

# 即食食品中单增李斯特菌的 半定量风险评估

董庆利, 郑丽敏, 党维鑫, 顾晓珺

(上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海 200093)

**摘要:**开展某市即食食品中单增李斯特菌的半定量风险评估,参照微生物风险评估程序,对单增李斯特菌开展了危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述。通过剂量反应关系推测易感人群和非易感人群由于摄入即食食品导致单增李斯特菌病的每年发病概率分别为 $3.71 \times 10^{-7}$ 和 $3.39 \times 10^{-9}$ 。基于2008~2011年监测各类生食蔬菜、生食水产品、菜肴(沙拉)等即食食品942组数据,构建了即食食品中单增李斯特菌的风险矩阵,由风险可能性和风险损失度计算得到易感人群通过摄入即食食品感染单增李斯特菌的风险等级属于五级风险等级中较小的一级,表明当地居民通过摄入即食食品感染单增李斯特菌病的风险较小。本文为构建完整单增李斯特菌风险评估体系提供理论参考。

**关键词:**即食食品,单增李斯特菌,半定量风险评估

## Semi-quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in RTE food

DONG Qing-li, ZHENG Li-min, DANG Wei-xin, GU Xiao-ting

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

**Abstract:** An semi-quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* was conducted for Ready-To-Eat (RTE) food in one city of China. Four steps, hazard identification, hazard characterization, exposure assessment and risk characterization, were applied for *L. monocytogenes* in RTE food. The result of dose-response relationship indicated that the probability of becoming ill each year from ingesting *L. monocytogenes* in RTE food was  $3.71 \times 10^{-7}$  and  $3.39 \times 10^{-9}$ , respectively for susceptible populations and normal populations. Moreover, the 2-dimensional risk matrix based on risk probability and risk loss was established for *L. monocytogenes* in RTE food, according to 942 data of RTE food which included fresh fruits and vegetables, aquatic products, salad, et al. It showed that risk level of *L. monocytogenes* in RTE food reached the lowest one of five levels. Local people might get listeriosis with lower risk from eating RTE food. The results could be referenced for complete establishment of *L. monocytogenes* risk assessment.

**Key words:** RTE food; *Listeria monocytogenes*; semi-quantitative risk assessment

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)11-0321-04

即食食品(Ready-To-Eat Food)包括生食蔬菜、生食水产品、菜肴(沙拉)等,是消费者日常食用特别是夏季常见的食品之一,由于未经高温灭菌,常导致消费者食物中毒现象的发生,其中因即食食品中食源性病原菌导致的食物中毒占有较大比例<sup>[1]</sup>。单增李斯特菌(*Listeria Monocytogenes*)是唯一能引起人畜疾病的李斯特菌,死亡率高达20%~70%<sup>[2]</sup>。近年来我国报道的食物中毒事件中常有单增李斯特菌检出,如2003年上海市362份食品中单增李斯特菌检出率为

19.3%<sup>[3]</sup>,2004~2005年北京市270份食品中单增李斯特菌检出率为21.5%<sup>[4]</sup>,其中包括生食蔬菜、水产品等即食食品。近十几年来,风险分析(风险评估、风险管理和风险交流)已经日趋成为改进食品控制体系的有效模式,其中风险评估是风险分析中以科学为依据的组成部分,微生物风险评估用来评估食源性病原物的风险特征。对于单增李斯特菌,联合国粮农组织和卫生组织(FAO/WHO)2004年完成了即食食品风险评估,美国2004~2009年完成了软奶酪、熏鱼及净菜中的定量风险评估。开展我国即食食品中单增李斯特菌风险评估十分必要。然而,由于我国单增李斯特菌监测信息并不完善,开展完整的定量风险评估较难。本文借助风险可能性和风险损失度构建的风险矩阵,开展即食食品中单增李斯特菌的半定量风险评估,为单增李斯特菌的风险管理提供参考。

收稿日期:2011-10-19

作者简介:董庆利(1979-),男,副教授,博士,研究方向:畜产品安全与质量控制。

基金项目:国家自然科学基金(308008640)。

## 1 数据来源与方法

### 1.1 即食食品中单增李斯特菌的监测数据

某市2008~2011年监测各类生食蔬菜、生食水产品、菜肴(沙拉)等即食食品942组数据。

### 1.2 风险评估步骤

参照食品法典委员会(CAC)拟定的微生物风险评估原则和指导方针,分为危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述。其中危害识别包括单增李斯特菌的生物学特征、毒理和流行病学等;危害特征描述包括单增李斯特菌的中毒特征、限量标准、剂量反应关系等;暴露评估包括即食食品的居民摄入量、风险矩阵构建等;风险特征描述包括风险等级评分等。

