

# 基于层次分析法的食品安全事故应急预案研究

孙元媛<sup>1,2</sup>, 张威<sup>1,2</sup>, 黄登宇<sup>2,3\*</sup>

(1. 山西大学生命科学学院, 太原 030006; 2. 山西大学食品药品快速检测中心, 太原 030006;  
3. 山西省食品药品监督管理局, 太原 030006)

**摘要:** **目的** 通过对《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》进行分析, 得到应急预案中各影响因素对整体的重要性, 为决策和评价提供指导和依据。**方法** 运用层次分析法对《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》进行建模, 从监测报告、应急保障、应急响应、后期处置4个方面进行分析。**结果** 该预案中应急响应的合成权重最高, 占到总目标的59.4%, 其次是应急保障、监测报告、后期处置, 所占比分别为22%、12%、6.6%。**结论** 评价结果与实际结果具有较好的一致性, 该方法可作为餐饮服务环节评价食品安全事故影响因素的有效手段。

**关键词:** 食品安全事故; 应急预案; 层次分析法

## Emergency plan for food safety accidents based on analytic hierarchy process

SUN Yuan-Yuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Wei<sup>1,2</sup>, HUANG Deng-Yu<sup>2,3\*</sup>

(1. College of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. The Food and Drug Safety Rapid Inspection Center, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 3. Shanxi Food and Drug Administration, Taiyuan 030006, China)

**ABSTRACT: Objective** To analyze the importance of the influence factors of the emergency plan for food safety accidents in catering service of Shanxi Food and Drug Administration in order to provide guidance and basis for decision and evaluation. **Methods** A hierarchy model was established based on 4 aspects, including the monitoring report, the emergency safeguard, the emergency response and the accidents treatment, from the emergency plan for food safety accidents in catering service of Shanxi Food and Drug Administration. **Results** The synthetic weight of the emergency response was the highest, which accounted for 59.4%, followed by the emergency safeguard, the monitoring report and the accident treatment, which accounted for 22%, 12%, 6.6%, respectively. **Conclusion** The evaluation results have good agreement and accords with the actual situation. This method provides an effective evaluation means for the emergency plan for food safety accidents in catering service.

**KEY WORDS:** food safety accidents; emergency plan; analytic hierarchy process

## 1 引言

随着社会经济的快速发展, 经济全球化进程的

不断加快, 食品安全问题日益突出, “三聚氰胺奶粉”、“瘦肉精”、“假酒”等众多食品安全事故层出不穷, 无不让世人警醒<sup>[1-4]</sup>。而对于食品安全事故的成

\*通讯作者: 黄登宇, 副教授, 主要研究方向为食品卫生检测。E-mail: Huangdy1110@126.com

\*Corresponding author: HUANG Deng-Yu, Associate Professor, Shanxi University & Shanxi Food and Drug Administration, No.85, Longcheng Avenue, Xiaodian District, Taiyuan 030006, China. E-mail: Huangdy1110@126.com

因,多数研究内容停留在定性方面,评价分析不够深入,不能从本质上分析影响食品安全事故发生的主要因素<sup>[5]</sup>。对《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》进行综合分析,其实质就是如何合理确定该应急预案中各影响因素的权重。近年来确定权重的主要方法中,德尔菲法<sup>[6]</sup>缺乏客观的参考标准,容易受到专家主观思维影响,在时间和费用上也有一定限制而不利于决策;熵值法<sup>[7]</sup>是一种较好的客观赋权方法,但其未涉及主观影响,具有绝对的客观性,有时甚至与实际相悖;层次分析法<sup>[8]</sup>是一种定性分析与定量分析综合集成的系统工程方法,通过计算系统中个影响因素所占权重来辅助决策,是目前一种被广泛应用的确定权重的方法。

本文以层次分析法作为研究方法,主客观分析相结合<sup>[9]</sup>,得到《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》中各影响因素重要性,为决策和评价提供指导和依据<sup>[10]</sup>。

