

# 不同产地西瓜农药残留分析与膳食风险评估

韦凯丽<sup>1,2,3</sup>, 华震宇<sup>3</sup>, 曹叶青<sup>4</sup>, 陶永霞<sup>1</sup>, 王成<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052) (2. 新疆农业科学院科研管理处, 新疆乌鲁木齐 830091) (3. 新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 农村农业部农产品质量安全风险评估实验室, 新疆农产品质量安全重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091) (4. 若羌县农产品质量安全检验检测中心, 新疆若羌 841800)

**摘要:** 为明确不同产地西瓜农药残留状况, 区分不同产区残留农药不同之处, 本研究以新疆、山东、广西 80 个西瓜样品为研究对象, 明确其 60 种农药残留水平的基础上, 通过英国兽药委员会兽药残留风险排序方法对三产地西瓜残留农药进行排序、比较, 并通过急性、慢性膳食摄入风险对其安全水平进行评估。结果显示: 三产地共检出 11 种农药残留, 新疆、山东、广西西瓜中残留农药种类分别为 6、7、8 种, 且残留水平不同, 检出农药风险得分也不同, 其中广西检出的农药三唑磷、敌敌畏、咪鲜胺、苯醚甲环唑(24.60、24.60、18.30、18.15), 山东检出的农药苯醚甲环唑、丙溴磷(18.50、18.10), 新疆检出的农药农药苯醚甲环唑(18.20) 风险得分相对较高。对检出农药进行急性、慢性膳食摄入风险结果显示西瓜中所有残留农药其% ADI、% ARfD 值分别在 0.01%~1.53%、0.03%~23.30%之间不等, 其结果远小于 100%。三地区样品中检出农药残留种类、残留水平、风险得分不同, 需要根据产区重点关注相应农药, 但残留农药水平属于安全限量内。

**关键字:** 西瓜; 农药残留; 风险排序; 膳食风险

文章编号: 1673-9078(2020)07-331-337

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.1238

## Pesticide Residue Analysis and Dietary Risk Assessment of Watermelon in Different Habitats

WEI Kai-li<sup>1,2,3</sup>, HUA Zhen-yu<sup>3</sup>, CAO Ye-qing<sup>4</sup>, TAO Yong-xia<sup>1</sup>, WANG Cheng<sup>2</sup>

(1.School of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Xinjiang key Laboratory of Agricultural products quality and Safety, Urumqi 830091, China)

(3.Department of Scientific Research, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural quality Standards and testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Rural Ministry of Agriculture Agricultural Products Quality and Safety Risk Assessment Laboratory, Urumqi 830091, China)

(4.Ruoqiang Agricultural products quality and Safety Inspection Center, Ruoqiang 841800, China)

**Abstract:** To clarify the status of pesticide residues in different regions' watermelons and distinguish the differences of pesticide residues, 80 samples of watermelons from Xingjiang, Shangdong and Guangxi were selected to indentify 60 kinds of pesiticide residue levels. Then, based on the vaterinary drug residue risk ranking method of the committee on veterinary drugs. Safety levels, the pesticide residues of watermelons from three places were assessed by risk assessment for acute and chronic dietary intake. The results showed that 11 kinds of pesticide residues were detected in the three producing areas and the types of pesticide residues were 6, 7, 8 in Xinjiang, Shandong, and Guangxi

引文格式:

韦凯丽,华震宇,曹叶青,等.不同产地西瓜农药残留分析与膳食风险评估[J].现代食品科技,2020,36(7):331-337

WEI Kai-li, HUA Zhen-yu, CAO Ye-qing, et al. Pesticide residue analysis and dietary risk assessment of watermelon in different habitats [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 331-337

收稿日期: 2019-12-16

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题(2015KL023); 国家现代农业产业技术体系项目(GARS-25); 新疆维吾尔自治区天山雪松计划(2017XS07); 自治区天山英才工程培养项目

作者简介: 韦凯丽(1994-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 农产品质量安全

通讯作者: 陶永霞(1979-), 女, 在读博士, 副教授, 研究方向: 食品营养与安全; 共同通讯作者: 王成(1971-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品质量安全

watermelons, respectively. The residue levels and the pesticide risk scores were all different. Pesticides triazophos, dichlorvos, prochloraz, anisole (24.60, 24.60, 18.30, 18.15) in Guangxi, pesticides anisole and trimethoprim (18.50, 18.10) in Shandong, and pesticides Phenylfenazol (18.20) in Xinjiang had relatively high risk scores. Acute and chronic dietary risk of the detected pesticides showed that the percentages of ADI and ARfD of all pesticide residues in watermelon ranged between 0.01% and 1.53%, 0.03% and 23.30%, respectively, which were far less than 100%. The pesticide residue types, residue levels and risk scores that detected in the three regions were different, and attention should be paid to the corresponding pesticides in the production area, although the levels of pesticide residues fall within the safety limit.

