

· 研究论文 ·

# 模拟加工对菠菜中农药残留量及膳食暴露评估的影响

袁玉伟<sup>1,2</sup>, 张志恒<sup>1</sup>, 叶志华<sup>\* 2</sup>

(1. 浙江省农业科学院 农产品质量标准研究所, 杭州 310021;

2. 中国农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 采用田间喷药、室内模拟加工和气相色谱检测方法,研究了水洗、漂烫和烘干处理对菠菜中毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯残留量的影响。结果表明:在田间推荐剂量下,当毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯的有效成分用量分别为 0.038 8、0.001 和 0.01 g/m<sup>2</sup> 时,经水洗和漂烫处理,菠菜中上述 3 种农药的残留量分别降低 22.6%、53.8% 和 50.8%;而加倍剂量处理时,则分别降低 8.5%、61.4% 和 40.2%;烘干处理对毒死蜱的去除作用大于 50%,但对氯氰菊酯和氰戊菊酯的去除作用仅为 10% 左右。对新鲜菠菜和干制菠菜的农药残留量进行膳食暴露评估的结果表明,合理的加工方式可以降低农药膳食摄入估计量的 62.1%~76.7%。研究结果表明:毒死蜱的残留受水洗和漂烫影响较小,受烘干影响较大;而氯氰菊酯和氰戊菊酯的残留受水洗与漂烫影响较大,受烘干影响较小;引入加工因子后膳食暴露评估结果更接近真实值。

**关键词:** 毒死蜱; 氯氰菊酯; 氰戊菊酯; 菠菜加工; 农药残留; 暴露评估

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.02.15

中图分类号: TS201.6; S481.8

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2011)02-0186-06

## Effects of simulated processing on pesticide residues in spinach and its dietary exposure assessment

YUAN Yu-wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Zhi-heng<sup>1</sup>, YE Zhi-hua<sup>\* 2</sup>

(1. Institute of Quality and Standard for Agro-Products, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou 310021, China;

2. Institute of Quality Standards and Testing Technology for Agro-Products,

Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The effect of processing of spinach sprayed pesticides in field, processing stimulated in lab and detection by GC on the residues of chlorpyrifos, cypermethrin and fenvalerate and its dietary exposure assessment in spinach were studied. The results showed that washing and blanching step could reduce 22.6%, 53.8% and 50.8%, respectively for the pesticides mentioned above with recommended dose used in field (which was 0.0388 g/m<sup>2</sup> for chlorpyrifos, 0.001 g/m<sup>2</sup> for cypermethrin and 0.01 g/m<sup>2</sup> for fenvalerate), and with double dose which was 8.5%, 61.4% and 40.2%, respectively. The air dry step could eliminate the residue above 50% for chlorpyrifos, however, about 10% for cypermethrin and fenvalerate.

收稿日期: 2010-09-25; 修回日期: 2010-10-25.

**作者简介:** 袁玉伟 (1975-), 男, 山东日照人, 博士, 副研究员, 从事农产品质量安全与管理法规研究, 电话: 0571-86419053, E-mail: ywytea@163.com; \* **通讯作者** (Author for correspondence): 叶志华 (1955-), 男, 湖北天门人, 研究员, 博士生导师, 从事农产品质量安全研究, 电话: 010-82106288, E-mail: zhihuaye@mail.caas.net.cn

**基金项目:** 国家科技支撑项目 (2009BADB7B03); 浙江省农业科学院科技创新能力提升项目 (2009R19Y01D02)。

The dietary exposure assessment was carried out for the residue in the fresh spinach and the dry spinach, respectively, and the processing factor could reduce the dietary intake with the range from 62.1% to 76.7%. The conclusion is that the loss of pesticide is less affected by washing and blanching, and more affected by dry for chlorpyrifos, however it is on the contrary for cypermethrin and fenvalerate. The dietary intake assessed with processing factor would be greatly reduced, near to the real intake.

