

层次分析法构建南通市餐饮服务食品安全监管量化 分级评价方法应用研究

王诗雨, 李 洲, 任文龙, 卢玉军, 吕婧怡, 肖 静*

(南通大学公共卫生学院, 南通 226019)

摘要: 目的 探讨餐饮服务食品安全监管新型量化分级评价标准, 提高监管效能。**方法** 采用统一制定的专家评分表, “一对一”访谈, 对 5 个业态量化分级指标的相对重要性打分; 层次分析法确定指标的权值。

结果 本次调查专家权威性较高, 各个专家对不同业态量化分级指标的重要性程度判断一致性较高 $CR < 0.1$, 权重值计算合理, 重点项检查指标的权值相对较高, 能区分出重点项和一般项。不同业态的一级指标权值顺位差异不大, 各二级指标的权值体现出了一定的区分度, 但在不同业态中也反应出一些差异。**结论** 本次评定的餐饮服务食品安全监管新型量化分级评价标准合理有效, 具有广泛应用价值。

关键词: 层次分析法; 餐饮; 食品安全; 量化分级; 权重

Study on the application of analytic hierarchy process in the construction of quantitative grading evaluation method of food safety supervision in Nantong

WANG Shi-Yu, LI Zhou, REN Wen-Long, LU Yu-Jun, LV Jing-Yi, XIAO Jing*

(School of Public Health, Nantong University, Nantong 226019, China)

ABSTRACT: Objective To explore the new quantitative grading evaluation standard of food safety supervision in catering service, and improve the supervision efficiency. **Methods** The relative importance of 5 quantitative classification indexes was scored by the unified expert rating table which was produced by "one-to-one" interview. The weights of the indexes were established by analytic hierarchy process. **Results** The authority of these surveys' expert was relatively high, the experts had high consistency in judging the importance of quantitative classification indicators of different formats $CR < 0.1$, the calculation of the weight value was reasonable, and the weight of the key item inspection index was relatively high, key items and general items were distinguished. The weights of the first-level indicators of different formats were not significantly different. The weights of the second-level indicators reflected a certain degree of differentiation, but they also reflected some differences in different formats. **Conclusion** The new quantitative grading evaluation standard for food safety supervision of catering services is reasonable and effective, and has wide application value.

KEY WORDS: analytic hierarchy process; food and beverage; food safety; quantitative grading; weight

基金项目: 南通市科技局项目(MS12018052)、江苏省大学生实践创新训练计划项目(201710304076Y)

Fund: Supported by the Nantong Science and Technology Bureau Project (MS12018052), and Project on Practical Innovation Training for College Students in Jiangsu Province (201710304076Y)

*通讯作者: 肖静, 博士, 教授, 主要研究方向为统计学方法在食品安全领域的应用。E-mail: jxiaoyz@163.com

*Corresponding author: XIAO Jing, Ph.D, Professor, School of Public Health, Nantong University, Nantong 226019, China. E-mail: jxiaoyz@163.com

1 引言

我国餐饮业服务环节的食品安全问题不容乐观。据统计,2015~2017年我国报告食品安全事件500多起^[1,2],其中餐饮食品安全事件发生率排名前十^[3]。2016年餐饮服务量化分级管理制度的实施,对推动餐饮业食品安全风险和信誉度分级,按等级进行分类监督管理起到了积极的促进作用^[4,5]。然而,目前江苏省使用的餐饮服务食品安全监督评定表评定过程较为复杂,未考虑各地区的差异情况,且需要监管人员专门对监管对象开展一次量化分级,工作量大,难以实现。

鉴于此,本研究采用层次分析法构建更为科学合理和简易操作的适合南通地区餐饮服务食品安全监管量化分级评价标准,使评定结果能最大程度的指导市民的就餐选择。

2 资料与方法

2.1 调查对象来源

由于人的经历和技术水平不同,对监督管理的理解和判断也不同,因此,我们选择的专家要求其咨询的问题有一定的实践经验和专业理论知识。为保证收集到的数据的代表性和可靠性,2019年12月选取来自南通市食品药品监督管理局下属县区镇33家分局中从事餐饮服务食品安全日常监督检查工作10年及以上的一线监管专家,其中,82%的专家为食品安全相关专业,高级职称占77%,熟悉量化分级,食品安全和食品监督管理。