**Keywords:** watermelon; pesticide residues; risk ranking; dietary risk

我国西瓜在种植面积、产量与消费量上都排名世界前列<sup>[1]</sup>, 随着科学技术的发展, 农药作为一种快速、有效的手段被广泛应用西瓜病虫害的防治, 因此, 西瓜中农药残留问题逐渐受到更多人重视, 国内外学者对于西瓜农药残留检测及检测方法方面做了相应研究, Zhan Xiu-ping、朱莉娅、陈文等学者分别以西瓜为研究对象进行残留农药快速检测方法的研究报道中提到, 在种植过程中不规范的使用农药, 会导致农药在农产品中积聚残留<sup>[2-4]</sup>。泰国、加纳、非洲的学者 Sompon WanwimoLruk、Frederick Forkuoh、Paul Osei Fosu 分别对研究区域内的西瓜及其他水果进行农药残留检测, 结果显示: 研究区域中的瓜果存在农药残留现象, 其中, 西瓜中均检出不同水平的农药残留<sup>[5-7]</sup>。对目前农产品中农药残留, 国内学者主要采用急性、慢性膳食摄入风险、风险排序<sup>[8-11]</sup>、点评估方法<sup>[12]</sup>或采用@risk 风险评估软件<sup>[13]</sup>等进行农产品农药残留安全水平的评估。叶孟亮对不同主产区苹果中农药进行测定分析, 结果显示不同主产区农药残留水平不同<sup>[13]</sup>。我国西瓜种植区域分布广泛, 华东、中南、西北、华北、东北、西南六大区域环境、气候等具有较大差异<sup>[14]</sup>, 这种差异导致西瓜病虫害的发生不同, 因此, 防治病虫害所使用农药种类也相对不同。目前, 国内对西瓜上残留农药报道鲜见, 对六大产区西瓜中农药残留种类、残留水平尚不明确, 其膳食风险也不清。

团队前期以红枣、酿酒葡萄、新疆甜瓜为研究对象开展农药残留分析研究<sup>[15-17]</sup>, 根据前期研究基础, 本研究初步以西北、华东、中南三大区域中新疆、山东、广西三个典型省份的 80 份西瓜样品为研究对象, 对西瓜中农药残留种类、残留水平进行测定分析, 并根据风险排序结果对三产地西瓜残留农药的差异性进行探讨, 并使用 spss 差异性分析与急性、慢性膳食摄入风险对西瓜带来的健康风险进行评估, 以期初步证明我国不同产区西瓜农药残留现状及其区别, 为我国西瓜农药残留管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 样品

西瓜: 共计 80 份, 主要采集于基地, 少数样品于当地市场购买, 其中山东省 30 个, 新疆 30 个, 广西省 20 个, 2018 年 7 月至 10 月完成样品采集工作。全瓜取代表性部位经切分、匀浆处理后放在 -18 °C 冰柜中冷冻<sup>[18]</sup>, 2018 年 11 月前完成各项指标测定。

#### 1.1.2 试剂

根据对西瓜使用药品及病害的调研, 选择甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、六六六、甲拌磷、氧乐果、水胺硫磷、甲基异柳磷、克百威、涕灭威、氟虫腈、乐果、敌敌畏、毒死蜱、三唑磷、杀螟硫磷、丙溴磷、马拉硫磷、亚胺硫磷、伏杀硫磷、辛硫磷、二嗪磷、三氯杀螨醇、氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯、甲氰菊酯、联苯菊酯、氯氟氰菊酯、氟氯氰菊酯、氟胺菊酯、氟氰戊菊酯、灭多威、甲萘威、除虫脲、灭幼脲、吡虫啉、啶虫脒、吡蚜酮、阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、噻虫嗪、氟啶脲、异菌脲、五氯硝基苯、三唑酮、百菌清、腐霉利、乙烯菌核利、多菌灵、苯醚甲环唑、啞霉胺、烯酰吗啉、咪鲜胺、啞菌酯、二甲戊灵、腈菌唑、氯吡脲 60 种农药为测定指标, 其标准品购自国家标准物质中心, 质量分数与规格分别为 1000 mg/L、1 mL; 所用试剂正己烷、氯化钠、丙酮(分析纯)购自北京市化工厂; 甲醇、乙腈(色谱纯)购自美国 Fisher Scientific 公司。

