

固相萃取-气相色谱法测定玉米中有机氯和拟除虫菊酯农药残留量

史晓梅, 陈士恒, 章 晴, 高 丁, 杨永坛*

(中粮营养健康研究院, 北京市营养健康与食品安全重点实验室, 北京 102209)

摘要: **目的** 建立气相色谱-电子捕获检测器法(GC-ECD)测定玉米中 16 种有机氯和拟除虫菊酯农药残留量的方法。**方法** 玉米样品经乙腈超声提取后, 使用 Florisil 进行固相萃取净化, 样品经氮吹浓缩后, 使用气相色谱电子捕获检测器测定。**结果** 16 种有机氯和拟除虫菊酯农药在 0.01~0.5 mg/L 浓度范围内呈现良好线性关系, R^2 大于 0.99; 在 0.02、0.05、0.2 mg/kg 三个添加浓度上回收率范围为 71.0%~103%, 相对标准偏差 1.28%~8.74%, 检出限在 0.1~16 $\mu\text{g/kg}$ 之间。**结论** 该方法前处理操作快速简单, 能够有效净化样品, 满足玉米中有机氯和拟除虫菊酯农药的日常检测和监管工作, 适用于大批次样品的定性定量分析。

关键词: 有机氯农药; 拟除虫菊酯农药; 固相萃取; 气相色谱法; 玉米

Simultaneous determination of organic chlorine and pyrethroid pesticides residues in corn by solid phase extraction-gas chromatography

SHI Xiao-Mei, CHEN Shi-Heng, ZHANG Qing, GAO Ding, YANG Yong-Tan*

(Beijing Key Laboratory of Nutrition Health and Food Safety, COFCO Nutrition & Health Research Institute, Beijing 102209, China)

ABSTRACT: Objective To develop a method for the simultaneous determination of organic chlorine and pyrethroid pesticides residues in corn by gas chromatography with ECD detector. **Methods** Corn samples were extracted with acetonitrile by ultra-sonic, and the extracts were purified by solid phase extraction using Florisil, then samples were detected by GC-ECD after concentrated by nitrogen flushing. **Results** The method showed a good linearity in the range of 0.01~0.5 mg/L for organic chlorine and pyrethroid pesticides with $R^2 > 0.99$. The recoveries were in the range of 71.0%~103% at 3 spiked levels of 0.02, 0.05, and 0.2 mg/kg for organic chlorine and pyrethroid pesticides, and the relative standard deviations (RSDs) were 1.28%~8.74%. The limit of detection was in the range of 0.1~16 $\mu\text{g/kg}$. **Conclusion** The method is suitable for quantitative and qualitative determination of organic chlorine and pyrethroid pesticides residues in a large number of corn samples with a sample and fast pretreatment procedure. Meanwhile, samples can be effectively cleaned up, and it could meet the requirements of daily inspection and supervision work.

KEY WORDS: organic chlorine pesticides; pyrethroid pesticides; solid phase extraction; gas chromatography; corn

*通讯作者: 杨永坛, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: yangyongtan@cofco.com

*Corresponding author: YANG Yong-Tan, Senior Engineer, Food Quality & Safety Center, COFCO Nutrition & Health Research Institute, Road No.4, Future Science and Technology Park South, Beiqijia, Changping, Beijing 102209, China. E-mail: yangyongtan@cofco.com

1 引言

我国是以玉米谷物为主的生产和出口国,玉米中含有丰富的淀粉、脂肪和蛋白质,具有极高的营养价值和保健功能,是重要的食品和饲料原料^[1,2]。然而有机氯和拟除虫菊酯农药的大量使用导致其在玉米等谷物农产品中的残留量超标,影响该类农产品的进出口贸易^[3]。针对玉米等粮谷类产品,欧美等发达国家和地区制定了300多项限量标准要求,日本的“肯定列表制度”(即食品中残留农业化学品肯定列表制度)提出更加全面、系统、严格的限量要求。鉴于以上国内外情况,开展玉米中有机氯和拟除虫菊酯农药的检测方法研究具有重要意义。

