

我国鸡肉产品中沙门氏菌风险评估的研究进展

韩荣伟¹, 于忠娜², 张莉², 董蕾¹, 王军^{1,*}

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109; 2. 青岛农业大学海都学院, 山东 莱阳 265200)

摘要: 本文综述了国内外鸡肉相关产品中沙门氏菌的风险评估研究现状, 包括沙门氏菌预测微生物学、评估模型、剂量反应模型及风险评估软件的使用, 指出了目前我国鸡肉产品中沙门氏菌风险评估研究中存在的问题, 并提出下一步鸡肉中沙门氏菌风险评估工作的研究方向及重点, 为政府食品安全监管和理性决策提供科学的理论参考, 同时也为消费者日常饮食选择提供风险预警的理论借鉴。

关键词: 鸡肉; 沙门氏菌; 风险评估; 剂量反应模型

Advances in Risk Assessment of *Salmonella* spp. in Chicken Products in China

HAN Rongwei¹, YU Zhongna², ZHANG Li², DONG Lei¹, WANG Jun^{1,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

2. Haidu College, Qingdao Agricultural University, Laiyang 265200, China)

Abstract: The objective of this paper is to review previous work on the microbiological risk assessment (MRA) of *Salmonella* spp. in chicken products with respect to predictive microbiology, quantitative risk assessment (QRA) models and software, and dose-response models. The weak points in MRA of *Salmonella* spp. in chicken products are described and further research directions and hotspots are also discussed. This review can provide theoretical references for governmental departments to make scientific decisions and for consumers to choose healthy diet.

Key words: chicken product; *Salmonella* spp.; risk assessment; dose-response model

中图分类号: TS201.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 23-0372-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201523066

食源性疾病是当今世界最广泛的卫生问题之一, 其发病率居各类疾病总发病率的第二位, 而由病原微生物引起的食源性疾病占其中很大的比例^[1]。近年来我国食源性疾病发病率不断上升, 2014年, 全国发生食物中毒事件160起, 中毒5 657人, 死亡110人, 其中微生物性食物中毒事件起数和中毒人数最多, 分别占食物中毒事件总起数和中毒总人数的42.5%和67.7%^[2]。与2013年同期数据相比, 报告起数、中毒人数和死亡人数分别增加了5.3%、1.8%和0.9%^[3]。由于近些年国内化学性危害引起的食品安全事故较多, 造成了目前我国重化学性危害轻微生物性危害的现状, 食品微生物安全问题尚未引起足够重视。随着我国食品安全监管制度的日益完善、食品生产者及消费者食品安全意识的提高, 人为原因造成的化学性危害必将逐渐降低, 微生物引起的风险会逐渐成为我国食品安全问题之首。

微生物风险评估 (microbiological risk assessment, MRA) 由国际食品法典委员会 (Codex Alimentarius Commission, CAC) 定义, 可有效评估食源性微生物危害风险。MRA是一个系统性很强的工作, 按照危害识别、危害特征描述、暴露评估、风险特征描述等4个步骤进行, 同时还需要分析和评价风险评估模型的变异性和不确定性^[4]。在评估过程中, 应该考虑诸多方面的因素, 包括微生物对食物的污染频率以及污染时间、食物的微生物特性及生态学、初始原材料的污染以及食品的包装、运输、贮藏及加工方式等, 还包括我国社会经济的和文化的背景、季节、年龄及性别差异及不同的消费习惯和行为^[4-8]。对于MRA, 国外已经开展了大量的研究工作。目前比较成熟和完善的研究工作是对单增李斯特菌的风险评估, 尤其是即食蔬菜, 比如生菜中的单增李斯特菌的风险评估研究, 已经建立了科学可靠的微生物定量风险评估模型以及相关的微生物生长动力学模型、剂量反应模型^[9-12]。

收稿日期: 2015-07-01

基金项目: 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目 (BS2014NY011); 青岛农业大学高层次人才科研基金项目 (6631115043); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201403071-5)

作者简介: 韩荣伟 (1981—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为畜产品质量安全风险评估。E-mail: qauhan@qau.edu.cn

*通信作者: 王军 (1980—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为食品安全风险评估与控制。E-mail: jwang@qau.edu.cn

