

杨桃中化学污染物分析及农药残留暴露评估

段云¹, 关妮², 邓爱妮¹, 罗金辉¹

(1. 中国热带农业科学院分析测试中心, 农业部热作产品质量安全风险评估实验室, 海南 海口 571101;

2. 广西科学院国家非粮生物质能源工程技术研究中心, 广西 南宁 530007)

摘要: 以杨桃为研究对象, 对广东、广西、海南和福建的基地收购点、批发市场和农贸市场等地点的样品进行化学污染物残留分析。结果表明: 农贸市场和水果摊样品的农药残留种类少, 基地收购点的农残种类最多, 超标样品集中在基地收购点。检出率最高的3种农药为氯氰菊酯、多菌灵和灭幼脲。3份样品检出镉超标。经点评估对农药残留初步分析, 杨桃中的残留风险总体较低, 仅三氯杀螨醇存在潜在风险。分布点评估的结果表明, 在较高的置信概率 $P_{99.5}$ 风险水平下, 三氯杀螨醇暴露量在幼儿和儿童(2~10岁)的亚群超过日允许摄入量, 存在不可接受的风险。建议重点对基地收购点样品监控, 制定三氯杀螨醇、多菌灵和灭幼脲在杨桃上的最大残留限量或筛选三氯杀螨醇的替代品。

关键词: 杨桃; 农药残留; 暴露评估; 三氯杀螨醇

Analysis of Chemical Contaminants and Risk Assessment of Pesticide Residues in Carambola (*Averrhoa carambola*) Fruit

DUAN Yun¹, GUAN Ni², DENG Aini¹, LUO Jinhui¹

(1. Laboratory of Risk Assessment for Tropical Agro-products, Ministry of Agriculture, Analysis and Testing Center, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China;

2. National Engineering Research Center for Non-food Biorefinery, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: Chemical contaminant residues in carambola (*Averrhoa carambola*) fruits collected from Guangdong, Guangxi, Hainan and Fujian provinces were assayed. The results showed that the frequency of occurrence of pesticide residues in wholesales and open markets were low whereas the largest number of pesticide residues in sample collection spots near cultivation base was detected. Samples contaminated with pesticide residues exceeding the maximum residue levels (MRLs) existed mainly in the collection spots. Three pesticides detected at the highest concentrations were beta-cypermethrin, carbendazim and chlorbenzuron. Based on deterministic method for risk assessment of pesticides, the potential health risk of 21 other pesticide residues in carambola was low. However, the potential risk of dicofol was high. The semi-probabilistic approach was applied to analyze the potential risk of dicofol. Results showed that at a 99.5% confidence level ($P_{99.5}$) exposure levels in 2- to 10-year-old subgroups were over the value of allowable daily intake (ADI). There existed potential risk from dicofol for these age groups. Thus, we should put more emphasis on monitoring samples collected from near cultivation base, modifying and establishing MRLs for dicofol, carbendazim and chlorbenzuron and formulating alternative pesticides.

Key words: carambola; pesticide residues; exposure assessment; dicofol

中图分类号: TS255.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 12-0196-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201512036

杨桃 (*Averrhoa carambola* L.) 属酢浆草科五敛子属植物的果实, 原产于亚洲东南部, 是我国南方典型的热带水果之一。世界范围内主要种植在热带和亚热带地区, 如印度尼西亚、马来西亚、以色列、美国及部分中美洲国家^[1]。我国主要分布于广东、广西、海南、福建等省份, 栽培品种为香蜜杨桃、马来西亚杨桃、台湾软枝杨桃等。我国杨桃以鲜食为主, 少量加工成杨桃干、

果酱、杨桃汁和杨桃酒等。由于富含多酚、类胡萝卜素和VC等多种天然抗氧化物质, 鲜食杨桃能减少人体自由基, 具有抗衰老、抗癌及预防心脏病等多种保健功能^[2-4]。

荔枝^[5]、龙眼^[6]和香蕉^[7]等皮不可食型热带水果在农药残留分析方面开展的研究较多, 但杨桃中化学污染物的分析鲜有报道。杨桃作为典型的热带水果, 果皮与皮不可食型热带水果的果皮相比薄而嫩, 在果实成熟时容