目前,检测玉米中有机氯和拟除虫菊酯农药残留常用的前处理方法有固相萃取、分散固相萃取、加速溶剂萃取等^[4-8]。分散固相萃取的方法属于快速简便的样品前处理技术,该方法也可应用于玉米中农药残留量的检测分析。杨佳佳等^[9]报道了加速溶剂萃取-气相色谱法测定多种谷物(包括玉米)中有机氯农药残留,该方法可以有效提高目标分析物的提取效率,但是需要消耗较多有机试剂。玉米等谷物中农药残留问题早已成为关注的焦点,因此农药残留检测数据的准确性显得至关重要。为了提供更科学、完整的检测数据,测量不确定度逐渐受到各国检测实验室的重视^[10-13]。

本实验采用超声波辅助提取方法,优化建立固相萃取净化的方式,能够有效去除玉米中的基质干扰物,提高有机氯和拟除虫菊酯的提取效率和检测灵敏度,最后采用气相色谱电子捕获检测器法测定有机氯和拟除虫菊酯农药。从整个方法的前处理和仪器检测出发,对氯氰菊酯农药残留量的不确定度进行评价。该方法能够有效净化玉米样品,满足不同的实际检测需求,提供准确快速的定性和定量分析。

2 材料与方法

2.1 仪器与材料

农药标准品:单标储备液浓度100 mg/L,纯度在99.0%~99.6%(购于农业部环境保护科研监测所),分别移取0.5 mL储备液于5 mL容量瓶中,使用正己烷定容,配制成10 mg/L的混合标准溶液; Florisil 固相萃取柱(1 g/6 mL, 博纳艾杰尔公司); 乙腈、正己烷、丙酮(色谱纯,美国 Fisher 公司)。玉米样品购自

本地超市。

GC-2010 Plus 气相色谱仪(配 ECD 检测器,日本岛津公司); TG 16-II 台式高速低温离心机(长沙平凡仪器仪表); BSA 224S-CW 电子天平(德国赛多利斯集团); SB-3200 DTDN 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司); HGC-24A 氮吹仪(天津恒奥科技发展有限公司); QL-902 旋涡混合器(海门其林贝尔仪器制造有限公司); 固相萃取装置(美国安捷伦科技有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 样品前处理

准确称取粉碎好的玉米样品10.0 g,置于50 mL 塑料离心管中,加入20 mL 乙腈,充分涡旋振荡2 min,超声20 min,8000 r/min 离心5 min。分别用5 mL 正己烷、5 mL 正己烷-丙酮(90:10, v:v)淋洗净化 Florisil 柱,弃掉淋洗液,柱面要留有少量液体。准确吸取样品提取液2 mL 加到已淋洗过的净化柱中,用10 mL 正己烷-丙酮(95:5, v:v)洗脱,收集上样液和洗脱液于塑料管中,于氮吹仪上浓缩近干,用1.0 mL 正己烷定容,供气相色谱分析。

2.2.2 仪器条件

色谱柱: DB-35ms(30 m×0.25 mm, 0.25 μm, 美国 Agilent 公司)。程序升温: 100 °C 保持2 min, 然后以10 °C/min 升温至300 °C, 保持18 min; 载气: 高纯氮气, 恒流模式, 流速为1.0 mL/min; 进样口温度: 220 °C; 进样方式: 分流进样, 分流比: 10:1; 进样量: 1 μL; 检测器温度320 °C。

3 结果和讨论

3.1 前处理条件的选择

实验比较石油醚、乙腈和丙酮的提取效果,石油醚和丙酮提取的玉米样品颜色较深,因而会对净化步骤造成影响。乙腈作为提取溶液能够充分提取目标物农药,而且提取样品中有较少的基质干扰物。在提取方式上,实验以快速提取为原则,选择超声波辅助提取方式,仪器设备较为简单易操作,所需时间小于30 min。由于玉米样品色素含量较高,因而需要对提取溶液进行净化。弗罗里硅土固相萃取柱(Florisil)是一种高选择性的吸附剂,对于基质复杂的样品有着良好的净化效果,实验选择 Florisil 固相萃取柱。16种有机氯和拟除虫菊酯农药基质匹配标准溶液的色谱图如图1所示。

