

研究报告

基于AHP-CRITIC法的食品安全评价性抽检分配模型研究

吕锐颖^{1,2}, 赵丹霞³, 史健^{1,2}, 梁祖培³, 陈婧欣^{1,2}, 张燕³, 让一峰^{1,2}, 刘辉³, 柳春红^{1,2}(1. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510642; 2. 广东省食品质量安全重点实验室, 广东广州 510642;
3. 广东产品质量监督检验研究院, 广东广州 510670)

摘要:目的 建立一个科学合理的食品安全评价性抽检样品量估算及分配模型。方法 运用统计学方法估算评价性抽检样品总量, 采用文献分析法和德尔菲法筛选多个因素建立样品量分配指标体系, 基于层次分析法和CRITIC法为各指标赋予组合权重, 并根据指标组合权重对样品量进行分配。结果 基于X省食品安全评价性抽检不合格率确定X省的食品安全评价性抽检样品总量为7800份; 构建的评价性抽检样品量分配指标体系涵盖食品品种、检测地区2个方面, 包含抽检不合格率、膳食结构、食品安全事件、关注度、食品消费量、消费支出、常住人口等共8个指标, 依据计算所得的指标组合权重获得X省评价性抽检中各地级市的各类食品的样品分配量。结论 构建的食品安全评价性抽检样品量分配模型能依据各地区的食品安全状况更客观、合理地分配样品量, 可为食品安全评价性抽检工作提供参考。

关键词: 食品安全; 样品量分配; 组合赋权; 评价性抽检; 德尔菲法

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2023)10-1432-08

DOI: 10.13590/j.cjfh.2023.10.005

**Research on an allocation model for food safety evaluation sampling based on the
AHP-CRITIC method**LYU Ruiying^{1,2}, ZHAO Danxia³, SHI Jian^{1,2}, LIANG Zupei³, CHEN Jingxin^{1,2}, ZHANG Yan³,
RANG Yifeng^{1,2}, LIU Hui³, LIU Chunhong^{1,2}(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangdong Guangzhou 510642, China;
2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Food Quality and Safety, Guangdong Guangzhou 510642,
China; 3. Guangdong Testing Institute of Product Quality Supervision, Guangdong Guangzhou 510670)

Abstract: Objective The aim of this study was to establish a scientific and reasonable estimation and allocation model for food safety evaluation. **Methods** A statistical method was used to estimate the total number of samples for evaluative sampling, a sample size allocation index system was established based on an analysis of the literature, the Delphi method was used to screen multiple factors, and a combination weight was assigned to each index based on the analytic hierarchy process and CRITIC method. **Results** Based on the estimated failure rate of food safety evaluation sampling in Province X, the total number of food safety evaluation samples in Province X was determined to be 7800. The evaluation sampling size allocation index system covered two aspects of food varieties and testing areas and included the following eight indicators: sampling failure rate, dietary structure, the number of food safety incidents, attention, food consumption, consumption expenditure, and resident population. The allocation of samples for each food category in each prefecture-level city in the evaluative sampling test in Province X was obtained based on the weights of the calculated indicator combinations. **Conclusion** The sample size allocation model can be used to allocate the sample size in a more objective and reasonable manner according to the food safety situation in each region and can be used as a reference for food safety

收稿日期: 2023-05-26

基金项目: 华南农业大学与广东产品质量监督检验研究院合作项目(H220928)

作者简介: 吕锐颖 女 在读研究生 研究方向为营养与食品安全 E-mail: 1687411140@qq.com

赵丹霞 女 高级工程师 研究方向为食品质量安全 E-mail: 3334247@qq.com

吕锐颖和赵丹霞为并列第一作者

通信作者: 柳春红 女 教授 研究方向为营养与食品安全 E-mail: liuch@scau.edu.cn

刘辉 男 正高级工程师 研究方向为食品科学与工程 E-mail: 37721381@qq.com

柳春红和刘辉为共同通信作者

evaluation sampling.

Key words: Food safety; sample volume allocation; combination weighting; evaluative sampling; Delphi method

国以民为本,民以食为天,食以安为先。食品安全是关乎人民生命安全、国家经济发展、社会稳定的重大事项^[1]。随着人们对食品安全关注程度的增加,为了提高食品安全监管的靶向性,帮助人们更直观地了解食品安全总体状况,诞生了食品安全评价性抽检这一定义^[2]。食品安全评价性抽检是依据法定程序和食品安全标准等规定开展抽样检验,对市场上食品安全状况进行评估的活动^[3]。其原理是通过大数据分析,由数字模型确定抽样总数量、食品品种分配比例、地区分配比例、检测项目等得出食品安全水平评价得分,可反映食品安全总体状况^[4]。各类食品、各个检测地区样品量的科学性分配是食品安全评价性抽检代表性的前提,这使得构建与地区实况匹配的食品安全评价性抽检模型成为监管部门科学管理的一个重要技术支撑。