2.2 调查方法

根据国家总局2019年制定的《餐饮服务日常监督检查要点表》^[6],采用统一制定的调查表(专家评分表)，“一对一”访谈,指导专家进行打分,获得5个不同业态(特大、大中型餐饮,小、微型餐饮,集体用餐配送,中央厨房和单位食堂)检查指标的相对重要性的评分。相对重要性的比例尺度见表1,根据“人区分信息等级的极限能力为7±2”的心理学结论^[7]。

本次调查共发放评分表165份,回收率100%。剔除无效评分表(如数据缺项较多),获得有效评分表158份,有效率为95.76%。其中特大、大中型餐饮33位专家打分,小、微型餐饮32位专家打分,集体用餐配送30位专家打分,中央厨房30位专家打分,单位食堂33位专家打分。同时,我们对专家的判断依据和熟悉程度赋值打分,打分标准见表2。

2.3 研究方法

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP),由美国运筹学家 Saaty 等^[8]提出,在建立各层次的评价指标体系的基础上,先在同一层次内比较各指标的相对重要性,再在不同层次间综合计算各指标的权重系数。

2.3.1 判定矩阵的构造

由若干位专家对各层、各级指标就重要程度进行两两比较赋值,构建判定矩阵A,每个一级指标下包含1~5个二级指标不等,以一级指标环境卫生B5的4个二级指标为例,图1为餐饮服务食品安全监管评价一级指标和部分二级指标的层次结构图。

表1 2个指标的相对重要性评定尺度
Table 1 Relative importance evaluation scale of the 2 indicators

B 指标评定值	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
B 指标比 C 指标的重要性	极重要	很重要	重要	略重要	同等	略次要	次要	很次要	极次要

注:上述评定值的中间值8、6、4、2、1/2、1/4、1/6、1/8。

表2 专家的判断依据和熟悉程度评分表
Table 2 Judgment basis and familiarity rating of experts

判断依据	评分			熟悉程度评分
	好	中	差	
实践经验	0.5	0.4	0.3	很熟悉 1.0
理论分析	0.3	0.2	0.1	熟悉 0.8
国内同行的了解	0.1	0.1	0.05	一般 0.6
直觉	0.1	0.1	0.05	不熟悉 0.4
总计	1.0	0.8	0.5	完全不了解 0.2

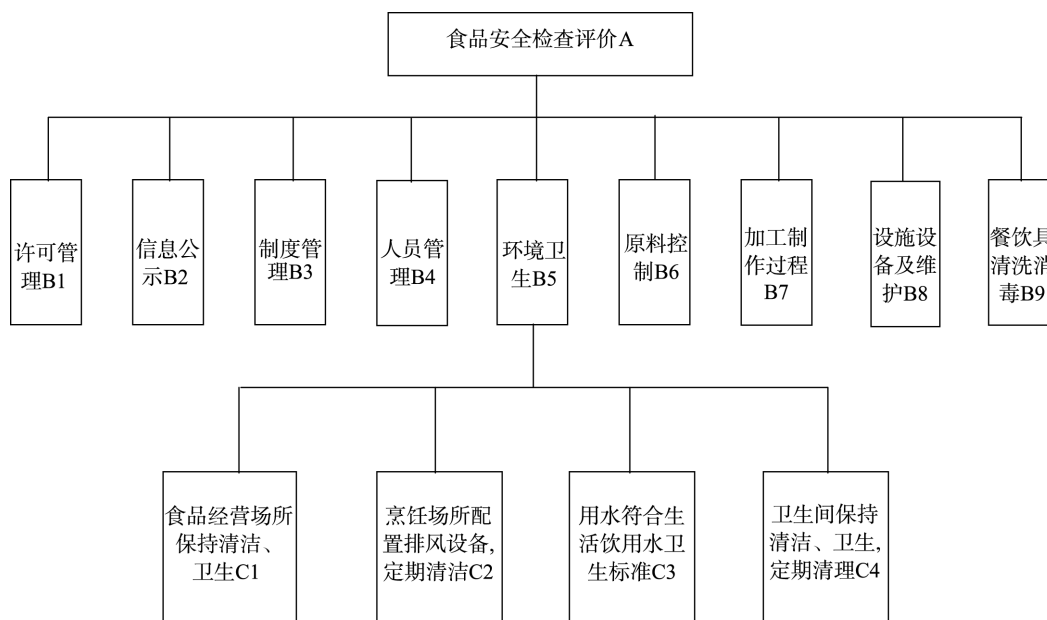


图 1 餐饮服务食品安全监管评价指标体系层次结构

Fig.1 Hierarchy of food safety supervision and evaluation index system of catering services

