

2015~2019 年广东省市售鸡蛋中沙门氏菌的 半定量风险评估

屠鸿薇, 池 岚, 陈洪升, 梁骏华, 闻 剑, 梁 辉, 严维娜*

(广东省疾病预防控制中心, 广州 511430)

摘 要: **目的** 调查广东省市售鸡蛋中沙门氏菌污染的风险。**方法** 结合 2015~2019 年广东省市售鸡蛋中沙门氏菌的检测结果与 2012 年广东省居民营养与膳食监测结果, 按微生物风险评估的程序, 应用快速微生物半定量风险评估(swift quantitative microbiological risk assessment, sQMRA)软件, 初步评价广东省鸡蛋中沙门氏菌污染的风险。**结果** 广东省每年预计因食用鸡蛋导致沙门氏菌的发病人数 6014 人, 概率为 5.30×10^{-5} 。其中食用未煮熟的鸡蛋导致沙门氏菌感染占据了主要预测病人比例。**结论** 目前广东省市售鸡蛋存在一定的沙门氏菌污染并致病风险, 建议加强鸡蛋烹调相关宣传教育, 并进一步开展食品中沙门氏菌的风险评估研究, 以降低沙门氏菌的潜在危害。

关键词: 鸡蛋; 沙门氏菌; 半定量风险评估

Semi-quantitative risk assessment of *Salmonella* in sold eggs in Guangdong province during 2015-2019

TU Hong-Wei, CHI Lan, CHEN Hong-Sheng, LIANG Jun-Hua, WEN Jian, LIANG Hui, YAN Wei-Na*

(Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the risk of *Salmonella* contamination in eggs sold in Guangdong province. **Methods** Based on the monitoring results of *Salmonella* in sold eggs from 2015 to 2019 and the nutrition and diet monitoring results of residents in Guangdong province in 2012, the risk assessment of *Salmonella* contamination in eggs in Guangdong province was preliminarily evaluated by using swift quantitative microbiological risk assessment (sQMRA). **Results** The number of illness cases caused by *Salmonella* contaminated eggs in Guangdong province was estimated 6014/year with a probability 5.30×10^{-5} , among them, the consumption of uncooked eggs causing *Salmonella* infections accounted for the main proportion of patients predicted. **Conclusion** As the potential risk of consuming the *Salmonella* contaminated eggs exists in Guangdong province at present, the publicity related to egg cooking should be strengthened and it is necessary to further carry out the risk assessment of *Salmonella* in food in order to reduce the potential harm from *Salmonella* contamination.

KEY WORDS: egg; *Salmonella*; semi-quantitative risk assessment

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金(A2019173)、广东省医学科研基金指令性课题(C2019051)

Fund: Supported by Medical Science and Technology Research Foundation of Guangdong Province of China (A2019173), and Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province of China (C2019051)

*通讯作者: 严维娜, 主管技师, 主要研究方向为食品安全风险监测与膳食营养监测。E-mail: 54377454@qq.com

*Corresponding author: YAN Wei-Na, Technician, Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, China. E-mail: 54377454@qq.com

1 引言

我国是禽蛋生产、消费大国。截至 2018 年,我国禽蛋产量已达 3128.28 万吨,其中占禽蛋产量主导地位的是鸡蛋,约占禽蛋总产量的 85%^[1]。鸡蛋因其富含优质蛋白,简单易得,价格低廉等特点,常被作为日常蛋白质供应的主要来源,我国人均鸡蛋占有量约为 18.77 kg/年(2017 年),人均消费水平约为世界平均水平的 2 倍^[2],然而在鸡蛋大量生产和食用的背景下,人们往往忽略了其潜在的食用风险——沙门氏菌。