收稿日期: 2014-09-11

基金项目: 国家果品质量安全风险评估项目 (GJFP2014002); 海南省自然科学基金项目 (212011)

作者简介: 段云 (1979—), 男, 助理研究员, 博士, 研究方向为农产品质量安全风险评估。E-mail: catas.duanyun@hotmail.com

易受到害虫的为害, 农药防治易发生残留。鲜食杨桃通常是清洗后不去皮直接食用, 与皮不可食型热带水果相比, 农药残留的风险更高。基于杨桃作为热带水果的特殊性, 为全面掌握杨桃的质量安全风险, 本实验开展了杨桃生产的调研, 对来自广东、广西、海南和福建的主产区的样品进行分析研究, 根据我国对热带水果中的农药残留和重金属限量, 以日允许摄入量 (acceptable daily intake, ADI) 为参考, 运用点评估与分布点评估模型进行暴露评估分析, 对由污染物引起的健康危害做出评价。

1 材料与方法

1.1 基地调研和样品采集

为了解杨桃质量安全状况, 2013年9月课题组前往杨桃主产区, 广东省廉江市河唇镇杨桃沟、广西壮族自治区南宁市西乡塘区江西镇和福建省漳州市云霄县下河乡等地开展实地调研。从农技人员了解到, 杨桃生产过程中主要病虫害为炭疽病、赤斑病、鸟羽蛾、红蜘蛛、蚜虫、钻心虫、果蝇等。病害相对容易控制, 虫害则较难, 尤其实蝇。当温度高于14℃时, 果实蝇在果园繁殖迅速, 在杨桃果面产卵, 破坏果面并引起腐烂掉果。通常果园间隔4~5 d施药。

采集代表性杨桃样品41份, 来自广东、广西、海南和福建的生产基地、产地收购点、批发市场、农贸市场和街边水果摊, 按照NY/T 789—2004《农药残留分析样本的采样方法》取样。样品采后立即置于聚乙烯薄膜袋, 8 h内带回实验室切片、匀浆, -20℃冷冻保存。

1.2 农药和重金属残留分析

表1 杨桃中检测项目的农药名称、用途及回收率 (n=3)

Table 1 Average recoveries of the pesticides analyzed in carambola (n=3)

名称	用途	平均回收率/%
甲胺磷	杀虫剂	88.6±5.36
乙酰胺磷	杀虫剂	95.4±8.71
氧乐果	杀虫剂	99.4±7.53
毒死蜱	杀虫剂	80.3±1.97
杀螟硫磷	杀虫剂	83.9±4.57
水胺硫磷	杀虫剂	88.6±9.74
克百威	杀虫剂	100.3±6.87
灭多威	杀虫剂	95.2±4.57
灭蝇胺	杀虫剂	91.7±0.27
百菌清	杀菌剂	91.5±4.21
腐霉利	杀菌剂	102.1±5.73
联苯菊酯	杀虫剂	84.6±1.98
甲氧菊酯	杀虫剂	105.6±6.12
氯氟菊酯	杀虫剂	88.8±4.58
氯菊酯	杀虫剂	81.3±7.86
氰戊菊酯	杀虫剂	100.1±1.26
三氯杀螨醇	杀螨剂	98.6±3.12
吡虫啉	杀虫剂	104.4±3.24
啶虫脒	杀虫剂	98.7±0.75
多菌灵	杀菌剂	96.3±1.42
除虫脲	杀虫剂	89.7±2.35
灭幼脲	杀虫剂	91.8±4.13

样品检测采用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方法》、GB 5009.12—2010《食品中铅的测定》和GB/T 5009.15—2003《食品中镉的测定》, 检测22种农药残留 (表1) 和重金属铅、镉。采用GB 2763—2014《食品中农药最大残留限量》和GB 2762—2012《食品中污染物限量》对样品中农药残留和重金属污染是否超标进行判定。对杨桃上没有制定该农药残留限量的, 参考其他作物中较为严格的残留限量进行判定。