## 2 层次分析法基本步骤

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是通过分析待解决问题所含因素及相互关系,将问题分解为不同要素,建立递阶层次结构;在每一层次按照一定准则,对该层要素逐对比较,构造判断矩阵<sup>[11]</sup>;通过计算判断矩阵的最大特征值及对应的特征向量,得到该层要素对于准则的权重<sup>[12]</sup>;然后计算总目标的组合权重得到层次总排序<sup>[13]</sup>,最后给出可行的解决方案的一种方法。其基本步骤如下:

### 2.1 建立层次结构模型

对所研究的问题进行分析,建立层析结构模型,包括目标层、准则层、方案层<sup>[14,15]</sup>,如图 1 所示。

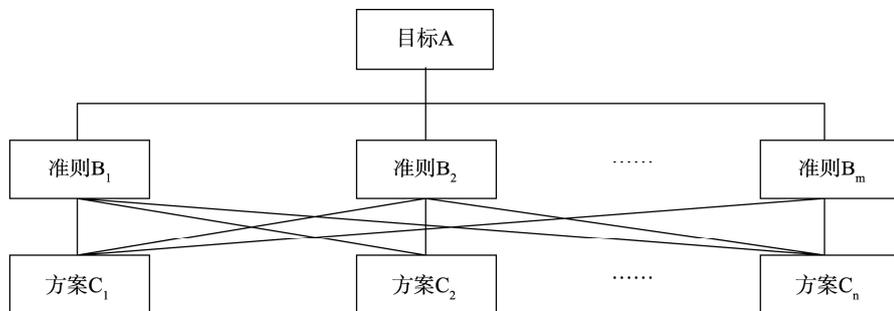


图 1 层次结构模型

Fig. 1 The hierarchy structure model

### 2.2 构造判断矩阵

判断矩阵元素的值反映有关元素相对重要性的情况,一般采用 1~9 比例标度法<sup>[16,17]</sup>,将判断结果定量化,如表 1 所示。

### 2.3 计算最大特征值和特征向量

判断矩阵 A 的特征根  $AW = \lambda_{\max}W$  的解 W,是同一层各因素对应于上一层因素的重要性的排序权向量,通过下列公式计算判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$  和特征向量 W。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n) \tag{1}$$

式中,  $M_i$  为判断矩阵每一行的乘积。

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} (i = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

式中,  $\bar{W}_i$  为  $M_i$  的 n 次方根。

$$W_i = \bar{W}_i / \sum_{i=1}^n \bar{W}_i (i = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

表 1 1~9 比例标度及其含义

Table 1 1~9 proportional scale and its meaning

标度	含义
1	表示两元素同等重要
3	表示一个元素比另一个元素稍微重要
5	表示一个元素比另一个元素明显重要
7	表示一个元素比另一个元素强烈重要
9	表示一个元素比另一个元素极端重要
2, 4, 6, 8	表示相邻判断的中间值
倒数	与上述说明相反

式中,  $W_i$  为归一化处理后的相应权重值。

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (4)$$

式中,  $W$  为排序权向量, 即特征向量。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n [A w_i / n w_i] (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中,  $\lambda_{\max}$  为特征向量  $W$  对应的最大特征值。

### 2.4 一致性检验

由于各因素权重是主观上的数值化, 不可能具有完全的一致性, 因此必须对标度矩阵进行一致性检验。一致性指标的定义为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

式中,  $\lambda_{\max}$  为判断矩阵的最大特征值,  $n$  为判断矩阵的阶数。

一致性比例为:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

式中,  $RI$  表示平均随机一致性指标, 其值随  $n$  的不同而变化, 具体数值如表 2 所示。

当  $CR < 0.1$  时, 表明判断矩阵具有满意的一致性, 权值可以应用; 若  $CR > 0.1$  时, 则需对判断矩阵进行调整, 直至满足一致性要求<sup>[18]</sup>。