#### 1.1.3 仪器及设备

所用弗罗里硅砂柱、氨基固相萃取小柱均购自迪马科技有限公司, 规格均为 (1 g/6 mL); 所用 XevoTQ 型超高效液相色谱-串联质谱仪、7890B 型气相色谱仪分别购自美国沃特世公司、美国安捷伦公司; N-EVAP 112 型氮吹仪购自美国 Organomation 公司; R-210 型旋转蒸发器购自瑞士步琦公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 残留农药检测方法

根据《GB 2763-2016 食品中农药最大残留限量》、

《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》对 60 种农药指标进行检测分析。

### 1.2.2 风险分析方法

参照聂继云等人实验方法对样品进行膳食风险分析,按照 1/2 检出限 (LOD) 对未检出的样品进行计算<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.2.1 急性、慢性膳食摄入风险研究方法

计算公式如下所示:

$$\%ADI = \frac{STRM \times F}{bw \times ADI} \quad (1)$$

$$ESTI = \frac{U \times HR \times V + (LP - U) \times HR}{bw} \quad (2)$$

$$\%ARfD = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100 \quad (3)$$

式中: STRM 表示样品检出农残平均值,单位为 mg/kg; F 表示日均消费量,单位为 kg/d; bw 表示人体体重,单位为 kg; ADI 表示每日允许摄入量,单位为 mg/kg; ESTI 表示国际估算短期摄入量,单位为 kg; U 表示单个西瓜重量,单位为 kg; HR 表示检出农药最高残留量,单位为 mg/kg; LP 表示大份餐,

单位为 kg; ARfD 表示急性参考剂量,单位为 mg/kg; V 表示变异因子; % ADI 表示慢性膳食摄入风险值; % ARfD 表示急性膳食摄入风险值。

% ADI、% ARfD 值越大,表明样品膳食摄入风险越大;与之相反,% ADI、% ARfD 值越小,表明样品膳食摄入风险越小。

#### 1.2.2.2 风险排序研究方法

各农药残留风险得分(S)、西瓜样品风险指数(RI)计算公式如下:

$$FOD = T/P \times 100 \quad (4)$$

$$S = (A+B) \times (C+D+E+F) \quad (5)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n S - TS_0 \quad (6)$$

FOD 表示种植过程农药使用频率,根据调研及《GB 4285-1989 农药安全使用标准》,西瓜农药使用次数 T 记为 3 次;新疆西瓜果实发育日数 P 为 30 d;据文献报道西瓜膳食比例 C 为 0.14; TS<sub>0</sub> 表示 n 种农药均未检出的样品的得分。根据赋分标准计算各农药残留风险得分及西瓜样品风险指数(RI),该指数越大,风险越大。

表 1 风险排序赋分标准

Table 1 Risk ranking assignment criteria

指标	指标值	得分	指标值	得分	指标值	得分	指标值	得分
毒性得分 A	低毒	2	中毒	3	高毒	4	剧毒	5
毒效得分 B	>1×10 <sup>-2</sup>	0	1×10 <sup>-4</sup> ~1×10 <sup>-2</sup>	1	1×10 <sup>-6</sup> ~1×10 <sup>-4</sup>	2	<1×10 <sup>-6</sup>	3
膳食比例得分 C	<2.5	0	2.5-20	1	20-50	2	50-100	3
农药使用频率得分 D	<2.5	0	2.5-20	1	20-50	2	50-100	3
高暴露人群得分 E	无	0	不太可能	1	有可能	2	无相关数据	3
残留水平得分 F	未检出	1	<限量值	2	≥限量值	3	≥10 倍限值	4

### 1.2.3 数据处理

实验数据使用 Excel 进行统计处理,SPSS v21 对三产地西瓜样品风险值差异性分析,origin 8.5 对实验数据进行图表处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品农药残留分析

#### 2.1.1 有检出样品农药残留率分析

三产地西瓜样品中,53.75%未检出农药残留,46.25%西瓜样品检出 1~5 种残留农药种类不等,检出率分别为 22.50%、12.50%、3.75%、3.75%、3.75%,如图 1 所示。其中,35.00%的西瓜样品中检出杀菌剂残留(嘧霉胺、苯醚甲环唑、腈菌唑、多菌灵、烯酰吗啉、咪鲜胺),26.25%检出杀虫剂残留(啶虫脒、噻虫嗪、丙溴磷、敌敌畏、三唑磷)。其中杀菌剂以