近年来鸡肉消费需求日益增长,根据联合国粮食及农业组织统计^[13](表1),2013年中国鸡肉产量1 279 万t,占中国禽肉产量的70%。鸡肉产品的加工由于涉及加工、贮藏和运输等多个环节,加之产品本身营养丰富易于感染微生物,故鸡肉产品的杀菌消毒环节以及加工贮藏期间微生物控制尤为重要。沙门氏菌是禽肉产品中主要的食源性病原菌^[14-15]。文献数据表明美国、日本、德国、澳大利亚及荷兰等国家的沙门氏菌的估计发病率为14~120 例/10 万人^[16]。在美国,每年治疗因禽肉中沙门氏菌和弯曲杆菌引起的疾病的费用约为4.3~8.1 亿美元,损失惨重^[14]。对中国北京和上海两个直辖市及陕西、四川、河南、广东、广西和福建6 个省份的调查显示,鸡肉中污染沙门氏菌的平均比率高达52.2%^[17]。因此,了解目前鸡肉中沙门氏菌风险评估工作的研究进展对于控制其带来的安全风险及防控措施具有很好的参考意义。本文拟综述国内外鸡肉相关产品中沙门氏菌的风险评估研究现状,指出国内鸡肉中沙门氏菌风险评估工作中存在的问题,并提出科学合理的建议和下一步风险评估工作的研究重点及前景展望,以期对国内开展相关工作提供参考依据。

表1 2013年产量前四位国家或地区肉品、禽肉和鸡肉产量
Table 1 Top 4 countries and regions by the production of meat, poultry and chicken products all over the world in 2013

排名	肉品		禽肉		鸡肉	
	国家或地区	数量/万t	百分比/%	国家或地区	数量/万t	百分比/%
1	中国	8 346	26.90	美国	2 009	18.50
2	欧盟	4 436	14.30	中国	1 826	16.80
3	美国	4 264	13.70	巴西	1 292	11.90
4	巴西	2 601	8.38	欧盟	1 275	11.70
世界总产量		31 038			10 867	

1 研究现状

1.1 沙门氏菌风险评估的研究现状

对于沙门氏菌的风险评估,国际上已开展了大量的研究,研究对象主要为畜禽产品包括猪肉、鸡蛋、鸡肉等,乳制品及蔬菜中沙门氏菌的风险评估也有相关研究报告。世界卫生组织与联合国粮食及农业组织早在2002年就组织各成员国食品安全专家出台了鸡蛋和肉鸡中沙门氏菌的风险评估文件,为各成员国提供相关问题的专家建议,并为各成员国开展沙门氏菌的风险评估工作提供指导^[18]。美国农业部专家Oscar^[19]开展了鸡肉熟食中沙门氏菌的风险评估的研究,并通过蒙特卡罗模拟评估了熟食鸡肉在食用时因可能污染沙门氏菌所带来的风险。Boone等^[20]在基于专家观点的基础上,开展了猪肉中沙门氏菌的风险评估研究,所建立的风险评估模型可以用于评估因食用污染沙门氏菌的猪肉馅而带来的风险。

Parsons等^[21]建立了鸡肉中沙门氏菌从鸡场到屠宰场的整个鸡肉产品链的风险评估,同时比较了Bayesian网络模型、蒙特卡罗模拟方法及更详细的仿真模型等3种建模方法的优缺点。为研究芬兰沙门氏菌控制项目(Finnish Salmonella Control Program, FSCP)对公共健康的影响,Maijala等^[22]建立了鸡肉从屠宰场到消费者使用全流通链的定量风险评估模型,结果表明FSCP的干预措施可以很好的保护公共健康。另外,Whiting等^[23]研究了巴氏杀菌鸡蛋中肠炎沙门氏菌的风险评估模型,同时考虑了微生物生长、失活模型以及剂量反应模型。Murchie等^[24]对爱尔兰鸡蛋中沙门氏菌进行定量风险评估,评估结果表明,鸡蛋中具有很低的沙门氏菌污染可能性及污染水平。