### 2.5 计算层次总排序

在计算了各级要素的相对权重后, 在上而下的求出各级要素关于总目标的综合权重。若上一层的层次总排序为  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , 与元素  $A_j$  对应的下层元素排序权值为  $b_1^j, b_2^j, \dots, b_n^j$ , 则下一层排序的总排序权值为  $\sum_{i=1, j=1}^{i, j=n} a_j b_i^j$ 。

## 3 层次分析法在餐饮服务食品安全事故应急预案中的应用

### 3.1 《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》结构模型建立

本文以《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食

品安全事故应急预案》为主体(即目标层), 对山西省餐饮环节食品安全事故应急处置的 4 个关键环节——“监测报告、应急响应、后期处置、应急保障”进行了深入研究(即准则层), 再对各准则层作进一步的分解<sup>[19]</sup>, 建立模型如图 2 所示。

### 3.2 构造判断矩阵

综合分析应急预案中各因素的重要程度<sup>[20]</sup>, 采用 1~9 比例标度法对各因素进行赋值, 据此构造的判断矩阵  $A, B_1, B_2, B_3, B_4$  分别为:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 3 \\ 3 & 1 & 1/4 & 3 \\ 5 & 4 & 1 & 6 \\ 1/3 & 1/3 & 1/6 & 1 \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}, B_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 1 \\ 1 & 1 & 5 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 5 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 1/4 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

### 3.3 计算个判断矩阵的最大特征值和特征向量

根据式(1)~(5)计算判断矩阵  $A, B_1, B_2, B_3, B_4$  对应的特征向量  $w, w_1, w_2, w_3, w_4$  及最大特征值  $\lambda_{\max}$  为:

$$w = (0.1200, 0.2200, 0.5940, 0.0660), \lambda_{\max} = 4.2090;$$

$$w_1 = (0.7500, 0.2500), \lambda_{\max} = 2;$$

$$w_2 = (0.2000, 0.2000, 0.6000), \lambda_{\max} = 4;$$

$$w_3 = (0.3125, 0.3125, 0.3125), \lambda_{\max} = 3.0240;$$

$$w_4 = (0.6833, 0.1988, 0.1169), \lambda_{\max} = 3$$

### 3.4 一致性检验

根据式(6)、(7), 并查看表 2 中  $RI$  的取值, 检验上述结果是否满足一致性的要求, 计算结果为:

$$CR_A = 0.0770, CR_{B_1} = 0, CR_{B_2} = 0, CR_{B_3} = 0, CR_{B_4} = 0.0200$$

以上  $CR$  值均小于 0.1, 满足一致性要求。

表 2  $RI$  的取值  
Table 2 The value of  $RI$

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RI$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

