

家庭处理对豇豆中4种常见农药残留的影响

陈志强^{1,2}, 徐志^{2,*}, 冯信平^{1,2}, 郇志博², 郑雪虹²

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070; 2. 中国热带农业科学院分析测试中心, 海南 海口 571101)

摘要: 通过研究豇豆加工过程中百菌清、吡虫啉、苯醚甲环唑及氯氰菊酯残留变化规律, 为有效进行膳食评估提供依据。采用气相色谱法检测不同清洗及烹饪处理前后豇豆中农药残留量, 结果显示: 豇豆中百菌清、吡虫啉、苯醚甲环唑及氯氰菊酯的清洗加工因子分别为0.152~0.722、0.620~0.903、0.464~0.922、0.581~0.882; 烹饪加工因子分别为0.077~0.311、0.194~0.554、0.198~0.479、0.443~0.732。不同清洗方式对豇豆充分清洗后农药去除效果相差不大, 不同烹饪方式对加工因子的影响主要与样品质量变化有关。综上所述, 通过清洗和烹饪处理, 可明显减少豇豆中农药残留量, 将加工因子引入膳食暴露量评估, 能够更真实的反映食品安全现状, 对保障食品安全具有重要意义。

关键词: 食品加工; 农药残留; 豇豆; 加工因子; 膳食暴露评估

Effects of Household Processing on Residues of Four Common Pesticides in Cowpea

CHEN Zhi-qiang^{1,2}, XU Zhi^{2,*}, FENG Xin-ping^{1,2}, HUAN Zhi-bo², ZHENG Xue-hong²

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Analysis and Testing Center, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract: In this study, we studied the changing patterns of residues of chlorothalonil, pyridaben, cypermethrin and difenoconazole in cowpea during household processing, in order to provide the basis for effective dietary exposure assessment. These pesticides were detected by gas chromatography with electron capture detector (GC-ECD). The results showed that the washing factors of the four pesticides were 0.152–0.722, 0.620–0.903, 0.464–0.922 and 0.581–0.882, respectively, and the cooking factors were 0.077–0.311, 0.194–0.554, 0.198–0.479 and 0.443–0.732, respectively. The removal rates of the pesticides residues in cowpea were similar after being fully washed by different methods and the cooking factors were mainly related to the changes in cowpea quality with different cooking methods. It is concluded that the levels of pesticide residues in cowpea are significantly reduced after being washed and cooked, and it can reflect the situation of food safety more truly. This has a great significance for ensuring food safety when taking processing factors into account for risk assessment of dietary intake.

Key words: food processing; pesticide residue; cowpea; processing factor; risk assessment of dietary intake

中图分类号: TS201.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 17-0209-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201417040

农药残留是影响果蔬食品安全的主要因素之一, 国内外学者对此进行了许多研究, 其中加工过程对果蔬农药残留影响成近年来的研究热点。研究^[1-5]证实加工过程对减少食品中农药残留量有重要影响, 将加工因子引入膳食暴露评估, 可以得到更接近实际的农药暴露量。尽管有关减少农药残留研究很多, 但近年来农药残留超标的事件还时有发生, 例如频繁被报道的海南毒豇豆就是因为农药残留超标以及使用禁用农药所致。为减少豇豆中农药残留量, 本实验以豇豆为研究对象, 通过模拟家

庭常用清洗及烹饪操作, 研究加工过程对百菌清、吡虫啉、苯醚甲环唑及氯氰菊酯等4种常见广谱性农药的去除效果以及不同加工过程中加工因子的变化规律, 为有效进行膳食评估和保障消费者膳食安全提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜豇豆, 购于海口大润发超市国兴店。

收稿日期: 2013-10-17

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAK01B05)

作者简介: 陈志强 (1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: 519100391@qq.com

*通信作者: 徐志 (1978—), 男, 副研究员, 硕士, 研究方向为农产品质量与安全。E-mail: honic@yeah.net

75%百菌清可湿性粉剂 先正达作物保护有限公司; 15%哒螨灵乳油 江苏百灵农化有限公司; 4.5%氯氰菊酯乳油 南京红太阳股份有限公司; 20%苯醚甲环唑水分散粒剂 北京华戎生物激素厂; 乙腈、正己烷、丙酮(均为色谱纯) Fisher Scientific实验器材(上海)有限公司; 甲苯、氯化钠(均为分析纯) 广州化学试剂厂; 百菌清、哒螨灵、苯醚甲环唑、氯氰菊酯标准品(纯度 $\geq 96\%$) 农业部环境质量监督检验测试中心(天津)。

1.2 仪器与设备

Agilent 7890A气相色谱仪(配有电子捕获检测器)、石墨化炭黑氨基柱(500 mg/6 mL) 美国安捷伦科技公司; IKA T25数显匀浆机 德国IKA公司; R206旋转蒸发仪 上海申生科技有限公司; SHB-III循环水式多用真空泵 郑州长城科工贸有限公司; AL204电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; 电磁炉 美的集团股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 豇豆加工实验