截至目前,国内开展了部分沙门氏菌风险评估的研究工作,但多数研究停留在定性风险评估的水平上,并无真正意义上的沙门氏菌定量或半定量风险评估。吴斌^[25]及王军^[26]等描述了畜产品、动物源性食品中沙门氏菌所带来的风险,并提出了风险管理相关建议。朱玲等^[27]就鸡肉加工过程中沙门氏菌所带来的风险进行了概述性分析。另外,覃海元等^[28]就奶粉中沙门氏菌展开了风险评估,结果表明在目前生产技术水平和管理条件下,奶粉中含有沙门氏菌的可能性很低,由此导致的沙门氏菌病发生的概率小于 10^{-8} 。吴云凤等^[29]开展了南京市零售鸡肉中沙门氏菌的半定量风险评估研究,评估过程中考虑到了交叉污染、加工处理方式等因素的影响。结果表明,南京市居民每人每天因食用零售鸡肉而发生食物中毒的概率为 2.1×10^{-7} ,每年因鸡肉污染沙门氏菌而引发食物中毒的人数为636人。与此同时,国家食品安全风险评估中心也已开展我国零售鸡肉中沙门氏菌污染对人群健康影响的初步定量风险评估,构建了我国从零售到餐桌的鸡肉-沙门氏菌定量风险评估模型,科学分析了消费者由于食用鸡肉而感染沙门氏菌的可能性及对健康的风险,并提出如何降低鸡肉因污染沙门氏菌而带来风险的干预措施及建议^[30]。综上所述,我国目前进行的MRA与其他国家开展的定量MRA工作还有很大的差距。存在的问题及难点集中在我国零售鸡肉中沙门氏菌污染水平的定量监测、我国居民鸡肉烹调习惯专项调查及由此导致的失活模型的构建以及交叉污染模型的构建。针对我国零售鸡肉中沙门氏菌污染水平的定量监测,我国学者已经开展了相关研究。Zhu Jianghui^[31]和Huang Jinlin^[32]等开展了中国北京市、吉林省长春市、内蒙古自治区呼和浩特市、山西省阳林市、江苏省扬州市、广东省广州市市售鸡肉中为期一年的沙门氏菌的定量检测工作,结果显示鸡肉样品中沙门氏菌的阳性率为33.8%~41.6%。这些研究中的调查结果可以为鸡肉中沙门氏菌的风险评估工作提供基础数据支持。

1.2 沙门氏菌预测微生物学的研究现状

预测微生物学在MRA中发挥着重要作用^[33]。因为在风险评估过程中,需要衡量微生物在贮藏运输过程中不同条件下的生长失活情况。严格来说,没有预测微生物学就不能开展定量MRA工作。预测微生物学是以微生物学为理论基础,应用计算机技术为工具,结合化学、数学和统计学的交叉性学科,它采用数学的方法描述不同环境条件下,细菌数变化和外部环境因素之间的响应关系,并对微生物的生长、残存和死亡等动力学情况进行量化的预测^[34]。在畜禽产品应用研究方面,近几年来美国农业部专家Oscar^[35-38]一直致力于鸡肉中沙门氏菌的建模和风险评估的研究,并做了大量的工作,研究了不同贮藏条件下不同接种水平对沙门氏菌生长或失活的影响。Juneja等^[39]研究了鸡肉中沙门氏菌在不同贮藏条件下的生长情况,并在一级模型构建过程中比较了修正的Gompertz模型、Baranyi模型和Logistic模型。这些模型可以为沙门氏菌的定量风险评估提供支持。需要指出的是,以上研究者在获取沙门氏菌生长曲线时,所有实验均在恒温条件下进行,如果能够开展沙门氏菌在动态温度条件下的生长失活模型的研究,将会使定量风险评估工作更具实际应用意义。

1.3 风险评估分析工具

@Risk软件是目前MRA中用到的软件。它是澳大利亚Palisade公司推出的一款跨平台的、嵌入Microsoft Excel电子表中、使用蒙特卡罗模拟进行风险评估的工具。该工具套件广泛应用于金融、建筑、环境、能源、医药等行业,在微生物定量风险评估中的应用也在逐渐推广。目前大多数的MRA研究均使用了该软件,例如Oscar^[19]对鸡肉熟食中沙门氏菌的风险评估研究,Ding Tian等^[10]对生菜中的单增李斯特菌的风险评估研究,Dong Qingli等^[40]对大米中蜡样芽孢杆菌的暴露风险评估等。另外比较常用的软件还有美国Oracle公司的水晶球软件(Crystal Ball)和比利时Vose软件公司的ModelRisk风险建模软件,这两款软件也是嵌入Microsoft Excel的增益工具,能够采用蒙特卡罗模拟功能完成微生物分析风险与不确定模型。

2 国内鸡肉中沙门氏菌风险评估工作中存在的问题

食品安全风险评估可以为食品安全标准修订及食品安全监管提供重要的科学依据。在一定程度上,食品安全风险评估可以反映一个国家经济发展水平、食品安全管理水平及居民安全意识的重要内容。在CAC发布的MRA工作规范的指导下,世界许多国家和地区都已开展了不同食品基质多种病原微生物种类的MRA研究工作,为各国食品安全管理部门进行科学的决策提供理论依