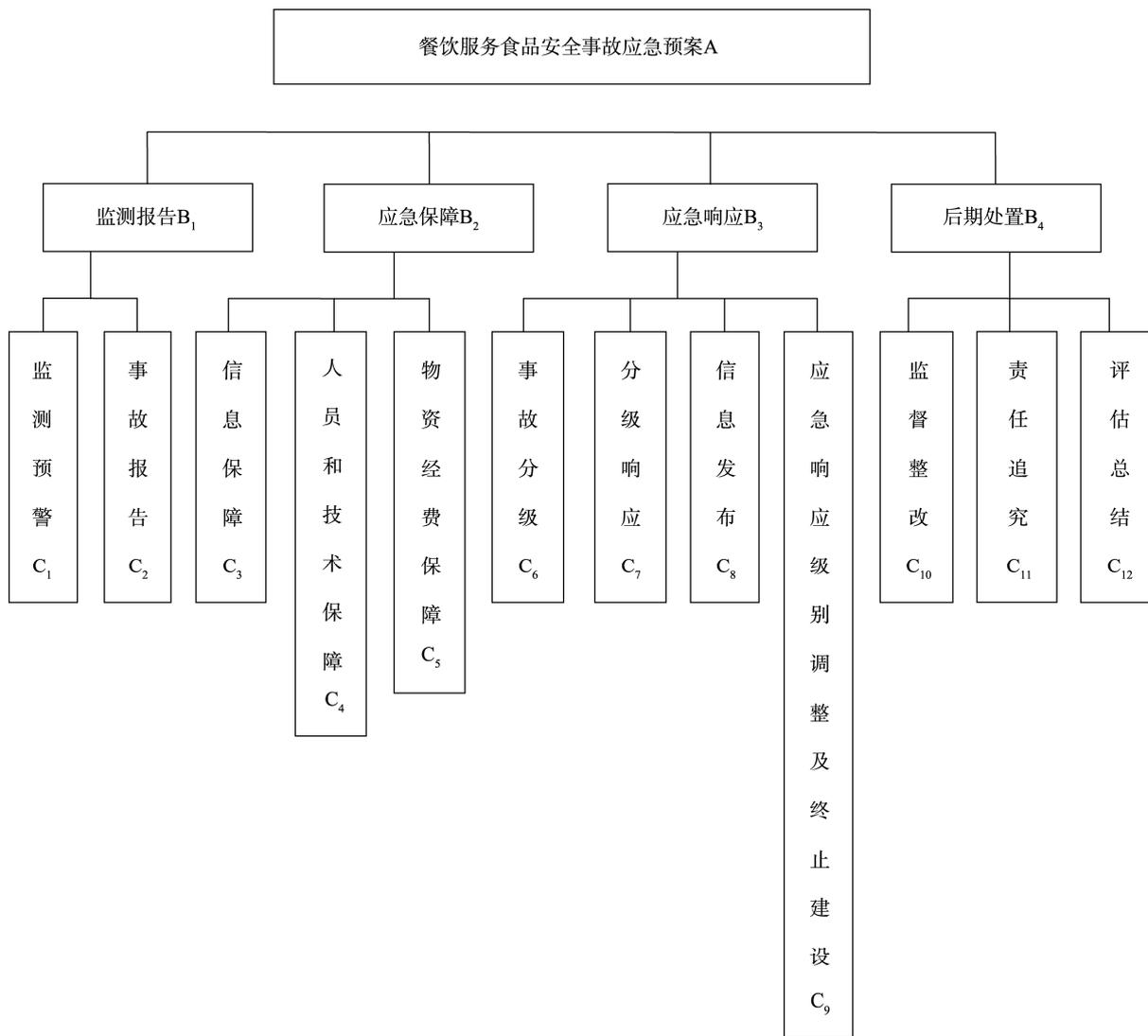


图 2 山西省餐饮服务食品安全事故应急预案结构模型图

Fig. 2 Structural model figure of the emergency plan for food safety accidents in Shanxi Province

3.5 计算层次总排序

根据单层次的计算结果，进一步计算各因素在总目标中的合成权重，结果如表 3 所示。监测报告(B<sub>1</sub>)是危机前系统处理的必要部分，占到总目标的 12%，该因素工作模式的规定是积极主动预防，把餐饮事故的发生概率尽可能降低；应急保障(B<sub>2</sub>)占总目标的 22%，是餐饮服务食品安全事故应急预案的主要影响因素之一，也是突发事件的一个重点和难点；应急响应(B<sub>3</sub>)是指事故发生以后应采取的相应措施及采取方式，占总目标的 59.4%，是总目标中占比最高的因素，决策者为了提高应急响应效率，往往将事故分级作为危机处理的一种固定方式<sup>[21]</sup>；后期处置(B<sub>4</sub>)是对突发事件造成的损失进行评估，组织受影响

表 3 应急预案各因素的合成权重值  
Table 3 Synthetic weight for all indicators of the emergency plan