### 1.3 风险矩阵构建

参考刘清珺等<sup>[9]</sup>的研究方法,考虑的风险仅局限于即食食品中的食源性风险之一单增李斯特菌,并且假设食源性风险的来源唯一,且风险(R)分解为风险可能性(P)与风险损失度(S)的二元函数。用数学表达式可以表示为:

$$R=f(P, S)=\sqrt{(P^2+S^2)/2} \quad \text{式(1)}$$

式(1)中:风险可能性 $P \in [0, 5]$ ,风险损失度 $S \in [0, 5]$ 。本研究中可以风险监测数据在不同月份的结果评估单增李斯特菌导致危害的可能性(P),在不同场所的结果评估单增李斯特菌产生危害的损失度(S)。最后基于风险矩阵汇总不同月份、不同场所的风险分析值(R)。

1.3.1 风险可能性 基于2008~2011年的监测数据,对即食食品中单增李斯特菌的风险可能性进行评估,其公式如下:

$$P=H \times F \times (1+5E) \quad \text{式(2)}$$

式(2)中:P为即食食品中单增李斯特菌的风险可能性,H为单增李斯特菌的检出率,取值范围为 $H \in (0, 1]$ ,为保证取值非零,对未检出的月份均取0.0001;F称为即食食品摄入系数,本研究中暂定由食品消费量,即食品的每日销售量代替食品摄入系数。将单种食品每日销售量分为很小、小、一般、大、很大五个等级,分别对应数值1、2、3、4、5,在数据尚不充分的条件下,该系数采用专家评估法得出。E称为环境/气候因子,食品在不同环境/气候因子影响下,其发生风险的可能性会随之变化,本次评估取中国气象科学数据共享服务网上当地各月份的平均温度,按10~40℃范围进行归一化,其取值范围为 $E \in [0, 1]$ 。

1.3.2 风险损失度 基于2008~2011年的监测数据,按卖场超市、批发市场、集贸市场、餐饮单位进行分类,评估即食食品中单增李斯特菌的风险损失度,计算公式如下:

$$S=I \times D \times (1+5W) \quad \text{式(3)}$$

式(3)中:S为即食食品中的单增李斯特菌的风险损失度,I为危害指标的污染指数,本评估等同于各检出场所的检出率,取值范围为 $I \in (0, 1]$ ,为保证取值非零,对未检出的场所均取0.0001;D为危害指标的危害程度。本研究的评价模型中,将危害程度划分为五个等级:无显性伤害、轻微伤害、引起疾病的伤

害、致残、致死,其对应数值分别为1、2、3、4、5,本次评估均取值3;W为社会影响因子,食品风险因素有可能随着社会的流动性或人为影响其损失度比实际严重,该加权数值的确定由专家评估法得出,社会影响因子数值提高,造成损失度的等级随之加大,其取值范围为 $W \in [0, 1]$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 危害识别

单增李斯特菌是一种人畜共患的食源性致病菌,属于李斯特氏菌属,该菌为革兰氏阳性小球杆菌,无芽孢和荚膜,周生鞭毛,能运动,需氧或兼性厌氧。单增李斯特菌对营养要求不高,其最适生长温度范围为30~37℃,具有嗜冷性,是一种能在0~4℃低温下缓慢生长繁殖的致病菌;能在pH4.4~9.4范围内生长;对热的耐受力较强,需60℃下20min或70℃下5min才能灭活,可耐受71.7℃下15s。与其它非孢子形态的食源性致病菌相比,单增李斯特菌对各种环境条件的抵抗力更强<sup>[6-7]</sup>。由单增李斯特菌导致的李斯特病根据临床症状可分为侵袭性和非侵袭性两种,其中侵袭性的病例死亡率高达20%~30%<sup>[8]</sup>。

### 2.2 危害特征描述

单增李斯特菌的生长繁殖受很多因素的共同影响,其中pH、温度和水分活度的影响最为显著<sup>[9]</sup>。我国食品安全标准中,即食凉拌菜等即食食品中单增李斯特菌尚无限量标准,干酪(GB 5420-2010)、再制干酪(GB 25192-2010)中的限量标准为0cfu/25g,国际上一般认为单增李斯特菌的限量标准为100cfu/g<sup>[10]</sup>。