据。目前我国开展MRA研究工作较少,已经开展的MRA研究工作则主要停留在定性风险评估的水平上。关于沙门氏菌风险评估研究,国家风险评估中心开展了零售鸡肉中沙门氏菌污染对人群健康影响的初步定量风险评估研究。综合文献分析,并与国外研究工作比较,我国在现有的MRA研究工作中,尤其是鸡肉中沙门氏菌的风险评估工作中存在的问题主要有以下几个方面:

2.1 居民膳食消费数据的缺乏

我国居民膳食消费数据缺乏是定量MRA需要面对的首要问题。我国曾于1959年、1982年、1992年、2002年和2010年分别进行过5次全国营养调查,这对于了解我国城乡居民膳食结构和营养水平,评价城乡居民营养与健康水平发挥了积极的作用。但是,针对食品安全风险评估的目的,这些调查数据比较单薄,不足以提供足够的数据进行科学的定量MRA。这主要是由于当时设计各项调查时针对的目的不同造成的。近年来,我国社会经济得到了快速发展,居民生活水平得到了极大改善,同时,伴随着食品安全形势逐渐严峻,我国居民食品安全意识及需求大幅度提高。因此,基于食品安全风险评估目的,在历次全国性营养调查的基础上,应进一步细化调查数据,细化食品类别、地区、人口结构、消费习惯等,得到有效的可用于食品安全风险评估的数据。基于以上分析,目前我国鸡肉产品的消费数据也是极度缺乏的,这是各类食品基质进行食品安全分析时遇到的瓶颈之一。

2.2 沙门氏菌失活模型的缺乏

国际上,鸡肉中沙门氏菌在不同贮藏条件下的生长模型已经得到了深入的研究^[31-35]。我国在开展MRA时,可以直接参考借鉴相关的微生物生长模型。目前我国对于沙门氏菌失活模型的研究以及相关文献报道较少,模型构建工作需要进一步加强。我国鸡肉的烹饪方式包括炒、炸、蒸、煮、焖、炖、煨、烧、爆、烤等,多样的烹饪模式给微生物失活模型的建立带来了极大的挑战。失活模型的缺乏阻碍了我国鸡肉中沙门氏菌风险评估研究的顺利开展。

2.3 交叉污染模型的缺失

食品烹饪过程中容易导致微生物的交叉污染,这是导致沙门氏菌食物中毒事件发生的主要原因。为了开展更加准确可靠的MRA研究,交叉污染必须纳入到风险评估模型中。在我国已经进行开展的沙门氏菌定性风险评估过程中未见交叉污染的报道。我国的鸡肉都是烹饪后再食用,因此,造成食物中毒的原因主要是由于在鸡肉烹饪过程中没有做到生熟分开导致的交叉污染^[32]。不良的卫生习惯、较差的设备及缺乏有效的控制措施是造成沙门氏菌交叉污染的主要原因^[41]。目前,在开展MRA研究中,并没有将交叉污染的影响予以量化并考虑在内。

2.4 剂量反应关系模型的缺乏

居民膳食中摄入的微生物剂量与致病症状之间的剂量反应关系模型是定量MRA中需要面对的另一大难题。MRA中剂量反应关系模型的缺乏主要是由于人体临床实验数据缺乏、而动物实验数据不能很好地应用于人体剂量反应关系造成的。

2.5 风险评估模型设计存在的缺陷

一个完整的食品生产链的风险评估对政府监管部门、生产者及消费者都具有重要的参考价值。但是现有的鸡肉风险评估中并没有将畜禽养殖场及屠宰场中相关操作环节带来的风险考虑在内。肉鸡屠宰场污染情况的监测及溯源有待加强研究。

3 结 语

结合目前国内外鸡肉中沙门氏菌风险评估的研究现状及我国相关研究工作中存在的问题,针对下一步鸡肉中沙门氏菌风险评估研究工作,笔者提出以下几条建议予以探讨:国家应进一步加大食品安全风险评估工作的投入,针对食品安全风险评估目的,开展进一步细化居民营养膳食调查,以期得到更完善的数据,便于MRA工作的进行;完善食源性疾病的监测体系、科学收集食源性疾病的检测体系,深入开展交叉污染的理论研究、构建交叉污染模型。一方面可以为定量MRA提供理论支持,另一方面可以提高消费者在购买鸡肉及其产品以及烹饪加工过程中的安全卫生意识;研究沙门氏菌的摄入与人体致病反应的剂量-反应模型,有利于开展微生物定量风险评估研究;进一步开展沙门氏菌的生长模型的研究,尤其是基于鸡肉中原有微生物菌群与沙门氏菌之间的菌间互作效应下的生长模型研究,更具有实际参考和应用价值;不同生产加工烹饪技术下的沙门氏菌失活模型的构建。

