (1/240)
调理肉制品(生肉添加调料)	20.65 (32/155)	16.77 (26/155)	—	2.58 (4/155)
冷冻肉糜制品	9.32 (11/118)	4.24 (5/118)	—	0.00 (0/118)
冷冻鱼糜制品	12.04 (13/108)	—	—	0.00 (0/108)
自制饮料和食用冰等	—	1.00 (1/100)	—	0.00 (0/100)
婴幼儿配方食品	—	—	38.89 (49/126)	—

注:括号中的数据为阳性样品份数/样品检测份数;—表示无此项数据;早餐包括三明治、乳与乳制品、粥等;午餐包括中式凉拌素菜、中式凉拌荤菜、米面制品、调味品酱及酱制品等

风险分级,结果为 1 份调理生猪肉受沙门菌污染,估计目标人群每消费 10 000 餐这种调理生猪肉,就会有 0.11 餐发生沙门菌食物中毒,发病的可能性为 3 分(估计每餐风险  $1.10 \times 10^{-5}$ ),ICMSF 将沙门菌的健康危害等级评分为对人群有严重危害,计 3 分,则风险分级得分为 9 分,为中风险。此外 sQMRA 模型提示,所有因食用调理生猪肉导致沙门菌食物中毒的病例,有 12.2% 是由于交叉污染造成的,有 87.8% 是由于不完全烹调造成的。同理,1 份乳与乳制品受单增李斯特菌污染,估计目标人群每消费 10 000 餐就有会 0.026 餐发生单增李斯特菌食物中毒,发病的可能性为 2 分(估计每餐风险  $2.60 \times 10^{-6}$ ),ICMSF 将单增李斯特菌的健康危害等级评分为对特定人群有极严重危害,计 4 分,则风险分级得分为 8 分,为中风险,所有因食用乳与乳制品导致单

### 1.3 数据整理和统计学分析

sQMRA 模型的数据分析用 Microsoft Excel 2010 计算完成,污染率、消费量、交叉污染、烹调加工和致病菌最低感染剂量等数据库的建立参考文献 [11],利用 Excel 的 vlookup 函数引用参数,计算公式参考文献 [8]。Risk Ranger 是 Microsoft Excel 风险计算器,本研究利用其风险估计结果部分的“每人每日的疾病概率”。

## 2 结果

### 2.1 2014 年吉林省食品微生物监测结果

2014 年吉林省食品微生物监测共采集 8 种类别食品,检测项目包括沙门菌、单核细胞增生李斯特菌(以下简称单增李斯特菌)、金黄色葡萄球菌和蜡样芽胞杆菌,结果见表 3。

### 2.2 sQMRA 模型试用及 Risk Ranger 验证

#### 2.2.1 评估风险等级并验证

采用 sQMRA 模型推算 2014 年吉林省食品微生物监测的食品中致病菌污染对人群健康影响的

增李斯特菌食物中毒的病例,均是由于不完全烹调造成的。1 份三明治受单增李斯特菌污染,估计目标人群每消费 10 000 餐就有会 0.011 餐发生单增李斯特菌食物中毒,发病的可能性为 2 分(估计每餐风险  $1.10 \times 10^{-6}$ ),健康危害等级评分计 4 分,则风险分级得分为 8 分,为中风险,所有因食用三明治导致单增李斯特菌食物中毒的病例,有 2.2% 是由于交叉污染造成的,有 97.8% 是由于不完全烹调造成的,见表 4。

采用 Risk Range 推算 2014 年吉林省食品微生物监测食品中致病菌污染对人群健康影响的风险,根据“每人每日的疾病概率”和 ICMSF 定义的危害严重程度建立的风险矩阵推算,结果为沙门菌污染的中式凉拌素菜风险分级 9 分,中风险;沙门菌污染的调理生猪肉 9 分,中风险。

表 4 2014 年吉林省食品微生物监测 sQMRA 定量风险分级模型推算结果

Table 4 Estimation of quantitative risk classification model of food microorganism monitoring sQMRA in Jilin Province in 2014