因缺乏易感人群出现侵袭性李斯特菌病病例数目的流行病学数据,尚不能建立即食食品中单增李斯特菌的剂量反应关系。借鉴FAO/WHO完成的即食食品(消毒牛奶、冰淇淋、发酵肉类和冷藏熏鱼等四类)中建立的指数型剂量反应模型<sup>[11]</sup>,对易感人群为(严重疾病的患者、孕妇、胎儿获新生儿及老年人): $P=1-\exp(-5.85 \times 10^{-12}N)$ ,对非易感人群: $P=1-\exp(-5.34 \times 10^{-14}N)$ ,可供食品安全监管部门根据监测数据中的单增李斯特菌的摄入剂量(N),估计可能引起单增李斯特菌的发病率情况(P)。其中易感人群一般占总群体的25%~30%。

### 2.3 暴露评估

基于某市2008~2011年监测即食食品942组数据,单增李斯特菌总体检出率为0.53%,其中,6、9、10月份单增李斯特菌检出率分别为1.67%、2.33%和0.75%,其他月份均未检出;生食水产品 and 菜肴(沙拉等)中单增李斯特菌检出率分别为0.75%和0.40%,生食蔬菜中未检出单增李斯特菌;卖场超市和餐饮单位单增李斯特菌的检出率分别为0.57%和0.63%,批发市场和集贸市场均未检出。

从居民对即食食品的消费量看,根据当地疾控中心部门的2002年膳食调查数据推算居民人均每日即食食品消费量为309.99g/d<sup>[12]</sup>,假设以即食食品中单增李斯特菌的平均检出量3.89MPN/g为可能值,由此求得居民每年因食用即食食品而摄入单增李斯特菌量的对数值(N),代入上述剂量反应模型求得某市易

感人群和非易感人群由于摄入生食凉拌菜导致单增李斯特菌病的每年发病概率(P)分别为 $3.71 \times 10^{-7}$ 和 $3.39 \times 10^{-9}$ 。

### 2.4 风险特征描述

通过暴露评估估计的单增李斯特菌发病率较低,即食食品中单增李斯特菌的风险特征可通过构建风险矩阵进一步描述。基于式(1)可对不同月份的气温和检出率情况进行比较,如表1所示,表明9月的风险可能性最大( $P=0.4613$ )。基于式(2)评估即食食品中的单增李斯特菌的风险损失度,如表2所示,表明餐饮单位风险损失度最高( $S=0.0756$ )。

表1 即食食品中单增李斯特菌的风险可能性

	平均温度 (°C)	检出率 (%)	H (超限率)	F(摄入 系数)	E(气候 因子)	P(风险 可能性)
1月	4.2	0	0.0001	1	0.140	0.0002
2月	5.3	0	0.0001	1	0.177	0.0002
3月	8.8	0	0.0001	1	0.293	0.0002
4月	14.6	0	0.0001	2	0.487	0.0007
5月	19.6	0	0.0001	2	0.653	0.0009
6月	23.8	1.67	0.0167	3	0.793	0.2487
7月	27.9	0	0.0001	5	0.930	0.0028
8月	27.7	0	0.0001	5	0.923	0.0028
9月	23.7	2.33	0.0233	4	0.790	0.4613
10月	18.7	0.75	0.0075	3	0.623	0.0926

表2 即食食品中的单增李斯特菌的风险损失度

来源	数量 (件)	检出率 (%)	I(污染 指数)	D(危害 程度)	W(社会 因子)	S(风险 损失度)
卖场超市	176	0.57	0.0057	3	0.6	0.0684
批发市场	39	0	0.0001	3	0.8	0.0015
集贸市场	94	0	0.0001	3	0.6	0.0012
餐饮单位	633	0.63	0.0063	3	0.6	0.0756

通过模型计算得到不同月份、不同样品来源的风险等级情况,结果见表3。综合各因素,用横轴代表风险可能性等级P,纵轴代表风险损失度等级S,构建的风险矩阵如图1,即食食品中的单增李斯特菌的风险等级为一级风险,属于较低的一级风险等级,表明当地居民通过摄入即食食品感染单增李斯特菌病的风险较小。

表3 不同月份、不同样品来源的即食食品中的单增李斯特菌风险等级

	卖场超市	批发市场	集贸市场	餐饮单位
1月	0.0684	0.0015	0.0012	0.0756
2月	0.0684	0.0015	0.0012	0.0756
3月	0.0684	0.0015	0.0012	0.0756
4月	0.0684	0.0016	0.0014	0.0756
5月	0.0684	0.0017	0.0015	0.0756
6月	0.2580	0.2488	0.2487	0.2600
7月	0.0685	0.0032	0.0031	0.0757
8月	0.0685	0.0032	0.0031	0.0757
9月	0.4664	0.4613	0.4613	0.4675
10月	0.1151	0.0926	0.0926	0.1195

