DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260323003
引用格式: 周希昱, 马志远, 孙海桃, 等. 基于统计方法的食用农产品安全风险分析研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(14): 265–273.
Zhou Xiyu, Ma Zhiyuan, Sun Haitao, et al. Study on safety risk analysis of edible agricultural products based on statistical methods [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(14): 265–273. (in Chinese with English abstract).

基于统计方法的食用农产品安全风险分析研究

周希昱[1], 马志远[1], 孙海桃[1], 贺鹏艳[1*], 董笑笑[2*]

(1. 中国网络安全审查认证和市场监管大数据中心, 北京 100029; 2. 中国计量科学研究院, 北京 100029)

摘 要: 目的 基于统计方法对食用农产品安全风险进行分析研究。**方法** 基于国家市场监督管理总局公布的 2025 年北京市 18 个地区食用农产品监督抽检数据, 选取辣椒、芹菜、葱、姜、猪肉、鸡蛋、海水鱼 7 类常见食用农产品作为对象进行安全风险分析, 使用二项检验(设定 p_0=0.99、p_0=0.95 两个基准)划分风险等级, 聚焦禁限用农药、兽药及重金属残留特征开展专项分析, 同时采用卡方检验完成不同品种间风险差异、不同区域残留水平差异的统计学分析。**结果** 选定的 7 种食品总体不合格率为 0.15% (3/1942), 仅葱、鸡蛋两类产品存在不合格情况, 不合格项目分别为农药噻虫嗪、兽药氟苯尼考(氟苯尼考与氟苯尼考胺之和)。二项检验判定潜在高风险品种 2 种(辣椒、芹菜, p_0=0.99 时 P<0.05)、潜在中风险品种 5 种(葱、姜、猪肉、鸡蛋、海水鱼, p_0=0.95 时 P<0.05), 无低风险品种。卡方检验显示品类间风险无显著差异(χ^2=9.6135, df=6, P=0.1419>0.05), 葱中噻虫嗪检出率为 12.8% (34/266), 超标率为 0.75% (2/266), 超标样品集中于房山; 鸡蛋中氟苯尼考仅 1 件超标(0.44%, 1/226), 且来自房山区域。区域差异分析表明, 房山地区葱中噻虫嗪检出率(34.4%)显著高于丰台地区(3.8%); 不同区域鸡蛋中氟苯尼考检出率存在统计学显著差异(P<0.05)。**结论** 本研究构建的基于二项检验与卡方检验的食用农产品安全风险分析方法, 可有效弥补传统风险评估过度依赖实际不合格率的缺陷, 为食用农产品质量安全风险分级与精准监管提供了可靠的统计学工具。研究结果可为市场监管部门优化抽检方案提供数据支撑, 建议针对潜在高风险品种增加抽检频次。 同时对葱类产品开展农药残留专项整治, 强化重点区域的源头管控与流通环节监督, 切实保障食用农产品质量安全, 维护消费者合法权益。

关键词: 食用农产品; 统计学; 食品安全; 风险分析; 二项检验; 卡方检验
中图分类号: TS207.7 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)14–0265–09

Study on safety risk analysis of edible agricultural products based on statistical methods

ZHOU Xi-Yu[1], MA Zhi-Yuan[1], SUN Hai-Tao[1], HE Peng-Yan[1*], DONG Xiao-Xiao[2*]

(1. *China Cybersecurity Review*, *Certification and Market Regulation Big Data Center*, *Beijing* 100029, *China*; 2. *National Institute of Metrology*, *Beijing* 100029, *China*)

收稿日期: 2026-03-23
基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFF0614400)

第一作者: 周希昱(1990—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全、市场监管信息化。E-mail: zhouxiyu@samr.gov.cn
***通信作者:** 贺鹏艳(1989—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全、市场监管信息化。E-mail: hepengyan@samr.gov.cn
董笑笑(1996—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全、计量信息化。E-mail: dongxx@nim.ac.cm

