

基于食品安全指数法的台山市蔬菜和水果 农药残留风险评估

赵杰斌^{1,2}, 邓浩³, 徐振林^{1*}

(1. 广东省食品质量安全重点实验室, 华南农业大学食品学院, 广东广州 510642) (2. 广东省台山市市场监督管理局, 广东江门 529000) (3. 海南省热带果蔬冷链研究重点实验室, 海南海口 570100)

摘要: 该研究监测了2019~2021年台山市10个类蔬果中16种农药的残留量, 采用食品安全指数法(Index of Food Safety, *IFS*)和危害物风险系数法(Hazard Risk Coefficient, *R*)对其进行安全水平评估。结果表明, 1928份蔬果样品中, 34份不合格, 总体合格率为98.24%, 芽菜类等3类蔬果合格率低于总体水平, 毒死蜱和克百威超标占比达35.90%。食品安全指数法显示, 叶菜类蔬果 \overline{IFS} 为2.59, 安全状态不可接受, 豆类蔬菜等5类 \overline{IFS} 为0.066~0.38, 安全状态可以接受, 其余4类安全状态良好; 氟虫腈等3种农药 \overline{IFS} 为0.68~14.05, 对安全性影响不可接受, 其余13种农药 \overline{IFS} 为0.0058~0.76, 对安全性影响可以接受。危害物风险系数法显示, 毒死蜱等5种农药风险系数 R 为2.67~6.10, 处于高风险, 丙溴磷等4种风险系数 R 为1.91~2.22, 处于中风险, 其余7种均为低风险。建议监管部门应采取多种评价方法综合评估农药残留风险, 加大风险品种蔬果、中高风险以及对安全影响较高的农药残留监测, 同时提高快检技术在监管工作的覆盖面, 加大植物生长调节剂和新型农药快检技术研发。

关键词: 蔬菜; 水果; 农药残留; 安全指数; 风险系数

文章编号: 1673-9078(2023)06-277-283

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.6.0714

Risk Assessment of Pesticide Residues in Vegetables and Fruits from Taishan City Based on the Index of Food Safety

ZHAO Jiebin^{1,2}, DENG Hao³, XU Zhenlin^{1*}

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Food Quality and Safety, College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China) (2. Guangdong Taishan City Administration for Market Regulation, Jiangmen 529000, China) (3. Tropical Fruit and Vegetable Cold - Chain Key Laboratory of Hainan Province, Haikou 570100, China)

Abstract: In this study, the residues of 16 pesticides in 10 vegetables and fruits of Taishan city were monitored from 2019 to 2021, and the safety levels were evaluated by the index of food safety (*IFS*) and hazard risk coefficient (*R*). The results showed that 34 out of 1928 vegetable and fruit samples were unqualified, and the overall passrate was 98.24%. The passrates of three types of vegetables including sprouts were lower than the overall level, and the percentage of the samples with chlorpyrifos and carbofuran exceeding the standard was 35.90%. to the results obtained by the food safety index method showed that the *IFS* of leafy vegetables was 2.59, and the safety status was unacceptable; the *IFS* values of five types of bean vegetables including were 0.066~0.38, and the safety status was acceptable; and the other 4 categories were in good safety status. The *IFS* values of three pesticides including fipronil were 0.68~14.05, indicating unacceptable effects on safety. The *IFS* values of the 13 pesticides were 0.0058~0.76, thereby the effects on safety were acceptable. The results of the hazard risk coefficient method showed that the risk coefficient *R* values of five pesticides including chlorpyrifos were 2.67~6.10, indicating a high risk; the risk coefficient *R* values of four

引文格式:

赵杰斌, 邓浩, 徐振林. 基于食品安全指数法的台山市蔬菜和水果农药残留风险评估[J]. 现代食品科技, 2023, 39(6): 277-283.

ZHAO Jiebin, DENG Hao, XU Zhenlin, et al. Risk assessment of pesticide residues in vegetables and fruits from taishan city based on the index of food safety [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(6): 277-283.