因素 B	因素 C	合成权重	
B <sub>1</sub> (0.120)	C <sub>1</sub> (0.750)	0.090	
	C <sub>2</sub> (0.250)	0.030	
	C <sub>3</sub> (0.200)	0.044	
B <sub>2</sub> (0.220)	C <sub>4</sub> (0.200)	0.044	
	C <sub>5</sub> (0.600)	0.132	
	B <sub>3</sub> (0.594)	C <sub>6</sub> (0.312)	0.186
		C <sub>7</sub> (0.312)	0.186
		C <sub>8</sub> (0.064)	0.037
B <sub>4</sub> (0.066)	C <sub>9</sub> (0.312)	0.186	
	C <sub>10</sub> (0.683)	0.045	
	C <sub>11</sub> (0.200)	0.013	
	C <sub>12</sub> (0.117)	0.008	

地区尽快消除影响, 恢复正常工作、生活秩序, 保证社会稳定, 占到总目标的 6.6%, 虽然权重较低, 但也是不可或缺的一个因素<sup>[22]</sup>。

## 4 结 论

本文运用层次分析法对《山西省食品药品监督管理局餐饮服务食品安全事故应急预案》进行建模, 得到层次中各因素对总目标的重要程度为: 应急响应( $B_3$ ) > 应急保障( $B_2$ ) > 监测报告( $B_1$ ) > 后期处置( $B_4$ );

在方案层中, 事故分级( $C_6$ )、分级响应( $C_7$ )、应急响应级别调整及终止建设( $C_9$ )的合成权重值最高, 均占总目标的 18.6%, 所以应引起充分重视, 落实各项防范措施, 提高防控能力;

利用层次分析法的评价结果与实际结果具有较好的一致性, 该方法可作为评价餐饮环节食品安全事故影响因素的有效手段, 为决策和评价提供依据。

## 参考文献

- [1] 宋英华. 食品安全应急管理体系建设研究[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(6): 161-164.  
Song YH. Research on the construction of emergency managerial system for food safety[J]. J Wuhan Univ Technol, 2009, 31(6): 161-164.
- [2] 刘晓毅, 石维妮, 蒋可心. 美国食品安全应急体系对我国的启示[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 49-52.  
Liu XY, Shi WN, Jiang KX. Enlightenment from US food safety emergency response system [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(20): 49-52.
- [3] 谌迪, 沈立荣. 从全球食品保障指数探讨食品安全[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(4): 1219-1227.  
Shen D, Shen LR. Discussion on the food safety issue according to the global food security index [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(4): 1219-1227.
- [4] 聂文静, 李太平. 食品安全风险评估模型研究综述[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(5): 1551-1556.  
Nie WJ, Li TP. Research review of food safety risk assessment model [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(5): 1551-1556.
- [5] 李庆旭, 刘光琇, 邵麟惠. 层次分析法在高速公路生态环境影响评价中的应用[J]. 冰川冻土, 2007, 29(4): 653-658.  
Li QX, Liu GX, Shao LH. Application of the hierarchy analysis to assessment of ecological-environmental impact of speedway [J]. J Glacial Geocryol, 2007, 29(4): 653-658.
- [6] 赵立果, 栾晓慧, 朱显英. 基于权重分配的德尔菲法的企业运营效率评价[J]. 沿海企业与科技, 2008(11): 35-36.  
Zhao LG, Luan XH, Zhu XY. Enterprise operation efficiency evaluation based on weight allocation Delphi [J]. Coast Enterp Sci Technol, 2008(11): 35-36.
- [7] Oliveira LB, Camponogara E. Multi-agent model predictive control of signaling split in urban traffic network [J]. Transp Res Part C, 2010(1): 120.
- [8] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程), 2007, 29(1): 153-156.  
Chang JE, Jiang TL. Research on the weight of coefficient through analytic hierarchy process [J]. Wuhan Univ Technol (Info Manag Eng), 2007, 29(1): 153-156.
- [9] 茅欢元, 邓卫, 胡启洲. 基于层次分析法的城市公共交通安全性评价[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2010, 34(2): 242-245.  
Mao HY, Deng W, Hu QZ. Safety and security evaluation on urban transit based on AHP [J]. J Wuhan Univ Technol (Transp Sci Eng), 2010, 34(2): 242-245.
- [10] 梁德沛, 刘辉, 熊波, 等. 基于 ISM 的食品安全事故影响因素分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1250-1254.  
Liang DP, Liu H, Xiong B, et al. Analysis on food safety accident affecting factors base on interpretative structural modelling method [J]. J Food Saf Qual, 2013, 4(4): 1250-1254.
- [11] 张熠, 王先甲. 基于 AHP 和动量 BP 神经网络的工程项目承包商选择模型[J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(21): 52-57.  
Zhang Y, Wang XJ. Contractor selection model for engineering projects based on AHP and momentum BP neural network [J]. Math Pract Theory, 2014, 44(21): 52-57.
- [12] 孙成勋, 李红彦, 李润琴, 等. 层次分析法在管理水平综合评价中的应用[J]. 工业技术经济, 2013(9): 72-78.  
Sun CX, Li HY, Li RQ, et al. The application of the analytic hierarchy process on the comprehensive evaluation of management level [J]. J Ind Technol Econ, 2013(9): 72-78.
- [13] 姜启源. 层次分析法应用过程中的若干问题[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(23): 156-168.  
Jiang QY. Some issues in the applications for the analytic hierarchy process [J]. Math Pract Theory, 2013, 43(23): 156-168.
- [14] 龚玉霞. 基于层次分析法的我国食品安全风险来源管理对策研究[J]. 食品科技, 2013, 38(6): 330-333.  
Gong YX. The research of risk resource management of food safety based on AHP [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(6): 330-333.
- [15] 潘仁飞, 邹乐乐, 侯运炳. 基于专家可信度的不确定型 AHP 方法及其应用[J]. 系统工程, 2008, 26(10): 101-106.  
Pan RF, Zou LL, Hou YB. The method of uncertain AHP based on expert credibility and its application [J]. Sys Eng, 2008,