ABSTRACT: Objective To conduct a systematic analysis of the safety risks associated with edible agricultural products by applying statistical methods. **Methods** Based on the supervision and sampling inspection data of edible agricultural products in 18 areas of Beijing in 2025 released by the State Administration for Market Regulation, 7 common kinds of edible agricultural products including hot pepper, celery, scallion, ginger, pork, eggs and marine fish were selected as the study objects for safety risk analysis. The binomial test with 2 benchmarks set at p_0=0.99, p_0=0.95 was adopted to classify risk levels, and special analysis was conducted focusing on the residue profiles of prohibited and restricted pesticides, veterinary drugs and heavy metals. Meanwhile, the Chi-square test was used to conduct statistical analysis on the risk differences among different varieties and the residue level differences in different regions. **Results** The overall nonconformance rate of the selected 7 kinds of food was 0.15% (3/1942), and only scallion and egg were non-compliant, with pesticide thiamethoxam and veterinary drug florfenicol (the sum of florfenicol and florfenicol amine combined) respectively. The binomial test identified 2 kinds of potential high-risk varieties (hot pepper and celery, P<0.05 at p_0=0.99) and 5 kinds of potential medium-risk varieties (scallion, ginger, pork, egg and marine fish, P<0.05 at p_0=0.95), with no low-risk varieties found. The Chi-square test indicated no significant difference in risks among the categories (χ^2=9.6135, df=6, P=0.1419>0.05). The detection rate of thiamethoxam in scallions was 12.8% (34/266) and the excess rate was 0.75% (2/266), and the excessive samples were concentrated in Fangshan District; only 1 sample of egg was excessive in florfenicol (0.44%, 1/226), which was also from Fangshan District. Regional difference analysis showed that the detection rate of thiamethoxam in scallion in Fangshan District (34.4%) was significantly higher than that in Fengtai District (3.8%), and statistically significant regional differences existed in the detection rate of florfenicol in eggs (P<0.05). **Conclusion** The safety risk analysis method for edible agricultural products based on the binomial test and Chi-square test constructed in this study can effectively make up for the defect that traditional risk assessment overrelies on the actual nonconformance rate, and provide a reliable statistical tool for the risk classification and precise supervision of the quality and safety of edible agricultural products. The study results can provide data support for market supervision departments to optimize sampling inspection schemes. It is suggested that the sampling inspection frequency should be increased for potentially high-risk varieties. Meanwhile special rectification of pesticide residues should be carried out on scallion products, the source control in key areas and the supervision in circulation links should be strengthened, so as to effectively ensure the quality and safety of edible agricultural products and protect the legitimate rights and interests of consumers.

KEY WORDS: edible agricultural products; statistics; food safety; risk analysis; binomial test; Chi-square test

0 引 言

食用农产品[1–2]是指供人食用的源于农业的初级产品，包括种植业、林业、畜牧业和渔业获得的植物、动物、微生物及其产品，但不包括法律法规禁止食用的野生动物产品，常见种类包括水果、蔬菜、肉、蛋、水产等。随着人民生活水平的稳步提升，食用农产品的安全问题已成为关乎国计民生的核心议题，它直接关系广大消费者的身体健康与生命安全[3–5]，更是社会各界高度关注的焦点[6–7]。从产地种植养殖，到加工、运输，再到最终摆上消费者的餐桌[8–11]，食用农产品在这一复杂流通过程中[12]，面临着诸多风险因素的挑战[1,13]。其中农药残留问题尤为突出[14]，部分农户为追求产量，违规使用高毒、高残留农药，导致食用农产品农药残留超标；重金属污染同样不容忽视，工业废水、废渣的不合理排放污染了土壤和水源，进而影响食用农产品质量；微生物[15]超标也是常见风险，在食用农产品储存和运输环节，若卫生条件不达标，极易滋生细菌、霉菌等微生物，威胁消费者健康[1]。

为有效保障食用农产品安全[16–17]，市场监管部门肩负着重要职责[18–20]，对流通环节的农产品开展抽样检测[21–22]成为不可或缺的关键环节。根据市场监管总局公布的 2025 年第三季度食品安全监督抽检情况通报[23]，蔬菜、水果、水产品监督抽检不合格率分别为 5.25%、3.96%、3.76%，高于总体不合格率 2.83%，相关风险仍不容忽视。随着食用农产品种类日益丰富、流通渠道愈发多元，如何高效且科学地利用食用农产品抽检数据进行安全风险分析[24]，成为监管工作中亟待解决的核心难题。传统的风险分析方式在面对海量、复杂的数据时，往往存在主观性较强、准确性不足等问题[25–26]。而二项检验[27]与卡方检验作为基于概率论与数理统计原理的简便且行之有效的统计方法，能够对

食用农产品的抽检结果进行深度分析, 精准判断合格率是否处于可接受范围[28–29]。本研究使用二项检验与卡方检验两种统计方法对 2025 年度食用农产品相关抽检结果数据进行分析, 判断选定的 7 种食用农产品品种间风险差异与风险等级, 为市场监管部门开展有针对性的监督抽检、风险分析[30]和监管决策提供科学依据和有力支持。

1　材料与方法

1.1　数据来源

根据国家市场监督管理总局食品安全抽检公布结果查询系统(https://spcjsac.gsxt.gov.cn/default.html)公示的数据, 收集整理 2025 年全年北京市 18 个地区(16 个城区、亦庄经济技术开发区、燕山地区)食用农产品监督抽检数据作为样本数据进行分析。主要食用农产品种类涵盖水果、蔬菜、肉、蛋、水产品 5 大类, 具体包括辣椒、芹菜、姜、葱、鸡蛋、海水鱼和猪肉 7 种。

