

食品安全风险排序研究进展

李 乐¹, 刘永涛², 何雅静¹, 宋 悒^{1*}

(1. 中国水产科学研究院, 北京 100141; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223)

摘 要: 对食品安全风险排序的目的、概念、步骤、评价指标和计算方法等方面的研究进展进行了归纳和介绍, 提出了风险排序面临的挑战和相应的措施建议。风险排序是一种可以用来进行确认、分级并得出最重要风险的技术方法, 其目的是为了能够更好地分配风险管理资源。风险排序的步骤包括危害列表、评价指标确立和计算排序3步。风险排序的指标是在风险排序中用于衡量风险等级的不同维度, 针对不同类型的风险需要设定不同的评价指标。在食品安全领域, 风险排序主要有基于多种判据排序法和风险期望值排序法两种主要类型, 多种判据排序法更适合农产品风险排序, 风险期望值排序法更适合食品风险排序。风险排序面临大量不同性质风险同时并存及主观判断干扰等方面的挑战, 正确的方式是在排序之前对风险及其性质进行分类, 并选择合适的排序方法。

关键词: 食品安全; 农产品; 风险排序

Review on the research development of risk ranking for food safety

LI Le¹, LIU Yong-Tao², HE Ya-Jing¹, SONG Yi^{1*}

(1. Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China; 2. The Yangtze River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

ABSTRACT: The research developments of meaning, concept, process, factors and methods on risk ranking were summarized. The challenge and suggestion on risk ranking were proposed. Risk ranking is a technical method used to confirm, sort and find out the most important risk, which goal is to allocate risk management resources better. The method is divided into three steps generally, namely list of hazards, establishment of evaluation criteria and ranking. Risk ranking criteria are different dimensions used to measure the risk level and for the ranking of different types of risks, there is different evaluation criteria needed to be considered. The methods on risk ranking for food safety were classified especially. Multicriteria-based ranking is more suitable for risk ranking of agriculture products and risk expectation ranking is more suitable for risk ranking of food. The risk should be classified and the proper method should be selected to face the challenge.

KEY WORDS: food safety; agricultural products; risk ranking

按照国际食品法典委员会权威观点和国际大多数国家的共识, 风险排序是食品安全风险管理过程中的重要环节^[1]。Baccarini 等^[2]指出, 进行风险排序的原因是在任何

项目中需要采取措施进行管理的风险有多个, 而采取管理措施所需的资源都是有限的, 为了更好地分配风险管理资源, 需要对风险进行排序从而识别其优先次序。

基金项目: 罗非鱼现代农业产业技术体系建设专项资金(2060302-425-02)

Fund: Supported by the Technology System of Modern Agriculture Industrial for Tilapia (2060302-425-02)

*通讯作者: 宋悒, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全理论。E-mail: songyi@cafs.ac.cn

*Corresponding author: SONG Yi, Professor, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China. E-mail: songyi@cafs.ac.cn

风险排序方法被广泛应用于如何决定风险控制的策略中,风险控制措施分为两步,首先是决定监测何种有害物质,也就是风险排序和分级,其次是决定在什么地方进行监测,也就是风险监控^[3-4]。瑞士的一项调查表明^[5],在使用控制风险的手段后,用于监测的费用从2002年到2009年间下降了600万欧元,而且使用风险控制手段还可以提高监测的准确性。在考虑食品安全监测的优先性问题时,基于风险排序的方式是较好的选择^[6]。而基于风险排序和随意性的采样监测比较也表明,前者在监测抗生素残留方面更为有效^[7-8]。

1 风险排序的概念和步骤

广义上讲,风险是遭受损失的一种可能性。这个定义描述了风险的两个基本属性,即概率和严重性^[9]。风险排序,有时也称为危害排序或者比较风险评估,是一种可以用来进行确认、分级并得出最重要风险的技术方法。国际粮农组织和世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations-World Health Organization)曾在报告中阐述关于全球性微生物风险排序的研究进展^[10]。Turner^[11]认为“风险发生的概率和发生后造成的结果决定了风险的严重程度”。Ward^[12]在介绍风险排序矩阵时,使用了重要风险(significance)的概念,并阐述了“风险重要性”和“风险排列次序”之间的关系。这些概念的本质是相同的,均以风险发生概率和发生后造成后果作为衡量风险严重程度的主要尺度,并按照这一尺度对风险进行排序,从而确定风险等级。