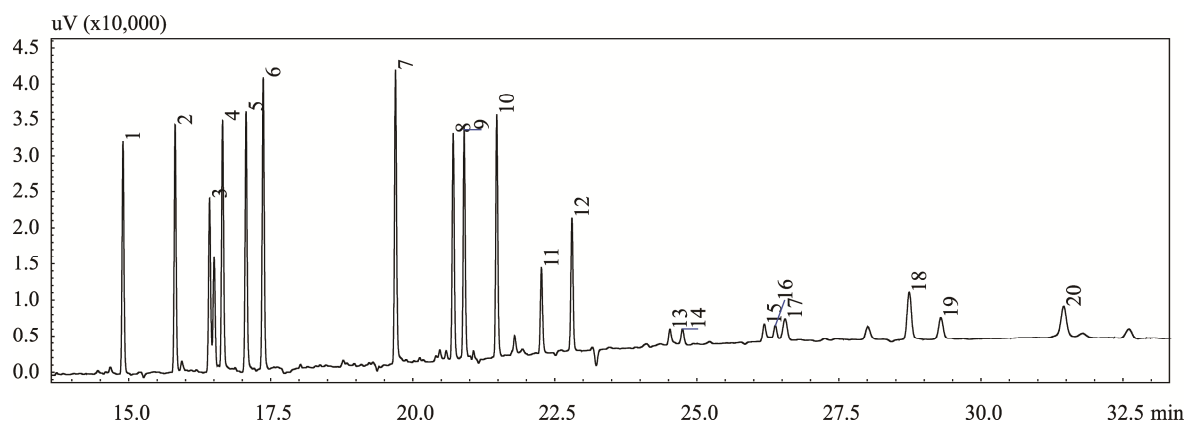


图1 16种有机氯和拟除虫菊酯农药基质匹配标准溶液(0.01 mg/kg)的色谱图

Fig. 1 Chromatogram of the 16 organochlorine pesticides matrix-match standard solutions (0.01 mg/kg)

(从左往右依次: 1: α -六六六; 2: γ -六六六; 3: β -六六六; 4: 七氯; 5: δ -六六六; 6: 艾氏剂; 7: p, p' -滴滴伊; 8: o, p' -滴滴涕; 9: p, p' -滴滴涕; 10: p, p' -滴滴涕; 11: 甲氰菊酯; 12: 氯氰菊酯; 13: 氯菊酯-1; 14: 氯菊酯-2; 15: 氯氰菊酯-1; 16: 氯氰菊酯-2; 17: 氯氰菊酯-3; 18: 氰戊菊酯-1; 19: 氰戊菊酯-2; 20: 溴氰菊酯)

(1: α -HCH; 2: γ -HCH; 3: β -HCH; 4: Heptachlor; 5: δ -HCH; 6: aldrin; 7: p, p' -DDE; 8: o, p' -DDT; 9: p, p' -DDD; 10: p, p' -DDT; 11: fenprothrin; 12: cyhalothrin; 13: permethrin-1; 14: permethrin-2; 15: cypermethrin-1; 16: cypermethrin-2; 17: cypermethrin-3; 18: esfenvalerate-1; 19: esfenvalerate-2; 20: deltamethrin)

3.2 线性范围、方法回收率与检出限

使用玉米空白样品提取溶液作为基质匹配标准溶液的稀释液,将10 mg/L的混合标准液逐级稀释至浓度为0.500、0.200、0.050、0.020、0.010 mg/L的基质匹配标准溶液进行测定,以有机氯和拟除虫菊酯农药的质量浓度对相应的峰面积绘制标准曲线,求得线性方程及相关系数。在相应线性范围内进行低、中、高3个浓度的添加回收实验,每个水平做6个平行样品进行测定,计算相对标准偏差RSD,以 $S/N=3$ 计算检出限(LOD),以 $S/N=10$ 计算定量限(LOQ),详见表1。

3.3 不确定度评价

不确定度表示被测量值的分散性,是对被测量值在某个量值范围内的评定,分为A类和B类^[14,15]。本方法中氯氰菊酯的不确定度分量中主要来自以下方面,具体不确定度的量化计算过程包括:

3.3.1 标准品纯度引入的不确定度

在标品证书上给出的氯氰菊酯的浓度是100 mg/L,不确定度 u_c 是 ± 0.06 mg/L,则相对标准不确定度是: $u_{c\text{rel}} = (0.06 \text{ mg/L}) / (100 \text{ mg/L}) = 0.0006$ 。

3.3.2 样品称重质量引入的不确定度

称取10 g样品时使用的万分之一电子天平(误差0.1 mg),按均匀分布 $k=\sqrt{3}$,则此环节引入的标准不确定度 $u_{m(\text{样品})} = a/k = 0.1 \text{ mg} / \sqrt{3} = 0.0577 \text{ mg}$,相对标准