收稿日期: 2022-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(31301467); 广东省普通高校重点研究项目(2019KJDXM002)

作者简介: 赵杰斌(1990-), 男, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 食品安全风险分析, E-mail: 123512204@qq.com

通讯作者: 徐振林(1982-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品安全检测与控制, E-mail: jallent@163.com

pesticides such as propyl bromide were 1.91~2.22, indicating a medium risk; The remaining seven were all at low risk. It is suggested that the regulatory authorities should adopt a variety of evaluation methods to evaluate comprehensively the risk of pesticide residues, and increase the monitoring of risky fruit and vegetable varieties, medium-high risk pesticide residues and those with high safety impact, while improving the coverage of rapid detection technologies for supervision work, and increase the research and development of plant growth regulators and novel rapid detection technologies for pesticides.

Key words: vegetables; fruits; pesticide residue; safety index; risk coefficient

社会经济的飞速发展下,人们的生活水平显著提高,对农产品的需求逐渐从传统农业时期的“量”追求过渡到现如今的“质”追求,层次需求结构也在不断的深化。随着农产品需求量的增大,农户出于经济考虑违规施用农药,擅自加大施用量和施用频率,缩短间隔期,导致农药在农产品残留积聚,是引发农产品安全风险的直接原因^[1]。台山市位于广东省珠三角西南部,以其域内肥沃土壤,坚实地址,充足水源,成为广东省粮食生产基地和供港蔬菜生产基地之一,加之近年来,在周边城市农产品监督抽检中超限量、超范围使用农药,甚至使用禁用农药问题仍有出现。种植环节违规施用农药,除了因直接食用农药残留超标的农产品带来的直接危害外,过量的农药还会通过土地蓄积、雨水冲刷等作用造成面源污染,给人体健康带来长期性的潜在危害。因此,台山市农产品农药残留风险监测工作至关重要。

目前,尚未有针对台山市区域内蔬菜和水果安全状况的研究,而有关江门市区域内蔬菜和水果安全状况的研究^[2,3],大多局限于某一品种蔬果或某一类农药,缺乏对多种类的蔬果或农药风险进行较为全面、深入的分析评估。相关监管部门对农药残留风险评估中,仅针对不合格项目、不合格样本量和合格率进行机械性分析,鲜有结合多项指标,运用风险评估模型进行综合性风险研判。在食品安全风险评估模型研究方面,刘文等^[4]提出了基于食品角度、项目角度的不合格率和不合格度,通过欧几里德距离计算食品安全指数,用于掌握食品污染物偏离限量标准的严重程度;盘正华等^[5]提出了以问题检出率和不合格度为基础,构建食品安全指数,并以指数作为半径构建五分标度的食品安全评价扇状模型用于分级评价。上述两种方法较传统的评估方法而言,更能反映出食品安全风险程度,但是在实际运用中,由于两种方法都是基于不合格率和偏离标准限值进行“平方和的平方根”来计算食品安全指数,导致两种方法更适用于不合格率较高的小数据集,但当面对不合格样本较少的大数据集,得到的食品安全指数始终处于安全水平,导致安全风险程度被低估。另外,李太平^[6]按照黄金分割法和五级标度法,基于区域和品种的合格率,构建食品安全

指数,但该方法主要用于宏观评价食品安全状况,无法微观反映安全风险的类型和程度。针对上述问题,本研究采用基于农药实际摄入量估算量、安全摄入量等指标的食品安全指数法(Index of Food Safety, *IFS*)和基于农药超标率、施检率等指标的危害物风险系数(Hazard Risk Coefficient, *R*)对台山市区域内抽检的10种蔬果中16种农药残留风险情况进行综合性评估,以全面了解台山市蔬菜和水果安全基本情况,及时发现农药残留风险的分布特点,为监管部门进一步提升农产品监管效能,提升食品安全水平提供有效依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2019至2021年,本研究依据NY/T 789-2004《农药残留分析样本的采集方法》,分别在台山市17个镇街的蔬菜和水果种植基地、批发市场、农贸市场、商超超市和餐饮单位进行抽样监测,共抽检蔬菜和水果1928份,其中蔬菜样品1526份(叶菜类蔬菜461份、豆类蔬菜125份、根茎类和薯芋类蔬菜158份、鳞茎类蔬菜74份、瓜类蔬菜134份、芸薹类蔬菜204份、茄果类蔬菜300份、芽菜类蔬菜73份、水生类蔬菜8份)、水果402份。