风险排序的方法很多,但其步骤是基本一致的,一般来说分为危害列表、评价指标确立和计算排序3步^[13]。危害列表即将考虑排序的危害逐一列出;评价指标,也就是影响优先度的主要因素,这一点反映在评价方法中就是评价的标准;计算排序即按照评价模型,或者计算方法对风险进行等级划分和排序。

2 风险排序的评价指标

风险排序指标是指在风险排序中用于衡量风险等级的不同维度。排序指标的的确立必须充分考虑所要分析风险的类型、风险的属性、开展风险排序的参加者等方面,指标可以包括定性和定量两方面^[13]。

目前,一般的观点都认为衡量风险的基本维度是概率和严重性^[14]。但Haimes^[15]提出:只依靠概率和严重性作为衡量风险的基本维度不仅是不充分的,而且可能是谬误。Charette^[16]认为,只依据概率和严重性两个因素来确定风险的等级不很全面,应该增加可预见性(predictability)的衡量维度。这一点与传统的概率-严重性二维评价相比较,增加了风险可预见性属性,实质上已不仅限于风险本身,而是从管理的角度来描述风险的等级。左美云等^[17]认为影

响因素中忽视了风险是否能被监测到的问题,因此在风险值的计算公式中加入了风险监测能力指标。可以认为风险监测能力指标与上述的可预见性指标的含义是相同的,均描述了风险的可预见性属性。

对于不同类型的风险进行排序也需要考虑不同的评价指标。FAO-WHO^[10]的报告在谈到病虫害对食品产业的影响风险时,设立了6个需要考虑的主要定量指标:疾病发生的频率及严重性、发生的范围和数量、产业链的多样性和复杂性、危害通过食物链放大的潜力、控制的可能性和对国际贸易及经济的影响程度。针对进口食品风险排序来说,主要考虑的定量指标就是对公共卫生、动物卫生和进口国环境及经济的影响^[18]。郑楠等在对中国牛奶中霉菌毒素进行风险排序时,主要考虑的指标是霉菌的种类、毒性和检测限量^[19]。

3 风险排序的计算方法

当前已开发出大量不同类型的风险排序工具,如卫生风险评估模型系统^[20]、食源性疾病风险排序模型^[21-22]、Risk Ranger^[23]、FDA-iRISK^[24]、fuzzy vertex^[25]、CARVER + Shock Tool^[26]、逐步及交互式食品安全评价专家系统^[27]、进口风险分析^[28-29]等。

在微生物领域,大量的方法被开发出来对人类致病性风险进行排序,从广义定量工具如Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA)到更加准确定量工作如决策树^[30-31]。对化学有害物质进行排序的文献比较缺乏,不过可以与微生物危害一样使用相同的原理,一般来说使用半定量的方法,其优势在于比完全定量方法复杂性低、节省时间、并且能够获得更多的信息^[30]。利用矩阵排序法对严重性和可能性进行赋分可以对大范围的化学物质进行排序。比利时食品安全联邦机构基于化学物质的危害、流行性和暴露情况进行赋分^[32]。英国兽药残留委员会利用排序矩阵法对危害的性质和潜力、动物在膳食中的比例、用药的频率、高暴露人群和监测到的残留情况进行赋分并开展风险排序,同时考虑了消费模式和历史监测数据^[33]。

总的来看,目前在食品安全领域,风险排序主要有两种类型的方法。一是基于多种判据的风险排序方法,主要用于对风险可能造成产业损害的情况进行排序,如国际食品法典(CAC)制定的《供政府对饲料危害等级进行优先性排序的指南》(Guidelines to Risk Ranking the Feed Hazards for Governments)^[34]和《针对食源性寄生虫的基于多种判据的风险排序》(Multicriteria-Based Ranking for Risk Management of Food born Parasites)^[35],其在考虑影响风险的指标时,不仅限于危害的严重性和发生的可能性,还要综合考虑对产业可能的影响。如《供政府对饲料危害等级进行优先性排序的指南》中提到要考虑某种饲料的可替代性,《针对食源性寄生虫的基于多种判据的风险排序》中提到