1.3.1.1 样品制备

将市售75%百菌清粉剂、20%苯醚甲环唑水分散粒剂、15%哒螨灵乳油及4.5%氯氰菊酯乳油兑水稀释, 将新鲜豇豆置于上述农药液中浸泡30 min, 然后取出自然晾干, 得到豇豆农药残留样品(简称豇豆样品)。

1.3.1.2 清洗实验

浸泡清洗实验: 称取5份200 g左右豇豆样品, 分别置于6 L清水中浸泡5、10、20、30、45 min, 取出晾干称质量, 然后打成匀浆备用; 另取一份作为空白对照; 每组设3个平行。

冲洗实验: 称取4份200 g左右豇豆样品, 置于筛中, 以10 L/min左右的流速用自来水分别冲洗1、2、3、5 min, 并转动筛子使冲洗均匀; 取出晾干称质量, 然后打成匀浆备用; 另取一份作为空白对照; 每组设3个平行。

振动清洗实验: 称取4份200 g左右豇豆样品, 置于筛中并浸于6 L清水中, 分别以20、40、60、80次/min的频率振动筛子清洗5 min, 并不停翻动豇豆使清洗均匀; 取出晾干称质量, 然后打成匀浆备用; 另取一份作为空白对照; 每组设3个平行。

1.3.1.3 烹饪实验

豇豆样品用清水冲洗2 min后自然晾干, 用于烹饪实验。通过查阅相关烹饪书籍^[6], 确定豇豆烹饪方法。在130~160℃温度条件下炒豇豆炒熟需要5~6 min, 为减小误差本实验考察了炒制4~7 min的农药残留情况; 同时考察了一些日常家庭常用烹饪方式对农药残留的影响。加油和加水量均根据有关书籍推荐进行选取确定, 为减小系统的复杂性, 未添加其他调味料。

准确称取200 g每份清洗后的豇豆样品, 切成

3~4 cm的小段, 分别炒制4、5、6、7 min; 另设一组实验, 分别为不加水不加盖炒制、加水不加盖炒制、加水加盖炒制及焯水2 min后不加水炒制3 min; 以上各组中除设置水平外, 其他条件均统一为: 加油30 mL、加水50 mL、温度130℃、翻炒5 min; 炒好后放凉, 将形成的油水与豇豆一起称质量, 然后打成匀浆备用; 再设一组油炸实验, 称100 g豇豆, 于130℃条件下油炸5 min, 然后捞出滤油, 放凉称质量备用; 另取一份作空白; 每组设3个平行。

1.3.2 农药残留分析方法^[7]

1.3.2.1 样品前处理

准确称匀浆后样品20 g, 加入40 mL乙腈, 匀浆2 min, 过滤到装有10 g NaCl的具塞量筒中, 振荡2 min后静置分层; 取10 mL上层乙腈相溶液旋蒸至干, 用2 mL乙腈-甲苯(3:1, V/V)溶液溶解, 混匀备用。将石墨化炭黑氨基柱用5 mL乙腈-甲苯(3:1)溶液预淋洗, 待液面接近吸附层表面时迅速倒入上述溶液, 用100 mL圆底烧瓶接收, 再分别用2 mL乙腈-甲苯(3:1)溶液冲洗烧瓶两次, 然后用19 mL乙腈-甲苯(3:1)溶液淋洗, 收集全部滤液。置于40℃水浴中旋蒸至干, 最后用正己烷定容到5 mL, 混匀后装瓶进样。

1.3.2.2 色谱条件

色谱柱: DB-1毛细管柱(30 m \times 0.32 mm, 0.25 μ m); 升温程序: 初始温度120℃, 保持1 min; 以20℃/min升至280℃, 保持8 min; 进样温度250℃; 进样量1 μ L, 不分流; 检测器温度为305℃; 尾吹流量为30 mL/min; 氮气流速为2.0 mL/min。

1.3.3 去除率及加工因子计算

农药残留去除率(ω)^[8]及加工因子(F)^[9]的计算公式如下:

$$\omega/\% = \frac{m_0 \times C_0 - m_t \times C_t}{m_0 \times C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$F = \frac{C_t}{C_0} \quad (2)$$

式中: ω 为农药残留去除率/%; F 为加工因子; m_0 、 m_t 分别为加工前后豇豆样品质量/g; C_0 、 C_t 分别为加工前后样品中农药残留量/(mg/kg)。

由于样品清洗加工前后质量变化很小, 计算农药残留去除率时忽略其质量变化; 而烹饪加工时质量变化较大, 按上述去除率公式(1)进行计算。

2 结果与分析

2.1 色谱分析结果

2.1.1 标准曲线及最低检测水平

用正己烷为溶剂分别配制0.02、0.04、0.1、0.2、0.4、0.8 mg/L质量浓度梯度的混合标准液, 按1.3.2.2节所

述方法进行分析, 每个浓度进样3次; 以峰面积平均值为纵坐标, 对应质量浓度为横坐标绘制标准曲线, 得到4种农药的线性回归方程及相关系数(表1); 按照10倍信噪比得出最低检测水平。