食品	致病菌 (危害等级分值)	污染率 /%	估计每餐风险 (可能性分值)	估计	估计吉林省	风险 矩阵	风险 等级	风险 范围	交叉污 染造成 的比例 /%	不完全 烹调造 成的比 例/%	
				68 959 人 一年中导 致的病 例数	发 病 率/年 十万						2 700 万人 一年中导 致的病 例数
调理生猪肉	沙门菌(3分)	11.76	1.10×10 <sup>-5</sup> (3分)	0.57	0.82	221.32	9	中	极低-较高	12.2	87.8
乳与乳制品	单增李斯特菌(4分)	15.00	2.60×10 <sup>-6</sup> (2分)	3.05	4.42	1 194.27	8	中	低-高	0.0	100.0
	蜡样芽胞杆菌(2分)	36.84	1.50×10 <sup>-5</sup> (3分)	18.14	26.30	7 102.19	6	低	极低-中	0.0	100.0
三明治	单增李斯特菌(4分)	20.00	1.10×10 <sup>-6</sup> (2分)	0.41	0.59	158.92	8	中	低-高	2.2	97.8
调味品酱及酱制品	沙门菌(3分)	1.25	1.70×10 <sup>-6</sup> (2分)	1.72	2.49	672.47	6	低	极低-较高	0.0	100.0
中式凉拌素菜	沙门菌(3分)	0.51	4.50×10 <sup>-6</sup> (2分)	35.44	51.40	13 877.88	6	低	极低-较高	34.6	65.4

注:sQMRA 风险矩阵中,4分低风险以下者未列出;68 959 人为 2002 年中国居民营养与健康状况调查的总人数

在 sQMRA 和 Risk Ranger 两个不同矩阵中有一个相同的“食品-致病菌”组合的风险等级最高(9分),为“调理生猪肉-沙门”组合,中风险。在两个矩阵建立时,是基于相同的思路,即矩阵的列变量依据 ICMSF 定义的不同食源性致病菌的危害等级,矩阵的行变量为模型中目标人群通过特定食品暴露于目标致病菌而发生疾病的可能性。两个矩阵中,只有矩阵的行变量是来自模型推算的结果,因此,只有当二者推算结果相似时,才会推

算出相同的矩阵行变量分值,从而得出相同的矩阵乘数,即风险等级。但是,在 sQMRA 和 Risk Ranger 两个不同矩阵中有更多“食品-致病菌”组合的风险等级不同,其原因可能与二者参数的侧重点不同有关。sQMRA 中食物消费量是具体值, Risk Ranger 中消费频次和消费人数是范围值。此外 sQMRA 更加重视对交叉污染和烹调的关注,而 Risk Ranger 则更加关注加工过程,两个风险矩阵结果比较见表 5。

表 5 sQMRA 和 Risk Ranger 风险矩阵推算结果比较

Table 5 Comparison of sQMRA and Risk Ranger risk matrix estimation

食品	致病菌 (危害等级分值)	污染率 /%	sQMRA				Risk Ranger			
			估计每餐风险 (可能性分值)	风险 矩阵	风险 等级	交叉污染 造成的比 例/%	不完全烹 调造成的 比例/%	每人每日的 疾病概率 (危害等级分值)	风险 矩阵	风险 等级
调理生猪肉	沙门菌(3分)	11.76	1.10×10 <sup>-5</sup> (3分)	9	中	12.2	87.8	2.16×10 <sup>-5</sup> (3分)	9	中
乳与乳制品	单增李斯特菌(4分)	15.00	2.60×10 <sup>-6</sup> (2分)	8	中	0.0	100.0	9.15×10 <sup>-7</sup> (1分)	4	低
	单增李斯特菌(4分)	20.00	1.10×10 <sup>-6</sup> (2分)	8	中	2.2	97.8	2.31×10 <sup>-8</sup> (1分)	4	低
中式凉拌素菜	沙门菌(3分)	0.51	4.50×10 <sup>-6</sup> (2分)	6	低	34.6	65.4	3.15×10 <sup>-5</sup> (3分)	9	中

注:sQMRA 和 Risk Ranger 风险矩阵中,均为低风险以下者未列出

### 2.2.2 估算疾病负担并验证

sQMRA 可以估算目标人群在一年时间内,通过食用监测发现的受污染的食品而发生食源性疾病的总人数,根据 2014 年吉林省监测结果,估计可以导致 68 959 人(2002 年中国居民营养与健康状况调查的总人数,sQMRA 模型中食品消费量数据的来源)中,每年有 92 人次发生食源性疾病。根据年发病率推算,吉林省 2 700 万人中,每年约有 3.6 万人可能发生食源性疾病。sQMRA 属于定量的风险分级模型,是确定性方法,因此估算疾病负担时,其结果是一个值而不是一个范围,这与概率评估方法是不同的。