Key words: chlorpyrifos; cypermethrin; fenvalerate; spinach processing; dietary exposure assessment

农药残留的膳食暴露评估是制定农药风险管理措施的科学基础。联合国粮农组织(FAO)在2002年制定的“用于食品和饲料中农药最高残留量评估的残留试验资料提交和评价”中,要求应研究加工对食品中农药残留量和去向的影响,并结合加工因子来修正农药的膳食暴露评估,这对更好地评估其饮食摄入量非常关键<sup>[1]</sup>。已有研究<sup>[2]</sup>表明,在农产品加工过程中,残留的农药量可能会增加或降低,这取决于多种因素。Ma等<sup>[3]</sup>研究发现,水洗和漂烫处理可以使农药残留量降低50%,且可以去掉全部的乙撑双二硫代氨基甲酸酯类(EBDCs)农药残留,这主要是由于农药的溶解或物理性清除作用。原永兰等<sup>[4]</sup>研究发现,菠菜中毒死蜱的残留量不因速冻加工而降低,却因加工失水而富集,残留量反而略有升高。Zhang等<sup>[5]</sup>通过实验室内模拟加工试验,发现水洗、冷藏和干焯对甘蓝中不同农药残留的影响

不同。笔者采用田间喷药、实验室内模拟加工的方法,研究了水洗等处理对菠菜中毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯残留量和膳食暴露评估的影响,现将结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

菠菜品种为全能菠菜(香港黄清河公司提供)。40%毒死蜱乳油、4.5%高效氯氰菊酯乳油(惠州市中迅化工有限公司产品)和20%氰戊菊酯乳油(上海中西药业股份有限公司产品),其理化性质、日允许摄入量(ADI)和我国食品中农药最大残留限量(MRL值)<sup>[6]</sup>见表1。毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯标准品均为100 mg/L(农业部环境保护科研监测所)。

表1 供试农药的理化性质与相关数据

Table 1 Physical and chemical character of experiment pesticide and its ADI & MRL

| 农药<br>Pesticides  | 溶解度(水)<br>Water solubility/<br>(mg/L) | 蒸气压<br>Vapour pressure/<br>(mPa) | 辛醇-水之比<br><i>n</i> -Octanol/<br>water( log <i>k</i> <sub>ow</sub> ) | 日允许摄入量<br>ADI/<br>(mg/kg) | 最大残留限量<br>MRL/<br>(mg/kg) |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 毒死蜱 chlorpyrifos  | 2 (35℃)                               | 2.52                             | 5.27                                                                | 0.01                      | 0.1                       |
| 氯氰菊酯 cypermethrin | ~0.2                                  | $1.9 \times 10^{-4}$             | 6.11                                                                | 0.05                      | 2                         |
| 氰戊菊酯 fenvalerate  | <0.02(20℃)                            | $3.7 \times 10^{-2}$             | 6.20                                                                | 0.02                      | 0.5                       |

### 1.2 仪器设备与试剂

Varian GC3800 气相色谱仪,配氮磷检测器(NPD)和电子捕获检测器(ECD)(美国瓦里安公司),色谱柱为 HP-1 石英毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm)和 HP-5 石英毛细管柱(30 m×0.53 mm×0.88 μm);小型家用粉碎机(Philips HR2864/00/BC);冷冻离心机(Anke TDL-40B);医用超声波清洗器(KQ-500DE,上海昆山超声仪器有限公司);电热鼓风干燥箱(101A,龙口先科仪器公司)。佛罗里硅土(650℃灼烧6 h以上,加5%重蒸水脱活);其余试剂均为分析纯。