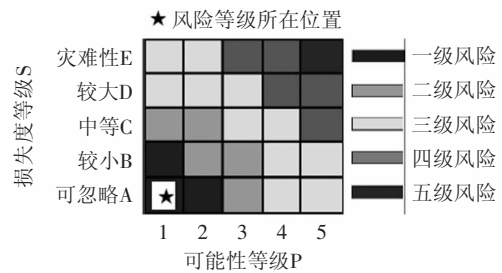


图1 即食食品中的单增李斯特菌的风险等级矩阵  
Fig.1 Risk matrix of *L. monocytogenes* in RTE food

### 3 讨论与建议

即食食品不需要烹调或其它降低其中有关微生物至可接受程度的过程即可食用,在食用时容易导致包括单增李斯特菌在内的致病菌污染。在评估单增李斯特菌的风险时,可选用定性、定量两种方式<sup>[13]</sup>,定量风险评估采用数学模型(预测微生物模型)评估消费者食用时的摄入风险,如对猪肉中金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)的研究<sup>[14]</sup>,对散装熟肉制品中单增李斯特菌的研究<sup>[15]</sup>,是将来的发展方向。但由于缺乏大量监测数据和流行病学信息,当前研究仍较多应用介于定性和定量之间的半定量风险评估<sup>[16]</sup>,当前开发的半定量评估软件如澳大利亚的Risk Ranger、美国的Risk Ranking Tool、荷兰的Swift Quantitative Microbiological Risk Assessment等,已被广泛应用于食品安全风险评估领域<sup>[16-18]</sup>,但在其评估某一种微生物的绝对风险时,存在很大的不确定性。

风险矩阵也属于半定量风险评估,在食品危害物的评价上已获得广泛应用<sup>[19]</sup>,可与风险预警体系有效对接,实时更新食物中毒风险等级,为餐饮单位和市民提供食品安全防护指引。当然风险矩阵的结果也存在较多的不确定性,完善相关监测信息有利于降低风险评估的局限性。

将风险矩阵应用于即食食品中进行半定量评估,会因即食食品的种类、数量、组成等而产生较大差异,同时对调研数据的选择有较大依赖性。例如FAO/WHO即食食品评估选择了消毒牛奶、冰淇淋、发酵肉类和冷藏熏鱼等四类<sup>[14]</sup>,也有专门对即食生菜沙拉的研究<sup>[10]</sup>。本研究选用的调研数据组成包括生食蔬菜、生食水产品、菜肴(沙拉)等为某市典型即食食品,具有一定代表性,但在推广结论应用时应谨慎考虑适用范围,可考虑数据的分布特性增强结果有效性<sup>[20]</sup>,今后可在扩大数据调研基础上完善其他即食食品的风险评估。

本评估中餐饮单位检出的阳性率和风险可能性较高,建议食药监部门应加强餐饮业有关春夏季即食食品的加工规程,食品生产经营单位在夏秋季节应确保即食食品在加工、运输、贮存、销售环节中的冷链温度,防止即食食品因贮存温度过高引起单增李斯特菌大量繁殖而导致食源性疾病的爆发。建议检验机构应完善食品中单增李斯特菌的定量检测能力,为今后进一步进行定量的风险评估提供准确数据。同时建议普通消费者从正规超市卖场或餐饮单

(下转第366页)

显著差异 ( $P < 0.05$ ), 说明补硒能有效增加大鼠肝肾的TrxR酶活力, 四棱豆硒蛋白对于大鼠的生物利用率最高。

本研究结果表明, 通过三种补硒强化剂在10~20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的剂量下对低硒大鼠进行补硒后, 高剂量组的各检测指标都优于各低剂量组的指标, 部分低剂量组与对照组无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 说明补充20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 剂量的补硒强化剂更利于大鼠的生物利用。田俊梅<sup>[7]</sup>等对补硒剂量为2、4、8、16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的亚硒酸钠和硒蛋白进行了比较, 结果表明2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 剂量几乎达不到补硒效果, 而16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的补硒效果最优。硒是一种对人体健康影响很大的元素, 缺硒地区的人容易患克山病, 且硒有抗癌、抗衰老、增强人体免疫力和防治心血管疾病的作用, 与人的正常生理活动息息相关。本实验证明了有机硒在提高组织硒含量和硒酶活力上明显优于无机硒, 特别是四棱豆硒蛋白作为一种新型的食品营养添加剂补硒效果最优, 但与大豆相比, 四棱豆在市场上的推广有待进一步开发。