目前,国内外相关标准和文献的样品量分配模型通常采用分层抽样方法,黄金等^[5]基于分层抽样原理构建了样品量分配模型,但该方法仅仅考虑单一影响因素,容易造成样本分配结果不合理。为解决因素单一的问题,徐达等^[6]考虑了多个影响因素,通过建立样本分配影响因素体系,采用赋权方法确定各影响因素的权重,构建样本分配模型进行样本量分配。常用的赋权方法有主观赋权法和客观赋权法,其中,主观赋权法有层次分析法(AHP)、二项系数法、序关系分析法等。层次分析法主要是通过建立层次结构模型并结合专家意见将非定量指标的定性分析转化为定量性的分析,构建判断矩阵计算权重向量。余超等^[7]采用层次分析法将食品安全监督抽检样本量分配中影响食品安全的各类定性及半定量因素转化为定量指标,以保证抽检工作的合理性。客观赋权法有熵权法、变异系数法、CRITIC法(Criteria importance through intercriteria correlation, CRITIC)等,客观赋权法利用原始数据之间的关系来确定权重,具有较强的客观性。承海等^[8]运用熵权法确定影响食用农产品农残安全综合风险评价因素的权重,使风险综合评价方法具有更优的客观评价能力。组合赋权法兼顾了决策者的主观意向,同时又减少了赋权的主观随意性,达到主观与客观的统一,进而使结果更合理、可靠。因此组合赋权法被广泛运用于食品安全领域,例如陈慧敏等^[9]采用层次分析法、熵权法主客观结合的综合权重分配权重,构建出的食用油污染物风险评价模型更客观且

综合评价性更强,提升了食用油安全监管的效率。本研究采用文献研究法、德尔菲法^[10]将定性及半定量的影响因素转化为定量指标,确立食品安全评价性抽检样品量分配指标体系。然后,采用 AHP 法和 CRITIC 法分别计算评价指标的主观和客观权重,并运用几何平均法计算得到组合权重^[11]。基于分层抽样原理^[12],按食品安全评价性抽检样品量分配指标组合权重的比例进行样品量分配,以期为食品安全评价性抽检方案的样品量估算及分配提供一种新思路。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究以 2021 年 X 省各地级市食品安全评价性抽检数据为基础进行实例分析。相关数据来源于 X 省统计局、百度指数、中国营养学会。应用本文构建的食品安全评价性抽检样品量估算及分配模型,为 X 省 2022 年食品安全评价性抽检工作进行样品量估算及分配。

1.2 样品量估算

样品量的计算参照统计学常用样品量^[13]的计算方法,公式为(1)~(2)。 n 为样品量, $Z_{\alpha/2}$ 为标准正态分布的双侧临界值, E 为抽样允许误差, P 为概率值,抽样允许误差往往以抽样平均误差的 Z 倍来界定。

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad \text{式(1)}$$

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma_p}{E} \right)^2 = \frac{(Z_{\alpha})^2 P(1-P)}{E^2} \quad \text{式(2)}$$

1.3 构建食品安全评价性抽检样品量分配指标体系

首先,通过文献调研筛选影响食品安全评价性样品量分配的关键因素,采用德尔菲法^[14]进行问卷调查,对各因素进行打分,筛选出可行指标以构成指标体系。由专家基于食品相关从业经验、理论知识等并根据 1~9 标度法对各指标的重要性两两比较,计算各指标的主观权重值并进行一致性检验。其中,专家权威程度由专家自评熟悉程度 C_a 及判断依据 C_j 决定。

1.4 AHP-CRITIC 组合赋权法

1.4.1 AHP 赋权法

AHP 法^[15]是一种主观赋权方法,常被应用于多目标、多准则、多要素、多层次的非结构化的复杂决策问题。回收问卷后,根据专家对各指标重要性的

赋值建立判断矩阵。计算判断矩阵的最大特征值(λ_{\max})和归一化特征向量(ω_j),即各指标的主观权重。其中,以 ω_j^A 代表第 j 个指标的主观权重。为保证指标权重的合理性,根据公式(3)~(4)分别计算 CI 值、 CR 值并进行一致性检验,当 $CR < 0.1$ 时,则满足AHP法的使用条件,说明权重可以合理使用。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{式(3)}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{式(4)}$$