Risk Ranger 根据 2014 年吉林省监测结果,估计可以导致 68 959 人中,每年有 1 500 人次发生食源性疾病。根据年发病率推算,吉林省 2 700 万人中,每年约有 59 万人发生食源性疾病。在 sQMRA

和 Risk Ranger 推算结果的比较中,对于疾病负担的估计是相差最大的, Risk Ranger 推算的年发病人数是 sQMRA 的 16 倍,二者对于疾病负担的推算均有不足:sQMRA 各个参数输入的是具体数值,消费量、食品污染率、交叉污染率、烹调情况是来自监测和专家启发法调查所得具体数值,但是,由于缺少加工过程的相关数据,sQMRA 对疾病负担的推算可能存在低估; Risk Ranger 各个参数输入值是一个范围,例如“消费人群”,即食消费人群比例不足 0.01%,在 Risk Ranger 中也将输入为 5%,这样就大大高估了食物消费量,在疾病负担的推算中必然存在高估。

### 2.2.3 发现高危致病菌并验证

按照不同的食源性致病菌进行分类,sQMRA 发现 41.67%的病例为沙门菌食物中毒,第二为金黄色葡萄球菌食物中毒,第三位为蜡样芽胞杆菌食物

中毒。

Risk Ranger 发现 56.84% 的病例为沙门菌食物中毒,第二为蜡样芽胞杆菌食物中毒,第三位为金黄色葡萄球菌食物中毒。经 sQMRA 和 Risk Ranger 的推算,沙门菌为 2014 年吉林省应重点监管的食源性致病菌,其次为金黄色葡萄球菌和蜡样芽胞杆菌,见表 6。

表 6 sQMRA 和 Risk Ranger 推算高危致病菌比较

致病菌	sQMRA		Risk Ranger	
	食物中毒病 例占比/%	估计吉林省 病例数	食物中毒病 例占比/%	估计吉林省 病例数
沙门菌	41.67	15 108.55	56.84	333 848.72
金黄色葡萄球菌	30.53	11 068.97	5.41	31 749.49
蜡样芽胞杆菌	22.08	8 005.91	37.66	221 188.53
单增李斯特菌	5.72	2 072.53	0.10	605.16

注:食物中毒病例占比<0.10%的致病菌未列出

#### 2.2.4 发现高危食品并验证

同样按照不同食品类别分类,sQMRA 发现中式凉拌素菜导致的食源性疾病人数最多,占到所有病例的 69.06%,第二为乳与乳制品,第三为米面制品。

Risk Ranger 发现受污染的中式凉拌素菜导致的食源性疾病人数最多,占到所有病例的 57.44%,第二为粥,第三为米面制品。经 sQMRA 和 Risk Ranger 的推算,中式凉拌素菜为 2014 年吉林省应重点监管的食品类别,见表 7。

表 7 sQMRA 和 Risk Ranger 推算高危食品比较

Table 7 Comparisons of sQMRA and Risk Ranger in estimating high risk foods

食品	sQMRA		Risk Ranger	
	食物中毒 病例占比 /%	估计吉林 省病例数	食物中毒 病例占比 /%	估计吉林 省病例数
中式凉拌素菜	69.06	25 040.24	57.44	337 421.11
乳与乳制品	22.88	8 296.45	1.20	7 028.09
米面制品	2.21	802.15	5.07	29 797.30
调味品酱及酱制品	1.85	672.47	1.67	9 827.58
中式凉拌荤菜	1.33	482.77	0.00	26.32
粥	0.44	158.30	31.53	185 197.00
调理生猪肉	0.65	235.28	1.82	10 666.57

注:食物中毒病例占比<1.00%的食品未列出

#### 2.2.5 提出应当优先评估的食品-致病菌组合

经 sQMRA 和 Risk Ranger 的推算,按照风险分级的大小,应当优先对中风险的“调理生猪肉-沙门菌”组合开展定量风险评估,发现污染源和评估潜在的干预措施效果。