2.3.2 计算权重和一致性检验

对判定矩阵 A 的各行向量进行几何平均并归一化, 算

得权重向量。判定矩阵每一行乘积 $Y_i = \prod_{j=1}^m X_{ij}, i=1,2,\dots,m$;

计算 Y_i 的 m 次方根 $\bar{w}_i = \sqrt[m]{Y_i}$; 向量 $w = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_m]^T$ 的归一化, $w_i = \bar{w}_i / \sum_{i=1}^m \bar{w}_i$, w 为指标权重。A 的最大特征根

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \frac{(Bw)_i}{w_i}$$

特征向量 W , 有 $BW = \lambda_{\max}W$ 。

一般采用一致性指标(CI)来检验各指标的相对优先顺序是否逻辑错乱^[9], 若 $CI < 0.1$, 则没有逻辑错乱, 各指标权重值可接受且有效。计算如下: $CI = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1}$,

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^m \lambda_i / k, \lambda_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \omega_j / \omega_i$$

其中 k 为被检验层的子目标数, λ_i 为被检验层的子目标两两比较判定优先矩阵的特征根。此外, 为度量不同阶数判定矩阵的一致性, 采用判定矩阵的平均随机一致性指标 RI 值来判定^[9]。若阶数大于 2, 判定矩阵具有满意一致性的条件为: 判定矩阵的一致性比率 $CR < 0.10$, $CR = CI/RI$, 否则采用调整判定矩阵, 直至通过一致性检验。

2.4 统计学分析

采用 Epidata 3.2 数据库进行数据录入, SAS 9.13 统计软件完成数据分析。专家对指标的判断依据(判断系数 $C\alpha$)和熟悉程度(熟悉程度系数 Cs)衡量专家的权威性^[10], 专家的权威系数 $C_r = (C_\alpha + C_s)/2$, 一般当 $C_r \geq 0.70$ 为可接受的信度^[11]。

3 结果与分析

3.1 专家的基本情况和权威程度

本研究打分专家均选取的长期从事餐饮食品安全监管和风险评估相关工作 10 年及以上, 造诣较深的专家。30 位专家对打分表内容的熟悉程度系数 Cs 均值为 0.765; 判断系数 $C\alpha$ 均值为 0.745, 专家的权威系数 C_r 均值为 0.755。可认为本研究的 30 位专家对此次量化分级指标权重评定的权威程度较高, 打分结果可信。

3.2 量化分级指标权重值

表 3 为以特大、大中型餐饮为例, 量化分级检查要点表 9 个一级指标的判断矩阵。表 4 为 5 个不同业态 9 个一级指标的特征值, 从表中可以看出, 5 个不同业态的一致性比率 CR 均 < 0.1 , 可以认为判断矩阵具有满意的一致性并且没有逻辑上的混乱, 由此计算出的 5 个不同业态 9 个一级指标的权重值是合理的。表 5 为 5 个不同业态 9 个一级指标的权重值, 其中除集体用餐配送、中央厨房对信息公示指标不做要求外, 不同业态的 9 个一级指标的权重顺位差异不大, 但不同业态各一级指标具体的权重值存在不同程度的差异。

同理可计算各一级指标层次内各二级指标的权重值, 以一级指标环境卫生的 5 个二级指标为例, 计算得到表 6 不同业态环境卫生二级指标的特征值和表 7 环境卫生各二级指标的权重值。最终将二级指标的权重比值乘以相应一级指标的权重比值得到 30 个二级指标的权重比值, 并转化为具体的权重分值, 即为量化分级评价指标权重分值(表 8 环境卫生为例)。

表 3 特大、大中型餐饮量化评分 9 个一级指标的判断矩阵

Table 3 Judgment matrix of quantitative rating of nine first-level indicators for large and medium-sized catering