### 1.3 田间试验

试验在钢管塑料大棚内进行,每小区面积1.5 m×2.4 m。设推荐剂量和加倍剂量2个处理,每个处理设3个重复小区,并设隔离区和对照区。于2006年9月7日播种(干籽直播),9月15日发芽。10月13日采用农用背式喷雾器进行喷药处理,毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯的推荐剂量分别为0.038 8、0.001和0.01 g/m<sup>2</sup>,即分别取上述3种农药制剂1、0.2和0.55 mL,加水约1.5 L,喷药1次;加倍剂量处理相应的用药量依次为2、0.4和1.1 mL,加水约1.5 L,喷药1次。

### 1.4 菠菜取样与模拟加工试验

于喷药后7 d 分别取推荐剂量、加倍剂量处理

区和对照区的菠菜共计 10 个样品。采用常见模拟加工方式——水洗、漂烫护绿和干燥(烘干)处理,其中:水洗是将菠菜放入盛有约 6 L 水的水盆中,清洗 2 遍;漂烫护绿是将菠菜浸入高于 95 ℃ 的沸水中,30 s 后迅速捞出,放入清水中降温至 20 ℃ 后沥干;热风干燥是先将其在烘箱中于 105 ℃ 下烘 2 h,再在 70 ℃ 下烘 8 h。同时称取一定量新鲜样品或风干样品,于 100 ~ 105 ℃ 烘干至恒重,计算样品含水量。

### 1.5 农药的提取与检测

1.5.1 毒死蜱残留检测 按照 GB/T 5009.145 - 2003 的方法<sup>[9]</sup>进行。

样品前处理:称取粉碎匀浆后的菠菜样品 10.0 g 置于 100 mL 离心管中,加 20 mL 丙酮后于超声波清洗器中超声 15 min,离心(3 600 r/min) 5 min 后将上层液倒入分液漏斗,并用少量丙酮冲洗残留样品,合并丙酮液,依次用 30、15、15 mL 二氯甲烷萃取,有机相用无水硫酸钠脱水,用 N<sub>2</sub> 吹至近干,用丙酮定容至 10 mL,待测。

气相色谱条件:进样口温度 230 ℃,检测器温度 300 ℃;载气为高纯 N<sub>2</sub>(99.999%),流速 1.5 mL/min;程序升温:80 ℃ 保持 1 min,以 15 ℃/min 升到 170 ℃,保持 1 min,然后以 10 ℃/min 升到 235 ℃,保持 5 min。

1.5.2 氯氰菊酯和氰戊菊酯残留检测 按照 GB/T 5009.146 - 2008 的方法<sup>[9]</sup>测定。

样品前处理:称取粉碎匀浆后的菠菜样品 10.0 g 于 100 mL 离心管中,加石油醚和丙酮各 10 mL 后于超声波清洗器中超声 15 min,离心(3 600 r/min) 5 min 后将上层液倒入分液漏斗,用 10 mL 丙酮分 2 次冲洗残渣,加质量分数为 2% 的硫酸钠溶液 100 mL,依次用 30、20、20 mL 石油醚萃取,有机相经无水硫酸钠脱水,在 60 ℃ 水浴中用 N<sub>2</sub> 吹至近 1 mL;过玻璃柱(内装 5 g 脱活的弗罗里硅土)净化,用 50 mL 石油醚-乙酸乙酯(95:5,体积比)混合液洗脱,收集洗脱液于浓缩瓶中,在 50 ℃ 水浴中用 N<sub>2</sub> 吹至近干,石油醚定容至 10 mL,待测。

气相色谱条件:进样口温度 250 ℃,检测器温度 300 ℃,柱箱温度 250 ℃;载气为高纯 N<sub>2</sub>(99.999%),流速 6.0 mL/min;色谱柱为 HP-5 石英毛细柱(30 m × 0.53 mm × 0.88 μm)。

### 1.6 加工因子的计算与膳食暴露评估

加工因子(Processing Factor, PF)是指加工后产品中农药残留量(mg/kg)与加工前农药残留量

(mg/kg)的比值<sup>[9]</sup>。

最大理论日摄入量估计(Theoretical Maximum Daily Intake, TMDI),即  $TMDI = \sum MRL_i \times F_i$ ,其中  $MRL_i$  是所消费食品中农药的 MRL 值(mg/kg),而  $F_i$  是食品消费地区的人均摄入量(kg)。