多菌灵(26.25%)、烯酰吗啉(15.00%),杀虫剂主要以啶虫脒(16.25%)为主要检出残留指标;根据《GB 2763-2016 食品中农药最大残留限量》,检出农药残留均未超过最大残留限量。

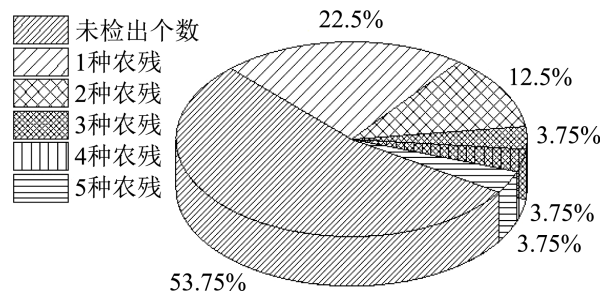


图 1 西瓜样品检出农药残留

Fig.1 Detection of pesticide residues in watermelon samples

国外一些学者对西瓜中的农药残留进行检测分析,如 Sompon WanwimoLruk 对泰国西瓜中 28 种农

药进行农残检测, 结果显示: 90.7%的西瓜样品中检出共 5 种残留农药(西瓜中检出吡喃丹、毒死蜱、二嗪酮、二甲氧基和甲霜灵)<sup>[5]</sup>; PauL Osei Fosu 对非洲 1384 份农产品进行农药残留检测, 10%西瓜农药残留水平高于欧盟最高残留量限值<sup>[7]</sup>; 非洲与泰国西瓜农药残留现象相对本研究中检出率相对较高。但在约旦, Ghaith Radwan ALgharibeh 的研究中, 西瓜未检出任何残留<sup>[19]</sup>。与非洲、泰国相比, 本研究中三产地西瓜农药残留现象相对较优。

西瓜样品与国内其他瓜果相比, 农残检出率相对较低, 如: 国内学者李安等以北方枣果为研究对象, 对 105 种农药进行残留测定, 结果显示: 87.5%样品检出农药残留, 其中 1.96%样品超标<sup>[20]</sup>。王运儒等人以广西 49 份荔枝样品为对象, 对 105 种农药进行残留分析, 结果显示: 93.9%的荔枝样品检出农药残留<sup>[9]</sup>。聂继云等以 200 份苹果样品为研究对象, 对 102 种农药进行农药残留分析, 结果显示: 94.5%的苹果样品检出农药残留<sup>[8]</sup>。从以上学者们的研究对象的农残检出率方面看, 西瓜检出率相对较低, 质量相对安全。

对三产地西瓜样品检出农药进行分析显示: 新疆、山东、广西三产地西瓜样品中检出残留农药种类分别为 6、7、8 种, 其中, 多菌灵、苯醚甲环唑、啉霉胺、烯酰吗啉在三产地西瓜样品中均有检出, 多菌灵在三产地西瓜中残留率相对较高。根据图 2 所示, 三地区检出农药残留水平、残留种类存在差异。