不确定度分别为 $u_{m\text{rel}} = 0.0577 \text{ mg} / 10000 \text{ mg} = 0.00000577$ 。

由样品称重质量引入的不确定度的值很小,可忽略不计。

3.3.3 体积引入的不确定度

包括样品定容和标准工作溶液稀释过程中引入的不确定,主要来源于三个方面:A级玻璃计量器具校准、温度对玻璃器具体积变化、温度对试剂体积变化,经过计算 $u_{v\text{rel}} = 0.0136$ 。

3.3.4 标准曲线引入的不确定度

采用6个质量浓度水平的氯氰菊酯农药标准溶液(包括零点),分别测定2次,得到相应浓度的峰面积平均值,用最小二乘法进行拟合,得到线性方程 $Y = 734188X - 1958$ 和其相关系数(见表1)。

①仪器测量值与理论计算公式计算值的标准偏差,经过计算得出本实验中 $S = 6768.47$,计算公式为

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [A - (B_1 C + B_0)]^2}{n-2}}$$

②标准溶液残差平方和, $S_{xx} = \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2 = 0.322$,由标准曲线引入的不确定度

$$u_{cc} = \frac{S}{B_1} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(C - \bar{C})^2}{S_{xx}}} = 0.00562, \quad u_{cc\text{rel}} = \frac{u_{xx}}{x} = 0.301。$$

3.3.5 重复性引入的不确定度

用气相色谱测量样品共6次,计算不确定度公式

为 $u_{rep} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}}$, 由重复性引入的相对不
定度 $u_{rep\ rel} = 0.0277$ 。

3.5.6 合成不确定度

包括标准品浓度引入的相对不确定度=0.0006,
体积引入的相对不确定度=0.0136, 标准曲线引入的
相对不确定度=0.301, 重复性引入的相对不确定度
=0.0277。

$$u_{rel} = \sqrt{u_{c\ rel}^2 + u_{v\ rel}^2 + u_{cc\ rel}^2 + u_{rep\ rel}^2} = 0.303$$

3.4 实际样品分析

应用实验建立的方法对市场上购买的 5 个玉米
样品进行测定, 检测结果见表 2。最大残留限量(MRL)
为 GB 2763-2014 对玉米或谷物中有机氯和拟除虫菊
酯的残留限量规定, 六六六为 α -六六六、 β -六六六、
 γ -六六六、 δ -六六六含量之和, 滴滴涕为 p, p' -滴滴
涕、 o, p' -滴滴涕、 p, p' -滴滴伊和 p, p' -滴滴含量之
和。由表 2 中可以看出实验中所选的 5 个玉米样品中,
3 个样品检出六六六, 但其检出量远小于我国规定的
最大残留限量 0.05 mg/kg。

表 1 16 种有机氯、拟除虫菊酯农药的线性范围、相关系数、回收率、检出限 (n=6)
Table 1 Linear equations, correlation coefficients, recoveries, LOD of 16 organic chlorine and pyrethroid pesticides
matrix-match standard solutions (n=6)

序号	农药 名称	线性方程	R^2	添加浓度 0.02 mg/kg	添加浓度 0.05 mg/kg	添加浓度 0.2 mg/kg	LOD ($\mu\text{g/kg}$)
				平均回收率(RSD, %)	平均回收率(RSD, %)	平均回收率(RSD, %)	
1	α -六六六	$Y=1812514X+2537$	0.999	75.0 (5.58)	86.6 (5.84)	90.0 (3.31)	0.1
2	β -六六六	$Y=1091017X+15578$	0.996	75.7 (4.05)	103 (4.78)	101 (2.03)	0.2
3	γ -六六六	$Y=1902430X+10791$	0.998	79.0 (6.31)	92.0 (6.24)	94.0 (3.23)	0.5
4	δ -六六六	$Y=2056740X+10386$	0.999	75.5 (7.09)	92.0 (4.38)	95.0 (2.31)	0.5
5	p, p' -滴滴涕	$Y=1820116X+12702$	0.999	79.5 (5.52)	95.4 (3.50)	93.5 (1.31)	1.0
6	p, p' -滴滴滴	$Y=1724179X+9043$	0.998	72.0 (4.94)	94.8 (2.99)	95.5 (2.10)	1.0
7	p, p' -滴滴伊	$Y=2132893X+10123$	0.999	71.5 (5.50)	92.2 (4.15)	92.0 (1.84)	0.8
8	o, p' -滴滴涕	$Y=1569531X+18968$	0.997	76.0 (5.74)	99.2 (3.73)	96.5 (1.63)	1.0
9	七氯	$Y=1886718X+20616$	0.998	82.5 (3.11)	90.2 (6.13)	93.5 (2.84)	0.8
10	艾氏剂	$Y=2077708X+11210$	0.999	71.0 (5.92)	91.0 (5.30)	93.0 (2.72)	0.8
11	甲氰菊酯	$Y=592013X+9495$	0.996	78.0 (4.49)	103 (2.82)	98.0 (1.37)	3.0
12	氯氟氰菊酯	$Y=1195973X+332$	0.999	85.5 (2.11)	93.0 (2.22)	94.0 (2.84)	0.8
13	氯菊酯	$Y=326012X+2846$	0.997	71.5 (2.64)	96.2 (2.73)	89.5 (1.28)	16
14	氯氰菊酯	$Y=734188X-1958$	0.999	75.0 (4.44)	94.6 (8.22)	95.5 (1.61)	5.0
15	氰戊菊酯	$Y=1072571X+2148$	1.000	94.5 (2.14)	93.4 (2.55)	83.0 (1.76)	3.0
16	溴氰菊酯	$Y=553264X+6228$	0.999	83.5 (8.74)	95.6 (5.34)	94.0 (3.09)	1.6