随着我国食品安全监管体系的完善和食品安全法规的建立健全,我国肉鸡屠宰加工企业和零售商会更加严格遵照国家和行业相关标准和技术规范要求,降低零售前交叉污染,减少肉鸡及其产品潜在的安全风险。加之上述建议中的基础理论研究工作的逐步开展,可以推动我国鸡肉中沙门氏菌风险评估工作的进一步完善,提高风险评估的科学性和准确性,真正为政府食品安全监管和理性决策提供科学的理论参考,推动我国的食品安全形势的进一步好转,也为消费者日常饮食选择提供风险预警的理论借鉴。

参考文献:

- [1] GOULD L H, WALSH K A, VIEIRA A R, et al. Surveillance for foodborne disease outbreaks: United States, 1998—2008[J]. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2013, 62(2): 1-34.
- [2] 国家卫生和计划生育委员会. 国家卫生计生委办公厅关于2014年全国食物中毒事件情况的通报[EB/OL]. (2015-02-15)[2015-06-20]. <http://www.moh.gov.cn/yjb/s3585/201502/91fa4b047e984d3a89c16194722ee9f2.shtml>.
- [3] 国家卫生和计划生育委员会. 国家卫生计生委办公厅关于2013年全国食物中毒事件情况的通报[EB/OL]. (2014-02-20)[2015-06-20]. <http://www.moh.gov.cn/yjb/s3585/201402/f54f16a4156a460790caa3e991c0abd5.shtml>.
- [4] Codex Alimentarius Commission. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment, CAC/GL-30[EB/OL]. (2014-07-18)[2015-06-20]. http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/10741/CXG_063e.pdf.
- [5] Environmental Protection Agency/United States Department of Agriculture. Microbial risk assessment guideline: pathogenic microorganisms with focus on food and water[EB/OL]. (2014-11-07)[2015-06-20]. http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/d79eaa29-c53a-451e-ba1c-36a76a6c6434/Microbial_Risk_Assessment_Guideline_2012-001.pdf?MOD=AJPERES.
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Principles and guidelines for incorporating microbiological risk assessment in the development of food safety standards, guidelines and related texts[R]. Kiel: FAO/WHO, 2002.
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Hazard characterization for pathogens in food and water: guidelines. microbiological risk assessment series 3[R]. Rome: FAO/WHO, 2004.
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Food safety risk analysis: a guide for national food safety authorities[R]. Rome: FAO/WHO, 2007.
- [9] CARRASCO E, PEREZ-RODRIGUEZ F, VALERO A, et al. Risk assessment and management of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat lettuce salads[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2010, 9(5): 498-512.
- [10] DING Tian, IWAHORIC J, KASUGAD F, et al. Risk assessment for *Listeria monocytogenes* on lettuce from farm to table in Korea[J]. *Food Control*, 2013, 30(1): 190-199.
- [11] FRANZ E, TROMP S O, RIJGERSBERG H, et al. Quantitative microbial risk assessment for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in leafy green vegetables consumed at salad bars[J]. *Journal of Food Protection*, 2010, 73(2): 274-285.
- [12] Food and Drug Administration. Quantitative assessment of relative risk to public health from foodborne *Listeria monocytogenes* among selected categories of ready-to-eat foods[EB/OL]. (2003-09)[2015-06-20]. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/RiskSafetyAssessment/ucm183966.htm>.
- [13] 联合国粮农组织. 粮农组织统计数据库(FAOSTAT)[EB/OL]. (2015-05-01)[2015-06-20]. <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- [14] BRYAN F L, DOYLE M P. Health risks and consequences of *Salmonella* and *Campylobacter jejuni* in raw poultry[J]. *Journal of Food Protection*, 1995, 58(3): 326-344.
- [15] CHIA T W R, GOULTER R M, MCMEEKIN T, et al. Attachment of different *Salmonella* serovars to materials commonly used in a poultry processing plant[J]. *Food Microbiology*, 2009, 26(8): 853-859.