1.4.2 CRITIC赋权法

CRITIC法^[16-17]是熵权法的一种改进,它通过计算指标间的标准差和相关系数得到指标的客观权重,可反映指标间的对比强度和冲突性。利用食品安全评价性抽检样品量分配指标在各评价对象的数据构建数据矩阵,无量纲处理后计算皮尔逊相关系数(r)、冲突性(R_j)、变异性(σ_j)及信息量(C_j),根据公式(5)计算指标的客观权重 ω_j^B 。

$$\omega_j^B = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad \text{式(5)}$$

1.4.3 组合赋权法

将主、客观权重值组合计算得出组合权重^[18],在发挥各自优势的情况下,一定程度上削弱了主观偏差性和客观片面性,这可使权重更为科学^[19]。组合权重可反映各指标对食品安全评价性样品量分配的影响程度,权重值越高即代表对样品量分配的影响越大,反之亦然。根据公式(6)计算指标组合权重, ω_j^A 为主观权重值, ω_j^B 为客观权重值。

$$\omega_j = \frac{\sqrt{\omega_j^A \omega_j^B}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{\omega_j^A \omega_j^B}} \quad \text{式(6)}$$

1.5 样品量分配估算

1.5.1 按食品品种样品量分配估算

设有 m 个评价对象, n 个评价指标,可以构成数据矩阵 $C = (c_{ij})_{m \times n}$,归一化处理后构成矩阵 $C' = (c'_{ij})_{m \times n}$ 。运用AHP-CRITIC组合赋权法确定食品品种样品量分配指标组合权重 W_c 。

食品品种样品量分配公式为(7)~(8), $K_{\text{权}}$ 为食品品种权重分配的样品量; $K_{\text{低}}$ 为食品品种最低分配样品量, $K_{\text{低}}$ 由每类食品品种的细类决定,每一个细类食品在全省不同采样环节抽检的最低样品量为30份; K 为食品品种所分配的样品量。

$$K_{\text{权}} = n_0 * W_c \quad \text{式(7)}$$

$$K = K_{\text{权}} + K_{\text{低}} \quad \text{式(8)}$$

1.5.2 按检测地区分配样品量估算

确定检测地区样品量分配指标组合权重 W_d ,方法同1.5(1)。检测地区样品量分配公式为(9), L

为检测地区所分配的样品量。

$$L = K * W_d \quad \text{式(9)}$$

1.6 统计分析

本文采用Excel、Matla软件进行主、客观权重计算,采用Excel软件进行样品量估算及分配计算、制表。

2 结果

2.1 样品总量的确定

2021年X省食品安全评价性抽检不合格率为 $P=1.2\%$,由公式(1)计算可得抽样平均误差 $\sigma_p=0.13\%$ 。由于抽样平均误差反映误差的一般水平,因此,抽样允许误差往往以抽样平均误差的 Z 倍来界定。查表可知一类错误为0.05时, $Z_{\alpha/2}=1.96$ 。由公式(2)计算得样品量 $n=7015$ 。

一般计算样品数量需增加10%~20%的保险系数,即在计算的样品量上乘以系数1.1,计算得 $n=7716$,为方便计算,取整得最终所需的总样品量为 $N=7800$ 。

2.2 食品安全评价性抽检样品量分配指标体系的构建

2.2.1 专家基本情况

本研究从高校、食品检验所、农业科学研究院、市场监督管理局、疾病预防控制中心、农产品加工研究所共邀请了20名专家,其中从事食品安全相关工作10~20年、21~30年、>30年分别为11、6、3人,正高级、副高级、中级职称分别为16、3、1人,博士、硕士、本科学历分别为15、3、2人,工作领域包括食品科学、食品加工与安全、食品安全与营养、农产品质量安全、食品安全监管等。

2.2.2 专家权威系数及积极程度

专家权威系数结果如表1所示, $Cr \geq 0.7$ 时可认为所选择的专家符合研究要求,即可采纳专家提出的意见。第一轮调查问卷共发放20份问卷,回收有效问卷20份,回收率100%。第二轮问卷参与调查的专家为第一次问卷调查有效回收问卷的专家,共发放20份问卷,回收有效问卷20份,回收率100%。

2.2.3 问卷调查结果

2.2.3.1 第一轮问卷

文献调研筛选的影响因素涵盖食品品种、检测

表1 专家权威系数

Table 1 Expert authority coefficient

Cr	人数	比率/%
[1.0,0.9)	0	0
[0.9,0.8)	7	35
[0.8,0.7)	8	40
0.7	2	10

地区两个方面,食品品种方面包含抽检不合格率、膳食结构、食品安全关注度、食品消费量、食品年产量 5 个因素;检测地区方面包含餐饮业收入、食品消费支出、食品安全事故、抽检不合格率、常住人口 5 个因素。根据第一轮问卷结果,食品品种样品量分配指标体系去除“各类食品年产量”指标;检测地

