

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.03.027

代亚男, 孙衍, 王永香. 基于 AHP 构建食品相关产品质量安全形势指标体系与实证评估[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(3): 235-240.

DAI Y N, SUN K, WANG Y X. Constructing an indicator system and empirical evaluation of food-related product quality and safety situation based on AHP[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(3): 235-240.

基于 AHP 构建食品相关产品质量安全形势指标体系与实证评估

代亚男, 孙 衍, 王永香

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 201114)

摘要: 为提高食品相关产品质量安全水平, 为政府科学、快速评估食品相关产品质量安全状况提供依据, 基于层次分析法 (AHP), 从规范监管、质量安全、行业健康、热点关注四个维度构建了一套食品相关产品质量安全形势评估指标体系, 下设 15 个二级指标, 并基于该体系对某市食品相关产品质量安全状况进行了实证评估。结果表明, 该市食品相关产品质量安全形势总得分为 87.43 分, 处于良好水平。

关键词: 评估指标体系; 食品相关产品; 质量安全; 层次分析法

中图分类号: TS-9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)03-0235-06

网络首发时间: 2024-05-10 13:06:23

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240510.1121.007>

Constructing an Indicator System and Empirical Evaluation of Food-related Product Quality and Safety Situation Based on AHP

DAI Ya-nan, SUN Kan, WANG Yong-xiang

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China)

Abstract: In order to improve the quality and safety level of food related products and provide a basis for the government to scientifically and quickly evaluate the quality and safety status of food related products, this article constructed a set of food related product quality and safety situation evaluation indicators system based on Analytic Hierarchy Process (AHP) from four dimensions, including regulatory regulation, quality and safety, industry health, and hot topic attention, which consisted of 15 secondary indicators. Based on this system, an empirical evaluation was conducted on the quality and safety status of food related products in Shanghai. The results indicated that the total score of the quality and safety situation of food related products in Shanghai was 87.43, which was at a good level.

Key words: evaluation index system; food-related product; safety; Analytic Hierarchy Process (AHP)

收稿日期: 2023-11-10

基金项目: 上海市科学技术委员会研发公共服务平台建设项目 (14DZ2293000); 上海市质量监督检验技术研究院科研项目 (KY-2021-15-QH)

Supported by: Shanghai Science and Technology Commission Research and Development Public Service Platform Construction Project (No. 14DZ2293000); Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research Project (No. KY-2021-15-QH)

通讯作者: 代亚男, 女, 1992 年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为食品相关产品质量安全检测等。E-mail: Cinderella_dyn@163.com

食品相关产品，是食品不可分割的重要组成部分，与广大百姓的饮食息息相关，尤其是食品相关产品对食品造成的“二次污染”，有可能危害人民群众身体健康和生命安全^[1]。根据《中华人民共和国食品安全法》，食品相关产品主要指用于食品的包装材料、容器、洗涤剂、消毒剂和用于食品生产经营的工具、设备，食品相关产品种类繁多、功能各异、材质复杂，且涉及多层面、多环节，是一个复杂的系统工程，本文所研究的对象主要为与人民群众生活最为密切的、用于食品的包装材料、容器等食品相关产品。通过定期进行食品相关产品质量安全形势分析，既能研判该行业总体状况，又能找出突出问题；既能剖析原因，也能提出对策。因此，建立一套科学的食品相关产品质量安全形势评估指标体系有助于帮助政府更清楚地了解该行业的发展趋势，及时调整优化监管策略，提高监管的针对性、有效性，保障食品相关产品质量安全。

在食品安全监管综合评价指标体系设计方面，各国政府和学者都进行了一些探索研究。如荷兰 Kleter 和 Marvin^[2]提出了用于早期能够测量食品在不同环节所遭遇安全风险的指标体系，包括食品生产环境风险、食品生产链风险以及消费者风险三大部分，用于政府评估食品安全综合形势。国内学者对食品安全监管绩效评价体系的研究也时有报道^[3]，如赵晓丹^[4]构建了一套包含政府、企业、消费者的多主体综合指标体系，对北京市畜禽产品质量安全监管绩效进行全面的评估。但目前对食品相关产品质量安全形势评估指标体系的研究比较匮乏，在此背景下，为了提高食品相关产品整体质量，本文基于层次分析法（AHP）^[5]构建了一套食品相关产品质量安全形势评估指标体系，并基于某市食品相关产品质量情况，进行了实证评估，以此有助于了解、跟踪食品相关产品的整体状况，为政府监管提供有力依据。