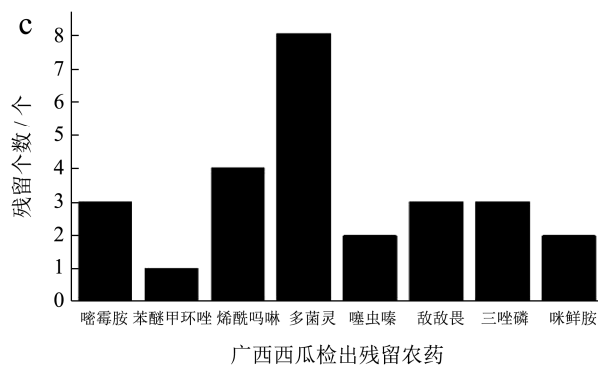


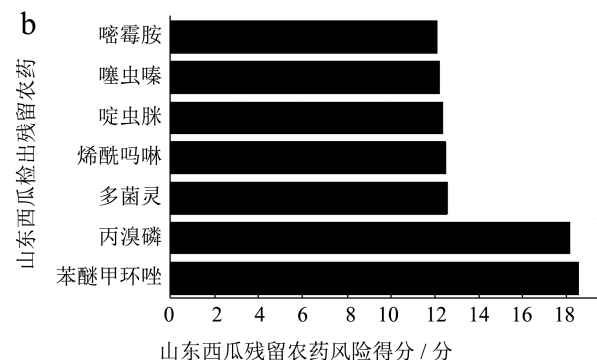
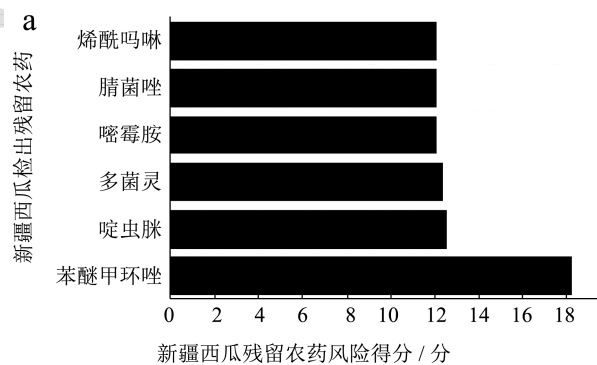
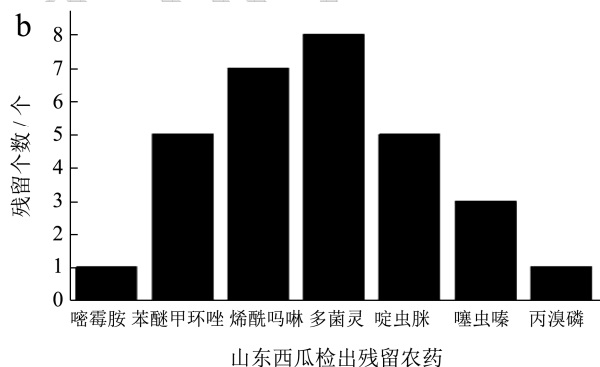
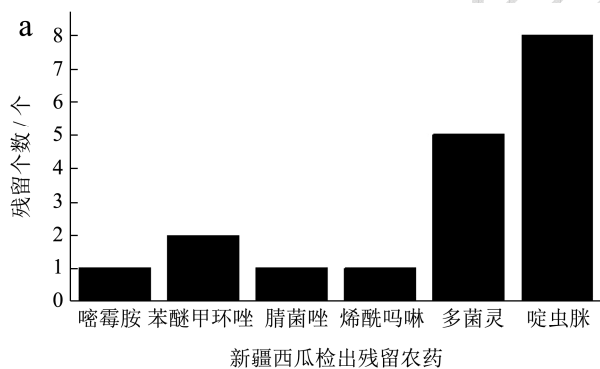
图 2 新疆、山东、广西西瓜检出农药残留个数

Fig.2 Number of pesticide residues detected in watermelons in Xinjiang, Shandong and Guangxi

根据文献报道, 不同产区、不同省份检出农药残留种类、残留水平具有明显差异<sup>[13]</sup>, 因此, 进一步对三产地西瓜样品中残留农药进行风险排序, 分析其农药残留差异、区别。

### 2.1.2 残留农药风险排序分析

对三产地西瓜样品中残留农药进行风险排序, 结果如图 3 所示。根据风险排序结果可以看出, 三产地残留农药风险程度不同, 其中广西检出农药残留中包含 2 种高风险农药(三唑磷为 24.60、敌敌畏为 24.60), 2 种中风险农药(咪鲜胺为 18.30、苯醚甲环唑为 18.15); 山东包含 2 种中风险农药(苯醚甲环唑为 18.50、丙溴磷为 18.10); 新疆包含 1 种中风险农药(苯醚甲环唑为 18.20)。





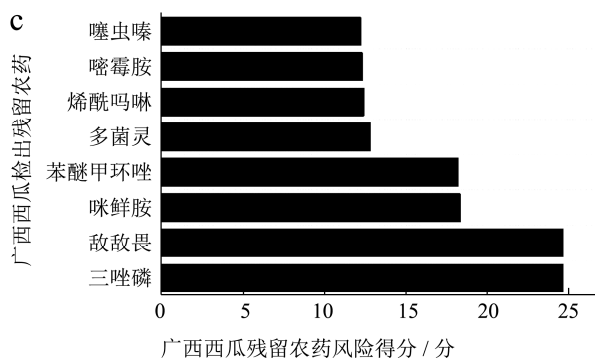


图3 新疆、山东、广西西瓜残留农药风险排序

Fig.3 Ranking of pesticide residue risk of watermelon in Xinjiang, Shandong and Guangxi