#### 2.2.6 确定风险评估的重点环节

sQMRA 提示,75.22% 的食源性疾病病例是由于不完全烹调所致,24.78% 的病例因交叉污染所

致,因此不完全烹调及其干预措施是下一步风险评估的重点。

#### 2.2.7 控制污染率对风险的影响

在 sQMRA 中对中风险的食品污染率进行调整,调理生猪肉的沙门菌污染率从 11.76% 降到 11.10% 时,“调理生猪肉-沙门菌”风险等级从中风险降为低风险;乳与乳制品的单增李斯特菌污染率从 15.00% 降到 5.70% 时,“乳与乳制品-单增李斯特菌”风险等级从中风险降为低风险;三明治的单增李斯特菌污染率从 20.00% 降到 17.00% 时,“三明治-单增李斯特菌”风险等级从中风险降为低风险;因此,将污染率控制在一定范围,可降低风险。

#### 2.3 食源性致病菌所致暴发事件的历年水平

2010—2016 年吉林省调查处置的微生物性食源性疾病暴发事件中,沙门菌感染事件最多(5 起),其次为金黄色葡萄球菌及其毒素和副溶血性弧菌(各 3 起),其中沙门菌感染暴露人数最多(1 085 人),肺炎克雷杆菌感染发病人数和住院人数最多,分别为 276 和 129 人。从食源性疾病暴发事件原因看,以加工不当和交叉污染为主,见表 8。sQMRA 所推算出的结果与食源性疾病暴发事件的实际情况相吻合。

### 3 讨论

食品中致病菌污染所导致的食源性疾病是全球性的公共卫生问题。食品安全风险分析是全球解决食品安全问题的通行做法,其中食品安全风险评估是科学核心。但是目前国际上没有通用的风险分级方法<sup>[15]</sup>,本研究依托定量风险分级模型 sQMRA,利用食品微生物监测数据和居民食物消费量数据,参考相关研究<sup>[11]</sup>的交叉污染和烹调行为等参数,弥补了定性分级模型不够精确<sup>[16-17]</sup>的缺陷,构建了吉林省食品微生物定量风险分级模型。以 2014 年吉林省食品微生物监测数据为例,推算出需要重点监管沙门菌造成的污染,以及加强对中式凉拌素菜等高危食品的监管;提出需要优先评估的“调理生猪肉-沙门菌”组合,以发现污染来源、评估潜在干预措施。通过与历年食源性疾病暴发事件比较发现,沙门菌为吉林省主要食源性致病菌,其次为金黄色葡萄球菌。但是,由于食源性疾病监测不可避免的受到漏报的影响,所以与食品微生物监测结果之间的联系不够紧密。此外,利用 sQMRA 模型进行风险分级时需要注意,任何“食品-致病菌”组合的风险等级均受微生物危害等级、污染率和消费量的影响,在危害等级分数固定时(例如

表8 2010—2016年吉林省微生物性食源性疾病暴发事件统计

Table 8 Statistics of outbreaks of microbial foodborne diseases in Jilin Province from 2010 to 2016

序号	发病时间	暴发场所	事件原因	病原体	暴露人数	发病人数	住院人数
1	2010-09-16	学校食堂	加工不当	肠侵袭性大肠埃希菌(EIEC)	883	172	126
2	2011-05-15	宾馆饭店	加工不当、存储不当、交叉污染	金黄色葡萄球菌及其毒素	500	18	0
3	2012-01-03	农村招待餐厅	加工不当	沙门菌	245	22	22
4	2012-06-26	宾馆饭店	加工不当、交叉污染	副溶血性弧菌	430	26	26
5	2012-07-04	托幼机构食堂	原因不明	肺炎克雷氏杆菌	1 000	276	129
6	2013-05-02	单位食堂	加工不当、存储不当、交叉污染	金黄色葡萄球菌及其毒素	128	16	3
7	2013-07-09	瓜田地	加工不当、原料污染	变形杆菌	6	2	1
8	2015-10-18	农村宴席	存储不当、交叉污染	沙门菌	200	46	19
9	2016-07-09	学校食堂	原料(辅料)污染或变质、加工不当、存储不当	金黄色葡萄球菌及其毒素	60	6	0
10	2015-08-26	宾馆饭店	加工不当	沙门菌	160	16	3
11	2016-04-11	学校	存储不当	副溶血性弧菌	4	4	0
12	2016-07-12	农村宴席	加工不当	副溶血性弧菌	300	17	0
13	2016-07-18	农村宴席	加工不当	变形杆菌	700	23	0
14	2016-08-09	农村宴席	加工不当	沙门菌	220	26	0
15	2016-08-07	农村宴席	加工不当	沙门菌	260	17	0
16	2016-09-02	家庭	存储不当	蜡芽芽胞杆菌	3	2	2
合计	—	—	—	—	5 099	689	331