表 2 实际玉米样品检测结果(mg/kg)
Table 2 Determination results of real corn samples (mg/kg)

农药名称	Corn 1	Corn 2	Corn 3	Corn 4	Corn 5	MRL (mg/mg)
六六六	0.003	0.004	n.d.	0.006	n.d.	0.05
滴滴涕	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.05
七氯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02
艾氏剂	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02
甲氰菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1
氯氟氰菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02
氯菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.0
氯氰菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.05
氰戊菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02
溴氰菊酯	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.2

注: n.d. 为没有检测出。

4 结 论

建立固相萃取-气相色谱电子捕获检测器法测定玉米中有机氯和拟除虫菊酯的残留量,样品的净化方法使用 Florisil 固相萃取,方法的灵敏度能满足国内外食品安全标准中对玉米中有机氯和拟除虫菊酯的最大残留限量要求,准确性好,而且前处理方法简便快速成本较低。在 0.02~0.20 mg/kg 的添加水平,16 种有机氯和拟除虫菊酯的平均回收率是 71.0%~103%,相对标准偏差($n=6$)在 1.28%~8.74%,检出限是 0.1~16 $\mu\text{g/kg}$ 。固相萃取方法有良好的净化效果,能够满足检测监督的需求,适用于基层企业的推广。

参考文献

- [1] 王智亮, 安静, 王晓红, 等. 玉米和大豆中多种有机氯农药残留检测方法研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(14): 95-98.
Wang ZL, An J, Wang XH, *et al.* Method research of multi organochlorine pesticides determination technology in corn and soybean [J]. Chin J Food Res Dev, 2013, 34(14): 95-98.
- [2] Stanisław W, Dariusz D. Improvement and extension to new analytes of a multi-residue method for the determination of pesticides in cereals and dry animal feed using gas chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry revisited [J]. J Chromatogr A, 2012, 1251(16): 219-231.
- [3] Zhang YP, Yang J, Shi RH. Development of an analytical method based on accelerated solvent extraction, solid-phase extraction clean-up, then GC-ECD for analysis of fourteen organochlorine pesticides in cereal crops [J]. Chin J Chromatogr, 2011, 73(3): 385-391.
- [4] 卢晓宇, 韩深, 王金花, 等. 气相色谱-质谱法测定玉米中 50 种残留农药[J]. 现代科学仪器, 2007, 17(5): 84-88.
Lu XY, Han S, Wang JH, *et al.* Multiresidue determination of 50 pesticides in corn by gas chromatography/mass spectrometry [J]. Chin J Mod Sci Instrum, 2007, 17(5): 84-88.
- [5] Pang GF, Liu YM, Fan CL, *et al.* Simultaneous determination of 405 pesticide residues in grain by accelerated solvent extraction then gas chromatography-mass spectrometry or liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Anal Bioanal Chem, 2006, 384(6): 1366-1408.
- [6] 李春风, 沈伟健, 蒋原, 等. 分散固相萃取气相色谱-负化学离子源质谱法测定大豆和玉米中 20 种农药的残留量[J]. 色谱, 2009, 27(2): 176-180.
Li CF, Shen WJ, Jiang Y, *et al.* Determination of 20 kinds of pesticide residues in soybeans and corn using gas chromatography-negative chemical ionization mass spectrometry coupled with offline disperse solid-phase extraction [J]. Chin J Chromatogr, 2009, 27(2): 176-180.