1.2　分析方法

1.2.1　二项检验原理

二项检验是一种用于检验二项分布[31–34]中的比例是否等于某个特定值的非参数检验统计方法[35–36]。在农产品风险分析工作中, 二项检验常被巧妙地应用于假设检验环节。通常情况下, 原假设 H_0 设定为农产品合格率不低于某一规定标准 p_0, 即 H_0: $\hat{p} \geqslant p_0$; 备择假设 H_1 则为合格率低于标准, 即 H_1: $\hat{p} \geqslant p_0$。计算见公式(1)。

$$P(X=k)=C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \tag{1}$$

式中: X 为随机变量, n 为试验总次数, k 为实验成功次数, p 为每次试验成功的概率, 组合数 $C_n^k=\frac{n!}{k!(n-k)!}$。本研究选取基准合格率 p_0=0.99 与 p_0=0.95 作为两组检验判定标准, 分别对应 1%与 5%的样品不合格率水平。该取值参照 GB/T 30642—2014《食品抽样检验通用导则》中农产品抽样检验常用质量接收水平, 同时结合市场监管总局近 3 年农产品及食品监督抽检通报数据[37–39]综合确定。结合行业质量管控现状来看, 国内各类农产品整体抽检不合格率长期处于较低区间, 多数品类质量状况可稳定达到 1%不合格率管控要求, 5%不合格率则为行业普遍认可的质量风险可控区间, 分级设定标准能够适配不同严苛程度的质量研判需求。

从适用科学性来看, 不同品类农产品国家安全标准中污染物、微生物限量数值存在明显差异, 属于单项指标浓度限量的差异化管控; 而本研究二项检验聚焦样品不合格发生比例, 二者评价维度不同。开展多品类农产品横向风险对比时, 统一采用固定基准阈值能够保证各组检验标准一致, 避免按品类差异化设定基准造成统计结果不可比, 符合多类别样本统计假设检验的研究范式。

在实际操作中, 首先通过计算样本中的合格率 $\hat{p}$, 并结合预先设定的显著性水平 α(本研究取 α=0.05), 运用二项分布的概率计算方法, 来判断是否拒绝原假设, 进而明确农产品的风险等级。显著性水平 α 代表了在原假设为真的情况下, 错误拒绝原假设的概率。

1.2.2　卡方检验原理

卡方检验是一种统计量的分布在零假设成立时近似服从卡方分布的假设检验[40], 可用于分析两个或多个分类变量之间的关联性。通过构建列联表计算两个分类变量的卡方值判断分类变量之间的关联性。卡方值越大, 说明两个分类变量之间的联系越大, 独立性越低; 反之则说明两个分类变量间的联系越小, 独立性越高[41]。计算见公式(2)。

$$\chi^2=\sum\frac{(O-E)^2}{E} \tag{2}$$

式中: O 为观测值, E 为期望值。

二项检验用于单品类层面的符合性检验, 以预设的安全基准为参照, 检验每一类农产品自身的合格率是否偏离预期。该检验的结论是针对单个品类的独立判断, 而非对品类间差异的比较。卡方检验(χ^2 检验)用于整体层面的组间比较, 以 7 类农产品的“合格/不合格”列联表为基础, 检验原假设 H_0“不同品类的不合格率分布无统计学差异”。

1.3　数据处理

本研究使用 Microsoft Excel 2021、Python3.12 等工具与软件对收集的数据进行录入处理和统计分析。对收集到的数据进行严格的清理和预处理。(1)完整性核查, 剔除关键字段缺失的无效样本; (2)数值指标进行标准化处理, 消除量纲影响。最终构建涉及辣椒、芹菜、姜、葱、鸡蛋、海水鱼和猪肉 7 大类食用农产品抽检结果的标准化数据集。本研究依据单品类抽检样本总量客观划分数据代表性等级: 抽检批次大于等于 380 件为极高, 200~379 件为高, <200 件为中, 分级标准仅依托样本量量化判定。预处理后的数据如表 1 所示。

2　结果与分析

2.1　抽检整体情况分析结果

2025 年, 所选取的北京市 7 种食用农产品共计抽检 1942 批次, 其中不合格 3 批次, 不合格率为 0.15%。抽检不合格的产品只有葱与鸡蛋两种, 不合格率分别为 0.75%与 0.44%。

抽检覆盖食用农产品的农药残留、重金属、理化指标、兽药残留、食品添加剂 5 大领域, 未涉及相关微生物检测领域, 检测结果显示(图 1), 农药残留、兽药残留与重金属检测数量分别占据前 3 位, 表明 7 种产品中重点关注这 3 类领域。5 大领域中的具体检测项目共计 127 项(去重后), 涉及葱与鸡蛋检测不合格的项目分别为噻虫嗪与氟苯尼考

(氟苯尼考与氟苯尼考胺之和), 分别属于领域中的农药残留与兽药残留。表 2 显示, 噻虫嗪与氟苯尼考(氟苯尼考与氟苯尼考胺之和)在检测领域中的不合格率分别为 0.88%与 0.47%, 均未超过 1%。进一步分析两项不合格检测项目自身占比(表 3), 不合格率较高, 均超过了 5%。

表 1 抽检数据预处理后统计表

Table 1 Statistics table of preprocessed spot-check data

产品种类	抽检批次数	不合格批次数	占比/%	覆盖检验项目数	数据代表性
辣椒	400	0	20.60	25	极高
芹菜	384	0	19.77	24	极高
姜	297	0	15.29	18	高
葱	266	2	13.70	14	高
鸡蛋	226	1	11.64	14	高
海水鱼	198	0	10.20	19	中
猪肉	171	0	8.81	19	中
合计	1942	3	100.00	74	-