1.2 检测和判定方法

依据NY/T 761-2008《蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定》、GB 23200.121-2021《食品安全国家标准 植物源性食品中331种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》、GB 23200.113-2018《食品安全国家标准 植物源性食品中208种农药及其代谢物残留量的测定 气相色谱-质谱联用法》、BJS 201703《豆芽中植物生长调节剂的测定》、NY/T 1725-2009《蔬菜中灭蝇胺残留量的测定 高效液相色谱法》,对台山市蔬果和水果的毒死蜱、丙溴磷、氟虫腈、克百威、氧乐果、水胺硫磷、灭蝇胺、甲胺磷、阿维菌素、噻虫嗪、吡虫啉、噻虫胺、啶虫脒、6-苄基腺嘌呤和4-氯苯氧

乙酸钠 16 种农药残留进行测定。根据 GB 2763-2021《食品安全国家标准 食品中农药残留最大残留量》和《国家食品药品监督管理总局、农业部、国家卫生和计划生育委员会关于豆芽生产过程中禁止使用 6-苄基腺嘌呤等物质的公告》(2015 年第 11 号)对检测结果进行判定。

1.3 样品前处理

样品在采集后会参照标准 NY/T 789-2004 要求对样本进行预处理,根据蔬果种类的不同,主要采集其可食用部门用于后续样品制备。前处理阶段,会根据测定的农药种类不同,参照不同标准对样本进行制备,其中其中毒死蜱、氧乐果、甲胺磷参照 NY/T 761-2008,丙溴磷、氟虫腈、克百威、阿维菌素、噻虫嗪、吡虫啉、噻虫胺、啶虫脒参照 GB 23200.113-2018,水胺硫磷和倍硫磷参照 GB 23200.121-2021,灭蝇胺参照 NY/T 1725-2009,6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠参照 BJS 201703,完成样品制备后进行分析测定^[7-11]。

1.4 评估方法

1.4.1 食品安全指数法 (IFS)

食品安全指数 (IFS) 是以量化形式来反映食品安全基本情况,通过对食品安全监测数据进行统计分析,从而对食品安全基本情况进行综合性分析^[12]。本研究采用食品安全指数来评价台山市蔬菜和水果中 16 种农药残留对消费者安全性的影响,采用食品安全指数的平均数 (\overline{IFS}) 来评价蔬菜和水果的安全状态^[13,14]。

$$EDI_c = \sum (R_i \times F_i \times E_i \times P_i) \quad (1)$$

式中:

EDI_c ——农药 c 的实际摄入估算值;

i ——蔬菜和水果的种类;

R_i ——蔬菜和水果 i 中农药 c 的残留量;

F_i ——蔬菜和水果 i 的估计摄入量;

E_i ——蔬菜和水果 i 的可食用因子;

P_i ——蔬菜和水果 i 的可食用部分因子。

$$IFS = \frac{EDI_c \times f}{SI_c \times b_w} \quad (2)$$

式中:

IFS ——食品安全指数;

C ——检出的某种农药;

SI_c ——农药 c 的安全摄入量,采用每天允许摄入量 ADI

表示;

f ——农药安全摄入量校正因子;

b_w ——人平均体质量;

EDI_c ——农药 c 的实际摄入估算值。

$$\overline{IFS} = \frac{\sum_{i=1}^n IFS_{ci}}{n} \quad (3)$$

式中:

\overline{IFS} ——食品安全指数的平均数;

$\sum_{i=1}^n IFS_{ci}$ ——蔬菜和水果 i 中农药 c 的食品安全指数。

根据式 (2) 计算出蔬菜和水果中农药 c 残留的整体安全情况,可预计的结果是, $IFS \ll 1$, 农药 c 对蔬菜和水果安全没有影响, $IFS \leq 1$, 农药 c 对蔬菜和水果安全的风险可以接受, $IFS > 1$, 农药 c 对蔬菜和水果安全的风险不可接受。根据式 (3) 计算出蔬菜和水果的安全状态,可预计的结果时, $\overline{IFS} \ll 1$, 蔬菜和水果 i 的安全状态良好, $\overline{IFS} \leq 1$, 蔬菜和水果 i 的安全状态可以接受, $\overline{IFS} > 1$, 蔬菜和水果 i 的安全状态不可接受^[14]。