一级指标 x_{ij}	许可管理	信息公示	制度管理	人员管理	环境卫生	原料控制	加工制作过程	设施设备 及维护	餐饮具清洗 消毒
许可管理	1	1.500	1.173	1.172	1.000	1.050	0.934	0.996	0.946
信息公示	0.667	1	1.182	0.964	0.881	0.643	0.826	0.855	0.635
制度管理	0.853	0.846	1	1.069	1.947	1.674	0.695	0.752	0.885
人员管理	0.853	1.037	0.936	1	1.485	1.678	1.776	1.119	1.318
环境卫生	1.000	1.135	0.514	0.673	1	0.805	0.900	0.881	0.869
原料控制	0.953	1.555	0.597	0.596	1.242	1	1.439	1.846	1.271
加工制作过程	1.070	1.210	1.438	0.563	1.111	0.695	1	1.258	1.639
设施设备及维护	1.004	1.170	1.329	0.894	1.134	0.542	0.795	1	1.071
餐饮具清洗消毒	1.057	1.574	1.130	0.759	1.151	0.787	0.610	0.934	1

* X_{ij} : 第 i 行指标与第 j 列指标比较的相对重要性的数值。

表 4 餐饮服务 5 个不同业态 9 个一级指标的特征值

Table 4 Characteristic values of 9 first-level indicators of 5 different formats

	特大、大、中型餐饮	小、微型餐饮	集体用餐配送	中央厨房	单位食堂
最大特征根	9.274	9.227	8.317	8.277	9.268
一致性 CR	0.024	0.020	0.032	0.028	0.023

注: 5 个业态为特大、大中型餐饮, 小、微型餐饮, 集体用餐配送, 中央厨房和单位食堂。

表 5 餐饮服务 5 个不同业态 9 个一级指标的权重比值(%)

Table 5 Weight ratio of 9 first-level indicators of 5 different formats (%)

	特大、大中型餐饮	小、微型餐饮	集体用餐配送	中央厨房	单位食堂
许可管理	11.9	11.4	12.8	13.4	10.9
信息公示	9.2	7.2	-	-	6.7
制度管理	11.2	7.1	12.5	11.9	10.6
人员管理	13.3	14.2	16.1	16.5	14.6
环境卫生	9.3	11.1	9.6	10.2	9.5
原料控制	12.0	13.6	13.0	13.4	13.0
加工制作过程	11.7	10.7	13.2	12.2	12.5
设施设备及维护	10.7	11.3	11.9	11.8	11.1
餐饮具清洗消毒	10.7	13.4	10.9	10.6	11.1

注: 5 个业态为特大、大中型餐饮, 小、微型餐饮, 集体用餐配送, 中央厨房和单位食堂。

表 6 餐饮服务 5 个生态环境卫生二级指标的特征值

Table 6 Characteristic values of five secondary environmental health indicators

	特大、大、中型餐饮	小、微型餐饮	集体用餐配送	中央厨房	单位食堂
最大特征根	4.105	4.108	4.069	4.059	4.093
一致性 CR	0.039	0.040	0.025	0.022	0.035

表 7 餐饮服务 5 个业态环境卫生各二级指标的权重比值(%)
Table 7 Weight ratio of each secondary index of environmental health of five business types (%)

二级指标	特大、大、中型餐饮					单位食堂
	特大、大、中型餐饮	小、微型餐饮	集体用餐配送	中央厨房	中央厨房	
环境卫生	食品经营场所保持清洁、卫生。	41.6	39.5	38.3	39.7	40.1
	烹饪场所配置排风设备,定期清洁。	24.7	24.9	25.2	25.7	23.4
	用水符合生活饮用水卫生标准。	23.5	24.4	25.0	23.5	24.9
	卫生间保持清洁、卫生,定期清理。	10.1	11.2	11.6	11.1	11.6

表 8 餐饮服务日常监督检查部分要点分值表(环境卫生为例)
Table 8 Score table of some key points of daily supervision and inspection of catering services (environmental hygiene as an example)

检查项目	检查内容	量化评分				
		特大、大中型餐饮	小、微型餐饮	集体用餐配送	中央厨房	单位食堂
环境卫生	食品经营场所保持清洁、卫生。	4	4	4	4	4
	烹饪场所配置排风设备,定期清洁。	2	3	3	2	2
	用水符合生活饮用水卫生标准。	2	3	2	2	2
	卫生间保持清洁、卫生,定期清理。	1	1	1	1	1