- [7] He ZY, Wang L, Peng Y, *et al.* Multiresidue analysis of over 200 pesticides in cereals using a QuEChERS and gas chromatography-tandem mass spectrometry-based method [J]. Food Chem, 2015, 169: 372-380.
- [8] Kang S, Chang N, Zhao Y, *et al.* Development of a method for the simultaneous determination of six sulfonylurea herbicides in wheat, rice, and corn by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(18): 9776-9781.
- [9] 杨佳佳, 佟玲, 吴淑琪, 等. 加速溶剂萃取-气相色谱法测定谷物中有机氯农药和多氯联苯[J]. 岩矿测试, 2013, 32(3): 487-494.
Yang JJ, Tong L, Wu SQ, *et al.* Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in grains using gas chromatography with accelerated solvent extraction [J]. Chin J Rock Miner Anal, 2013, 32(3): 487-494.
- [10] 邵华, 刘肃, 钱永忠. 气相色谱-质谱联用法测定乐果的不确定度评定[J]. 分析试验室, 2006, 25(6): 84-87.
Shao H, Liu S, Qian YZ. Evaluation on uncertainty of determination of dimethoate by GC-MS [J]. Chin J Anal Lab, 2006, 25(6): 84-87.
- [11] 蒋永祥, 叶丽. 茶叶中多种有机磷农药残留量测定不确定度的评定[J]. 分析试验室, 2006, 25(12): 54-57.
Jiang YX, Ye L. Uncertainty evaluation of determination of organophosphorus pesticide multi-residues in tea [J]. Chin J Anal Lab, 2006, 25(12): 54-57.
- [12] Stanisław W. Validation and use of a QuEChERS-based gas chromatographic-tandem mass spectrometric method for multiresidue pesticide analysis in black currants including studies of matrix effects and estimation of measurement uncertainty [J]. Talanta, 2014, 120: 106-113.
- [13] Jordi Q, Isabel M, Francesc V. Monitoring of pesticides in drinking and related waters in NE Spain with a multiresidue SPE-GC-MS method including an estimation of the uncertainty of the analytical results [J]. J Chromatogr A, 2001, 938(1): 3-13.
- [14] JJF 1135-2005 化学分析测量不确定度评定[S].
JJF 1135-2005 Evaluation of uncertainty in chemical analysis measurement [S].
- [15] 王吉祥, 张学忠, 王亚琴, 等. 气相色谱法和气相色谱-质谱法测定茶叶中联苯菊酯的不确定度评定[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 200-203.
Wang JX, Zhang XZ, Wang YQ, *et al.* Uncertainty evaluation for the determination of bifenthrin in tea by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Sci, 2014, 35(12): 200-203.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



史晓梅, 研发专员, 主要研究方向为
食品质量与安全。
E-mail: shi_xiaomei@cofco.com



杨永坛, 高级工程师, 主要研究方向
为食品质量与安全。
E-mail: yangyongtan@cofco.com

“鲜切果蔬”专题征稿

鲜切果蔬又称最少加工果蔬、半加工果蔬、轻度加工果蔬等。鲜切果蔬因其具有清洁卫生、新鲜、食用方便等特点, 可满足人们追求天然、营养、快节奏的生活方式, 从而越来越受到消费者的喜爱。

鉴于此, 本刊特别策划了“鲜切果蔬”专题, 由大连民族大学的胡文忠教授担任专题主编。胡教授现任大连民族大学生命科学学院院长、生物技术与资源利用国家民委—教育部重点实验室副主任、辽宁省省级高校生物工程下游技术重点实验室副主任、大连民族学院生物工程研究中心副主任。中国食品科学技术学会理事、高级会员, 辽宁省食品科学技术学会副理事长、中国农学会农产品贮藏加工分会常务理事。本专题主要围绕鲜切果蔬的研究进展、营养与功能、加工工艺、包装与贮藏、保鲜技术、有害物质检测和控制、发展方向等方面或者您认为在鲜切果蔬方面有意义的内容进行论述, 计划在 2015 年 7 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及胡文忠教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 6 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部