注: “覆盖检验项目数”指该食品实际检测过的指标种类(如辣椒覆盖 25 项, 含农药残留、重金属等, 检测项目最为全面)。-表示无此数据, 表 2、6、7 同。

2.2 不同品种间风险差异分析结果

为验证 7 种食品不合格率是否存在显著统计学差异, 采用卡方列联表独立性检验, 设定原假设 H_0: 食品品种与不合格率无关(即 7 种食品风险无差异), 检验水准 α=0.05。检验结果显示(表 4): 卡方值 χ^2=9.6135, 自由度 df=6, P=0.1419>0.05, 满足卡方检验适用条件, 故接受原假设, 表明 7 种食品的不合格率无显著统计学差异。进一步进行残差分析(图 2)显示, 葱的“不合格数残差”最大(1.5891), 即其实际不合格数显著高于理论预期值, 是品种间风险差异的主要贡献因子; 而姜、猪肉等无不合格记录品种的残差接近 0, 与理论分布拟合度较高。这一结果说明, 尽管葱存在少量不合格样本, 但从整体统计维度看, 7 种食品的风险水平仍处于同一置信区间, 未出现高风险品种。

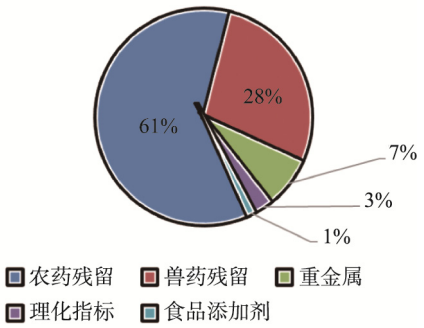


图 1 抽检项目大类分布图

Fig.1 Distribution chart of inspection project categories

表 2 7 种食用农产品涉及检测领域数量情况

Table 2 Number of testing fields involved in 7 kinds of edible agricultural products

产品种类	检测领域	检测总数	合格数	不合格数	不合格率/%	检测不合格项目
葱	农药残留	228	226	2	0.88	噻虫嗪
	重金属	38	38	0	-	
海水鱼	理化指标	30	30	0	-	
	农药残留	12	12	0	-	
	兽药残留	144	144	0	-	
	重金属	12	12	0	-	
鸡蛋	农药残留	15	15	0	-	
	兽药残留	211	210	1	0.47	氟苯尼考(氟苯尼考与氟苯尼考胺之和)
姜	理化指标	5	5	0	-	
	农药残留	235	235	0	-	
	食品添加剂	23	23	0	-	
	重金属	34	34	0	-	
辣椒	农药残留	352	352	0	-	
	兽药残留	16	16	0	-	
	重金属	32	32	0	-	

表 2(续)

产品种类	检测领域	检测总数	合格数	不合格数	不合格率/%	检测不合格项目
芹菜	农药残留	336	336	0	-	
	兽药残留	16	16	0	-	
	重金属	32	32	0	-	
猪肉	理化指标	18	18	0	-	
	兽药残留	153	153	0	-	

表 3　葱与鸡蛋涉及不合格检测项目数量情况
Table 3　Number of disqualified testing items of scallion and egg

产品种类	不合格检出项目	检测总数	合格数	不合格数	不合格率/%
葱	噻虫嗪	19	17	2	10.53
鸡蛋	氟苯尼考(氟苯尼考与氟苯尼考胺之和)	17	16	1	5.88

表 4　卡方检验结果
Table 4　Result of Chi-square test

统计量	数值	说明
卡方值(χ^2)	9.6135	反映实际分布与理论分布的偏差
自由度(df)	6.0000	(行数–1)×(列数–1)
P	0.1419	P>0.05, 接收原假设
最小理论频数	0.4700	>0.4, 符合卡方检验适用条件
检验结论	品种间风险无显著差异	