1.4.2 危害物风险系数法 (R)

危害物风险系数 (R) 是结合了蔬菜和水果样品农药残留超标率、施检频率和农药自身的敏感性,反映农药残留一定时间内的风险程度^[15]。本研究采用危害物风险系数法评估台山市蔬菜和水果中农药残留风险。

$$R = aP + \frac{b}{F} + S \quad (4)$$

式中:

P ——该种农药残留的超标率,即该种农药残留超标样品数/该种农药残留检测样品总数 $\times 100\%$;

F ——该种农药残留的施检频率;

S ——该种农药残留的敏感因子;

a 和 b ——分别为 P 和 F 相应的权重系数。

根据式 (4) 计算出该种农药残留的风险程度,可预计的结果是 $R < 1.5$, 该种农药处于低度风险, $1.5 \leq R \leq 2.5$, 该种农药处于中度风险; $R > 2.5$, 该种农药处于高度风险。

1.5 数据分析

每天允许摄入量 ADI 为 GB2763-2021 标准中给定数值。按照检测标准的要求,检出农药残留量 $> 1.00 \text{ mg/kg}$ 时,计算结果保留 3 位有效数字,检出农药残留量 $< 1.00 \text{ mg/kg}$ 时,计算结果保留 2 位有效数字。合格率、超标率、 IFS 值、 \overline{IFS} 值和 R 值统一保留两位小数。数据处理采用 Excel 2016 软件对数据进行分析。

2 结果与讨论

2.1 农药残留超标情况分析

由表 1 可知, 监测的 1 928 份蔬菜和水果样品中, 共有 34 份农药残留不合格, 总体合格率为 98.24%; 蔬菜合格率为 97.90%, 水果合格率为 99.50%。34 份农药残留超标的样品中, 叶菜类蔬菜和豆类蔬菜占比最高, 其次是芽菜类蔬菜。从农药的种类看, 共检出 16 种农药残留超标, 合计 39 份, 其中毒死蜱 25.64%、克百威 10.26%、倍硫磷、灭蝇胺、4-氯苯氧乙酸钠均为 7.69%、丙溴磷、氟虫腈、氧乐果、水胺硫磷、6-苄基腺嘌呤均为 5.13%、甲胺磷、阿维菌素、噻虫嗪、吡虫啉、噻虫胺、啶虫脒均为 2.56%。

表 1 台山市蔬菜和水果中农药残留合格率

Table 1 Qualified rate of pesticide residues in vegetables and fruits in Taishan city

样品种类	抽样数量/份			样品总数/份	超标样品数/份	合格率/%
	2019 年	2020 年	2021 年			
叶菜类蔬菜	218	84	159	461	14	96.96
豆类蔬菜	53	44	50	147	11	92.52
根茎类和薯芋类蔬菜	28	16	81	125	1	99.20
鳞茎类蔬菜	17	7	50	74	0	100
瓜类蔬菜	46	31	57	134	0	100
芸薹类蔬菜	121	15	68	204	0	100
茄果类蔬菜	115	94	91	300	1	99.67
水生类蔬菜	1	5	2	8	0	100
芽菜类蔬菜	12	17	44	73	5	93.15
水果	205	90	107	402	2	99.50
合计	816	403	709	1 928	34	98.24

2.2 蔬菜和水果农药残留安全指数评价

根据相关研究资料^[14,20-22], 本研究取 F_i (蔬菜) = 269.4 g/(人 d), F_i (水果) = 40.7 g/(人 d), $P_i=1$, $E_i=1$, $b_w=64$ kg, 校正因子 $f=1$ 。 SI_c 采用农药 c 的 ADI 值, 参考 GB 2763-2021《食品中农药最大残留限量标准》和相关资料^[23-25]。