区样品量分配指标体系去除“各检测地区餐饮业收入”指标。

2.2.3.2 第二轮问卷

专家对第二轮问卷各指标进行重要性打分,计算各指标的算术平均数、标准差、变异系数,结果见表 2。

表 2 样品量分配指标参数

Table 2 Sample volume distribution indicator parameters

	指标名称	算术平均数	标准差	变异系数
食品品种样品量分配指标体系	N ₁ 各类食品安全评价性抽检不合格率	4.65	0.57	0.12
	N ₂ 居民人均主要食品消费量	4.40	0.58	0.13
	N ₃ 各类食品安全关注度	3.90	0.54	0.14
	N ₄ 各类食品在膳食中所占的比重	4.20	0.68	0.16
检测地区样品量分配指标体系	M ₁ 常住人口数	4.05	0.67	0.17
	M ₂ 各检测地区食品安全评价性抽检不合格率	4.60	0.58	0.13
	M ₃ 各检测地区食品安全事故件数	4.30	0.64	0.15
	M ₄ 各检测地区食品消费支出	3.50	0.74	0.21

经过筛选,最终确定食品安全评价性抽检样品量分配指标体系。食品安全评价性抽检样品量分配指标体系由食品品种样品量分配指标体系和检测地区样品量分配指标体系组成,食品品种样品量分配指标体系共 4 个指标,记为 N₁₋₄;检测地区样品量分配指标体系共 4 个指标,记为 M₁₋₄。指标体系如图 1 所示。

评价性抽检不合格率可直接反映食品安全状况,由食品安全监管部门进行抽检及统计,计算公式为:各地市食品安全评价性抽检不合格数/各地市食品安全评价性抽检总数×100%;居民人均主要食品消费量与食品对消费者的影响正相关,消费量高的

食品的负面影响也较大,由统计局统计并发布。各类食品安全关注度反映居民在互联网上对食品安全的关注程度及持续变化情况,方法为以某类食品为关键词,计算出各个关键词在百度指数中的搜索频次。各类食品在膳食中所占的比重直接反映了居民摄入食品种类,可作为评价性抽检模型中食品分类的重要依据,由某类食品在膳食宝塔中的占比计算所得。常住人口数反映对食品的需求,间接反映食品消费的广度,由统计局统计并发布。食品安全事故件数可反映各地市食品安全监管的能力,由卫生健康委统计并发布。食品消费支出可衡量一个地区生活水平及食品需求,由统计局统计并发布。

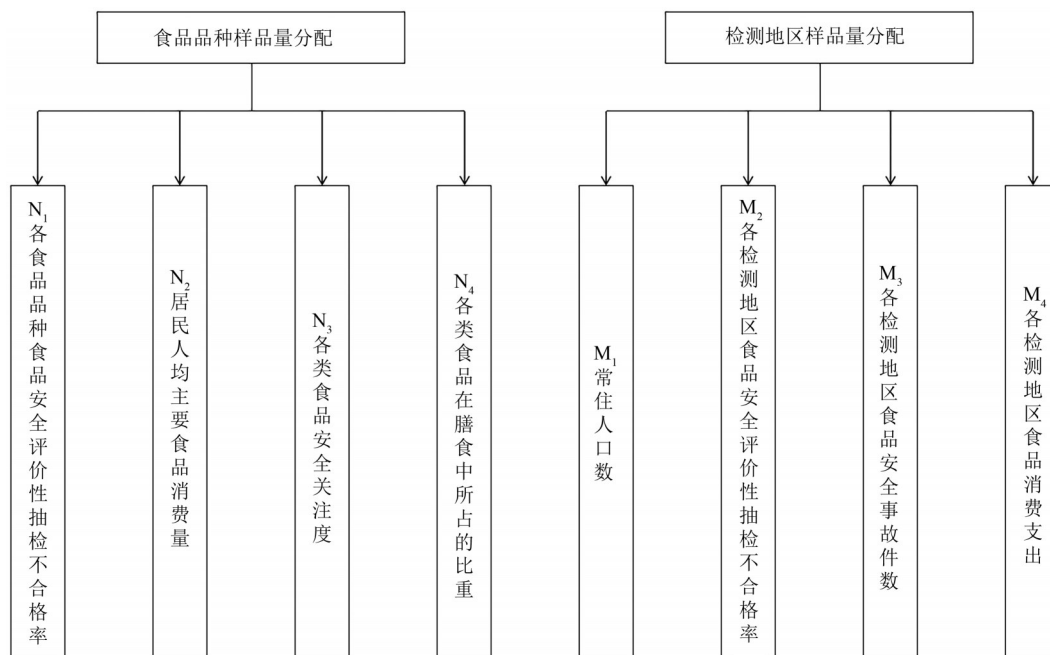


图 1 食品安全评价性抽检样品量分配指标体系

Figure 1 Food safety evaluative sampling sample size allocation index system

2.4 指标组合权重的确定

2.4.1 主观权重

食品品种样品量分配指标体系判断矩阵为 $A_{N_1-N_4}$ 、检测地区样品量分配指标体系判断矩阵为 $A_{M_1-M_4}$ 。评价性抽检样品量分配各指标主观权重如表 3。