根据残留农药风险排序得分，可以看出，不同产地重点关注农药残留种类不同，针对这些危害性相对较高的农药种类，国内外对其进行了一些相关报道。根据文献报道，敌敌畏对多种虫害防治效果显著，但因其毒性高，对人体健康危害较大，美国、澳大利亚、新西兰环保局先后对敌敌畏的施用对象、使用方式及其使用间隔期作出一定规定，限制敌敌畏的使用。目前对于一些虫害，没有充分替代敌敌畏的药剂，因此，仅能通过规范、限制敌敌畏的使用来防范敌敌畏残留造成的食品安全事件的发生<sup>[21,22]</sup>。

综合三产地西瓜样品农药残留检出个数与风险排序结果，多菌灵在三产地中检出率相对较高，但其残留风险相对较低；而三唑磷、敌敌畏、丙溴磷、咪鲜胺、苯醚甲环唑的检出率相对不高，由于其毒性较高，这类农药其风险水平相对较高，因此，因采用一些生

物手段或低毒高效农药加以替代。

根据中国农药信息网查询，检出 11 种残留农药在西瓜上登记使用仅有 4 种（苯醚甲环唑、多菌灵、噻虫嗪、咪鲜胺），其余 7 种农药在西瓜上未见登记，其产生的一些风险未经审核认可，因此，在农药的登记及其使用管理方面还有待加快推进。

## 2.2 西瓜样品风险分析

### 2.2.1 西瓜样品风险值分析

计算三产区西瓜样品 *RI* 值（样品风险值），在  $p>0.05$  水平，新疆、山东、广西三地西瓜样品质量安全水平上差异不显著。

### 2.2.2 西瓜样品急性、慢性膳食摄入风险分析

为评估三产区西瓜样品是否存在质量安全隐患，根据急、慢性膳食摄入风险结果进行评估。风险因子 *ADI* 值（每日允许摄入量）采用国家标准《GB 2763-2016 食品中农药最大残留限量》规定值，西瓜人均日消费量（*F*）为 0.14 kg/d；人体体重（*bw*）取 60 kg；根据 *ESTI* 表查询可知，西瓜大份餐（*LP*）为 2.5422 kg/d，变异因子（*V*）为 3；根据调研，西瓜单果重量（*U*）取 5 kg。

#### 2.2.2.1 慢性膳食摄入风险结果分析

根据公式（1），计算出各残留农药的%*ADI* 值，结果如表 2 所示：检出 11 种残留农药的%*ADI* 值在 0.01%~1.53%之间不等，每种残留农药%*ADI* 值均远小于 100%，这说明：西瓜中残留农药的慢性膳食摄入风险在一般人群可接受范围内。

表 2 慢性膳食摄入风险分析表

Table 2 Risk Analysis Table of chronic Diet intake

农药残留种类	残留含量平均值/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	<i>ADI</i> /[ $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{bw})$ ]	% <i>ADI</i> %
啞霉胺	0.11	0.2	0.01
苯醚甲环唑	0.28	0.01	0.7
腈菌唑	0.01	0.03	0.06
烯酰吗啉	0.38	0.2	0.03
多菌灵	1.86	0.03	0.89
啶虫脒	1.69	0.07	0.37
噻虫嗪	0.93	0.08	0.84
丙溴磷	0.04	0.03	0.13
敌敌畏	0.03	0.004	0.34
三唑磷	0.03	0.001	1.53
咪鲜胺	0.08	0.01	0.46

注：*ADI* 为每日允许摄入量；%*ADI* 占 *ADI* 的百分比。

### 2.2.2.2 西瓜样品急性膳食摄入风险分析

啞霉胺不需要急性参考剂量，根据公式（2）、（3），计算出其余 10 种残留农药对摄食人群的急性

膳食风险值%*ARfD*，如表 3 所示，检出农药对一般人群的%*ARfD* 值在 0.03%~23.30%，一般人群食用西瓜时各类农药急性膳食摄入风险高低为：三唑磷>啶

虫脒>多菌灵>咪鲜胺>烯酰吗啉>噻虫嗪>苯醚甲环唑>敌敌畏>丙溴磷>腈菌唑。但 9 种残留农药的%ARfD 值均远低于 100%，这说明，西瓜中残留农药对一般人群的急性膳食风险也都在可接受范围内。

根据急性膳食风险分析结果显示，三唑磷、啶虫脒的%ARfD 值分别为 23.30%、15.08%，其中，根据残留农药风险排序结果显示，三唑磷得分高达

24.60，综合两项指标结果，三唑磷在西瓜中残留给人体带来的风险相对较高，应给予重视、关注，加强三唑磷使用管理。戴德江对三唑磷的风险管控报道中提到，三唑磷残留易超标，水生生物毒性较高等问题外，高温施药时因防护不当，还会引起施药人员中毒，他提出，应从风险监测、登记管理、执法监管、技术指导四个方面进行强化管理<sup>[23]</sup>。