沙门氏菌广泛存在于自然界,在外界环境中有较强的生存能力。食品加工过程中,如果食品内部无法达到杀死沙门氏菌的温度,食物内残留的细菌就会在适宜温度下大量繁殖,进而引起食源性疾病的暴发。我国 1999~2014 年食物中毒致病因素统计结果显示:34.61%为微生物性食物中毒,其中沙门氏菌占 40%,位列细菌性食物中毒事件的首位^[3]。在引起食源性疾病的各类食品中,鸡蛋是沙门氏菌的主要食物载体之一,根据美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)估计,每年有 79000 例食源性疾病和 30 例死亡是由食用受沙门氏菌污染的鸡蛋引起的^[4]。而国内以广东省为例,2018 年 1 月 1 日至 2019 年 10 月 15 日共接报 14 起因进食不洁蛋及蛋制品类食品引起的微生物性食源性疾病暴发事件,合计发病 500 例。其中沙门氏菌引起的暴发 12 起,金黄色葡萄球菌肠毒素 1 起,另 1 起为其他细菌。这 12 起沙门菌感染暴发事件的食物载体,11 起与鸡蛋相关。

因此有必要对容易受沙门氏菌污染的鸡蛋进行风险评估。然而,目前我国沙门氏菌等食源性致病菌监测信息并不完善,开展完整的定量风险评估成本较高。因此,本研究在调查了解广东省 2015~2019 年鸡蛋中沙门氏菌的污染情况基础上,利用快速微生物半定量风险评估(swift quantitative microbiological risk assessment, sQMRA)^[5],对广东省零售鸡蛋中沙门氏菌进行半定量评估。通过 sQMRA 计算得出广东省消费者摄入被沙门氏菌污染的鸡蛋所引发疾病的预期人数,并提出降低风险的预防措施并为以后开展全面、科学的定量风险评估奠定理论基础。

2 材料与方法

2.1 数据来源

查询国内外相关文献,获取沙门氏菌生物学特征以及在鲜鸡蛋中生长动力学特征^[6];根据美国食源性疾病预防监测、中国食源性疾病预防监测结果,广东省食物中毒事件报告,2015~2019 年广东省鲜鸡蛋中沙门氏菌的监测结果,获得当前鲜鸡蛋中沙门氏菌暴露水平;《2019 年广东统计年鉴》^[7],2012 年全国居民营养与健康状况广东地区调查

等资料获得广东省人口数据以及鲜鸡蛋消费水平。

2.2 评估步骤

基于 WHO/FAO 属下的国际食品法典委员会建议微生物风险评估原则和指导方针,本次风险评估按照危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述 4 个步骤进行评估。

2.3 风险评估软件

经典的微生物定量风险评估能够精确的描述某种致病细菌从产地到餐桌,最后到体内导致疾病的过程,并评估其风险水平。然而这往往需要大量的时间和金钱成本收集相应的数据资料。因此,本次鲜鸡蛋风险评估采用了“sQMRA”半定量风险评估软件。sQMRA 是基于经典微生物定量风险评估原理设计的一个简便、快捷的快速微生物定量风险评估工具^[5]。该方法于 Microsoft Excel 表中建立,设计了 11 个分析特定食品中微生物危害所产生风险因素的参数(见表 1)。分析特定食物从零售阶段开始致病菌暴露水平到交叉传播、烹调方式等相关的关键影响因素,最终获得食物与致病菌组合导致的发病人数。

2.4 评估方法

危害识别:采用查阅国内外文献、评估报告、教材等收集沙门氏菌的危害特征资料,对沙门氏菌的生物性质和流行病学暴露水平进行描述。危害特征描述:采用文献查询,明确沙门氏菌的中毒特征和剂量-反应关系曲线。暴露评估:根据 2015~2019 年广东省鲜鸡蛋中沙门氏菌监测结果和 2019 年全国居民营养与健康状况广东地区调查资料,描述当前沙门氏菌暴露水平和人群沙门氏菌摄入水平。风险特征描述:根据前 3 个过程相关资料,确定 sQMRA 的 11 个项目的参数,计算预期发病率,进行风险评估。