$$A_{N_1-N_4} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 1/3 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{M_1-M_4} = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 1/3 \\ 5 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 3 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

表 3 评价性抽检样品量分配指标主观权重

Table 3 Estimated sample size for evaluative sampling and subjective weights of assigned indicators

	评价指标	ω^A	CI	CR
N	N_1	0.533 1		
	N_2	0.156 4	0.086 8	0.096 5
	N_3	0.104 6		
	N_4	0.205 9		
M	M_1	0.072 7		
	M_2	0.553 8		
	M_3	0.247 7		
	M_4	0.125 8		

2.4.2 客观权重和组合权重

基于各指标原始数据计算各指标客观权重；由公式(6)计算得各指标的组合权重。其中， ω^A 为主观权重， ω^B 为客观权重， W_c 为组合权重，结果如表 4 所示。指标 N_{1-4} 、 M_{1-4} 的权重如图 2-3 所示。

表 4 组合权重

Table 4 Combination weights

评价指标	ω^A	ω^B	W_c
N_1	0.533 1	0.471 7	0.504 2
N_2	0.156 4	0.182 3	0.169 8
N_3	0.104 6	0.166 5	0.132 7
N_4	0.205 9	0.179 5	0.193 3
M_1	0.072 7	0.211 0	0.130 7
M_2	0.553 8	0.267 8	0.406 4
M_3	0.247 7	0.290 2	0.283 0
M_4	0.125 8	0.231 0	0.179 9

食品品种样品量分配指标体系中指标 N_1 (各类食品安全评价性抽检不合格率)的组合权重值最高，为 0.504 2，其余指标均低于 N_1 ；检测地区样品量分配指标体系中指标 M_2 (各检测地区食品安全评价性抽检不合格率)为 0.406 4，说明抽检不合格率是影响抽检样品量分配的主要因素。检测地区样品量分配指标体系中， M_1 、 M_3 、 M_4 指标主、客观权重差异较小， M_2 指标主、客观权重差异较大，其原因在

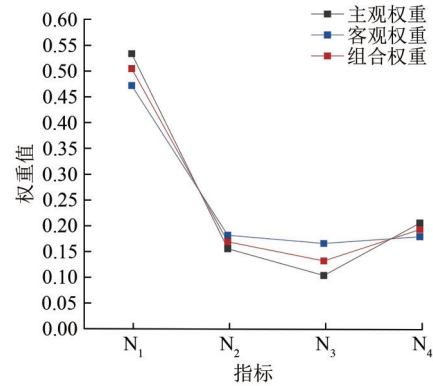


图 2 $N_1 \sim N_4$ 权重值

Figure 2 Weighting value of N_1 to N_4

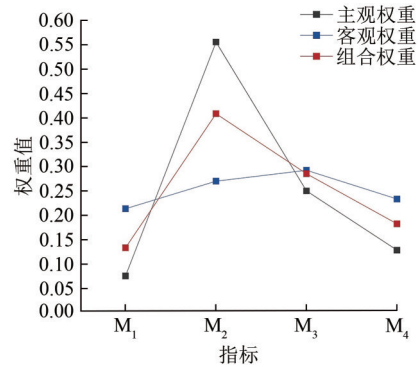


图 3 $M_1 \sim M_4$ 权重值

Figure 3 Weighting value of M_1 to M_4

于 X 省各地级市之间的抽检不合格率差异性小，致使 M_2 指标的客观权重值偏低，计算其组合权重可有效解决主观或客观权重差异较大的问题，使权重分配更科学。

2.5 样品量分配

2021 年 X 省的食品安全评价性抽检工作中共抽检了 21 个地级市的 6 类食品。其中，粮食加工品含 6 个食品细类；食用油、油脂及其制品含 6 个食品细类；豆制品含 4 个食品细类；乳制品含 3 个食品细类；肉制品含 3 个食品细类；食用农产品含 41 个食品细类。 $K_{低}$ 共计 1 890 份， $K_{权}$ 共计 5 910 份，根据 AHP-CRITIC 组合赋权法计算得各食品品种最终权重 W_c 如表 5 所示，食品品种样品量分配如表 6 所示。