表 3 急性膳食摄入风险分析表

Table 3 Risk analysis of acute dietary intake

农药残留种类	HR/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	ARfD/( $\text{mg}/\text{kg}$ )	ESTI/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	%ARfD/%
苯醚甲环唑	10.00	0.3	1.43	0.48
腈菌唑	0.43	0.3	0.09	0.03
烯酰吗啉	20.24	0.6	4.23	0.71
多菌灵	61.17	0.5	12.79	2.56
啶虫脒	72.16	0.1	15.08	15.08
噻虫嗪	17.79	1	5.81	0.58
丙溴磷	3.03	1	0.63	0.06
三唑磷	1.11	0.001	0.23	23.30
敌敌畏	5.12	0.2	1.07	0.11
咪鲜胺	1.05	0.1	0.22	1.07

注：ARfD 为急性参考剂量；ESTI 为国际估算短期摄入量；%ARfD 为占急性参考剂量的百分比。

### 3 结论

3.1 本研究中，新疆、山东、广西三产区西瓜样品检出农药残留种类 11 种，残留水平在最大残留限量以内，对比三产区西瓜样品检出农药残留，新疆、山东、广西三地农药残留检出率分别为 80.00%、36.67%、65.00%，样品风险均值分别为 2.07、2.13、3.35，根据残留农药风险排序可知：检出农药在不同地区的风险值不同。根据 spss 差异分析结果显示，三地单个样品风险值无明显差异，并且根据急、慢性膳食摄入风险分析，ADI %、ARfD % 远小于 100%，因此三地西瓜样品中的农药残留对人体不会构成危害。从新疆、山东、广西三地残留农药风险得分上看，需要重点关注风险农药分别为苯醚甲环唑（18.20），苯醚甲环唑（18.50）、丙溴磷（18.10），三唑磷（24.60）、敌敌畏（24.60）、咪鲜胺（18.30）、苯醚甲环唑（18.15）。

3.2 我国西瓜六大种植产区，本研究仅初步对三大产区的三个省份产出西瓜进行分析研究，在此基础上，为进一步明确各产区西瓜农药残留情况，计划扩大研究范围，对西瓜农药残留进行更完整的研究探讨。同时，对三产地西瓜已检出风险较高农药残留进行分布、降解条件及其消解动态的研究分析，以消除或降低西瓜中农药残留带来的安全隐患。

### 参考文献

- [1] 任艳玲,王涛,周玉峰,等.国内外西瓜农药最大残留限量比较分析[J].中国瓜菜,2018,31(10):1-6  
REN Yan-ling, WANG Tao, ZHOU Yu-feng, et al. Comparative analysis of maximum residue limits of watermelon pesticides at home and abroad [J]. China Melon & Vegetables, 2018, 31(10): 1-6
- [2] Xiu-Ping Z, Lin M, Lan-Qi H, 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
- [3] 朱莉娅,韩宇,陈文,等.表面增强拉曼光谱快速检测西瓜中甲基异柳磷农药残留[J].食品工业科技,2017,38(20):288-291,322  
ZHU Li-ya, HAN Yu, CHEN Wen, et al. Surface-enhanced Raman spectroscopy for rapid detection of methylisopropyl phosphorus pesticide residues in watermelon [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(20): 288-291, 322
- [4] 陈文,朱莉娅,韩宇,等.表面增强拉曼光谱技术应用于西瓜中杀螟硫磷农药残留的检测[J].食品科技,2018,43(1):320-325  
CHEN Wen, ZHU Li-ya, HAN Yu, et al. Surface enhanced