3 结果与分析

3.1 危害识别

沙门氏菌(*Salmonella*)是一类革兰阴性杆菌,无芽孢和荚膜,有周身鞭毛,除了鸡伤寒沙门氏菌(*S.gallinarum*)和鸡白痢沙门氏菌(*S.pullorum*)外,其余均能运动。基于脂多糖(O 抗原)、鞭毛蛋白(H1 和 H2 抗原)和荚膜多糖(Vi 抗原)的抗原变异可对沙门氏菌进行血清型分类。目前,已有超过 2500 种不同的沙门氏菌血清型。沙门氏菌为需氧或兼性厌氧菌,若环境条件适宜可在水、土壤和植物中生存。但沙门氏菌对热敏感,在 60 °C 处理 15~20 min 就可以灭活^[8]。

沙门氏菌主要引起食源性食物中毒,我国 1999~2014 年食物中毒致病因素统计结果显示:在所有食物中毒中微生物性占据了 34.61%,其中沙门氏菌占 40%,位列细菌性食物中毒事件的首位^[3]。粪-口途径是沙门氏菌的主要传播

途径, 食品或水源感染沙门氏菌进而感染消费者。此外, 携带沙门氏菌的无症状人员也可通过直接接触食品进而传播沙门氏菌。沙门氏菌可存在于多数食品中, 包括肉类、蛋类、乳制品等^[9], 其中鸡蛋是沙门氏菌的重要食物载体。在鸡蛋加工过程中, 如果其内部无法达到杀死沙门氏菌的温度, 残留的细菌就会在适宜温度下大量繁殖, 进而引起食源性疾病的暴发。

3.2 危害特征描述

沙门氏菌是引发我国食源性疾病的首要致病菌, 有 70%~80% 的细菌性食物中毒是由沙门氏菌引起的, 且大多数源自动物源性食品^[9]。鸡蛋中含有多种丰富的营养成分, 因此非常适宜于沙门氏菌的生长繁殖。多数沙门氏菌食物中毒是沙门氏菌活菌侵袭肠黏膜而导致的感染型中毒。沙门氏菌有较强的内毒素, 在进入人体后能够引起发热、导致白细胞改变、引起中毒性休克, 并能激活补体系统^[10]。沙门氏菌的致病力强弱与菌株血清型有关, 其中一些血清可引起特定宿主的侵袭性疾病, 包括人类特有的伤寒血清, 如伤寒、甲型副伤寒和丙型副伤寒, 而另一些血清可在多个宿主中引起不同严重程度的肠胃炎^[11]。目前有研究汇总了 1984~2016 年间我国沙门氏菌相关报道, 其中 Indiana 型、Enteritidis 型、Typhimurium 型、Derby 型以及 Agona 型为我国主要流行的 5 种沙门亚型^[12]。

感染沙门氏菌伤寒或甲型副伤寒血清型后, 通常会有 7~14 d 的无症状期。研究表明, 较高的感染剂量与较高的发病率和较短的菌血症间隔相关, 但对症状发展或疾病严重程度的时间没有影响^[13]。近期研究也表明, 一部分患者会出现亚临床或无症状菌血症, 并且在症状出现之前的初级感染期间会出现粪便脱落^[14]。随着症状性疾病的发展, 主要症状是发热。患者可能出现流感样症状, 前头痛、乏力、厌食、干咳、咽喉痛, 偶尔还有鼻出血。便秘是一种常见的早期症状, 尽管许多病人在某些时候会出现腹泻。肠热病可表现为腹泻, 有时伴有带血的腹泻。大多数病人有弥漫性腹痛和局部疼痛。恶心是常见的, 呕吐在更严重的病例中发生^[15]。世界卫生组织和联合国粮食及农业组织在 2002 年根据沙门氏菌暴发的流行病学数据^[6], 发布了以沙门氏菌肠胃炎发病为终点的 β -Poisson 分布模型作为沙门氏菌的剂量-反应模型。假设所有摄入的沙门氏菌均有致病的可能性, 则公式为:

$$P=1-\left(1+\frac{N}{\beta}\right)^{-\alpha}$$

其中: P 为沙门氏菌致病的概率;