1 食品相关产品质量安全形势评估指标体系的构建

基于某市食品相关产品实际情况，参考相关

文献，并通过走访调研企业、同时结合食品相关产品行业内专家意见，从规范监管、质量安全、行业健康、热点关注四个维度构建食品相关产品质量安全形势评估指标体系，具体见图 1。

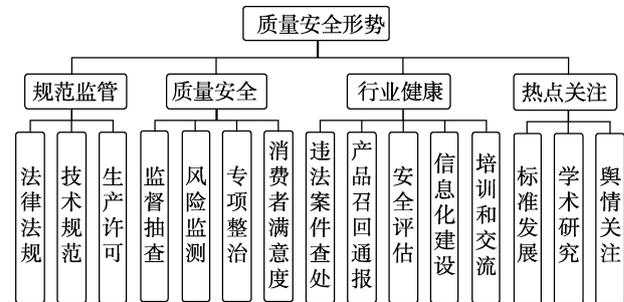


图 1 食品相关产品质量安全形势评估指标体系构成图

Fig.1 Composition diagram of the evaluation index system for the quality and safety situation of food related products

食品相关产品是食品安全的重要组成部分，其质量安全离不开政府的监管，规范监管维度主要采用法律法规、技术规范、生产许可三个方面作为评价指标，反映政府监管部门对国家政策的贯彻落实以及监管的规范性等情况；质量安全是最能体现某市食品相关产品质量安全形势的维度，同时也是社会最直观的感受，该维度主要采用监督抽查、风险监测、专项整治和消费者满意度四个方面作为评价指标，反映该行业质量安全状况以及人民群众的获得感、幸福感；行业的健康发展是保障食品相关产品质量安全的重要组成部分，该维度采用行业内违法案件查处、产品召回通报、企业安全评估、信息化建设以及行业培训和交流五个方面作为评价指标，反映行业内存在的风险隐患、企业对产品质量的把控能力以及行业内相互交流与合作等情况；行业内的研究热点以及社会的舆情关注往往能反映行业内产品的质量安全形势，代表了行业的发展趋势，热点关注维度采用行业内标准发展方向、学术研究方向和舆情关注方向三个方面作为评价指标来反映行业热点情况。

2 基于层次分析法确定指标权重

食品相关产品质量安全形势评估的重点是对构建的指标体系进行评估，首先需要确定每个指标在整个指标体系中的重要性，即确定权重。常

用确定权重的数学统计方法有层次分析法^[6]、模糊综合评价法^[7]等，层次分析法是一种定性和定量相结合的、系统的、层次化的分析方法，具有系统、灵活等优点，因此本文采用层次分析法来确定各指标权重。

2.1 层次分析法分析步骤

具体确定方法遵循如下：

1) 建立树状层次结构模型。在本研究中，该模型就是“食品相关产品质量安全形势评估指标体系”。

2) 构造判断矩阵。对同一层级指标的重要性，邀请行业专家对各项指标按照 1~9 标度法进行两两比较评价，构造判断矩阵^[8]。

表 1 层次分析模型重要度标度表
Table 1 Analytic hierarchy process model importance scale table

标度 a_{ij}	定义与说明
1	元素 i 与元素 j 对上一层次因素的重要性相同
3	元素 i 比元素 j 略重要
5	元素 i 比元素 j 重要
7	元素 i 比元素 j 很重要
9	元素 i 比元素 j 极其重要
$2n (n=1,2,3,4)$	元素 i 与元素 j 的重要性介于 $a_{ij}=2n-1$ 与 $a_{ij}=2n+1$ 之间
$1/a_{ij}$	指标 j 和指标 i 相比的结果

注：成对比较矩阵的元素 a_{ij} 表示的是第 i 个因素相对于第 j 个因素的比较结果。

Note: The elements a_{ij} in the paired comparison matrix represented the comparison results of the a_i relative to the a_j .