1.3 方法

1.3.1 暴露评估

当评价污染物对人体健康是否存在慢性暴露风险时, 一般以ADI为参考, 其表示污染物每日允许的最大暴露剂量, 该数值是根据长期动物实验的数据外推得来^[8]。污染物每日实际污染物膳食暴露量 (estimated daily intake, EDI) 等于个体每日膳食量与膳食中污染物的浓度之乘积再除以个体体质量。描述膳食暴露的风险大小时通常采用慢性风险商 (chronic risk quotient, Q) 的概念, 计算方法如公式 (1) 所示:

$$Q/\% = \frac{EDI}{ADI} \times 100 \quad (1)$$

风险商大于1时, 风险不可接受, 需要进行风险管理和风险预警等各种手段来降低风险, 风险商小于1风险可以接受, 数值越小风险越小。无论运用何种评估模型, 暴露评估的关键是获得最接近实际的个体污染物暴露量。

1.3.2 暴露评估方法

暴露评估方法是食物污染物数据与膳食消费量数据结合, 通过统计学处理, 获得膳食暴露量的估计。个体*i*对于污染物的暴露量是由个体膳食消费量 x_i (g)、个体的体质量 m_i (kg) 以及个体消费的食物中污染物残留量 c_i (mg/kg) 3个因子所决定, 个体*i*对于污染物的暴露量 y_i (mg/kg) 可通过公式 (2) 计算:

$$y_i = \frac{\sum_{k=1}^p x_k c_k}{w_i} \quad (2)$$

膳食暴露评估的模型有点评估模型、分布点评估模型及概率评估模型3类。点评估是较为常用的暴露评估方法, 运用个体膳食消费量的均值、污染物残留量的均值即可进行暴露评估。该方法也称为确定性方法, 因简便易行常用作筛选和确定食物中风险较高的污染物^[9]。由于点评估不能量化个体膳食消费水平和食物中污染物残留浓度的变异, 评估结果较为保守。运用分布点评估模型或概率评估模型对点评估结果中风险较高的污染物进行二次评估, 可弥补点评估的不足^[10]。概率评估将个体作

为研究对象,通过统计模拟在膳食消费量和污染物残留量两个独立分布中进行随机抽样并配对相乘,其模拟的结果更符合实际。

由于独立开展居民膳食消费量数据成本高工作量大,我国学者采用分布点评估的模型较多。运用“中国居民营养与健康状况调查”^[11]的膳食量数据(包括20类不同人群、性别、各类食物的平均摄入量及平均体质量等信息)和食品中污染物的残留分布进行暴露评估^[12-14]。本实验采取点评估模型与分布点评估模型结合的方法,先运用点评估找出风险较高的污染物,再用分布点评估对该污染物进行二次评估,掌握该污染物在人群中的膳食暴露风险。

2 结果与分析

2.1 农药残留分析

表2 杨桃中检出农药的最大残留限量(maximum residue limit, MRL)、平均含量、含量范围和检出频次

Table 2 Maximum residue limits (MRL), mean concentrations, concentration ranges and frequencies of pesticides detected in fresh carambola

农药	MRL/(mg/kg)	平均含量/(mg/kg)	含量范围/(mg/kg)	检出频次
水胺硫磷	0.02(参考柑橘)	0.12	0.026~0.254	8
克百威	0.02(热带和亚热带水果)	0.003	0.002~0.007	3
灭多威	1(参考柑橘)	0.11	0.013~0.246	3
甲氧菊酯	5(热带和亚热带水果)	0.031	0.031	1
氯氟菊酯	0.2(参考芒果)	0.007	0.001~0.016	7
氯菊酯	0.2(杨桃)	0.12	0.008~0.66	33
氰戊菊酯	0.2(热带和亚热带水果)	0.02	0.01~0.03	2
三氯杀螨醇	1(参考柑橘)	1.27	0.14~2.23	5
吡虫啉	1(参考柑橘)	0.03	0.02~0.10	9
多菌灵	0.5(参考芒果)	0.09	0.01~0.20	16
灭幼脲	3(参考结球甘蓝)	0.10	0.02~0.25	15

如表2所示,杨桃中有11种农药检出,11种未检出。检出频率最高农药为氯菊酯(33次)、多菌灵(16次)和灭幼脲(15次),检出超标的农药为水胺硫磷和三氯杀螨醇。样品采集时间为9月份,该时期果蝇为害较为严重,在未采用套袋技术的果园,部分农户未按规定施用高毒农药造成农药残留超标。样品中检出的农药种类从无残留到多残留不等,单样品的农药残留情况为:31.7%(13份)的样品含2种残留,24.4%(10份)的含3种,22.0%(9份)的含1种,19.5%(8份)的含3种以上残留,2.4%无残留。