寄生虫对产业经济的可能影响等。基于这种风险排序方法, Anderson 等^[36]对新鲜农产品中的病菌风险进行了排序, Oidtman^[37]对鱼类养殖场中致病菌带入和传播的风险进行了排序。这种多种判据排序方法的关键在于不仅能够全面提出评价风险的指标,而且可以根据专家意见,合理给出各指标的权重。二是风险期望值排序法,将风险概率和风险影响相乘,并按乘积大小进行排序。这种方法浅显易懂,并得到广泛应用,具有代表性的是英国兽药残留委员会。该机构从2004年即开始利用这一方法对兽药残留风险进行排序,并且在实践过程中不断对评价指标和计算方法进行优化^[38]。此外,新西兰利用这一方法对其国内的食品安全风险进行了排序和分级^[13]; Asselt 等^[39]对芬兰食品中的抗生素残留可能对人体健康带来的风险进行了排序; Soon 等^[40]建立了对三文鱼养殖场进行风险排序的工具,并在英国的9个养殖场进行了试用; Edward^[41]对美国市场上鱼类中汞的风险进行了排序; Sumner 等^[42]针对澳大利亚的海鲜产品安全性进行了风险排序。以上研究表明,这种方法主要针对风险可能对人体健康带来的风险进行排序,指标比较单一,只需考虑危害的严重性和发生的可能性即可,关键在于对表征严重性和可能性的指标要界定准确。

4 风险排序的挑战与建议

4.1 风险排序的挑战

美国食品药品监督管理局的 Fischhoff 教授在2006年谈到,风险排序研究与实践面临的挑战有三方面,分别是海量的风险、繁多的风险类别及如何对评价风险的指标进行赋值^[43]。Webster 等^[44]总结了不同风险排序计算方法在各领域应用的共性问题,一是风险本身很复杂,无法简单地描述;二是单凭一个模型不能囊括所有的假设和不同的影响因素。此外,基于多种判据的风险排序方法包含了许多主观的决定,数据输入和权重分析主要依靠该领域科学家的选择,因此根据这种风险排序方法做出决策时必然包含大量的主观成分^[45]。

4.2 风险排序的建议

首先,面对大量的、不同性质的风险,为了降低其复杂性,必须在排序之前对风险和风险性质进行分类,并选择合适的排序方法,如在开展农产品风险评估工作时,由于需要更多考虑风险对产业损害的影响,建议使用基于多种判据的风险排序方法,在开展食品安全风险评估工作时,由于需要更多考虑风险对人体健康的影响,建议使用风险期望值排序法。其次,在排序过程中,尽量使用以客观数据为主要判定指标的风险排序方法,以降低主观判断对排序结果的干扰。最后,必须意识到任何排序都只是为决策提供参考数据。美国食品安全研究协会^[21]2003年指出,“政府决策不能简化为一个公式”,每一个因素的变化都可能使