## 参考文献

- [1] L Schomburg, U Schweizer, J Kohrle. Selenium and seleno proteins in mammals: extraordinary, essential, enigmatic[J]. CMLS, 2004, 61: 1988.
- [2] 张美莉. 食品功能成分的制备及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 322.
- [3] Kvicala J. Selenium and organism[J]. Cas Lek Cesk, 1999, 138: 99-106.
- [4] 余光辉, 张磊, 何树悠, 等. 广州市不同人群硒摄入量研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(6): 1043-1047.
- [5] 金妙华, 姚元枝, 陈东明. 四棱豆硒含量的测定[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(3): 42-47.
- [6] Hill Ke, M clblum Gw, BoeglinN Me, et al. Thioredoxin reductase activity is decreased by Selenium deficiency[J]. Biochem Biophys Res Commun, 1997, 234(2): 293-295.
- [7] 田俊梅, 张丁, 付瑞娟. 大鼠对亚硒酸钠和硒蛋白生物利用的研究比较[J]. 中国食品添加剂, 2010, 45(4): 95-98.

(上接第323页)

位购买即食食品, 并尽快食用和减少冷藏期。

## 参考文献

- [1] 张磊, 穆海振, 陆怡, 等. 上海地区细菌性食物中毒季节和气候特征分析[J]. 上海预防医学杂志, 2009, 21(7): 330-333.
- [2] 李梦东, 王宇明. 实用传染病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 869.
- [3] 陆屹. 2003年上海市部分食品中食源性致病菌污染情况分析[J]. 上海预防医学杂志, 2004, 16(9): 449-451.
- [4] 崔京辉, 李达, 王永全, 等. 2004-2005年北京市食品中单核细胞增生性李斯特菌的污染情况调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(12): 1508-1509.
- [5] 刘清碧, 陈婷, 张经华, 等. 基于风险矩阵的食品安全风险监测模型[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 86-90.
- [6] Chae M S, Schraft H. Comparative evaluation of adhesion and biofilm formation of different *Listeria monocytogenes* strains[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 62(2): 103-111.
- [7] 肖义泽, 任丽娟, 王金玉, 等. 云南省首次动物源性李斯特菌病爆发的流行病学调查[J]. 中华流行病学杂志, 2000, 21(3): 236.
- [8] Rocourt J. Food Listeriosis[J]. World Health Stat Q, 1997, 50(1-2): 67-73.
- [9] 刘征. 环境因子对单核细胞增生李斯特氏菌生长的影响[J]. 河南预防医学杂志, 2003(5): 266-267.
- [10] Carrasco E, Pérez-Rodríguez F, Valero A, et al. Risk assessment and management of *Listeria Monocytogenes* in RTE lettuce salads[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2010(9): 498-512.
- [11] FAO/WHO. Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods-Technical report. Microbial risk assessment series 4[EB/OL]. [http://www.fao.org/ag/agn/jemra/listeria\\_en.stm](http://www.fao.org/ag/agn/jemra/listeria_en.stm),

2004.

- [12] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一2002综合报告[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [13] Bahk G-J, Todd E C D, Hong C-H, et al. Exposure assessment for *Bacillus cereus* in ready-to-eat Kimbab selling at stores [J]. Food Control, 2007, 18(3): 682-688.
- [14] 骆璇, 郭红卫, 王颖, 等. 上海市猪肉中金黄色葡萄球菌定量风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2010, 22(3): 244-249.
- [15] 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[J]. 中华预防医学杂志, 2011, 45(6): 537-542.
- [16] Kleter G A, Marvin H J P. Indicators of emerging hazards and risks to food safety[J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47(5): 1022-1039.
- [17] Ross T. A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 77: 39-53.
- [18] 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.
- [19] 田静, 刘秀梅. 熟肉制品和蔬菜沙拉中单核细胞增生李斯特菌的风险分级评估[J]. 中华预防医学杂志, 2009, 43(9): 781-784.
- [20] 陈秋玉, 孙建成, 张磊, 等. 危害物风险系数在猪肉及其制品抽检评价中的应用[J]. 上海预防医学杂志, 2008, 20(6): 308-210.
- [21] Busschaert P, Geeraerd A H, Uyttendaele M, et al. Estimating distributions out of qualitative and (semi) quantitative microbiological contamination data for use in risk assessment[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 138(3): 260-269.