从杨桃采收基地到农贸市场,不同环节的农药残留种类存在差异。多残留样品主要存在产区基地和产区收购点采集的样品(21份)中,87.5%的多残留(3种以上)存在该环节。批发市场(10份)和农贸市场、水果摊的样品农药残留种类主要为1~3种,仅1份(3种以上)多残留。与本实验结果类似,Arias等^[15]所采集番茄

样品也遵循相似的规律。直接将样品暴露在阳光和一定的温度条件下,有利农药的降解。

GB 2763—2014对11种检出的农药残留在不同作物中规定了MRL,然而仅4种农药(克百威、甲氧菊酯、氰戊菊酯和氯菊酯)制定了在杨桃上的残留限量,其他7种农药均未制定相应限量。残留分析结果显示,多菌灵和灭幼脲在样品中检出频次为16次和15次,检出率高达39%和36.6%,因此迫切需要在杨桃等热带水果上制定相应残留限量,以规范农药的安全施用。

2.2 重金属残留分析

表3 杨桃中检出重金属的MRL、平均含量、含量范围和超标频次
Table 3 MRL, mean concentrations, concentration ranges and frequencies of exceeding the limits of pesticides in fresh carambola

重金属	MRL/(mg/kg)	平均含量/(mg/kg)	含量范围/(mg/kg)	超标频次
铅	0.1(新鲜水果)	0.02	0.005~0.1	0
镉	0.05(新鲜水果)	0.009	0.005~0.015	3

如表3所示,杨桃样品检测铅、镉2种重金属,无样品铅超标,有3份样品中镉含量超过污染限量。样品中重金属超标与土壤基质^[16]、是否施用垃圾肥^[17]和环境污染等因素有关。

2.3 暴露评估

2.3.1 点评估

表4 点评估法计算杨桃中农药残留的慢性风险商

Table 4 Possible potential risk due to average daily intake of pesticides through carambola consumption

农药	EDI/($\mu\text{g/kg}$)	ADI/($\mu\text{g/kg}$)	慢性风险商/%
水胺硫磷	9.6×10^{-2}	10	0.96
克百威	2.2×10^{-3}	1	0.23
灭多威	8.1×10^{-2}	20	0.41
甲氧菊酯	2.4×10^{-2}	30	0.08
氯氟菊酯	5.3×10^{-3}	20	0.03
氯菊酯	9.6×10^{-2}	20	0.48
氰戊菊酯	1.9×10^{-1}	20	0.93
三氯杀螨醇	9.7×10^{-1}	2	48.5
吡虫啉	2.5×10^{-2}	60	0.04
多菌灵	7.1×10^{-2}	30	0.24
灭幼脲	7.8×10^{-2}	20	0.39

注:EDI、ADI均以体质量计;ADI来自CAC官方网站^[21]。

点评估是最为简便的评估模型,该方法有助于锁定食物中可能存在的高风险因子,运用污染物含量的均值、每日膳食量的均值和体质量定值(60 kg)进行计算即得到结果^[8]。本实验运用点评估法^[18-19]对杨桃检出的11种农药进行了暴露评估,如表4所示。结果表明:11种农药残留中,三氯杀螨醇可能的慢性风险商最高,占ADI的48.5%。其他10种农药的潜在风险较小,风险商仅占ADI的0.03%~0.96%。由于点评估采用膳食量的均

值和污染物的残留均值, 忽视了消费量和污染物含量的变异性和样品抽样与检测等过程的不确定性, 计算得到的暴露量偏高, 使评估结果趋于保守^[20]。分布点评估或概率评估模型恰好能弥补点评估的不足, 基于点评估筛选出三氯杀螨醇的潜在风险, 本实验运用分布点评估法对其进行了膳食暴露分析。