国家日摄入量估计(National Estimated Daily Intake, NEDI),即  $NEDI = \sum STMRI \times E_i \times P_i \times F_i$ ,其中  $STMRI$ 、 $E_i$ 、 $P_i$  和  $F_i$  分别指规范残留试验中值、食品的可食部分因子、食品的加工因子和所在地区的膳食消费量<sup>[9]</sup>。为了简化评估过程,本文采用的  $STMRI$  为试验数据的平均值,  $E_i$  为 1,  $P_i$  为 1,  $F_i$  为引用汪晓银等<sup>[10]</sup>的数据 335 g。

风险指数(Risk Quotient, RQ/%) =  $NEDI / (ADI \times 60) \times 100$ ,其中  $ADI$  为每千克体重的农药日允许摄入量(mg/kg)。我国人均体重一般按 60 kg 计算<sup>[11-12]</sup>,而本评估采用最新风险评估指南中规定的 63 kg 进行计算。

### 1.7 数据统计分析

采用 SPSS 统计软件,多重比较——最小显著差数法(LSD 法)进行差异性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 在菠菜模拟加工过程中农药残留量的变化与加工因子

2.1.1 毒死蜱残留量的变化与加工因子 研究结果(表 2 和表 3)表明,在推荐剂量处理下,原料中、及水洗和漂烫后,菠菜中毒死蜱的残留量分别是 0.26、0.18 和 0.20 mg/kg;加倍剂量处理时,分别为 1.08、0.99 和 0.94 mg/kg。两个剂量处理时,水洗和漂烫使毒死蜱的残留量分别降低 22.6% 和 8.5%,与原料中的残留量差异不显著( $P > 0.05$ )。这一结果与原永兰等<sup>[9]</sup>研究的结果一致。菠菜经烘干后,其农药残留量明显增加,两种剂量下分别由 0.26 mg/kg 增加到 1.07 mg/kg 和由 1.08 mg/kg 增加到 6.58 mg/kg,与其他处理间差异显著( $P < 0.05$ )。加工因子可以反映加工操作对残留量的影响程度,若加工因子小于 1,则表明残留量降低;若大于 1,则表明残留量增加。在推荐剂量和加倍剂量处理下,干制菠菜中的毒死蜱分别为 1.07 和 5.68 mg/kg,加工因子分别为 4.11 和 5.26。但根据菠菜干物重计算毒死蜱残留量时,两种剂量下菠菜中毒死蜱经过水洗、漂烫和烘干后分别比原料中的降低 76.7% 和 71.3%,考虑水洗和漂烫的去除因

表2 模拟加工对菠菜中农药残留的影响与加工因子(推荐剂量)

Table 2 Effect of processing on the pesticide residue and its *PF* in spinach (recommended dose)

| 处理<br>Treatment | 毒死蜱 chlorpyrifos               |                   | 氯氰菊酯 cypermethrin              |                   | 氰戊菊酯 fenvalerate               |                   |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
|                 | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> |
|                 | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   |
| 原料 Raw          | 0.26 ± 0.10 b                  | 1                 | 0.026 ± 0.011 b                | 1                 | 0.36 ± 0.15 b                  | 1                 |
| 水洗 Washing      | 0.18 ± 0.03 b                  | 0.68              | 0.020 ± 0.004 b                | 0.77              | 0.30 ± 0.08 b                  | 0.83              |
| 漂烫 Blanching    | 0.20 ± 0.06 b                  | 0.78              | 0.012 ± 0.005 b                | 0.47              | 0.18 ± 0.06 b                  | 0.50              |
| 烘干 Drying       | 1.07 ± 0.40 a                  | 4.11              | 0.174 ± 0.077 a                | 6.70              | 2.01 ± 0.70 a                  | 5.58              |

注: 残留量为3次重复的平均数,表中同列字母不相同者,经多重比较-最小显著差法(LSD)检验差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Pesticide residue is the average of three replications, means followed by different letters in the same column indicated significantly different at  $P < 0.05$  using ANOVA followed by the least significant difference (LSD) test.