N 为摄入的沙门氏菌剂量;

根据 WHO/FAO 提供的 α 和 β 参数, 选择期望值, 分别为 0.1324 和 51.45。

根据公式计算得出导致沙门氏菌致病的 ID_{50} 的菌含

量约为 9609 CFU。

3.3 暴露评估

3.3.1 广东省鲜鸡蛋中沙门氏菌的污染量

根据 2015~2019 年广东省鸡蛋中沙门氏菌监测结果显示, 454 份鸡蛋样品中沙门氏菌的阳性样品为 3 份, 检出率为 0.66%。

3.3.2 广东省居民鸡蛋的消费量

根据《广东省居民膳食营养与健康状况十年变化分析》, 2009~2012 年广东居民人均每日蛋类制品消费量为 24.9 g。其中鸡蛋消耗约为总蛋类的 85%, 结合广东省 2018 年人口数量计算可得一年消耗鸡蛋份数约为 1.68×10^{10} 份。

3.4 风险特征描述

本次评估致病微生物种类为沙门氏菌, 食物类别为鸡蛋, 研究人群范围为广东省普通人群, 人群数量为广东省 2019 年总人口 11346 万(根据 2019 年广东统计年鉴), 鸡蛋消费时间定为 2019 年。采用 sQMRA 工具进行半定量风险评估, 所需的 11 个参数及来源依据见表 1。计算结果表明, 广东省每年预计因食用鸡蛋导致沙门氏菌肠胃炎的发病人数为 6014 人, 发生概率为 5.30×10^{-5} 。其中, 因食用未煮熟的鸡蛋导致沙门氏菌感染占据了病人数的 72.15%, 而生食鸡蛋病人占据了 27.79%(图 1)。

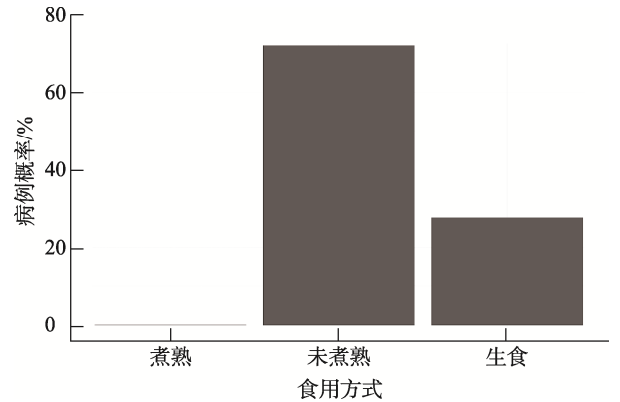


图 1 不同鸡蛋加热方式引起沙门氏菌发病病人比例
Fig.1 The attribution of cases from different egg preparation ways

4 结论与讨论

鸡蛋中的沙门氏菌污染主要有 2 种形式——内部污染和外部污染。其中内部污染主要来源于携带沙门氏菌的产蛋鸡。产蛋鸡在摄入了受沙门氏菌污染的食物或水后, 沙门氏菌能够定植于产蛋鸡体内多个器官中, 进而能够引起蛋黄、蛋白、蛋壳等多层次的沙门氏菌污染^[19]。而外部污染主要来源于环境中的沙门氏菌暴露。在贮存运输过程中, 由于环境卫生问题、老鼠等生物接触、工作人员携带沙门氏菌等, 都极易引起流通中的鸡蛋感染沙门氏菌。此

外,鲜鸡蛋经过一定的贮存温度和时间后,沙门氏菌可通过蛋壳上无数的气孔进入蛋内造成内部污染^[20]。

我国是鸡蛋消费大国,食用方式以鲜蛋为主^[21]。因此高温加热是最有效的降低沙门氏菌感染致病的方法。但随着经济文化的不断发展,人们对于饮食的多元化有了更高的需求,如溏心蛋、日本风格的饮食,生食沙拉等。而這些鸡蛋的加工、烹饪过程中,未完全煮熟或生食鸡蛋均存在较高的沙门氏菌感染的风险。