2.3.2 分布点评估

分布点评估采用污染物含量的分布和不同人群食品摄入量的均值进行暴露分析, 该方法考虑了污染物含量的变异性, 其结果比点评估更具有信息价值。本实验分布点评估的各消费人群的膳食量信息来自于2002年全国居民营养与健康状况调查^[11]。通过@Risk软件 (@Risk™ 6.2 for Excel Professional Edition; Palisade, London, UK) 将杨桃中三氯杀螨醇的残留数据与不同参数化分布进行分布拟合, 运用卡方、赤池、贝叶斯、安德森-达林和科尔莫戈罗夫-斯米尔诺夫5种统计方法进行检验, 根据检验结果确定杨桃中三氯杀螨醇的最佳拟合分布。模拟的结果显示, 残留量数据符合RiskPareto (1.089 9, 0.000 5) 分布。随后在不同人群膳食消费量 X 和污染物残留量 C 独立分布之间进行随机抽样、组合, 获得各人群的膳食暴露量分布, 每次模拟过程循环100 000次。

表5 不同人群杨桃三氯杀螨醇的暴露量估计 (95%置信区间)
Table 5 Estimated dicofol exposure from carambola in terms of ADI percentage for different age groups (95% confidence interval)

年龄/岁	体质量/kg ^[10]	水果消费量/g ^[10]	三氯杀螨醇暴露量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
			P_{50}	$P_{97.5}$	$P_{99.5}$
2~3	13.48~14.06	43.7~44.4	0.17~0.23	1.4~1.6	3.4~3.6
4~6	17.51~18.20	47.2~51.4	0.10~0.16	1.1~1.2	2.8~3.2
7~10	25.12~25.98	46.9~47.1	0.07~0.14	0.7~0.8	2.0~2.1
11~13	36.22~36.39	45.6~47.0	0.09~0.01	0.5~0.6	1.3~1.4
14~17	47.81~50.58	48.5~58.1	0.07~0.09	0.4~0.5	1.1~1.3
18~29	52.85~62.52	41.8~52.9	0.05~0.07	0.3~0.4	0.7~1.1
30~44	55.73~64.42	35.9~45.4	0.04~0.06	0.2~0.3	0.6~0.9
45~59	56.59~62.71	32.1~37.3	0.03~0.04	0.2~0.3	0.5~0.7
60~69	53.51~60.48	33.8~34.8	0.04~0.05	0.2~0.3	0.6~0.7
≥ 70	49.8~57.33	27.0~21.7	0.03~0.04	0.1~0.2	0.4~0.5

如表5所示, 10个不同年龄段消费人群模拟结果表明, P_{50} 水平下三氯杀螨醇的暴露量在0.03~0.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 占ADI值2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的1.5%~11.5%, 潜在风险微小。在较高的 $P_{97.5}$ 和 $P_{99.5}$ 水平下, 暴露值从高年龄段(≥ 70 岁)至低年龄段(2~3岁)不断增加, 逐渐接近ADI值, 2~3岁和4~6岁的暴露值甚至超过ADI值, 但其他年龄段的暴露量均低于ADI的40%。总体来看, 杨桃中三氯杀螨醇对10个消费人群的膳食危害较小。除2~3、4~6岁和7~10岁外, 各人群 $P_{99.5}$ 暴露值大多低于

ADI, 说明因食用杨桃引起的三氯杀螨醇暴露在幼儿和儿童(2~10岁)的亚群存在风险最高。

我国在棉籽油(0.5 mg/kg)和柑橘、橙、柚、柠檬、苹果、梨(1 mg/kg)中对三氯杀螨醇作了MRL的规定(参考GB 2763—2014)。国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)对MRL的建议为香料0.1 mg/kg 、水果0.1 mg/kg 、浆果0.1 mg/kg 。比较我国与CAC三氯杀螨醇的限量, 我国的MRL比CAC明显要宽松。农药残留限量是衡量食品安全的重要依据^[19], 当MRL不足以保护个体健康时, 可能增加潜在的摄入风险。基于三氯杀螨醇使用的普遍性和高风险性, 建议在杨桃等热带水果上进行农药残留登记并制定相应残留限量或者筛选替代品。