表3 模拟加工对菠菜中农药残留的影响与加工因子(加倍剂量)

Table 3 Effect of processing on the pesticide residue and its *PF* in spinach (doubling dose)

| 处理<br>Treatment | 毒死蜱 chlorpyrifos               |                   | 氯氰菊酯 cypermethrin              |                   | 氰戊菊酯 fenvalerate               |                   |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
|                 | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> | 残留量                            | 加工因子<br><i>PF</i> |
|                 | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   | Residue/(mg/kg)<br>(Mean ± SD) |                   |
| 原料 Raw          | 1.08 ± 0.29 b                  | 1                 | 0.033 ± 0.019 b                | 1                 | 0.38 ± 0.24 b                  | 1                 |
| 水洗 Washing      | 0.99 ± 0.08 b                  | 0.92              | 0.015 ± 0.012 b                | 0.45              | 0.17 ± 0.18 b                  | 0.44              |
| 漂烫 Blanching    | 0.94 ± 0.20 b                  | 0.87              | 0.027 ± 0.007 b                | 0.82              | 0.44 ± 0.08 b                  | 1.13              |
| 烘干 Drying       | 5.68 ± 1.32 a                  | 5.26              | 0.214 ± 0.011 a                | 6.48              | 3.51 ± 0.71 a                  | 9.20              |

注: 残留量为3次重复的平均数,表中同列字母不相同者,经多重比较-最小显著差法(LSD)检验差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Pesticide residue is the average of three replications, means followed by different letters in the same column indicated significantly different at  $P < 0.05$  using ANOVA followed by the least significant difference (LSD) test.

素,烘干对菠菜中毒死蜱残留有很好的去除作用(大于50%)。

2.1.2 氯氰菊酯残留量的变化与加工因子 研究结果(表2和表3)表明,两种剂量处理下,原料中、水洗和漂烫后菠菜中氯氰菊酯的残留量差异不显著( $P < 0.05$ )。经过水洗和漂烫后,推荐剂量和加倍剂量处理时菠菜中氯氰菊酯残留分别降低了53.8%和61.4%,加工因子见表2和表3;而经过烘干后,干制菠菜中氯氰菊酯的残留量分别为0.174和0.214 mg/kg,加工因子分别为6.70和6.48,采用菠菜的干物重计算后,氯氰菊酯的残留量比原料中的实际降低了61.2%和71.9%。

2.1.3 氰戊菊酯残留量的变化与加工因子 研究结果(表2和表3)表明,水洗和漂烫处理对菠菜中氰戊菊酯残留量的影响均不显著( $P < 0.05$ )。漂烫后氰戊菊酯残留量增高,可能与样品的代表性及漂烫后农药残留提取率不同有关。两种剂量处理时,干制菠菜中氰戊菊酯的加工因子分别为5.58和9.20。根据菠菜干物重计算后,干制菠菜中氰戊菊酯残留量比新鲜菠菜的分别降低了67.8%和

62.8%。

## 2.2 农药残留膳食暴露评估及模拟加工的影响

2.1节的试验结果表明,按照推荐剂量,供试3种农药喷药7d后在菠菜中的残留量符合我国食品安全标准的要求<sup>[4]</sup>。通常MRL只是作为判定产品是否可以上市的依据,至于是否影响消费者的健康还应根据暴露评估与风险指数来确定。如果风险指数(%ADI)大于100,则说明消费该食品存在安全风险,应采取风险管理措施降低风险。