优先次序发生变化。因此,随着研究的深入和社会需求的变化,风险排序的方法及公式应做出不断的修正和调整。

参考文献

- [1] Codex Alimentarius Commission. CAC/GL 62-2007 Working principle for risk analysis for food safety for application by governments[S/OL]. [2014-02-26]. <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/>.
- [2] Baccarini D, Archerb R. The Risk Ranking of Projects: a Methodology [J]. Int J Proj Manag, 2001, (19): 139-145.
- [3] Berg C. Amtliche probenahme von lebensmitteln auf risikobasis. risk based official sampling of food [J]. Arch Lebensmittelhyg, 2008, 7(4): 130-136.
- [4] Van Asselt ED, Sterrenburg P, Noordam MY, et al. Overview of available methods for Risk Based Control within the European Union [J]. Trends Food Sci Tech, 2012, 23(1): 51-58.
- [5] Reist M, Jemmi T, Stärk KDC. Policy-driven development of cost-effective, risk-based surveillance strategies [J]. Prev Vet Med, 2012, 105(3): 176-184.
- [6] Stärk KD, Regula G, Hernandez J, et al. Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches [J]. BMC Health Serv Res, 2006, 6(1): 20.
- [7] Baptista FM, Alban L, Olsen AM, et al. Evaluation of the antibacterial residue surveillance programme in Danish pigs using Bayesian methods [J]. Prev Vet Med, 2012, 106(3): 308-314.
- [8] Presi P, Stärk KD, Knopf L, et al. Efficiency of risk-based vs. random sampling for the monitoring of tetracycline residues in slaughtered calves in Switzerland [J]. Food Addit Contam, 2008, 25(5): 566-573.
- [9] 李少明. 项目风险排序研究综述[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(1): 158-160.
Li SM. A summarize on the project risk sequencing [J]. Sci/Tech Inf Dev Econ, 2006, 16(1): 158-160.
- [10] FAO-WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization). Microbiological hazards in fresh fruits and vegetables. Microbiological Risk Assessment Series[EB/OL]. [2014-02-27] <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/en/>.
- [11] Turner JR. The handbook of project-based management [M]. London: McGraw-Hill, 1999.
- [12] Ward SC. Assessing and managing important risks [J]. Int J Proj Manag, 1999, 17(6): 331-336.
- [13] Institute of Environmental Science and Research. Ranking food safety risks-A prototype methodology [R]. New Zealand: ESR, 2004.
- [14] Williams TM. The two-dimensionality of project risk [J]. Int J Proj Manag, 1996, 14(3): 185-186.
- [15] Haimes YY. Risk of Extreme Events and the Fallacy of Expected Value, in Risk Modeling, Assessment, and Management [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [16] Charette RN. Software engineering risk analysis and management [M]. Intertext Publications, 1989.
- [17] 左美云, 周彬. 实用项目管理与图解[M]. 北京: 清华大学出版社有限公司, 2002.
Zuo MY, Zhou B. Practical project management and illustrations [M]. Bei-