根据公式 (1)、公式 (2) 和公式 (3) 计算出台山市蔬菜和水果的 16 种农药残留 IFS 和 \overline{IFS} 值, 见表 2 和表 3。结果显示, 氧乐果由于每天允许摄入量较低, 即便农药残留检出量低于其他种类的农药, 但仍对食品安全性有较大影响。此外, 氟虫腈作为禁用农药, 其每天允许摄入量为 16 种农药中最低, 检出量毒死蜱、克百威在内的 5 种禁用农药高, 导致 IFS 值高达 14.05, 表明其对蔬果安全性远高于其他农药。

通过 \overline{IFS} 计算发现, 受氟虫腈 IFS 值影响, 叶菜类

结果显示, 毒死蜱、氟虫腈、克百威、氧乐果、水胺硫磷 5 种, 作为被农业农村部禁止用于蔬菜和水果种植的农药, 其不合格样品数占比高达 58.82%, 可见当前违规使用禁限用农药问题比较突出。其中, 毒死蜱和克百威作为广谱性农药, 因杀灭多种虫害, 价格低, 见效快的优势被广泛应用^[16], 加之周边城市需求量较大, 农户为追求经济利益, 在未达到农药安全间隔期就上市销售, 导致两种农药超标问题突出。通过查阅文献, 台山市超标农药的种类与中山、深圳等周边城市情况相似, 建议监管部门加强农药市场的管理, 规范农药购买和使用, 强化对违规使用禁用农药问题的整治力度; 加大农技推广力量, 做好农产品安全知识宣传培训, 提升农户合规施药的意识^[17-19]。

蔬菜的整体安全风险较高; 豆类蔬菜的安全风险状况可接受, 但克百威和氧乐果的 IFS 值均大于 1。因此, 在后续监测中氟虫腈、克百威和氧乐果对叶菜类和豆类蔬菜安全状态的影响要加以重视。通过查阅文献, 大部分地区叶菜类和豆类蔬菜在农药超标率相比较其他品种蔬菜要高, 克百威、氧乐果、水胺硫磷、甲胺磷 4 种农药残留超标在豆类蔬菜较为常见, 与本文相关结论相一致^[26-28], 但鲜有关于叶菜类蔬菜中氟虫腈农药残留风险评估的文献报道。

2.3 蔬菜和水果农药残留风险系数评估

本研究评估的是近 3 年的农药残留风险, 故采用长期风险系数进行分析。根据相关研究资料^[14,29], 本研究取 $a=100$, $b=0.1$ 。评估的 16 种农药均属于正常施检, 敏感度一般的危害物, 故设 $S=1$, 按照规定每年均对台山市蔬菜和水果农药残留情况进行抽检, 并

对评估的 16 种农药进行施检, 故设 $F=1$ 。

根据公式 (4) 计算出台山市 16 种农药残留的风险状况, 如表 4 所示, 毒死蜱、灭蝇胺、噻虫胺、6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸钠 5 种农药在食品安全指

数评估中, 显示其对蔬果安全风险影响处于可以接受水平, 但由于其残留超标率较高, 造成其风险系数处于高风险水平。因此, 在评估农药残留风险时, 应综合使用多种评价方法来提升评估的全面性和客观性。

表 2 蔬菜和水果中检出 16 种农药的安全状况

Table 2 Detection of 16 kinds of pesticide residues in vegetables and fruits of the safety status

序号	超标农药种类	ADI/(mg/kg bw)	Ri 值/(mg/kg)	IFS _c 范围	安全指数评价
1	毒死蜱	0.01	0.081~0.96	0.039~0.47	可接受
2	丙溴磷	0.03	0.41~0.44	0.066~0.071	可接受
3	氟虫腈	0.000 2	0.34~0.58	8.24~14.05	不可接受
4	克百威	0.001	0.14~0.37	0.68~1.79	不可接受
5	氧乐果	0.000 3	0.059~0.094	0.95~1.52	不可接受
6	水胺硫磷	0.003	0.099~0.19	0.16~0.31	可接受
7	倍硫磷	0.007	0.13~1.10	0.090~0.76	可接受
8	灭蝇胺	0.06	1.0~3.6	0.081~0.29	可接受
9	甲胺磷	0.004	0.25	0.30	可接受
10	阿维菌素	0.001	0.085	0.41	可接受
11	噻虫嗪	0.08	1.46	0.088	可接受
12	吡虫啉	0.06	0.80	0.065	可接受
13	噻虫胺	0.1	1.60	0.078	可接受
14	啶虫脒	0.07	3.44	0.24	可接受
15	6-苄基腺嘌呤	0.05	0.041~0.069	0.0058	可接受
16	4-氯苯氧乙酸钠	0.08	0.11~0.30	0.016	可接受