3) 一致性检验

在评价过程中，由于是对众多指标因素两两进行比较，考虑到人的思维方式局限性，尽管作为该领域专家也容易出现矛盾错误和违背常识的情况，这时需要通过一定的检验标准判定专家评价数据是否满足一致性要求。

一致性指标 CI 的计算用如下公式 (1) 表示：

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

为了衡量 CI 的大小，引入随机一致性指标 RI，一致性比率的计算用如下公式：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{式 (2)}$$

一般认为， $0 \leq CR < 0.1$ 时，不一致性程度在容许范围之内，通过一致性检验。

2.2 专家遴选

本次研究专家组成员包括来自市场监管部门、执法部门、疾病预防控制机构、食品包装材料企业、食品企业、产品质量安全检测机构等领域，长期从事食品相关产品质量安全监管、检验检测等行业且具备中级以上职称的专家。通过采取专家备案的方式，从所学专业、主要工作经历、职称背景等方面进行调查研究，最终选取 15 名专家作为项目专家成员。

2.3 确定权重

由 5 位专家按照 1~9 标度法对各层指标进行打分，得到指标的权重，再对指标权重进行一致性检验，最终取 5 位专家打分权重的平均值作为各指标的权重。

以一级指标层为例，某专家对一级指标层的打分表如下表 2。

表 2 某专家一级指标层打分表
Table 2 Scoring table for the first level indicator layer of a certain expert

A	R_1	R_2	R_3	R_4
R_1	1	1/2	3	2
R_2	2	1	3	3
R_3	1/3	1/3	1	2
R_4	1/2	1/3	1/2	1

得判断矩阵 A 如下：

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{列归一化}} \\
 & \begin{bmatrix} 0.26 & 0.23 & 0.40 & 0.25 \\ 0.52 & 0.47 & 0.40 & 0.38 \\ 0.09 & 0.15 & 0.13 & 0.25 \\ 0.13 & 0.15 & 0.07 & 0.12 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{求行和}} \\
 & \begin{bmatrix} 1.14 \\ 1.77 \\ 0.62 \\ 0.47 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{归一化}} \begin{bmatrix} 0.28 \\ 0.44 \\ 0.16 \\ 0.12 \end{bmatrix} \quad \text{式 (3)}
 \end{aligned}$$

由此可知该矩阵的特征向量 w 为 (3)，根据

$Aw = \lambda_{\max} w$ ，可得该矩阵的特征根 λ_{\max} 为 4.146，进行一致性检验， $CI=0.049$ ， $CR=0.055 \leq 0.1$ ，故判断矩阵通过一致性检验。由此可得该专家一级指标层的打分权重为规范监管 0.28，质量安全 0.44，行业健康 0.16，热点关注 0.12。同理可得各二级指标层的权重。

对 5 位专家打分得出的权重取平均值，最终得到各指标权重如下表 3 所示。

表 3 各指标的权重系数
Table 3 Weight coefficients of each indicator

指标	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
一级指标	A	0.34	0.40	0.16	0.10
二级指标	R_1	0.47	0.27	0.26	
	R_2	0.38	0.17	0.23	0.22
	R_3	0.18	0.22	0.24	0.19
	R_4	0.58	0.21	0.21	

3 某市食品相关产品质量安全形势实证评估

基于确定的“食品相关产品质量安全形势评估指标体系”，对各二级指标收集相关数据，形成某市食品相关产品质量安全形势分析报告，作为客观数据基础，通过专家打分的方式对某市食品相关产品质量安全形势进行实证评估^[9]。

3.1 数学模型

食品相关产品种类繁多、材质复杂，其整体质量安全形势是各个具体产品质量安全形势的综合体现，但实际操作中无法对每个产品进行打分评估，因此我们选取与消费者日常生活中密切相关的塑料、金属、纸 3 类重点产品，根据每类产品在行业中的占比、质量危害程度以及在日常生活中的重要性等因素，由专家评判赋予每类产品影响因子 f 来表征本市整体食品相关产品质量安全形势。

用 R 代表每一级指标的分值， P 代表每二级指标的分值，则 $R_i = \sum_{j=1}^n P_j = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ ，其中，

$P_i = T_i w_i$ ， T_i 为各二级指标的分值， w_i 为相对应二级指标的权重，则某类产品（如塑料、金属、纸等）的质量安全形势总得分 $A_j = \sum_{i=1}^n R_i = R_1 w_1 +$

$R_2 w_2 + R_3 w_3 + R_4 w_4$ ， w_i 为相对应一级指标的权重。

某市食品相关产品质量安全形势总得分

$$U = \sum_{j=1}^n A_j = (f_1 A_1 + f_2 A_2 + \dots + f_n A_n), f \text{ 为各类产品的影}$$

响因子， $f < 1$ 。

3.2 实证评估

以一级指标“规范监管”为例，专家对于塑料制品二级指标打分情况为：法律法规 P_1 为 90.4，技术规范 P_2 为 86.0，生产许可 P_3 为 93.0，则

$$R_1 = \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + P_3 = T_1 w_1 + T_2 w_2 + T_3 w_3 = 89.9。由此$$