从表4可看出,按照TMDI法进行估计,毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯的理论摄入量分别为ADI值的5.58%、22.3%和14.2%。由于蔬菜中农药的MRL值可能会发生较大变化,致使TMDI法的评估结果会有所不同。如GB2763发布之前,无公害菠菜中毒死蜱的MRL值为1 mg/kg,此时TMDI的结果会比采用现行MRL为0.1 mg/kg进行评估的理论暴露量增加一个数量级;而采用日本MRL(0.01 mg/kg)评估,则会降低一个数量级。采用推荐剂量喷药7d后,鲜食菠菜中供试3种农药的暴露摄入量分别为ADI的14.1%、0.28%和9.62%,

加倍剂量时分别为 61.02%、0.47% 和 16.0%;引入加工因子后,推荐剂量时分别为 ADI 的 3.45%、0.11% 和 3.24%,加倍剂量时也仅为 18.4%、0.14% 和 6.25%。因此,可以认为脱水菠菜的食用

安全系数较高。当然在加工过程中也造成了营养物质的损失,如崔伏香研究表明,冻干菠菜中维生素 C 和胡萝卜素的保存率分别为 77.16% 和 99.39%,而烘干菠菜中的则分别为 3.24% 和 27.73%<sup>[3]</sup>。

表 4 菠菜中毒死蜥、氯氰菊酯和氰戊菊酯的膳食暴露评估

Table 4 Dietary exposure assessment of chlorpyrifos, cypermethrin and fenvalerate in spinach

| 农药<br>Pesticides  | 最大理论日摄入量估计 TMDI   |            | 国家日摄入量估计(推荐剂量/加倍剂量)<br>NEDI( recommended/doubling dose ) |            |                    |
|-------------------|-------------------|------------|----------------------------------------------------------|------------|--------------------|
|                   | 摄入量               | 风险指数       | 摄入量                                                      | 风险指数       | 校正后风险指数            |
|                   | Dietary intake/mg | RQ/( %ADI) | Dietary intake/mg                                        | RQ/( %ADI) | RQ revised/( %ADI) |
| 毒死蜥 chlorpyrifos  | 0.03              | 5.31       | 0.059/0.258                                              | 14.1/61.0  | 3.28/17.5          |
| 氯氰菊酯 cypermethrin | 0.67              | 21.22      | 0.006/0.01                                               | 0.28/0.47  | 0.10/0.13          |
| 氰戊菊酯 fenvalerate  | 0.17              | 13.52      | 0.081/0.135                                              | 9.62/16.0  | 3.08/5.95          |

3 讨 论

3.1 不同加工方式对农药残留去除效果的影响

研究结果表明,加工方式和农药类别都会影响农药的去除效果,如水洗和漂烫对毒死蜥的去除效果低于对氯氰菊酯和氰戊菊酯的,这可能与农药的溶解度有关。官斌等<sup>[4]</sup>研究认为,甲胺磷的高水溶性可能使其比乐果更容易进入蔬菜内部而不易被水洗清除。氯氰菊酯的溶解度仅为 0.2 mg/kg,不易进入菠菜内,与溶解度高的毒死蜥相比更容易被水洗去除。烘干对菠菜中毒死蜥的去除量较高,可能是由于农药被分解或挥发损失;氯氰菊酯和氰戊菊酯的烘干去除量较低,可能与其较低的蒸气压和较强的稳定性有关。Chen 等<sup>[3]</sup>研究认为,烘干造成茶叶中残留农药的损失与农药的蒸气压和热稳定性有关,蒸气压越高的农药烘干损失越大。本试验采用田间喷药,经过安全间隔期后采样进行模拟加工,更符合实际生产,因为此时农药已经渗透或与蔬菜结合比较紧密,故去除效果没有室内模拟喷药后采样测定的效果高。Dhiman 等<sup>[4]</sup>采用实验室模拟喷药,发现经过水洗,花椰菜中毒死蜥和氰戊菊酯的去除率分别为 78.6% 和 65.1%,漂烫后的去除率高达 84.6% 和 92.7%。Holland 等<sup>[7]</sup>研究认为,农药的水洗去除效果依赖于农药在植物上的残留部位、残留时间、溶解度、水洗方式和温度,溶解度大且极性高的农药比极性低的更容易去除。Chavarri 等<sup>[8]</sup>研究发现,不同加工方式对不同蔬菜和不同农药的去除效果不同,番茄中毒死蜥去除的关键步骤是水洗,芦笋是削皮,而朝鲜蓟则是漂烫。