表 3 10 种蔬菜和水果中检出农药残留安全状态

Table 3 Safety status of pesticide residues in 10 kinds of vegetables and fruits

超标农药种类	叶菜类	豆类	根茎类和薯芋类	鳞茎类	瓜类	芸薹类	茄果类	水生类	芽菜类	水果
毒死蜱	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
丙溴磷	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09
氟虫腈	9.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0
克百威	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0
氧乐果	0	1.07	0	0	0	0	0	0	0	0
水胺硫磷	0	0.14	0	0	0	0	0.26	0	0	0
倍硫磷	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0
灭蝇胺	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0
甲胺磷	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0
阿维菌素	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
噻虫嗪	0	0	0.076	0	0	0	0	0	0	0
吡虫啉	0	0	0.056	0	0	0	0	0	0	0
噻虫胺	0	0	0.067	0	0	0	0	0	0	0
啶虫脒	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-苄基腺嘌呤	0	0	0	0	0	0	0	0	0.049	0
4-氯苯氧乙酸钠	0	0	0	0	0	0	0	0	0.057	0
\overline{IFS}	2.59	0.38	0.066	0	0	0	0.26	0	0.053	0.09
安全指数评价	不可接受	可接受	可接受	良好	良好	良好	可接受	良好	可接受	可接受

表 4 16 种蔬菜和水果中农药残留的危害物风险系数

Table 4 The hazard risk coefficients of 16 kind of pesticide residues in vegetables and fruits

序号	超标农药种类	施检频率	超标率 P/%	风险系数 R	风险程度
1	毒死蜱	1.00	1.57	2.67	高风险
2	丙溴磷	1.00	1.12	2.22	中风险
3	氟虫腈	1.00	1.49	1.25	低风险
4	克百威	1.00	3.15	1.41	低风险
5	氧乐果	1.00	1.42	1.24	低风险
6	水胺硫磷	1.00	2.44	1.34	低风险
7	倍硫磷	1.00	0.99	2.09	中风险
8	灭蝇胺	1.00	2.88	3.98	高风险
9	甲胺磷	1.00	0.12	1.22	低风险
10	阿维菌素	1.00	0.21	1.31	低风险
11	噻虫嗪	1.00	0.90	2.00	中风险
12	吡虫啉	1.00	0.81	1.91	中风险
13	噻虫胺	1.00	5.00	6.10	高风险
14	啶虫脒	1.00	0.34	1.44	低风险
15	6-苄基腺嘌呤	1.00	2.74	3.84	高风险
16	4-氯苯氧乙酸钠	1.00	4.17	5.27	高风险

6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠为作为植物生长调节剂，曾作为食品添加剂允许用于豆芽的生长中，但随后作为低毒农药登记管理，被禁止用于豆芽的生产经营^[30,31]。近年来，对于 6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠残留对消费者健康风险存在较大争议，张志恒等^[24]、李长凤等^[25]、杨婕等^[32]的研究，认为其对于我国各类人群膳食暴露风险比较低。但从本研究来看，台山市蔬菜中 6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠残留风险比较高，结合抽检总量，近 3 年内共采集 73 个批次芽菜类蔬菜样品，占蔬菜和水果样品总量的 3.79%，占食品安全抽检样品总量的 0.99%，无论从抽检的覆盖面，还是检出残留量均比较低，因此，应加强对 6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠残留的抽检力度。