表 5 食品品种的最终权重

Table 5 Final weights of food varieties

食品品种	W_c
粮食加工品	0.348 9
食用油、油脂及其制品	0.028 7
豆制品	0.027 2
乳制品	0.077 3
肉制品	0.033 6
食用农产品	0.484 3

根据 AHP-CRITIC 组合赋权法计算得各检测地区最终权重 W_d 如表 7 所示。根各检测地区样品量分配如表 8 所示。

表 6 食品品种样品量分配

Table 6 Sample size distribution of food varieties

食品品种	$K_{权}$	$K_{低}$	K
粮食加工品	2 062	180	2 242
食用油、油脂及其制品	170	180	350
豆制品	160	120	280
乳制品	457	90	547
肉制品	199	90	289
食用农产品	2 862	1 230	4 092

表 7 检测地区的最终权重

Table 7 Final weights of the tested areas

检测地区	W_d
D ₁	0.107 3
D ₂	0.101 8
D ₃	0.042 6
D ₄	0.040 7
D ₅	0.068 3
D ₆	0.033 8
D ₇	0.029 0
D ₈	0.026 1
D ₉	0.049 7
D ₁₀	0.042 0
D ₁₁	0.082 7
D ₁₂	0.054 5
D ₁₃	0.042 5
D ₁₄	0.039 4
D ₁₅	0.050 6
D ₁₆	0.046 2
D ₁₇	0.032 8
D ₁₈	0.033 6
D ₁₉	0.032 0
D ₂₀	0.029 9
D ₂₁	0.014 5

表 8 检测地区样品量分配

Table 8 Sample volume distribution in the testing area

	粮食加工品	食用油、油脂及其制品	豆制品	乳制品	肉制品	食用农产品
D ₁	240	38	30	59	31	438
D ₂	228	36	29	56	29	417
D ₃	96	15	12	23	12	174
D ₄	91	14	11	22	12	167
D ₅	153	24	19	37	20	280
D ₆	76	12	10	19	10	138
D ₇	65	10	8	16	8	119
D ₈	59	9	7	14	8	107
D ₉	111	17	14	27	14	203
D ₁₀	94	15	12	23	12	172
D ₁₁	185	29	23	45	24	338
D ₁₂	122	19	15	30	16	223
D ₁₃	95	15	12	23	12	174
D ₁₄	88	14	11	22	11	161
D ₁₅	113	18	14	28	15	207
D ₁₆	104	16	13	25	13	189
D ₁₇	74	12	9	18	10	134
D ₁₈	76	12	9	18	10	138
D ₁₉	72	11	9	18	9	131
D ₂₀	67	11	8	16	9	122
D ₂₁	33	5	4	8	4	59

各类食品品种的最终权重中,粮食加工品及食用农产品的权重值较大,这两类食品的食品安全评价性抽检不合格率也较高。原因在于抽检不合格率是样品量分配的主要影响因素,权重值高,对样品量分配的影响大。食用油、油脂及其制品、乳制品、肉制品、豆制品的抽检不合格率相同,但由于乳制品在膳食中所占的比重比其他几类占比高,故分配的抽检样品量更多。检测地区的最终权重中,D₁、D₂的权重值较大,这两个地级市的抽检不合格率也较高,故分配的抽检样品量更多。D₁₁的分配权重为0.082 7,仅次于D₁、D₂,虽然D₁₁的抽检不合格率较低但其常住人口数和食品消费支出较高,故分配的抽检样品量较多。

3 结论与讨论

本研究综合考虑膳食结构、食品消费量和抽检不合格率等因素,确定了综合性更强的食品安全评价性抽检样品量分配指标体系,运用 AHP-CRITIC 组合赋权法对各指标赋权,按指标权重完成样品量分配,构建了一个更科学的食品安全评价性抽检样品量估算及分配模型。将此模型运用于实际评价性抽检工作中,对 X 省各地级市及各类食品进行了食品安全评价性抽检样品量估算及分配,为相关部门制定食品安全评价性抽检方案提供了参考。未来的拓展研究需进一步考虑更多影响因素,并结合其他地区乃至国家的实际情况构建更好的食品安全评价性抽检样品量估算及分配模型。