注:—为该项不进行合计

沙门菌3分,单增李斯特菌4分),污染率高、消费量高的食品,其估计每餐风险(可能性分值)就高,则其风险等级(乘积)就高。但是“食品-致病菌”组合风险等级高,并不代表该食品就是高危食品,以本研究中的中式凉拌素菜和乳与乳制品为例,“乳与乳制品-单增李斯特菌”组合为中风险(8分),“中式凉拌素菜-沙门菌”组合为低风险(6分),中式凉拌素菜的消费量和每餐的风险均高于乳与乳制品,但是两者在风险矩阵中的行变量赋值属于同一个数量级,由于单增李斯特菌和沙门菌对人群健康的危害不同,因此“中式凉拌素菜-沙门菌”组合的风险分级低于“乳与乳制品-单增李斯特菌”组合。另一方面,sQMRA模型估算的高危食品是中式凉拌素菜,这与其消费量高、消费频率高和每餐风险有关,该种食品除受沙门菌污染外,也受到金黄色葡萄球菌、单增李斯特菌等致病菌的污染,美国多起食源性疾病暴发事件均由受污染的蔬菜沙拉(生豆芽、黄瓜)等引起<sup>[18-19]</sup>。

本研究采用了sQMRA这种快速微生物定量风险评估工具推算风险分级,并应用Risk Ranger这种半定量风险分级工具进行验证,验证效果较好,二者推算出相同的高危致病菌、高危食品和应当优先评估的“食品-致病菌”组合,但在对疾病负担的推算中,存在sQMRA低估疾病负担和Risk Ranger高估疾病负担的情况,因此,在未来的工作中,应对模型参数作进一步校正。

本研究提出的风险分级模型存在以下不确定性:(1)吉林省食品微生物监测范围窄,污染率代表性差,全年仅对冷冻鱼糜制品进行副溶血性弧菌污

染的监测,无法代表水产品副溶血性弧菌的污染水平,因而无法对“水产品-副溶血性弧菌”食品组合进行风险分级;(2)吉林省未进行食物消费量调查,应用2002年全国消费量调查数据,不能完全代表吉林省居民的消费情况,并且与现阶段居民的消费量和消费模式可能存在较大的差异;(3)sQMRA模型中的污染率考虑的是集中趋势,而非离散趋势,例如污染率为10%,sQMRA模型无法区分是10份样品中1份被污染,还是100份样品中10份被污染;sQMRA模型参数中未涉及保存方法和保质期等相关内容;(4)食源性疾病漏报严重,现有的暴发监测和疾病监测的数据代表性差,与食品微生物监测数据的联系不够紧密。

尽管如此,本研究充分利用了食品微生物污染的定性数据,初步实现了发现需要重点监管的致病菌、食品以及需要优先开展评估的“食品-致病菌”组合的功能,将监测和评估以模型的形式连接起来。

## 参考文献

- [1] 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疾病负担[J].中华疾病控制杂志,2011,15(7):622-625.
- [2] 毛雪丹,胡俊峰,刘秀梅.2003—2007年中国1 060起细菌性食源性疾病流行病学特征分析[J].中国食品卫生杂志,2010,22(3):224-228.
- [3] 刘璐,白光大,邢扬,等.2013年吉林省食源性疾病监测分析[J].实用预防医学,2015,22(7):886-889.
- [4] 翟前前,赵勇,尹非,等.2013—2015年吉林省食源性疾病流行病学特征分析[J].中国食品卫生杂志,2016,28(5):589-593.
- [5] ELAINE S, ROBERT M H, FREDERICK J A, et al. Foodborne