可得各产品一级指标得分情况如表 4。

表 4 各产品一级指标得分
Table 4 Score of first level indicators for each product

产品	R_1	R_2	R_3	R_4
塑料制品	89.9	85.9	87.8	89.8
金属制品	84.6	86.3	87.9	88.7
纸制品	88.3	86.9	86.9	88.1

$$\text{则塑料制品质量安全形势总得分 } A_{塑} = \sum_{i=1}^n R_i =$$

$R_1 w_1 + R_2 w_2 + R_3 w_3 + R_4 w_4 = 88.0$ ，同理可得，金属制品 $A_{金} = 86.2$ ，纸制品 $A_{纸} = 87.5$ 。

另外，由各位专家对影响因子 f 进行赋值，取平均值如下表 5 所示。

表 5 各产品影响因子表
Table 5 Table of impact factors for each product

因子	塑料制品	金属制品	纸制品
A	88.0	86.2	87.5
f	0.45	0.23	0.32

则某市食品相关产品质量安全形势总得分

$$U = \sum_{j=1}^n A_j = (f_1 A_1 + f_2 A_2 + f_3 A_3) = 87.43。$$

3.3 结果分析

综合以上分析，某市食品相关产品质量安全形势总得分为 87.43，通过与国内整体水平的对比，可以评估某市食品相关产品质量安全状况在全国的领先程度。但目前国内针对食品相关产品质量安全的评估较为匮乏，可以借鉴食品行业的

评估研究进行分析。李长健^[10]等针对我国整个食品行业的质量安全监管进行评估,得到我国食品安全监管绩效的综合评分为 86.37,判定为良好,由此可见某市食品相关产品质量安全监管与全国食品安全监管基本持平。

根据木桶原理,食品相关产品质量安全水平的高低取决于评分最低的指标,对某市食品相关产品质量安全形势进行评估,目标是对各个指标进行对比分析,针对评估较低的指标进行改进以提高整体质量水平。

3.3.1 同“品”不同“维”,扬长避短需关注

对于同一产品,分析其一级指标的 4 个维度,可以得到该产品的整体质量安全形势,对评分较弱的维度后续采取相应的改善措施,对评分较强的维度思考其优势所在,继续保持。由本文数据,以塑料制品为例,由表 4 数据可得塑料制品的质量安全形势如下图 2 所示。

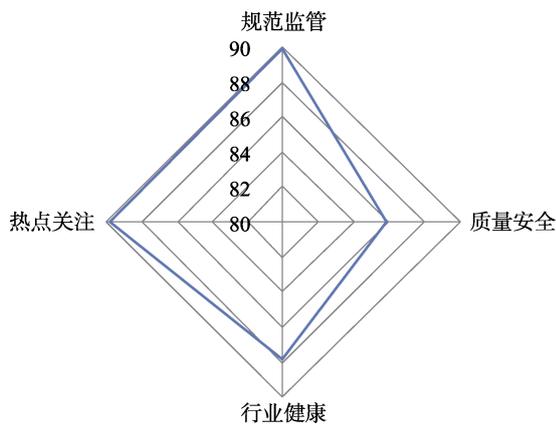


图 2 塑料制品质量安全形势图

Fig.2 Quality and safety situation diagram of plastic products

由上图可看出,4 个维度对比而言,塑料制品质量安全水平相对较低,这也能反映塑料行业比较庞杂,小微企业较多,企业管理水平参差不齐,产品质量安全水平有所差异。

3.3.2 同“维”不同“品”,重点产品要聚焦

分析不同产品的同一指标维度,可以得到不同产品在该维度上的发展情况,对评分较弱的产品后续重点关注,聚焦问题所在,加强监管,提高监管的针对性。

以规范监管指标为例,由表 4 可得各产品规范监管的情况如下图 3 所示。

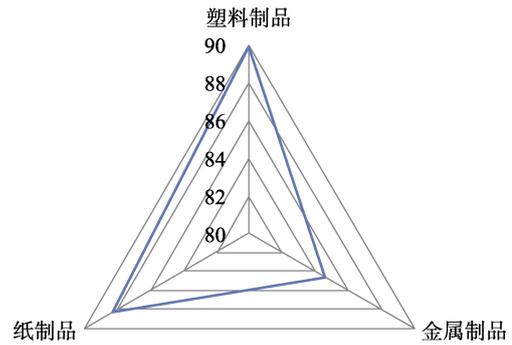


图 3 不同产品规范监管形势图

Fig.3 Diagram of regulatory situation for different product specifications

由上图可看出,塑料制品的纸制品的监管规范性良好,金属制品相对较差,这与整个行业状况也相对一致,由于塑料制品和纸制品实行生产许可制度,而金属制品不在生产许可制度范围内,监管力度略显薄弱。