完整的风险评估需要大量的人力、物力来获得准确的计算参数并且研究周期较长,对研究机构的硬件、软件基础要求较高。相较于其他风险评估计算方法,“sQMRA”具有快速、高效等优点,对剂量—反应模型依赖性低,能够短时间内为决策者提供数据支持,但其准确性存在较大误差^[5]。本研究采用“sQMRA”工具评估广东省鸡蛋中沙门氏菌的风险。计算结果表明,广东省每年预计因食用鸡蛋导致沙门氏菌感染并发病约有 6014 人,概率为 5.30×10^{-5} 。其中,因食用未完全煮熟的鸡蛋而引起的沙门氏菌感染患病占据了主要的比例。因此,对于这类鸡蛋烹调,使用洁净鸡蛋可能是一种有效降低沙门氏菌污染风险的方法。此外,

由于沙门氏菌感染大多来自于养殖环节尤其是内源性的感染,因此通过清洁用水、改善养殖环境、接种疫苗以及定期监测等手段降低养殖过程中蛋鸡沙门氏菌的暴露也有利于减少零售环节中沙门氏菌的含量^[13]。

然而目前高水平自动化蛋鸡养殖尚未推广,洁净鸡蛋的生产仍处于起步阶段,也暂无国家标准对鲜鸡蛋所携带的细菌含量、致病菌含量进行要求。这导致了较大比例潜在鸡蛋污染的可能。虽然广东省 2018 年 1 月至 2019 年 10 月仅有 12 起沙门氏菌相关事件,小于本次评估预测的病例数目,但存在一些散发的、轻微的以及未发病的案例。尽管和过去研究熟肉制品中沙门氏菌就风险相比 (8.6×10^{-3}) ^[22]本研究风险相对较低,但我国具有较大的鸡蛋消费基数,此外本研究中鸡蛋中沙门菌的风险高于熟肉制品中单核增生李斯特氏菌 (2.6×10^{-11}) 与牡蛎中副溶血性弧菌 (2.8×10^{-5}) 的暴露风险^[23,24],与美国 2006 年报道的蛋制品沙门氏菌风险结果相似 (4.87×10^{-5}) ,主要来源于煎/煮蛋以及雪糕制品^[25]。因此鸡蛋中沙门氏菌的监管仍是广东省相对重要的领域,也为相关标准制定、食品卫生宣传提供理论依据。