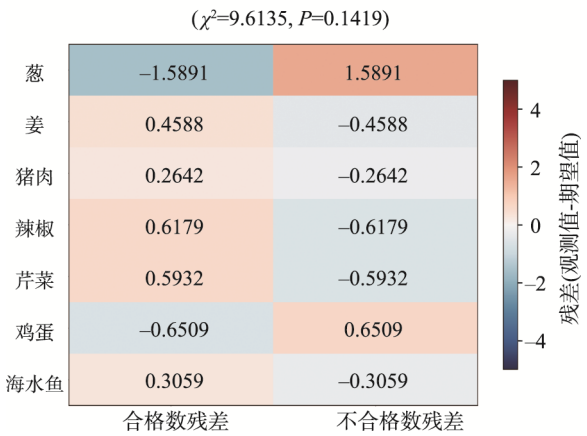


图 2　卡方检验残差热力图
Fig.2　Heatmap of Chi-square test residuals

2.3　不同品种间风险等级分析结果

为精准评估单一品种风险水平, 避免“无不合格即低风险”的片面判断, 以“检测结果合格”为“成功事件”, 设定两个预期合格概率基准, p_0=0.99 对应不合格率 1%、p_0=0.95 对应不合格率 5%, 采用双侧二项检验判定实际合格概率与预期值的差异, 并据此划分风险等级(高风险: p_0=0.99 时 P<0.05; 中风险: p_0=0.99 时 $P\geqslant$0.05 且 p_0=0.95 时 P<0.05; 低风险: p_0=0.95 时 $P\geqslant$0.05), 结果见表 5。7 种食品, 具体可分为两类。潜在高风险品种(2 种): 辣椒(p_0=0.99 时 P=0.0387<0.05)、芹菜(p_0=0.99 时 P=0.0375<0.05)。两类食品虽无实际不合格记录, 但因样本量较大(400/384 条), 统计上“合格概率显著低于 99%”, 存在潜在风险隐患。潜在中风险品种(5 种): 葱、姜、猪肉、鸡蛋、海水鱼。5 类食品在 p_0=0.99 时 $P\geqslant$0.05(符合高合格概率预期), 但 p_0=0.95 时 P<0.05(未达到基础合格概率要求)。其中, 葱是唯一存在实际不合格的品种(P=0.0003<0.05), 风险特征最明确。姜、猪肉等零不合格品种则因样本量限制(如猪肉 171 条), 统计上仍无法完全排除风险, 需维持常规监管强度。

2.4　总体残留状况

针对检测中存在不合格的葱和鸡蛋两种产品分别开展总体残留情况分析, 包括各类禁用药物、重金属等方面。

2.4.1　葱的禁限用药物及重金属残留特征

如表 6 所示, 铅、镉两项重金属均未检出, 且残留最大值(铅 0.08 mg/kg、镉 0.04 mg/kg)均低于国家标准限值。农药残留以噻虫嗪为主, 仅噻虫嗪存在检出(12.8%)和超标(0.75%), 毒死蜱、克百威等剧毒农药均未检出, 反映当前葱种植中农药使用以低毒噻虫嗪为主, 但仍有 2 件样品超标(均来自房山), 超标倍数达 6.17 倍。

2.4.2　鸡蛋的禁限用兽药残留特征

如表 7 所示, 恩诺沙星、磺胺类、呋喃唑酮代谢物均未检出, 其中呋喃唑酮代谢物为“不得检出”指标, 全批次未检出, 说明北京地区蛋鸡养殖中已基本杜绝呋喃类违禁兽药的使用, 符合农业农村部 250 号公告要求。仅 1 件样

品(房山)检出氟苯尼考, 超标倍数达 28.5 倍(285/10), 但因超标样品仅占 0.44%, 未形成区域性风险。

2.5 不同区域残留差异分析

针对抽检发现的具体不合格检测项目, 采用卡方检验和 Kruskal-Wallis H 检验分析比较不同区域葱中含有的噻虫嗪残留差异与鸡蛋中含有的氟苯尼考残留差异。

2.5.1 葱中噻虫嗪的区域差异

基于抽样区域样本量的均衡性与统计效能, 选取样品量大于等于 20 件的 5 个核心区域(房山、石景山、朝阳、延庆、丰台)进行分析, 总样品数 198 件(占总葱样品的 74.4%), 区域差异显著(χ^2=16.32, P<0.05; H=19.75, P<0.05), 具体结果见表 8。房山是唯一存在噻虫嗪超标的区域, 检出率(34.4%)和残留均值(0.63 mg/kg)均为最高, 分别是低风险区域丰台(检出率 3.8%、均值 0.05 mg/kg)的 9.1 倍和 12.6 倍。

2.5.2 鸡蛋中氟苯尼考的区域差异

北京 11 个行政区, 仅房山存在氟苯尼考超标, 其他区域均无超标记录。如表 9 所示, 仅房山 35 件鸡蛋样品中检出 1 件氟苯尼考超标, 其他区域(如大兴、延庆等)均未检出。大兴(52 件)、延庆(48 件)作为北京鸡蛋主产区, 样品量占总样品的 44.2%, 卡方检验(χ^2=8.15, P<0.05)表明房山与其他区域的检出率差异有统计学意义。

表 5 二项检验结果与风险等级判定

Table 5 Results of binomial test and determination of risk levels

产品种类	抽检批次	P_0=0.99	P_0=0.95	风险等级	总结
辣椒	400	0.0387	0.0000	高风险	无不合格但样本量大, 统计风险显著
芹菜	384	0.0375	0.0000	高风险	无不合格但样本量大, 统计风险显著
葱	266	1.0000	0.0003	中风险	存在实际不合格, 风险明确
姜	297	0.1305	0.0000	中风险	无不合格, 样本量中等, 潜在风险
猪肉	171	0.4243	0.0003	中风险	无不合格, 样本量较小, 潜在风险
鸡蛋	226	0.7324	0.0002	中风险	存在少量不合格, 风险较低
海水鱼	198	0.2751	0.0001	中风险	无不合格, 样本量较小, 潜在风险

表 6 葱样品中禁限用物质残留检测结果

Table 6 Detection results of prohibited and restricted substance residues in scallion samples

检测项目	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%	残留均值/(mg/kg)	残留最大值/(mg/kg)	国家标准值/(mg/kg)	来源区域
铅	0	0	0	0	0	0.08(石景山)	≤0.1	-
镉	0	0	0	0	0	0.04(房山)	≤0.05	-
噻虫嗪	34	2	12.8	0.75	0.07	2.15(房山)	≤0.3	房山(2)
毒死蜱	0	0	0	0	0	0.00	≤0.02	-
克百威	0	0	0	0	0	0.00	≤0.02	-