3.2 菠菜干制过程中农药残留量的变化

新鲜菠菜的含水量一般为 92.4%,而烘干后的为 5%,烘干前的含水量是烘干后的 18.5 倍;但本试验结果表明,干制菠菜中农药残留量并不是新鲜菠菜的 18.5 倍,而只是 4.03~9.19 倍,这说明加工过程对残留农药有明显的清除作用。我国有关脱水蔬菜中农药残留限量要求通常按照原料的限量要求制定<sup>[19-20]</sup>,如 DDT 和六六六在新鲜蔬菜中的 MRL 值为 0.05 mg/kg,而其脱水蔬菜中的 MRL 值为 0.1 mg/kg,仅浓缩了 2 倍。如按照日本对脱水蔬菜中农药残留的判定要求,新鲜菠菜中毒死蜥、氯氰菊酯和氰戊菊酯的 MRL 值分别为 0.01、2.0 和 0.5 mg/kg,而且干制蔬菜中农药残留的判定标准要以水分复原后的检测结果为准,即检测结果除以相应的浓缩倍数,这大大降低了脱水菠菜中农药残留超标的可能性。因此,我国脱水蔬菜中农药残留尚缺少以干样计还是以鲜样计的判定依据,引入加工因子后可以规范脱水蔬菜的原料质量控制。

3.3 加工因子可以影响农药残留的膳食暴露评估结果

本试验结果表明,在膳食暴露评估中引入农药的加工因子,可以大大降低并修正以原料初始残留量计算的评估值。采用加工后菠菜中毒死蜥、氯氰菊酯和氰戊菊酯的残留量进行暴露评估,则比采用新鲜菠菜评估分别降低 76.7%、62.1% 和 67.9%;而在加倍剂量时,膳食暴露量也分别降低了 71.3%、71.4% 和 62.8%。Byrne 等<sup>[2]</sup>研究了水洗、削皮和烹饪等加工方式对蔬菜和水果中添加毒死蜥的影响,认为结合烹调因素可用于修正消费者