3 监管建议

总体上看，台山市蔬菜和水果部分农药残留风险较为突出，常规法定检测虽可全面的掌握农药残留情况，但由于其成本高、效率低等弊端，导致难以实现大范围、大批量筛查，容易出现因施检频率太少，存在农药残留超标漏检风险。通过快检技术，可在保证检测准确度的前提下，利用其操作简便、专业要求低等优势实现大批量检测筛查，弥补法定检测的不足，提升不合格靶向命中率^[33,34]。根据史晓亚等^[35]、王冬伟等^[36]研究，酶抑制法、免疫分析法、生物传感器法等主要快检技术，对氟虫腈、克百威、氧乐果在内 10 种对蔬果安全性存在风险的农药残留实现检测快速

化，根据刘思洁等^[37]、郝杰等^[38]研究，6-苄基腺嘌呤和 4-氯苯氧乙酸钠残留的快检主要通过免疫分析法技术实现，但该技术因存在较高假阳性率和难以多组分残留分析弊端，具有一定局限性。因此，在日常农产品安全评价和行政监管中提高快检技术运用覆盖面的同时，要加强植物生长调节剂和新型农药快检技术的研发力度。

4 结论

本研究通过食品安全指数法和危害物风险系数法对台山市近 3 年的蔬菜和水果农药残留情况进行综合性风险评估，结果显示，在农药残留安全性影响方面，氟虫腈、克百威、氧乐果 3 种农药对蔬果安全性的影响不可接受，其中氟虫腈对安全性的影响远大于其他农药；在蔬果总体安全性方面，叶菜类蔬菜整体安全水平不可接受，豆类蔬菜虽整体安全水平可接受，但是克百威和氧乐果两种农药对其安全性影响需要关注；在农药残留风险系数评估方面，毒死蜱、4-氯苯氧乙酸钠、6-苄基腺嘌呤、噻虫胺、灭蝇胺 5 种农药残留风险系数处于高风险水平，虽然上述 5 种农药对于蔬果安全性的影响可以接受，但由于其农药残留的超标率较高，导致其风险水平较高。建议在日常蔬果农药残留监测中，应重点关注芽菜类蔬菜等 3 类合格率较低的蔬菜，以及毒死蜱、丙溴磷等 9 种中高风险农药；氟虫腈等 3 种农药虽在风险评估中显示低风险，但由于其对食品安全性有较大影响，也应纳入重点关