表 7 鸡蛋样品中禁限用兽药残留检测结果

Table 7 Detection results of prohibited and restricted veterinary drug residues in egg samples

检测项目	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%	残留均值/(g/kg)	残留最大值/(μg/kg)	国家标准值/(μg/kg)	来源区域
氟苯尼考	1	1	0.44	0.44	285.00	285.00(房山)	≤10	房山(1)
恩诺沙星	0	0	0	0	0	0	≤10	-
磺胺类	0	0	0	0	0	0	≤10	-
呋喃唑酮代谢物	0	0	0	0	0	0	不得检出	-

表 8　不同区域葱样品中噻虫嗪残留差异
Table 8　Differences in thiamethoxam residues in scallion samples from different regions

抽样区域	样品数/件	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%	残留均值/(mg/kg)	残留中位数/(mg/kg)
房山	32	11	2	34.4	6.25	0.63	0.41
石景山	28	8	0	28.6	0	0.35	0.28
朝阳	45	5	0	11.1	0	0.09	0.07
延庆	40	4	0	10.0	0	0.08	0.06
丰台	53	2	0	3.8	0	0.05	0.05
其他区域	68	4	0	5.9	0	0.06	0.05
合计	266	34	2	12.8	0.75	0.07	0.06

表 9　不同区域鸡蛋样品中氟苯尼考残留分布
Table 9　Distribution of florfenicol residues in egg samples from different regions

抽样区域	样品数/件	检出数/件	超标数/件	检出率/%	超标率/%
房山	35	1	1	2.86	2.86
大兴	52	0	0	0	0
延庆	48	0	0	0	0
东城	30	0	0	0	0
通州	25	0	0	0	0
其他区域	36	0	0	0	0
合计	226	1	1	0.44	0.44

3　结论与讨论

本研究基于 2025 年北京地区 7 类食用农产品抽检数据, 运用卡方检验、二项检验、Kruskal-Wallis *H* 检验开展统计分析并评估安全风险。7 类食用农产品整体不合格率仅 0.15%, 仅葱、鸡蛋检出不合格, 超标污染物分别为噻虫嗪、氟苯尼考; 依托双基准二项检验, 辣椒、芹菜划为潜在高风险品种, 其余五类为潜在中风险品种。区域残留分析结果显示, 全部不合格样品均采集自房山区, 建议针对该区域开展产品溯源核查。本研究存在一定约束条件: 仅采用单年度截面数据, 无法反映风险长期动态变化; 样本仅覆盖 7 类高频食用农产品, 结论不可随意外推; 低样本量区域合并处理降低了区域分析精细度; 统计采用双侧二项检验且未进行多重比较校正, 风险分级结果仅具备参考提示作用。

结合本研究存在的约束条件与食品安全监管现实需求, 提出以下后续研究方向: (1)拓宽样本覆盖范围, 纳入多品类、跨区域多年份抽检数据, 验证统计方法普适性, 探索标准化风险分级判定规则; (2)扩充微生物、生物毒素、环境污染物等风险指标, 结合膳食数据开展定量健康危害评估; (3)融合大数据与人工智能搭建风险实时预警模型, 实现抽检数据动态预判, 支撑智慧监管; (4)针对识别出的高风险区域与农兽药品类开展产地用药专项调研, 制定源头管控方案, 持续降低农产品安全隐患。

参考文献

[1] Xiao Ouli, Li Minmin, Chen Jieyin, et al. A comprehensive analysis of the fates of pesticide residues in edible agricultural products during food processing [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2025, 73(30): 18525–18544.

[2] Morin-Crini N, Fourmentin S, Fenyvesi É, et al. 130 years of cyclodextrin discovery for health, food, agriculture, and the industry: a review [J]. Environmental Chemistry Letters, 2021, 19(3): 2581–2617.

[3] 彭雯婧, 罗斌, 曹喜春, 等. 2020—2022 年食用农产品安全监督抽检数据分析[J]. 食品安全导刊, 2023(30): 40–44.
Peng Wenjing, Luo Bin, Cao Xichun, et al. Analysis of sampling data of edible agricultural products safety supervision in 2020—2022 [J]. Journal of Food Safety Guide, 2023(30): 40–44.

[4] Abid H M R, Khan N, Hussain A, et al. Quantitative and qualitative approach for accessing and predicting food safety using various web-based tools [J]. Food Control, 2024, 162: 110471.

[5] Isaac-Bamgboye F J, Mgbechidinma C L, Onyeaka H, et al. Exploring the potential of postbiotics for food safety and human health improvement [J]. Journal of Nutrition and Metabolism, 2024, 2024: 1868161.

[6] 汪雨龙, 谢敏, 刘亮. 公众参与食品安全风险治理的现实困境与对策[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(14): 4861–4866.
Wang Yulong, Xie Min, Liu Liang. Realistic predicament and countermeasures of the public participation in food safety risk governance [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(14): 4861–4866.