4 结论与讨论

量化分级评定表是餐饮服务业食品安全量化分级管理中非常关键的一部分,量化分级评定表的实用性直接影响日常量化分级管理的效果和监管的效能^[12]。自我国全面实施餐饮行业食品安全监管量化分级管理制度以来,南通市食品药品监督管理局通过提高准入门槛,严格执行餐饮业准入标准,促进了餐饮企业加强自律意识,不断提升餐饮卫生水平。通过此次量化分级评价指标权重体系研究,方便一线监管人员采用新的简易评价指标权重体系进行打分,评定等级,实时公示,在全市消费者中逐步树立“看脸吃饭”、“按级就餐”的健康消费理念。目前,已有层次分析法应用于高校食堂安全风险评价指标体系^[13]、食品安全监管及预警评价的研究^[14,15],但应用在餐饮食品安全监管量化分级评价中的研究较少。

本研究采用专家访谈法和层次分析法,分别对 5 个业态 158 份专家评分表的 9 个一级指标和 30 个二级指标的权重分值进行分析,根据各指标的相对重要性采用 9 分位的比例标度进行打分,构建判定矩阵,计算各指标权重值。专家访谈评分表回收率 100%,表明专家积极性较高;回收有效率 95.76%,专家权威系数高达 0.755,这与广东省一项餐饮监管能力评价指标体系构建的研究结果一致^[16],说明入选的专家积极性较好、权威程度较高。此外,深圳市餐饮业食品安全监督管理体系构建研究中,不同业态一级指标与二级指标的 CR 均 <0.1 ,说明一致性检验符合要求^[17]。而本研究 5 个业态一级指标的一致性检验中,所有

的 CR 均 <0.1 ,表明本次调查各个专家对一级指标的重要性程度判断一致性较高。而各二级指标的一致性检验中,特大、大中型餐饮信息公示、单位食堂设施设备及维护的二级指标间一致性 CR 略大于 0.1,表明各个专家对于这两个指标下的各个子项的权重存在一定的判断差异,可做进一步分析核查,下一步研究将针对这 2 个项目另选专家进行打分。而在其他的二级指标一致性检查中, CR 均 <0.1 ,符合一致性条件。

总体来说,不同业态的餐饮服务食品安全量化分级指标体系的权重一致性较高,各二级指标的权重分值体现出了一定的区分度,在不同业态中也反应出一些差异。5 个业态各项指标的权重值与江苏省食品药品监督管理局办公室 2012 年 4 月 9 日印发的《餐饮服务食品安全监督动态等级评定表》^[18]里各指标的权重值的大小趋势基本一致,且重点项的检查指标的权重值相对较高,表明本次研究结果符合实际。然而,本研究指标体系相比省动态等级评定表进行了简化,基层工作的实际可操作性较强,且可直接根据各餐饮单位的得分进行排序或确定百分位数区间进行不同餐饮企业单位食品安全现状的比较,实时公示评定结果,以约束餐饮服务单位守法经营,保证食品安全卫生,引导消费者选择安全餐馆就餐,具有较大的应用价值,已应用于南通市餐饮服务食品安全监管实际。

参考文献

- [1] 王召山. 食品卫生与安全监管现状及改进措施研究[J]. 医学食疗与健康, 2020, 18(1): 185-186.
- Wang ZS. Research on the current situation and improvement measures of