注。另外,要加大快检技术在安全评价和行政监管中的应用,提升在新型农药和植物生长调节剂方面相关技术的研发。

参考文献

- [1] ZHAN Xiu ping, MA Lin, HUANG Lan qi, et al. The optimization and establishment of QuEChERS-UPLC-MS/MS method for simultaneously detecting various kinds of pesticides residues in fruits and vegetables [J]. Journal of Chromatography B, 2017, 1060: 281-290.
- [2] 孙玲,黄健祥,邓义才,等.广东省主要叶菜农药残留膳食暴露风险评估研究[J].食品科学,2017,38(17):223-227.
- [3] 黄然友,陈国容.905 份蔬菜有机磷农药定性检测结果分析[J].中国卫生检疫杂志,2013,23(4):994-995,1000.
- [4] 刘文,李强,刘鹏,等.食品安全指数的构建研究与实证分析[J].食品科学,2015,36(11):191-196.
- [5] 盘正华,覃攀.应用食品安全指数法对广西水产品兽药残留风险评价[J].食品安全质量检测学报,2020,11(14):4926-4932.
- [6] 李太平.我国食品安全指数的编制理论与应用研究-以国家食品抽检数据为例[J].农业经济问题,2017,38(7):80-87.
- [7] NY/T 761-2008,蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定[S].
- [8] GB 23200.121-2021,食品安全国家标准 植物源性食品中 331 种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱-质谱联用法[S].
- [9] GB 23200.113-2018,食品安全国家标准 植物源性食品中 208 种农药及其代谢物残留量的测定 气相色谱-质谱联用法[S].
- [10] BJS 201703,豆芽中植物生长调节剂的测定[S].
- [11] NY/T 1725-2009,蔬菜中灭蝇胺残留量的测定 高效液相色谱法[S].
- [12] 徐晓燕,孙中叶,屈凌波.食品安全指数研究进展[J].农产品加工,2020,20:100-102,105.
- [13] 李聪,李艺兵,李朝伟,等.暴露评估在食品安全状态评价中的应用[J].检验检疫科学,2002,12(1):7,11-12.
- [14] 金征宇.食品安全导论[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [15] 秦燕,李辉,李聪.危害物的风险系数及其在食品检测中的应用[J].检验检疫科学,2003,13(5):13-14.
- [16] 徐悦,徐敏权,刘晓鹏,等.连云港市超市蔬菜农药残留情况分析[J].现代农药技术,2016,6:138-139.
- [17] 冯敏玲,李盛安,邹学仁.珠三角典型地区蔬菜农药残留现状与问题浅析[J].南方农业,2019,13(30):106-108.
- [18] 吴荣顺,梅婷,蔡乔华,等.深圳流通市场蔬菜农药残留现状分析[J].中国果菜,2017,37(11):40-44,67.
- [19] 何丽红.2013-2015 年中山市蔬菜农药残留现状调查研究[J].现代农业科技,2016,14:284-285.
- [20] 国家卫生健康委员会.2020 中国卫生健康统计年鉴[M].北京:中国协和医科大学出版社,2020.
- [21] 国家卫生健康委疾病预防控制局.中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)[M].北京:人民卫生出版社,2022.
- [22] 田耿智,白新明,单吉浩.农药残留风险评估在蔬菜和水果和食用菌监测中的应用研究[J].核农学报,2022,36(2):402-413.
- [23] 化学分析コンサルタント(株).農薬の ADI 及び ARfD 値一覧表[DB/OL].[2015-05-20].http://jaccc.jp/pdf/ARfD_gn.pdf.
- [24] 杨婕,黄少文,柳春红,等.4-氯苯氧乙酸钠对绿豆芽生长的影响及其残留分析[J].食品工业科技,2015,15:104-108.
- [25] 张志恒,胡桂仙,汪雯,等.豆芽中 6-苄基腺嘌呤残留的膳食风险评估[J].农药学报,2016,18(1):77-85.
- [26] 祝文峰,李太平.基于文献数据的我国蔬菜农药残留现状研究[J].经济问题,2018,11:92-98.
- [27] 周辉,张志转.中国蔬菜农业污染现状、污染来源及污染防治[J].农业灾害研究,2018,5:27-38,50.
- [28] 杨慧,徐赛,陈岩,等.我国豆类蔬菜中主要污染物的风险评价研究[J].农产品质量与安全,2018,6:13-18+29.
- [29] 兰珊珊,林涛,刘宏程,等.食品安全指数法评估西南地区食用菌中农药残留风险[J].江苏农业学报,2014,30(1):199-204.
- [30] 卫生部办公厅.关于《食品添加剂使用标准》(GB2760-2011)有关问题的复函[Z].卫办监督函(2011)919 号.
- [31] 国家食品药品监督管理总局、农业部、国家卫生和计划生育委员会关于豆芽生产过程中禁止使用 6-苄基腺嘌呤等物质的公告[J].中国食品卫生杂志,2015,3:276.
- [32] 李长风,王沙沙,阚建全.4-氯苯氧乙酸钠对大豆芽品质的影响及其安全风险性分析[J].食品与发酵工业,2017,43(10):80-87.
- [33] 周焕英,高志贤,孙思明,等.食品安全现场快速检测技术研究进展及应用[J].分析测试报,2008,27(7):788-794.
- [34] 蔡若纯,刘海虹,邓皇翼,等.基于快检初筛的食用农产品质量安全抽检模式分析[J].食品安全质量检测学报,2020,11(16):5385-5390.
- [35] 史晓亚,高丽霞,黄登宇.快速检测技术在果蔬安全控制中的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2017,8(3):882-889.
- [36] 王冬伟,刘畅,王鹏,等.新型农药残留快速检测技术研究进展[J].农药学报,2019,21(5-6):852-864.
- [37] 刘思洁,方赤光,崔勇,等.植物生长调节剂在植物源性食品中残留量检测技术的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2016,7(1):8-13.
- [38] 郝杰,冯楠,姜洁,等.水果蔬菜中常见植物生长调节剂分析检测方法研究进展[J].食品科学,2015,36(21):303-309.