表 1 sQMRA 的参数以及数据依据
Table 1 Parameters and basis for sQMRA

sQMRA 参数	设定数据	数据依据
1.在一定的消费时间内,研究对象 消耗的食物份数	1.68×10^{10} 份	根据《广东省居民膳食营养与健康状况十年变化分析》,广东省居民蛋类的消费量为 24.9 g/标准人日。其中鸡蛋产量约为总鸡蛋产量的 85%。因此广东省居民一年的鸡蛋食用总量为 $1.1346 \times 108 \times 85\% \times 365 \times 24.9 \text{ g} = 8.77 \times 10^{11} \text{ g}$ 。假设每次食用 52.12 g,则消耗的份数是 $8.77 \times 10^{11} / 52.12 \text{ g} = 1.68 \times 10^{10}$ 份
2.每份鸡蛋的平均重量	52.12 g	参照文献 ^[16] 检测所得单个鸡蛋平均质量。
3.零售环节鸡蛋中沙门菌的污染率(Sr/+)?	0.66%	根据 2015~2019 年食品抽样检测数据计算获得。
4.被污染鸡蛋中沙门菌的菌落平均数(Cr/+)?	1.34 CFU/g	根据参考文献 ^[17] ,消费前每个鸡蛋中沙门氏菌含量为 70 CFU。
5.发生交叉污染(如手、厨房用品)的鸡蛋百分比 (Scc/r)?	100%	鸡蛋在厨房需经过破壳等步骤,存在交叉污染的可能。假设交叉污染比例为 100%。
6.交叉污染发生后,从一份被污染样本 转移到环境中的菌落数百分比	1%	若缺乏食物进入环境的百分比数据,可将转移环境百分比等同于进入消、化系统百分比 ^[5] 。
7.交叉污染发生后,进入消化系统的菌落数百分比	1%	依据参考文献 ^[5] ,推测环境污染的致病菌有 1%进入消化系统。
8.食品被彻底加热、未彻底加热、未处理份数的构成比	彻底加热 87.5% 未彻底加热 12.2% 未加热 0.30%	鸡蛋有多种烹调方法,如水煮、溏心以及部分特殊生食。根据参考文献 ^[18] ,获得鸡蛋烹调处理相应构成比例。
9.食品烹饪后,一份食品上残存的菌落数百分比	彻底加热 $4.08 \times 10^{-4}\%$ 未彻底加热 6.37% 未加热 100%	沙门菌能生长的最高温度为 46.2 ℃,加热能够杀死绝大部分的沙门氏菌。根据文献数据推算鸡蛋烹饪后,可能残余的菌落数百分比 ^[5] 。
10.每份食品上的菌落平均数为多少时,暴露人群中有一半被感染	9609 CFU/g	根据 WHO 建立的沙门氏菌致病的剂量-反应关系模型公式,其中 $\alpha=0.1324, \beta=53.33$,计算一半人群感染所需要的细菌数量。
11.被感染人群中患病的比例	100%	若缺乏数据,可采用 100%设定数值 ^[5] 。