[7] Singh R, Dutt S, Sharma P, et al. Future of nanotechnology in food industry: challenges in processing, packaging, and food safety [J]. Global Challenges, 2023, 7(4): 2200209.

[8] Wang Qiankun, Dong Xiaoxiao, Wang Ruimin, et al. Swin transformer based pyramid pooling network for food segmentation [C]//2022 IEEE 2nd international conference on software engineering and artificial intelligence (SEAI). IEEE, 2022: 64–68.

[9] Dong Xiaoxiao, Wang Wei, Li Haisheng, et al. Windows attention based pyramid network for food segmentation [C]//2021 IEEE 7th international conference on cloud computing and intelligent systems (CCIS). IEEE, 2021: 213–217.

[10] Wang Wei, Min Weiqing, Li Tianhao, et al. A review on vision-based

analysis for automatic dietary assessment [J]. Trends in Food Science & Technology, 2022, 122: 223–237.

[11] Dong Xiaoxiao, Li Haisheng, Wang Xiaochuan, et al. CANet: cross attention network for food image segmentation [J]. Multimedia Tools and Applications, 2024, 83(21): 60987–61006.

[12] Sri Vigna Hema V, Manickavasagan A. Blockchain implementation for food safety in supply chain: a review [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2024, 23(5): e70002.

[13] Yao Feng, Xu Heran, Sun Yang, et al. Review of packaging for improving storage quality of fresh edible mushrooms [J]. Packaging Technology and Science, 2023, 36(8): 629–646.

[14] Xu Wei, Sun Tang. Risk assessment and analysis of harmful residues in edible agricultural products in China: take Anhui Province as an example [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(39): 54317–54338.

[15] 张禹, 马妮, 何玉凤, 等. 2024 年云南省预包装冷藏即食食品中 6 种食源性致病菌抽样检测结果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(23): 205–211.
Zhang Yu, Ma Ni, He Yufeng, et al. Analysis of sampling detection results for 6 kinds of foodborne pathogens in prepackaged refrigerated ready-to-eat foods in Yunnan Province in 2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(23): 205–211.

[16] Wenjuan M, Kleter G A, Bouzembrak Y, et al. Making food systems more resilient to food safety risks by including artificial intelligence, big data, and Internet of Things into food safety early warning and emerging risk identification tools [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2024, 23: e13296.

[17] Duan K R, Onyeaka H, Pang G, et al. Pioneering food safety: Blockchain's integration in supply chain surveillance [J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2024, 18: 101281.

[18] 陈可先, 董旭珍, 哈玥, 等. 基于全程风险防治的食品安全研究与监管协同提质策略研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(2): 271–278.
Chen Kexian, Dong Xuzhen, Ha Yue, et al. Strategy studies on the collaborative improvement of food safety research and regulation based on full risk prevention and control [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(2): 271–278.

[19] 袁瑞丰, 马宇飞, 田文涛, 等. 食品安全穿透式监管研究与应用[J]. 质量安全与检验检测, 2023, 33(5): 31–34.
Yuan Ruifeng, Ma Yufei, Tian Wentao, et al. Research and application of look-through provision of food safety [J]. Quality Safety Inspection and Testing, 2023, 33(5): 31–34.

[20] 柳国华. 食用农产品质量安全风险分析及监管建议[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(7): 2308–2316.
Liu Guohua. Quality and safety risk analysis and supervisory suggestions of edible agricultural products [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(7): 2308–2316.

[21] 廖荣军, 梁小茹, 席静, 等. 2024 年广东省食品安全监督抽检结果统计分析[J]. 现代农业科技, 2025(16): 106–110.
Liao Rongjun, Liang Xiaoru, Xi Jing, et al. Statistical analysis on the sampling results of food safety supervision in Guangdong Province in 2024 [J]. XianDai NongYe KeJi, 2025(16): 106–110.

[22] 谢田田. 基层食用农产品抽检与质量管理分析[J]. 食品安全导刊, 2025, 19(22): 48–50.
Xie Tiantian. Sampling inspection and quality management analysis of edible agricultural products at the grassroots level [J]. Journal of Food Safety Guide, 2025, 19(22): 48–50.

[23] 国家市场监督管理总局. 2025 年第三季度市场监管部门食品安全监督抽检情况通报 [EB/OL]. (2025-11-26) [2026-01-14]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2025/art_1a350ce5c6b94672b93f2708d22698ef.html.
State Administration for Market Regulation. Circular on the food safety supervision and sampling inspection by market regulation authorities in the third quarter of 2025 [EB/OL]. (2025-11-26) [2026-01-14]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2025/art_1a350ce5c6b94672b93f2708d22698ef.html.

[24] 杜琳, 温圣军, 袁刚. 大数据在食品安全监管风险预警中的应用[J]. 食品与机械, 2022, 38(11): 82–85, 124.
Du Lin, Wen Shengjun, Yuan Gang. Research on the application of big data in food safety supervision risk early warning [J]. Food and Machinery, 2022, 38(11): 82–85, 124.

[25] 刘国胜, 冯雪英, 宫春波, 等. 我国食品安全风险交流现状及地市级风险交流体系构建思路探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(16): 229–236.
Liu Guosheng, Feng Xueying, Gong Chunbo, et al. Exploration on the current situation of food safety risk communication in China and optimization construction system in prefecture-level cities [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(16): 229–236.