- illness acquired in the United States—major pathogens [J]. *Emerging Infectious Diseases Journal*, 2011, 17(1):7-15.
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/World Health Organization (WHO). Hazard characterization for pathogens in food and water [EB/OL]. 2003 [2019-02-03]. <http://www.who.int/foodsafety/publications/pathogen/en/>.
- [7] Codex Alimentarius Commission (CAC). Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment, CAC/GL30-1999 [EB/OL]. 1999 [2019-02-03]. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/list-of-stand-ards/en/>.
- [8] EVERS E G, CHARDON J E. A swift quantitative microbiological risk assessment (sQMRA) tool [J]. *Food Control*, 2010, 73(21):319-330.
- [9] 刘弘, 顾其芳, 吴春峰, 等. 生乳中金黄色葡萄球菌污染半定量风险评估研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2011, 23(4):293-296.
- [10] 吴云凤, 袁宝君. 零售鸡肉中沙门氏菌的半定量风险评估研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(12):4157-4162.
- [11] 朱江辉, 宋筱瑜, 王晔茹, 等. 我国食品微生物定量风险分级模型初探与应用[J]. *中国食品卫生杂志*, 2016, 28(4):516-522.
- [12] 杨晓光, 孔灵芝, 翟凤英, 等. 中国居民营养与健康状况调查的总体方案[J]. *中华流行病学杂志*, 2005, 26(7):471-474.
- [13] 国际食品微生物标准委员会. 微生物检验与食品安全控制 [M]. 刘秀梅, 陆苏彪, 田静, 等, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2012.
- [14] FDA. Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook [EB/OL]. 2012 [2019-02-03]. <http://www.fda.gov/food/foodborneillnesscon-taminants/causesofillnessbadbugbook/default.htm>.
- [15] 宋晓红, 乔玫, 刘晔. 2010年山西省食品中食源性致病菌监测分析[J]. *中国食品卫生杂志*, 2013, 25(4):374-377.
- [16] EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific opinion on the development of a risk ranking framework on biological hazards [R]. *EFSA Journal*, 2012, 10(6):2724-2788.
- [17] 朱江辉, 宋筱瑜, 王晔茹, 等. 食品微生物风险分级研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2015, 27(3):322-329.
- [18] Centers for Disease Control and Prevention. Multistate outbreak of *Salmonella* Montevideo infections linked to raw sprouts [EB/OL]. 2018 [2019-02-03]. <https://www.cdc.gov/salmonella/montevideo-01-18/index.html>.
- [19] Centers for Disease Control and Prevention. Multistate outbreak of *Salmonella* Saintpaul infections linked to imported cucumbers [EB/OL]. 2013 [2019-02-03]. <https://www.cdc.gov/salmonella/saintpaul-04-13/index.html>.

## 风险评估

# 江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐暴露风险评估

曾立爱<sup>1</sup>, 雍凌<sup>2</sup>, 肖潇<sup>2</sup>, 刘兆平<sup>2</sup>, 丁晟<sup>1</sup>, 刘成伟<sup>1</sup>, 程慧健<sup>1</sup>, 宋雁<sup>2</sup>

(1. 江西省疾病预防控制中心, 江西 南昌 330029;

2. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022)

**摘要:**目的 评估江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐的暴露水平和潜在健康风险。方法 利用2012—2016年江西省食品中山梨酸及其钾盐含量数据、2016年江西省居民食物消费量调查数据, 采用简单分布评估法计算江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐的暴露水平, 并进行健康风险评估。结果 江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐每日平均暴露量及每日高暴露量(P95)分别为0.031和0.085 mg/kg BW, 分别占暂定组每日允许摄入量(ADI, 3 mg/kg BW)的1.03%和2.83%。西式糕点、大米制品、熟肉制品是江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐暴露的主要来源, 贡献率达到总膳食暴露量的75%以上。如果严格执行GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中关于山梨酸及其钾盐限量规定, 江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐每日平均暴露量和每日高暴露量分别下降25.7%~49.5%和14.5%~27.9%, 西式糕点、果蔬汁类饮料、新型豆制品则成为膳食中山梨酸及其钾盐暴露的主要来源。结论 目前江西省居民膳食中山梨酸及其钾盐暴露量对人群健康造成的风险较低, 处于可接受水平, 但仍有部分暴露来源于食品添加剂滥用, 需要关注。

**关键词:** 山梨酸; 山梨酸钾; 风险评估; 简单分布评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2019)03-0265-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2019.03.015

收稿日期: 2019-03-04

作者简介: 曾立爱 女 主管医师 研究方向为食品安全风险评估和食品毒理学 E-mail: yingyangshi\_821217@yeah.net

通信作者: 宋雁 女 研究员 研究方向为食品安全风险评估和食品毒理学 E-mail: songyan@cfsa.net.cn

程慧健 女 主任医师 研究方向为食品安全风险评估 E-mail: ejian2373@sina.com