3 结论

本研究表明, 我国广东、广西、海南和福建杨桃主产省杨桃中农药残留和重金属的污染较轻。经杨桃中农药残留的点评估分析, 三氯杀螨醇可能存在风险的较高, 其他农药残留风险微小。由于点评估的结果较为保守, 为进一步明确杨桃中三氯杀螨醇的膳食风险, 本实验运用分布点评估模型对三氯杀螨醇的进行了再次评估。结果表明, 10个不同年龄段人群中2~10岁的亚群值得关注, 三氯杀螨醇的最大暴露量为ADI的100%~180%, 存在不可接受的风险。为保障杨桃消费安全, 基于杨桃中三氯杀螨醇的潜在风险及多菌灵和灭幼脲较高的检出率, 建议制定三氯杀螨醇、多菌灵和灭幼脲在杨桃上的残留限量或筛选三氯杀螨醇的替代品, 同时采取措施重点范围对化学污染物进行监控, 确保膳食安全、风险可控。

参考文献:

- [1] PINO J, MARBOT R, ROSADO A, et al. Volatile components of *Averrhoa bilimbi* L. fruit grown in Cuba[J]. Journal of Essential Oil Research, 2004, 16(3): 241-242.
- [2] LEONG L P, SHUI G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets[J]. Food Chemistry, 2002, 76(1): 69-75.
- [3] LIM Y Y, LIM T T, TEE J J. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study[J]. Food Chemistry, 2007, 103(3): 1003-1008.
- [4] BICAS J L, MOLINA G, DIONISIO A P, et al. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1843-1855.
- [5] 鞠荣, 徐汉虹, 邓业成, 等. 农药在荔枝上的安全施用及其残留[J]. 广西农业科学, 2003(2): 38-41.
- [6] 邹冬梅, 吕岱竹, 李建国, 等. 我国龙眼农药最大残留限量制定及农药残留现状分析[J]. 中国热带农业, 2012, 49(6): 8-11.

- [7] 卢植新, 黄辉晔, 林明珍, 等. 代森锰锌及其代谢物在香蕉上和土壤中的消解动态及残留安全性评价[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(3): 1194-1198.
- [8] 袁玉伟, 王静, 叶志华. 食品中农药残留的膳食暴露与累积性暴露评估研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 374-378.
- [9] CALEYS W L, VOGHEL S D, SCHMIT J F, et al. Exposure assessment of the Belgian population to pesticide residues through fruit and vegetable consumption[J]. Food Additives and Contaminants, 2008, 25(7): 851-863.
- [10] VOSE D. Risk analysis: a quantitative guide[M]. Chichester(UK): Wiley, 2006.
- [11] 金水高. 中国居民营养与健康状况调查报告之十: 2002年营养健康状况数据集[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [12] CHEN Chen, QIAN Yongzhong, LIU Xianjin, et al. Risk assessment of chlorpyrifos on rice and cabbage in China[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2012, 62(1): 125-130.
- [13] 张致恒, 袁玉伟, 王强, 等. 浙江居民毒死蜱和氯氰菊酯的长期膳食暴露与风险评估[J]. 农药学报, 2010, 12(3): 335-343.
- [14] 陈志军, 宋雯, 李培武, 等. 中国花生中镉含量调查与膳食风险评估[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 237-244.
- [15] ARIAS L A, BOJACA C R, AHUMADA D A, et al. Monitoring of pesticide residues in tomato marketed in Bogota, Colombia[J]. Food Control, 2014, 35(1): 213-217.
- [16] 周聪, 赵敏. 蔬菜产地酸性土壤中Pb、Cd、Cr形态分析研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(7): 1272-1277.
- [17] 周聪, 刘洪升, 冯信平, 等. 海南垃圾肥的重金属含量及对无公害果蔬的影响[J]. 热带作物学报, 2003, 24(2): 86-90.
- [18] 罗伟. 食品中毒死蜱残留的暴露评估[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 71-72.
- [19] BOON P E, van der VOET H, van KLAVEREN J D. Validation of a probabilistic model of dietary exposure to selected pesticides in Dutch infants[J]. Food Additives and Contaminants, 2003, 20(Suppl 1): 36-49.
- [20] 陈夏, 李江华. 食品安全风险分析在农药残留标准制定中的应用探讨[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 430-434.
- [21] Codex alimentarius international food standards[DB/OL]. <http://www.codexalimentarius.org/standards/pesticides-mrls/en/>.