- food hygiene and safety supervision [J]. *Med Diet Health*, 2020, 18(1): 185–186.
- [2] 王霄晔, 任婧寰, 王哲, 等. 2017 年全国食物中毒事件流行特征分析[J]. *疾病监测*, 2018, 33(5): 359–364.
Wang XY, Ren JH, Wang Z, *et al.* Epidemiological characteristics of food poisoning events in China, 2017 [J]. *Dis Surv*, 2018, 33(5): 359–364.
- [3] 夏慧丽, 朱春红. 2017 年我国食品安全质量状况分析[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(8): 200–205.
Xia HL, Zhu CH. Analysis of food safety and quality in China in 2017 [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(8): 200–205.
- [4] 陶敏慧. 如何促进餐饮服务风险等级评定与量化分级评定体系融合发展[J]. *食品安全导刊*, 2019, (21): 45–46.
Tao MH. How to promote the integrated development of risk rating and quantitative rating system of catering services [J]. *China Food Saf Magaz*, 2019, (21): 45–46.
- [5] 刘瑞芝. 餐饮服务单位食品安全量化分级管理研究[J]. *食品安全导刊*, 2019, (30): 10.
Liu RZ. Study on quantitative and hierarchical management of food safety in catering service units [J]. *China Food Saf Magaz*, 2019, (30): 10.
- [6] 市场监管总局办公厅关于印发《餐饮服务食品安全监督检查操作指南》的通知 [EB/OL]. [2019-11-22]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spjys/202001/t20200103_310243.html 2019-11-22/2020-05-23
Notice of the general office of the general office of the General Administration of market supervision on printing and distributing the operation guide for food safety supervision and inspection of catering services [EB/OL]. [2019-11-22]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spjys/202001/t20200103_310243.html 2019-11-22/2020-05-23
- [7] 董君. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. *科技资讯*, 2015, 422(29): 224–226.
Dong J. Analytic hierarchy process weight calculation method analysis and application research [J]. *Sci Technol Inf*, 2015, 422(29): 224–226.
- [8] Saaty, Thomas L, Forman, *et al.* The hierarchon: A dictionary of hierarchies [M]. London: RWS Publications, 1996.
- [9] 吴祈宗, 侯福均. 运筹学与最优化方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
Wu QZ, Hou FJ. Operational research and optimization method [M]. Beijing: China Machine Press, 2013.
- [10] 韦余东, 张人杰, 张新卫, 等. 应用德尔菲法构建疾控机构应急能力评价指标体系[J]. *浙江预防医学*, 2016, 28(1): 32–36.
Wei YD, Zhang RJ, Zhang XW, *et al.* Using Delphi method to establish evaluation indicator system for the emergency response capability of centers for disease control and prevention [J]. *Zhejiang J Prev Med*, 2016, 28(1): 32–36.
- [11] 王静云. 基于德尔菲法的 PPH 治疗痔病中西医结合护理路径研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.
Wang JY. Study on the nursing path of PPH treatment of hemorrhoids based on Delphi method [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2013.
- [12] 李霖江. 餐饮服务单位食品安全量化分级管理研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2014.
Li LJ. Research on quantitative and hierarchical management of food safety in catering service units [D]. Kunming: Yunnan University of Finance and Economics, 2014.
- [13] 张春生, 董良飞, 施蕊, 等. 基于层次分析法的高校食堂食品安全风险评价指标体系研究[J]. *现代预防医学*, 2020, 47(5): 817–819.
Zhang CS, Dong LF, Shi R, *et al.* Risk evaluation index system of college canteen food safety based on analytic hierarchy process [J]. *Mod Prev Med*, 2020, 47(5): 817–819.
- [14] Ma B, Han YM, Cui SY, *et al.* Risk early warning and control of food safety based on an improved analytic hierarchy process integrating quality control analysis method [J]. *Food Control*, 2020, 108: 106824.
- [15] 高颖. 基于区间层次分析法的食品安全网络舆情预警评价[J]. *食品与机械*, 2019, 35(7): 103–106.
Gao Y. Research on early warning and evaluation of food safety network public opinion based on interval analytic hierarchy process [J]. *Food Mach*, 2019, 35(7): 103–106.
- [16] 王小丽, 陈思东, 阮建锋. 广东省餐饮监管能力评价指标体系构建[J]. *中国公共卫生*, 2013, 29(6): 865–867.
Wang XL, Chen SD, Ruan JF. Establishment of indicator system for capacity evaluation of catering industry inspection in Guangdong province [J]. *China J Public Health*, 2013, 29(6): 865–867.
- [17] 黄亦武. 深圳市餐饮业食品安全监督管理体系构建研究[D]. 天津: 天津大学, 2010.
Huang YW. Study on food safety supervision and management system construction in Shenzhen city [D]. Tianjin: Tianjin University, 2010.
- [18] 江苏省食品药品监督管理局. 餐饮服务食品安全监督动态等级评定表 [Z]. 2012.
JSDA. Dynamic rating table of food safety supervision of catering services [Z]. 2012.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王诗雨, 硕士, 主要研究方向为统计学方法在食品安全领域的应用。
E-mail: wangshiyuntu@163.com



肖静, 博士, 教授, 主要研究方向为统计学方法在食品安全领域的应用。
E-mail: jxiaoyz@163.com