的农药膳食暴露量。另外赖珏琼等<sup>[1]</sup>在研究膳食暴露评估时也认为,必须考虑烹调因素才能正确评价人群的农药残留膳食暴露水平。本研究也表明,采用农产品加工后的残留数据进行膳食暴露评估,可以更为真实地接近消费者的膳食暴露量,对于风险评估结果的准确性具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] FAO ( Food Agriculture Organization ). FAO manual: Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation on maximum residue levels in food and feed [R]. FAO Plant Production and Protection Paper 170, Food Agricultural Organization, Rome, Italy, 2009.
- [2] EDGAR R E. Effect of commercial processing on pesticide residues in selected fruits and vegetables [J]. *J Assoc Off Anal Chem*, 1989, 72( 3 ): 533 – 535.
- [3] MA J C, ANTONIO H, AGUSTIN A. The decrease in pesticides in fruit and vegetables during commercial processing [J]. *Int J Food Sci Tech*, 2005, 40( 2 ): 205 – 211.
- [4] YUAN Yong-lan( 原永兰 ), DOU Tan-de( 窦坦德 ), BAO Hai-ying( 包海英 ). 速冻菠菜加工过程中毒死蜱残留动态研究 [J]. *J Laiyang Agric College( 莱阳农学院学报 )*, 2005, 22( 3 ): 186 – 188.
- [5] ZHANG Z Y, LIU X J, HONG X Y. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage [J]. *Food Control*, 2007, 18( 12 ): 1484 – 1487.
- [6] GB2763 – 2005. Maximum residue limits for pesticides in food( 食品中农药最大残留限量 ) [S]. 2005.
- [7] GB/T 5009. 145 – 2003. Determination of organophosphorus and carbamate pesticide multiresidues in vegetable foods( 植物性食品中有机磷和氨基甲酸酯类农药多种残留量的测定 ) [S]. 2003.
- [8] GB/T 5009. 146 – 2008. Determination of organochlorines and pyrethroid pesticide multiresidues in vegetable foods( 植物性食品中有机氯和拟除虫菊酯类农药多种残留量的测定 ) [S]. 2008.
- [9] WHO ( World Health Organization ). Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues ( revised ), Document WHO/FSF/FOS/97.7 [R]. WHO, Geneva, Switzerland, 1997.
- [10] WANG Xiao-yin( 汪晓银 ), TAN Jin-ying( 谭劲英 ), TAN Yan-wen( 谭砚文 ). 城乡居民年人均蔬菜消费量长期趋势分析 [J]. *Hunan Agric Sci( 湖南农业科学 )*, 2006, 45( 2 ): 135 – 137.
- [11] LAI Yu-qiong( 赖珏琼 ), TIAN Zi-hua( 田子华 ), PAN Kang-biao( 潘康标 ), et al. 烹调因子在农药残留膳食暴露评估中应用 [J]. *China Public Health( 中国公共卫生 )*, 2009, 25( 4 ): 402 – 404.
- [12] LUO Wei( 罗伟 ), WU Yong-ning( 吴永宁 ), YUAN Zong-hui( 袁宗辉 ), et al. 菠菜中毒死蜱残留量的暴露评估 [J]. *Food Sci( 食品科学 )*, 2008, 29( 11 ): 572 – 574.
- [13] CUI Fu-xiang( 崔伏香 ). 菠菜真空冷冻干燥加工工艺研究 [J]. *The Food Industry( 食品工业 )*, 1999( 2 ): 41 – 42.
- [14] GUAN Bin( 官斌 ), LIU Juan( 刘娟 ), YUAN Dong-xing( 袁东星 ). 不同洗涤方法对黄瓜中有机磷农药的去除效果 [J]. *J Environ Health( 环境与健康杂志 )*, 2006, 23( 1 ): 52 – 54.
- [15] CHEN Z M, WAN H B. Factors affecting residues of pesticides in tea [J]. *Pestic Sci*, 1988, 23( 2 ): 109 – 118.
- [16] DHIMAN N, JYOT G, BAKHSI AK, et al. Decontamination of various insecticides in cauliflower and tomato by different processing methods [J]. *J Food Sci Tech*, 2006, 43( 1 ): 92 – 95.
- [17] HOLLAND P T, HAMILTON D, OHLIN B, et al. Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products [J]. *Pure & Appl Chem*, 1994, 66( 2 ): 335 – 356.
- [18] CHAVARRI M J, ANTONIO H, AGUSTIN A. Pesticide residues in field-sprayed and processed fruits and vegetables [J]. *J Sci Food Agric*, 2004, 84( 10 ): 1253 – 1259.
- [19] NY/T 960-2006. Dehydrated vegetable: Vegetable for leaf( 脱水蔬菜: 叶菜类 ) [S]. 2006.
- [20] NY/T 1045-2006. Green food: Dehydrated vegetable( 绿色食品: 脱水蔬菜 ) [S]. 2006.
- [21] BYRNE S L, PINKERTON S L. The effect of cooking on chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol level in chlorpyrifos-fortified produce for use in refining dietary exposure [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52( 25 ): 7567 – 7573.

( 责任编辑: 金淑惠 )