3.3.3 同“品”不同“时”,行业趋势了于胸

在数据累积的基础上,分析同一产品在不同时间的整体质量安全形势,纵向分析,可以看出该产品在一段时间内的行业趋势,有助于了解该产品发展的整体形势。由于本文目前只研究了一年的数据,在此不进行具体数据分析。

4 结论

本文通过以市场调研和风险信息收集、专家研判相结合的方式,基于 AHP 初步建立了食品相关产品质量安全形势评估指标体系,并邀请行业专家对某市食品相关产品行业质量安全形势进行实证评估,得到某市食品相关产品质量安全形势总得分为 87.43 分,处于良好水平,就不同产品而言,塑料制品的得分最高(88.0 分),金属制品的得分最低(86.2 分)。因数据获取、调研样本等限制因素,该体系目前尚存在不足之处,后续还需进一步完善,使之成为能客观、准确和方便评价食品相关产品质量安全形势的指标体系,有助于政府定期了解、跟踪食品相关产品的整体状况,不断开创食品相关产品质量监管新模式,提升食品相关产品整体质量。

参考文献:

- [1] 张丽媛,韦存茜,李海燕.食品相关产品标识和使用说明技

- 术规范研究[J]. 粮油食品科技, 2022(4): 30.
- ZHANG L Y, WEI C Q, et al. Research on technical specifications for food related product identification and instructions for use[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022(4): 30.
- [2] KLETER G A, MARVIN H J P. Indicators of emerging hazards and risks to food safety[J]. Food & Chemical Toxicology, 2009, 47(5): 1022-1039.
- [3] 刘鹏. 省级食品安全监管绩效评估及其指标体系构建——基于平衡计分卡的分析[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2013(4): 17-26.
- LIU P. Performance evaluation and index system construction of provincial food safety supervision: analysis based on balanced scorecard[J]. Journal of Central China Normal University (Humanities and Social Sciences Edition), 2013(4): 17-26.
- [4] 赵晓丹. 北京市畜禽产品质量安全监管绩效多主体综合指标体系构建与评估[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(12): 81-89.
- ZHAO X D. Construction and evaluation of a multi-agent comprehensive indicator system for the quality and safety supervision performance of livestock and poultry products in Beijing[J]. Agricultural Resources and Regionalization in China, 2017, 38(12): 81-89.
- [5] 王妙婷. 基于 AHP 的湖南新零售食品安全评价指标体系[J]. 湖南工程学院学报: 社会科学版, 2022, 32(4): 26-31.
- WANG M T. AHP based evaluation index system for the safety of new retail food in Hunan province[J]. Journal of Hunan University of Engineering: Social Sciences Edition, 2022, 32(4): 26-31.
- [6] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 148-153.
- GUO J Y, ZHANG Z B, SUN Q Y, et al. Research and application of analytic hierarchy process[J]. China Safety Science Journal, 2008, 18(5): 148-153.
- [7] 韩利, 梅强, 陆玉梅, 等. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J]. 中国安全科学学报, 2004(7): 89-92+3.
- HAN L, MEI Q, LU Y M, et al. Analysis and research on AHP fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Chinese Journal of Safety Sciences, 2004(7): 89-92+3.
- [8] 李学平. 用层次分析法求指标权重的标度方法的探讨[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2001, 3(1): 25-27.
- LI X P. Discussion on the scaling method for calculating index weights using analytic hierarchy process[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications(Social Science Edition), 2001, 3(1): 25-27.
- [9] 吴为, 顿中军, 江金女, 等. 广东省食品安全状况评价指标体系构建研究[J]. 华南预防医学, 2017, 43(3): 4. 2017-03-006.
- WU W, DUN Z J, JIANG J N, et al. Research on the construction of food safety evaluation index system in Guangdong Province[J]. Preventive Medicine in South China, 2017, 43(3): 4. 2017-03-006.
- [10] 李长健, 段凌峰, 孙富博. 中国食品安全监管绩效分析——基于 BSC 分析路径[J]. 江西社会科学, 2017, 37(5): 70-80.
- LI C J, DUAN L F, SUN F B. Performance analysis of China's food safety supervision based on BSC analysis path[J]. Jiangxi Social Sciences, 2017, 37(5): 70-80. 完