参考文献

- [1] 中国农业科学院. 中国农业产业发展报告 2018[Z]. Chinese academy of agricultural sciences. Report on the development of China's agricultural industry 2018 [Z].
- [2] 李莎莎, 李先德. 我国居民鸡蛋消费需求与未来趋势[J]. 中国家禽, 2018, 40(17): 1-7.
Li SS, Li XD. Demand and trend of Chinese residents' egg consumption [J]. Chin Poult, 2018, 40(17): 1-7.
- [3] 邓国兴, 姜随意, 高志贤. 1999-2014 年全国重大食物中毒通报资料的汇总与分析[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(10): 149-152.
Deng GX, Jiang SY, Gao ZX. Analysis of the food poisoning in China from 1999 to 2014 [J]. Food Res Dev, 2015, 36(10): 149-152.
- [4] U.S. Food&Drug. What you need to know about egg safety [Z]. 2018.
- [5] Evers E, Chardon J. A swift quantitative microbiological risk assessment (sQMRA) tool [J]. Food Control, 2010, 21: 319-330.
- [6] World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens: Interpretative summary [M]. Geneva: Switzerland, 2002.
- [7] 《广东统计年鉴—2019》编委会和编辑出版人员. 广东统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
Editorial board and editorial and publishing staff of Guangdong statistical yearbook 2019. Guangdong statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [8] Tietjen M, Fung DY. Salmonellae and food safety [J]. Crit Rev Microbiol, 1995, 21(1): 53-83.
- [9] Wong TL, Macdiarmid S, Cook R. *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7 and *E. coli* biotype 1 in a pilot survey of imported and New Zealand pig meats [J]. Food Microbiol, 2009, 26(2): 177-182.
- [10] Memeekin T, Bowman J, Mcquestin O, et al. The future of predictive microbiology: Strategic research, innovative applications and great expectations [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 128(1): 2-9.
- [11] Achtman M, Wain J, Weill FX, et al. Multilocus sequence typing as a replacement for serotyping in *Salmonella enterica* [J]. PLoS Pathogens, 2012, 8(6): e1002776.
- [12] Gong J, Kelly P, Wang C. Prevalence and Antimicrobial Resistance of *Salmonella enterica* Serovar Indiana in China (1984-2016) [J]. Zoonoses Public Health, 2017, 64(4): 239-251.
- [13] Le-Bouquin S, Allain V, Rouxel S, et al. Prevalence and risk factors for *Salmonella* spp. contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period [J]. Prev Veter Med, 2010, 97(3-4): 245-251.
- [14] Waddington CS, Darton TC, Jones C, et al. An outpatient, ambulant-design, controlled human infection model using escalating doses of *Salmonella typhi* challenge delivered in sodium bicarbonate solution [J]. Clin Infect Dis: Off Publ Infect Dis Soc Am, 2014, 58(9): 1230-1240.
- [15] Crump JA, Sjolund-Karlsson M, Gordon MA, et al. Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive *Salmonella* infections [J]. Clin Microbiol Rev, 2015, 28(4): 901-937.
- [16] Sun C, Liu J, Yang N, et al. Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon [J]. Poultry Sci, 2019, 98(10): 4516-4521.
- [17] 赵志晶, 刘秀梅. 中国蛋壳鸡蛋中沙门氏菌定量危险性评估的初步研究——I.危害识别与暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2004, 3: 201-206.
Zhao ZJ, Liu XM. The modeling of quantitative risk assessment on *Salmonella* in shell eggs in China Part I: Hazard identification and exposure assessment [J]. Chin J Food Hyg, 2004, 3: 201-206.
- [18] Food Safety and Inspection Service. Risk assessments of *Salmonella enteritidis* in shell eggs and *Salmonella* spp. in egg products [M]. Washington DC, 2005.
- [19] Gantois I, Ducatelle R, Pasmans F, et al. Mechanisms of egg contamination by *Salmonella enteritidis* [J]. FEMS Microbiol Rev, 2009, 33(4): 718-738.
- [20] 沈学怀, 翟银建, 张丹俊, 等. 储存环境对鸡蛋壳表面 3 种沙门氏菌存活与迁移的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(11): 3059-3065.
Shen XH, Zhai YJ, Zhang DJ, et al. Effects of storage conditions on survival and migration of three kinds of *Salmonella* on eggshell [J]. China Animal Husband Veter Med, 2016, 43(11): 3059-3065.
- [21] 孙开国. 我国禽蛋流通模式评价研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2014.
Sun KG. Evaluation research of Chinese egg logistics mode [D]. Beijing: Capital University of Economics and Bussiness, 2014.
- [22] 周少君, 梁辉, 黄芮. 广东省熟肉制品中沙门氏菌的半定量风险评估研究[J]. 食品科技, 2016, 41(4): 324-328.
Zhou SJ, Liang H, Huang R. Semi-quantitative risk assessment for *Salmonella* in ready-to-eat meat products in Guangdong province [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(4): 324-328.
- [23] 宫春波, 董峰光, 王朝霞, 等. 烟台市售肉及肉制品中单增李斯特氏菌的污染及其风险评价[J]. 食品科技, 2013, 38(6): 132-136.
Gong CB, Dong FG, Wang ZX, et al. Risk assessment and investigation of *Listeria monocytogenes* contamination of meat and meat products at retail in Yantai [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(6): 132-136.
- [24] 朱江辉, 李凤琴. sQMRA 在微生物定量风险评估中的应用[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(01): 46-49.
Zhu JH, Li FQ. Application of sQMRA in quantitative microbiological risk assessment [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(1): 46-49.
- [25] Mokhtari A, Moore CM, Yang H, et al. Consumer-phase *Salmonella enterica* serovar enteritidis risk assessment for egg-containing food products [J]. Risk Anal: Off Publ Soci Risk Anal, 2006, 26(3): 753-768.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



屠鸿薇, 主管医师, 主要研究方向为
食品安全风险监测与评估。
E-mail: amilycandy@foxmail.com



严维娜, 主管技师, 主要研究方向为
食品安全风险监测与居民膳食营养监测。
E-mail: 54377454@qq.com