- 26(10): 101-106.
- [16] 吕跃进, 张维, 曾雪兰. 指数标度与 1-9 标度互不相容及其比较研究[J]. 工程数学学报, 2003, 20(8): 77-81.  
Lv YJ, Zhang W, Zeng XL. Exponential scale not being consistent with 1-9 scale [J]. J Eng Math, 2003, 20(8): 77-81.
- [17] 张晨光, 吴泽宇. 层次分析法比例标度的分析与改进[J]. 郑州工业大学学报, 2000, 21(2): 85-87.  
Zhang CG, Wu ZY. Improvement and analysis of scale of AHP [J]. J Zhengzhou Univ Technol, 2000, 21(2): 85-87.
- [18] 刘丽洁, 郭长慧, 张娜, 等. 运用层次分析法对餐饮食品微生物安全因素分析[J]. 2015, 6(7): 2729-2735.  
Liu LJ, Guo CH, Zhang N, *et al.* Analysis of microbial safety factors in catering food by using analytic hierarchy process [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(7): 2729-2735.
- [19] 曹利强. 食品安全突发事件全面应急管理体系构建思路研究[J]. 河南工业大学学报, 2013, 9(2): 1-4.  
Cao LQ. Thinking on constructing a comprehensive emergency management system for food safety emergencies [J]. J Henan Univ Technol, 2013, 9(2): 1-4.
- [20] 唐书泽. 食品安全应急管理[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2012.  
Tang SZ. Food safety emergency management [M]. Guangzhou: Jinan University Press, 2012.
- [21] 李东山. 如何进行食品安全事故应急和产品召回[J]. 质量技术监督研究, 2014, (1): 28-31.  
Li DS. How to carry out food safety accident emergency response and product recall [J]. Qual Technol Sup Res, 2014, (1): 28-31.
- [22] 李辉. 食品安全事故处置管理工作与探讨[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(5): 446-449.  
Li H. Discussion on the treatment and management of food safety accidents [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(5): 446-449.

(责任编辑: 杨翠娜)

### 作者简介



孙元媛, 硕士研究生, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: Sunyyfighting@163.com



黄登宇, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为食品卫生检测。

E-mail: Huangdy1110@126.com