- jing: Tsinghua University Press, 2002.
- [18] World Organisation for Animal Health OIE. Aquatic Animal Health Code (Eleventh Edition) [S/OL]. [2014-02-27] <http://www.oie.int/doc/ged/D6442.PDF>.
- [19] 郑楠, 李松励, 许晓敏, 等. 牛奶中霉菌毒素风险排序[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40: 9–11.
Zheng N, Li SJ, Xu XM, *et al.* Risk ranking of mycotoxin in milk in China [J]. China Anim Husb Vet Med, 2013, 40: 9–11.
- [20] Tuominen P, Hielm S, Aarnisalo K, *et al.* Trapping the food safety performance of a small or medium-sized food company using a risk-based model. The HYGRAM® system [J]. Food Control, 2003, 14(8): 573–578.
- [21] Batz MB, Hoffman SA, Krupnick AJ, *et al.* Identifying the most significant microbiological foodborne hazards to public health: a new risk ranking model. In: Food Safety Research Consortium. Discussion Paper Series No.1 [R/OL]. [2014-02-27] <http://www.rff.org/rff/Documents/FRSC-DP-01.pdf>.
- [22] FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2006 [R/OL]. [2014-02-26] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0699e/a0699e.pdf>.
- [23] Ross T, Sumner J. A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool [J]. Int J of Food Microbiol, 2002, 77(1): 39–53.
- [24] Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition (FDA/CFSAN), Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN) and Risk Sciences International (RSI). FDA-iRISK version 1.0. FDA CFSAN. College Park, Maryland. [2014-05-15] <http://irisk.foodrisk.org/>.
- [25] Ranade AK, Pandey M, Paul S, *et al.* Risk analysis of ingestion dose through food chain using imprecise probability [A]. In 2010 2nd International Conference on Reliability, Safety and Hazard [C]. Mumbai, India, 2010: 604–607.
- [26] FDA. CARVER Software [Z/OL]. [2014-02-12] <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodDefense/UCM317418.pdf>
- [27] Van Gerwen SJC, Te Giffel MC, Van't Riet K, *et al.* Stepwise quantitative risk assessment as a tool for characterization of microbiological food safety [J]. J Appl Microbiol, 2000, 88(6): 938–951.
- [28] Covello VT, Merkhoher MW. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks [M]. New York: Plenum Press, 1993.
- [29] Peeler EJ, Murray AG, Thebault A, *et al.* The application of risk analysis in aquatic animal health management [J]. Prev Vet Med, 2007, 81(1): 3–20.
- [30] EFSA. Scientific opinion on the development of a risk ranking framework on biological hazards [J]. EFSA J, 2012: 10(6), 2724–2812.
- [31] Van Asselt ED, Sterrenburg P, Noordam MY, *et al.* Overview of available methods for Risk Based Control within the European Union [J]. Trends Food Sci Tech, 2012, 23(1): 51–58.
- [32] Maudoux JP, Saegerman C, Rettigner C, *et al.* Food safety surveillance through a risk based control programme: approach employed by the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain [J]. Vet Quart, 2006, 28(4): 140–154.
- [33] VRC. Annual report on surveillance for veterinary residues in food in the UK 2010 [R/OL]. [2012-02-24] <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/reports/vrcar2010.pdf>
- [34] Codex Alimentarius Commission. CAC/GL 81-2013 Principles for the use of sampling and testing in international food trade [S/OL]. [2014-02-26] www.codexalimentarius.org/input/download/.../CXG_081c.pdf
- [35] Joint FAO/WHO Expert Meeting on Foodborne Parasites. Preliminary report: multicriteria-based ranking for risk management of foodborne parasites [R/OL]. [2014-02-23] http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agms/news_events/Parasite%20report%20final%20draft-25October2012.pdf
- [36] Anderson M, Jaykus LA, Beaulieu S, *et al.* Pathogen-produce pair attribution risk ranking tool to prioritize fresh produce commodity and pathogen combinations for further evaluation (P³ARRT) [J]. Food Control, 2011, 22(12): 1865–1872.
- [37] Oidtmann BC, Crane CN, Thrush MA, *et al.* Ranking freshwater fish farms for the risk of pathogen introduction and spread [J]. Prev Vet Med, 2011, 102(4): 329–340.
- [38] VRC. VRC/13/44 Matrix Ranking [Z/OL]. [2013-11-28] <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/papers/2013/vrc1344.pdf>
- [39] Van Asselt ED, van der Spiegel M, Noordam MY, *et al.* Risk ranking of chemical hazards in food—a case study on antibiotics in the Netherlands [J]. Food Res Int, 2013, 54(2): 1636–1642.
- [40] Soon JM, Baines RN. Aquaculture farm food safety and diseases risk assessment (AquaFRAM): development of a spreadsheet tool for salmon farms [J]. Aquacult Eng, 2012, 49: 35–45.
- [41] Edward G III. Ranking the contributions of commercial fish and shellfish varieties to mercury exposure in the United States: implications for risk communication [J]. Environ Res, 2010, 110(3): 226–236.
- [42] Sumner J, Ross T. A semi-quantitative seafood safety risk assessment [J]. Int J Food Microbiol, 2002, 77(1): 55–59.
- [43] Baruch F, Granger M. The science and practice of risk ranking [J/OL]. [2014-05-15] <http://www.cmu.edu/dietrich/sds/docs/fischhoff/SciencePracticeRiskRanking.pdf>
- [44] Webster K, Jardine C, Cash SB, *et al.* Risk ranking: investigating expert and public differences in evaluating food safety hazards [J]. J Food Prot, 2010, 73(10): 1875–1885.
- [45] 汪何雅, 纪丽君, 钱和, 等. 国外食品安全风险排名中几个典型模型的比较[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(9): 119–123.
Wang HY, Ji LJ, Q H, *et al.* Comparison of several typical risk ranking models in foreign food safety field [J]. Food Ferment Ind, 2010, 36(9): 119–123.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



宋 恸, 本科, 研究员, 主要从事水产品质量安全理论研究。
E-mail: songyi@cafs.ac.cn



李 乐, 博士, 副研究员, 主要从事水产品质量标准研究。
E-mail: lil@cafs.ac.cn