食品安全评价性抽检工作中,要以食品安全抽检不合格率为主要依据,在财力、人力、物力有限的条件下,确定评价性抽检总样品量。在余超等^[13]的研究中,还将食品超标率及最低样本量纳入考量范围,并在初步估算抽检样品量后根据该省实际情况进行扩容,确定了省级监督抽检样品总量。样品量分配是设计评价性抽检方案的基础,也是进行食品安全状况评价的前提。传统的抽检样品量分配方法仅依据抽检不合格率进行样品量分配,考虑因素过于单一,分配结果不够合理^[7]。为解决考虑因素单一的问题,余超等^[7]运用层次分析法确立包含食物消费量数据、食品安全监督抽检结果、食品安全热点事件影响及受关注程度等多个影响因素的抽检样品量分配指标体系。姜文献等^[4]提出构建食品安全评价性抽检模型应考虑膳食结构、人均食品消费量等因素。本研究参考学者们提出的样品量分配指标并结合 X 省实际情况,综合考虑了抽检不合格率、常住人口数、食品安全事故等影响因素,构建出一种新的食品安全评价性抽检样品量分配指标

体系。指标体系筛选的专家调查问卷结果分析表明,指标的重要性得分较高且专家的积极程度及权威性也高,提示了专家的认同度很高,具有较好的指导意义。经过对X省食品安全评价性抽检样品量分配的实例证明各指标的数据可通过网络公开信息、往年抽检结果获取,可操作性好。

为确定指标体系中各指标对评价对象的影响程度,王铭等^[20]提出运用主观赋权法和客观赋权法研究食品安全相关指标权重。已有较多学者将主观赋权法运用于食品安全抽检样品量分配工作中。杨勇等^[21]采用AHP法研究食品安全影响因素的影响程度,基于时间序列预测因素权重,并据此预测出的影响因素权重进行样品量分配。伍永祥等^[22]建立层次分析模型,确定影响食品安全卫生各因素的相对重要性及其权重,并结合影响因素权重,通过分层抽样模型和实证分析制出具体的抽检方案,但这种方法在一些情况下可能会产生一定的偏差,具有主观偏向性。也有学者运用客观赋权法根据原始数据之间的关系来确定分配指标权重,李德良等^[23]基于改进熵权法对灌区进行农业水权分配,这种方法具有较强的数学理论依据,但可能与人们的主观愿望或实际状况不一致。本研究综合考虑了主观权重和客观权重,采用AHP-CRITIC法对指标进行组合赋权,X省的实例验证中各指标的组合权重均处于主观权重与客观权重之间,说明组合权重可以兼顾主观、客观权重,是更为科学、合理的分配权重方法。综合来看,本研究所构建的食品安全评价性抽检模型,不仅减小了主观赋权法的偏向性,也减小了数据变化导致权重值的波动,能为食品安全抽检工作提供一种兼顾科学性与实用性的样品量分配新方法。

参考文献

- [1] ZHANG W M, HE H Y, ZHU L, et al. Food safety in post-COVID-19 pandemic: Challenges and countermeasures[J]. Biosensors, 2021, 11(3): 71.
- [2] 杨昌林, 刘灿灿. 我国食品安全抽检监测现状、问题及对策[J]. 中国调味品, 2022, 47(6): 212-216.
YANG C L, LIU C C. Current situation, problems and countermeasures of food safety sampling inspection and monitoring in China [J]. China Condiment, 2022, 47 (6) : 212-216.
- [3] 范伟. 食品安全监督抽检制度的规范建构基于行政过程论视角的分析[J]. 中外法学, 2021, 33(1): 265-279.
FAN W. Normative construction of food safety supervision and sampling inspection system based on the perspective of administrative process theory [J]. Peking University Law Journal, 2021, 33 (1) : 265-279.
- [4] 姜文献, 张军. 食品安全评价性抽检模型构建初探[J]. 食品安全导刊, 2021(35): I0021-I0022.
JIANG W X, ZHANG J. A preliminary study on the construction of sampling analysis model for food safety[J]. China Food Safety Magazine, 2021(35): I0021-I0022.
- [5] 黄金, 胡为艳, 李必鑫. 基于分层抽样的用油装备油料消耗量研究[J]. 中国储运, 2013(2): 121-122.
HUANG J, HU W Y, LI B X. Study on oil consumption of oil equipment based on stratified sampling [J]. China Storage & Transport, 2013(2): 121-122.
- [6] 徐达, 周诚, 关鑫, 等. 基于组合赋权VIKOR法的装备故障样本分配方法[J]. 航天控制, 2020, 38(4): 68-73.
XU D, ZHOU C, GUAN C, et al. Research on the equipment failure sample allocation method based on combined weighting and VIKOR method [J]. Aerospace Control, 2020, 38 (4) : 68-73.
- [7] 余超, 李文学, 李迎月, 等. 层次分析法在食品安全监督抽检工作计划样本量分配中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3694-3698.
YU C, LI W X, LI Y Y, et al. Application of analytic hierarchy process in sample size allocation in drawing-up the sampling work plan for food safety supervision and inspection[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(12): 3694-3698.
- [8] 承海, 邢家溧, 郑睿行, 等. 基于熵权-模糊分析法的农产品农药残留安全风险综合评价[J]. 中国食品学报, 2021, 21(5): 331-339.
CHENG H, XING J L, ZHENG R H, et al. Comprehensive safety evaluation of pesticide residue pollution of agricultural products based on entropy weight-fuzzy mathematics method[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(5): 331-339.
- [9] 陈慧敏, 马欣玥, 于家斌, 等. 基于模糊综合分析的食用油污染物风险评价研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(5): 1-8.
CHEN H M, MA X Y, YU J B, et al. Research on risk assessment of edible oil pollutants based on fuzzy comprehensive analysis [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14 (5) : 1-8.
- [10] WU Q, JIANG H J, CHEN H Q. Establishment of infection prevention and control strategy in nursing managements during surgical operations in COVID-19 patients based on Delphi method[J]. Nursing Open, 2023, 10(6): 3906-3913.
- [11] SHEN Y Y, LIAO K C. An application of analytic hierarchy process and entropy weight method in food cold chain risk evaluation model [J]. Frontiers in Psychology, 2022, 13: 825696.
- [12] 李太平. 基于分类抽样原理的我国食品安全状况定量评价研究[J]. 农业经济问题, 2020, (9): 132-142.
LI T P. Study on China's food safety situation evaluation with classification random sampling theory [J]. Issues in Agricultural Economy, 2020, (9) : 132-142.
- [13] 余超, 李文学, 李迎月, 等. 省级食品安全监督抽检工作样本量的确定方法研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3869-3872.