- [16] THORNS C J. Bacterial food-borne zoonoses[J]. Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties (Paris), 2000, 19(1): 226-239.
- [17] YANG Baowei, XI Meili, WANG Xin, et al. Prevalence of *Salmonella* on raw poultry at retail markets in China[J]. Journal of Food Protection, 2011, 74(10): 1724-1728.
- [18] World Health Organization Food and Agriculture Organization of the United Nations. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens. microbiological Risk Assessment Series 2[R]. Rome: FAO/WHO, 2002.
- [19] OSCAR T P. A quantitative risk assessment model for *Salmonella* and whole chickens[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 93(2): 231-247.
- [20] BOONE I, van der STEDE Y, BOLLAERTS K, et al. Expert judgement in a risk assessment model for *Salmonella* spp. in pork: the performance of different weighting schemes[J]. Preventive Veterinary Medicine, 2009, 92(3): 224-234.
- [21] PARSONS D J, ORTON T G, D'SOUZA J, et al. A comparison of three modelling approaches for quantitative risk assessment using the case study of *Salmonella* spp. in poultry meat[J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 98(1): 35-51.
- [22] MAIJALA R, RANTA J, SEUNA E, et al. A quantitative risk assessment of the public health impact of the Finnish *Salmonella* control program for broilers[J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 102(1): 21-35.
- [23] WHITING R C, BUCHANAN R L. Development of a quantitative risk assessment model for *Salmonella enteritidis* in pasteurized liquid eggs[J]. International Journal of Food Microbiology, 1997, 36(2/3): 111-125.
- [24] MURCHIE L, XIA Bin, MADDEN R H, et al. Qualitative exposure assessment for *Salmonella* spp. in shell eggs produced on the island of Ireland[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 125(3): 308-319.
- [25] 吴斌, 秦成, 石智, 等. 畜产品中沙门氏菌的风险评估[J]. 大连轻工业学院学报, 2004, 23(3): 226-228.
- [26] 王军, 郑增忍, 王晶钰. 动物源性食品中沙门氏菌的风险评估[J]. 中国动物检疫, 2007, 24(4): 23-25.
- [27] 朱玲, 许喜林, 周彦良, 等. 加工肉鸡中沙门氏菌风险评估[J]. 现代食品科技, 2009, 25(7): 825-829.
- [28] 覃海元, 潘嫣丽. 奶粉中沙门氏菌的风险评估[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(10): 50-52.
- [29] 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.
- [30] 宋筱瑜. 食品风险评估中心微生物风险评估进展[R]. 武汉: 国家食品安全风险评估中心, 2014.
- [31] ZHU Jianghui, WANG Yeru, SONG Xiaoyu, et al. Prevalence and quantification of *Salmonella* contamination in raw chicken carcasses at the retail in China[J]. Food Control, 2014, 44: 198-202.
- [32] HUANG Jinlin, ZONG Qing, ZHAO Fei, et al. Quantitative surveys of *Salmonella* and *Campylobacter* on retail raw chicken in Yangzhou, China[J]. Food Control, 2016, 59: 68-73.
- [33] OSCAR T P. Plenary lecture: innovative modeling approaches applicable to risk assessments[J]. Food Microbiology, 2011, 28(4): 777-781.
- [34] 王军, 董庆利, 丁甜. 预测微生物模型的评价方法[J]. 食品科学, 2011, 32(21): 268-272.
- [35] OSCAR T P. Validation of lag time and growth rate models for *Salmonella typhimurium*: acceptable prediction zone method[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(2): M129-M137.
- [36] OSCAR T P. Development and validation of a tertiary simulation model for predicting the potential growth of *Salmonella typhimurium* on cooked chicken[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 76(3): 177-190.
- [37] OSCAR T P. Development and validation of a stochastic model for predicting the growth of *Salmonella typhimurium* DT104 from a low initial density on chicken frankfurters with native microflora[J]. Journal of Food Protection, 2008, 71(6): 1135-1144.
- [38] OSCAR T P. Predictive model for survival and growth of *Salmonella typhimurium* DT104 on chicken skin during temperature abuse[J]. Journal of Food Protection, 2009, 72(2): 304-314.
- [39] JUNEJA V K, MELENDRES M V, HUANG L, et al. Modeling the effect of temperature on growth of *Salmonella* in chicken[J]. Food Microbiology, 2007, 24(4): 328-335.
- [40] DONG Qingli. Exposure assessment for *Bacillus cereus* in Chinese-style cooked rice[J]. Journal of Food Process Engineering, 2013, 36(3): 329-336.
- [41] CARRASCO E, MORALES-RUEDA A, GARCIA-GIMENO R M. Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: a review[J]. Food Research International, 2012, 45(2): 545-556.