[26] 韩智, 王会霞, 龚蕾, 等. 大数据技术在食品安全监管中的应用及挑战[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(3): 956–962.
Han Zhi, Wang Huixia, Gong Lei, et al. Application and challenges of big data technology in food safety supervision [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(3): 956–962.

[27] 方红燕, 靳立帅, 朱颖, 等. 二项双侧检验不同拒绝域选取研究[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2023, 40(2): 1–6.
Fang Hongyan, Jin Lishuai, Zhu Ying, et al. The different rejection region study of two-sided binomial test [J]. Journal of Fuyang Normal University (Natural Science), 2023, 40(2): 1–6.

[28] 潘多. 农贸市场食品安全风险隐患分析[J]. 食品工业, 2025, 46(6): 343–346.
Pan Duo. Analysis of potential food safety risks in agricultural trading markets [J]. The Food Industry, 2025, 46(6): 343–346.

[29] 梁中耀, 张雨宇, 钱松, 等. 基于二项分布检验法的水质达标评价方法研究[J]. 环境科学学报, 2017, 37(1): 339–346.
Liang Zhongyao, Zhang Yuyu, Qian Song, et al. A statistical method with water quality compliance assessment based on binomial test [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2017, 37(1): 339–346.

[30] 雷小琴. 基于食品安全风险分级模型分析高校餐饮风险[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(20): 331–337.

Lei Xiaoqin. Analysis of university catering risks based on food safety risk grading model [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(20): 331–337.

[31] 王建康. 二项分布双边收尾概率和假设检验统计量的几处修正[J]. 作物学报, 2024, 50(6): 1361–1372.
Wang Jiankang. Corrections to the two-sided probability and hypothesis test statistics on binomial distributions [J]. Acta Agronomica Sinica, 2024, 50(6): 1361–1372.

[32] 何笑, 贺欢, 田茂再, 等. 二项分布下相对风险的置信区间构造方法比较[J]. 数学的实践与认识, 2025, 55(10): 259–275.
He Xiao, He Huan, Tian Maozai, et al. Comparison of confidence interval construction methods for relative risk under binomial distribution [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2025, 55(10): 259–275.

[33] Altham P M E. Two generalizations of the binomial distribution [J]. Applied Statistics, 1978, 27(2): 162.

[34] Hong Yili. On computing the distribution function for the poisson binomial distribution [J]. Computational Statistics & Data Analysis, 2013, 59: 41–51.

[35] 张志辉. 二项分布一致性检验问题研究[J]. 系统仿真技术, 2021, 17(4): 241–243.
Zhang Zhihui. The study of hypothesis test of binomial distribution [J]. System Simulation Technology, 2021, 17(4): 241–243.

[36] Yefimov S V. Construction of 2x2 contingency tables from normally distributed data. Analysis of the contingency tables using a modified binomial test. Accounting for differentiating and integrating factors in the calculation of asymptotic significance [J]. Scholars Academic Journal of Pharmacy, 2022, 10(6): 94–99.

[37] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2023年市场监管部门食品安全监督抽检情况的通告〔2024 年第 13 号〕[EB/OL]. (2024-04-29) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.Html.
State Administration for Market Regulation. Circular of the state administration for market regulation on the food safety supervision and sampling inspection results by market regulation authorities in 2023 (No. 13, 2024) [EB/OL]. (2024-04-29) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.html.

[38] 国家市场监督管理总局. 2024 年市场监管部门食品安全监督抽检情况通报[EB/OL]. (2025-07-11) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2025/art_56ce6823a2194af4b2e652b425b316d9.html.
State Administration for Market Regulation. Circular on the food safety supervision and sampling inspection by market regulation authorities in 2024 [EB/OL]. (2025-07-11) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2025/art_56ce6823a2194af4b2e652b425b316d9.Html.

[39] 国家市场监督管理总局. 2025 年市场监管部门食品安全监督抽检情况通报[EB/OL]. (2026-04-03) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2026/art_4aa4cafb34e84d77939c50faa54595d0.html.
State Administration for Market Regulation. Circular on the food safety supervision and sampling inspection by market regulation authorities in 2025[EB/OL]. (2026-04-03) [2026-05-15]. https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2026/art_4aa4cafb34e84d77939c50faa54595d0.html.

[40] 刘亚姝, 王志海, 李经纬, 等. 基于卡方检验的 Android 恶意应用检测方法[J]. 北京理工大学学报, 2019, 39(3): 290–294.
Liu Yashu, Wang Zhihai, Li Jingwei, et al. An android malware detection method based on Chi-squared test [J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2019, 39(3): 290–294.

[41] 李濛, 包蕾, 胡毅, 等. 基于卡方检验的随机数在线检测方法的实现[J]. 微电子学, 2022, 52(3): 388–392.
Li Meng, Bao Lei, Hu Yi, et al. Implementation of random number online detection method based on Chi-square test [J]. Microelectronics, 2022, 52(3): 388–392.

(责任编辑: 蔡世佳　曹岱琳)