- YU C, LI W X, LI Y Y, et al. Research on method of determining sampling sample size of food safety supervision at provincial level[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2019, 10(12): 3869-3872.
- [14] MCPHERSON S, REESE C, WENDLER M C. Methodology update: Delphi studies[J]. *Nursing Research*, 2018, 67(5): 404-410.
- [15] ANURADHA, GUPTA S. AHP-based multi-criteria decision-making for forest sustainability of lower Himalayan foothills in northern circle, India-a case study[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2022, 194(12): 1-11.
- [16] YANG Y B, SUN H, DAI Z, et al. Comprehensive evaluation of majors offered by universities based on combination weighting [J]. *Evaluation and Program Planning*, 2023, 97: 102202.
- [17] CHEN Y L, SHEN S L, ZHOU A. Assessment of red tide risk by integrating CRITIC weight method, TOPSIS-ASSETS method, and Monte Carlo simulation[J]. *Environmental Pollution*, 2022, 314: 120254.
- [18] 曾晓涛, 陈艳琰, 乐世俊, 等. 基于AHP-CRITIC综合赋权法的地锦草质量标志物量化辨识[J]. *中国中药杂志*, 2022, 47(19): 5193-5202.
- ZENG X T, CHEN Y Y, YUE S J, et al. Quantitative identification of Q-Markers of euphorbiae humifusae herba based on AHP-CRITIC comprehensive weighting method [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2022, 47(19): 5193-5202.
- [19] LI Y, WEI M, LIU L, et al. Evaluation of the effectiveness of VOC-contaminated soil preparation based on AHP-CRITIC-TOPSIS model[J]. *Chemosphere*, 2021, 271: 129571.
- [20] 王铭, 蔡淑琴, 蔡弘. 食品安全评价体系初探[J]. *商场现代化*, 2008(7): 48-49.
- WANG G, CAI S Q, CAI H. Preliminary study on food safety evaluation system[J]. *Market Modernization*, 2008(7): 48-49.
- [21] 杨勇. 基于靶向目标优化的某市食品监管抽检计划管理系统 [D]. 广州: 广东工业大学, 2019.
- YANG Y. Management system of food supervision and sampling inspection plan in a city based on targeted target optimization [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2019.
- [22] 伍永祥, 杨桂元. 基于安徽省食品安全抽检的方案模型研究 [J]. *科技和产业*, 2010, 10(7): 18-22.
- WU Y X, YANG G Y. A study on sampling model of the food safety bases on Anhui Province [J]. *Science Technology and Industry*, 2010, 10(7): 18-22.
- [23] 李德良, 姜宁, 田肖冉, 等. 基于改进熵权法的灌区农业水权分配[J]. *水利科技与经济*, 2023, 29(3): 17-21.
- LI D L, JIANG N, TIAN X R, et al. Distribution of agricultural water rights in irrigated areas based on improved entropy weight method [J]. *Water Conservancy Science and Technology and Economy*, 2023, 29(3): 17-21.