- Raman spectroscopy applied to the determination of fenthion pesticide residues in watermelon [J]. Food Science and Technology, 2018,43(1): 320-325
- [5] WanwimoLruk S, Kanchanamayoon O, Boonpangrak S, et al. Food safety in Thailand 1: It is safe to eat watermelon and durian in Thailand. [J]. Environmental Health and Preventive Medicine, 2015, 20(3): 204-215
- [6] Frederick F, Nathaniel O B, Lawrence S B, et al. Risk of human dietary exposure to organochlorine pesticide residues in fruits from ghana [J]. Scientific reports, 2018, 8(1): 16686
- [7] Fosu PO, Donkor A, Ziwu C, et al. Surveillance of pesticide residues in fruits and vegetables from accra metropolis markets, ghana, 2010-2012: A case study in sub-saharan africa [J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2017, 24(20): 17187-17205
- [8] 聂继云,李志霞,刘传德,等.苹果农药残留风险评估[J].中国农业科学,2014,47(18):3655-3667  
NIE Ji-yun, LI Zhi-xia, LIU Chuan-de, et al. Risk assessment of pesticide residues in apples [J]. China Agricultural Science, 2014,47(18): 3655-3667
- [9] 王运儒,邓有展,陈永森,等.广西荔枝农药残留现状及膳食风险评估[J].南方农业学报,2018,49(9):1804-1810  
WANG Yun-ru, DENG You-zhan, CHEN Yong-sen, et al. The status of lychee pesticide residues and dietary risk assessment in Guangxi [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(9): 1804-1810
- [10] 庞荣丽,乔成奎,王瑞萍,等.猕猴桃农药残留膳食摄入风险评估[J].果树学报,2019,36(9):1194-1203  
PANG Rong-li, QIAO Cheng-kui, WANG Rui-ping, et al. Dietary intake risk assessment of pesticide residues in kiwifruit [J]. Journal of Fruit Trees, 2019, 36(9): 1194-1203
- [11] 朱红,陈敏,潘义宾.遵义市辣椒农药残留与风险评估[J].农技服务,2019,36(10):50-52  
ZHU Hong, CHEN Min, PAN Yi-bin. Pesticide residues and risk assessment in zunyi city [J]. Technical Services, 2019, 36(10): 50-52
- [12] 李志霞,聂继云,闫震,等.基于点评估方法的渤海湾产区苹果中农药残留膳食暴露风险研究[J].农药学报,2015, 17(6):715-722  
LI Zhi-xia, NIE Ji-yun, YAN Zhen, et al. Dietary exposure risk of pesticide residues in apple in bohai bay production area based on point assessment method [J]. Journal of Pesticides, 2015, 17(6): 715-722
- [13] 叶孟亮.苹果常用农药残留及其膳食暴露评估研究[D].北京:中国农业科学院,2016  
YE Meng-liang. Research on apple pesticide residues and their dietary exposure evaluation [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016
- [14] 赵姜.中国西瓜产业发展的经济学分析[D].北京:中国农业科学院,2013  
ZHAO Jiang. Economic analysis of the watermelon industry development in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013
- [15] 何伟忠,陶永霞,闫巧俐,等.新疆红枣农药残留风险评估与排序[J].食品工业科技,2018,39(21):202-206  
HE Wei-zhong, TAO Yong-xia, YAN Qiao-li, et al. Risk assessment and ranking of pesticide residues in xinjiang jujube [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39 (21): 202-206
- [16] 康露,马巨明,刘河疆,等.基于急慢性膳食摄入评估新疆酿酒葡萄农药残留风险[J].农产品质量与安全,2018,5:23-28  
KANG Lu, MA Ju-ming, LIU He-jiang, et al. Assessment of pesticide residue risk in wine grapes in Xinjiang based on acute and chronic dietary intake [J]. Agricultural Product Quality and Safety, 2018, 5: 23-28
- [17] 韦凯丽,周晓龙,闫巧俐,等.新疆甜瓜农药残留膳食风险评估[J].食品与机械,2019,35(8):90-95  
WEI Kai-li, ZHOU Xiao-long, YAN Qiao-li, et al. Dietary risk assessment of pesticide residues in melon in Xinjiang [J]. Food and Machinery, 2019, 35(8): 90-95
- [18] 李运朝,及华,王蒙,等.8种杀菌剂在河北番茄和黄瓜中残留分析及其膳食暴露评估[J].食品安全质量检测学报,2018, 9(17):4570-4576  
LI Yun-chao, JI Hua, WANG Meng, et al. Analysis of the residues of 8 fungicides in tomato and cucumber in hebei and evaluation of their dietary exposure [J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2018, 9(17): 4570-4576
- [19] ALgharibeh G R, ALFararjeh M S. Pesticide residues in fruits and vegetables in jordan using liquid chromatography/tandem mass spectrometry [J]. Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance, 2019, 12(1): 65-73
- [20] 李安,潘立刚,聂继云,等.北方地区枣果农药残留风险评估[J].食品安全质量检测学报,2016,7(11):4438-4446  
LI An, PAN Li-gang, NIE Ji-yun, et al. Risk assessment of pesticide residues in jujube fruits in north China [J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2016, 7(11): 4438-4446