表1 4种农药线性测定结果

Table 1 Linear regression equations and lowest detectable levels of four pesticides

| 农药种类 | 线性回归方程 | 相关系数 | 最低检测水平/(mg/kg) |
|-------|-------------------------|---------|----------------|
| 百菌清 | $y = 26\ 038x - 8\ 754$ | 0.998 2 | 0.005 |
| 哒螨灵 | $y = 58\ 018x - 234.9$ | 0.999 9 | 0.005 |
| 氯氰菊酯 | $y = 13\ 019x - 1\ 853$ | 0.999 3 | 0.005 |
| 苯醚甲环唑 | $y = 10\ 033x - 2\ 669$ | 0.998 4 | 0.010 |

注: 氯氰菊酯、苯醚甲环唑的峰面积分别以其异构体的峰面积之和计。

2.1.2 方法回收率及精确度

在空白豇豆中分别添加0.02、0.5、2.0 mg/kg 3个水平的混合标准液, 按1.3.2节所述方法进行分析, 每个添加量水平进行5次平行, 得到回收率及相应变异系数(coefficient of variation, CV)结果见表2。结果显示, 各农药平均回收率在76.6%~100.2%之间, 变异系数在1.9%~8.0%之间, 均符合NY/T788—2004《农药残留实验准则》^[10]要求。

表2 回收率及精确度测定结果

Table 2 Recoveries and precision of four pesticides in cowpea

| 添加量/(mg/kg) | 百菌清 | | 哒螨灵 | | 氯氰菊酯 | | 苯醚甲环唑 | |
|-------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | 平均回收率/% | CV/% | 平均回收率/% | CV/% | 平均回收率/% | CV/% | 平均回收率/% | CV/% |
| 0.02 | 76.6 | 3.9 | 94.0 | 3.8 | 100.2 | 3.8 | 91.0 | 4.5 |
| 0.50 | 81.6 | 3.1 | 96.0 | 3.7 | 99.2 | 1.9 | 97.0 | 7.1 |
| 2.00 | 89.0 | 3.3 | 93.2 | 3.0 | 98.6 | 8.0 | 99.4 | 4.4 |

注: 添加量为2.0 mg/kg时, 将定容后溶液稀释10倍后再上机检测。

2.2 清洗加工对豇豆中农药残留的影响

由表3可知, 清水浸泡对豇豆中4种农药均有一定的

去除作用, 且浸泡时间越长, 去除效果越好; 计算并比较加工因子发现, 浸泡清洗对百菌清作用效果最明显, 其加工因子为0.188~0.722, 而哒螨灵、氯氰菊酯及苯醚甲环唑的加工因子分别为0.624~0.903、0.523~0.834和0.701~0.882。冲洗后豇豆中百菌清、哒螨灵、氯氰菊酯及苯醚甲环唑的加工因子依次为0.149~0.306、0.620~0.813、0.582~0.776和0.604~0.667; 当冲洗时间小于2 min时, 农药残留量急速下降, 大于2 min时, 随时间延长, 农药残留量几乎不变。振动清洗对4种农药的加工因子依次为0.186~0.268、0.630~0.871、0.464~0.922和0.581~0.746, 短时间清洗时, 振动频率越大清洗效果越好。比较不同清洗方式对同种农药的影响发现, 3种清洗方式对豇豆清洗效果相差不大, 但冲洗或振动清洗能明显缩短清洗时间。不同清洗操作均是对豇豆表面农药的冲刷与溶解, 对于渗透到组织内部或与豇豆结合紧密的农药难以清洗去除。比较清洗对不同农药残留量的影响发现, 同种清洗方式对百菌清去除效果明显好于哒螨灵、氯氰菊酯以及苯醚甲环唑, 这可能与百菌清的辛醇分配系数 K_{ow} 比其他3种农药更小以及百菌清在豇豆表面的附着力较小有关。

2.3 烹饪加工对豇豆农药残留的影响

由表4可知, 随炒制时间延长, 豇豆中农药残留量出现小幅增加, 导致加工因子变大, 而将样品质量变化带入计算, 发现农药残留去除率随烹饪时间增加不发生明显变化。原因可能是炒制过程中高温会使大部分农药在短时间内分解挥发, 剩余少量农药存在于豇豆内部且结合较为紧密, 即使增加烹饪时间也不发生明显变化, 但随着烹饪时间增加, 豇豆中水分损失会逐渐增大, 使农药聚集, 导致样品中农药残留量增加。

烹饪对不同农药的影响主要与农药的水解作用、高温分解特性、熔沸点及饱和蒸汽压等特性有关^[5,11]。同种炒

表3 不同清洗加工方式的农药残留去除率和加工因子

Table 3 Removal rates and processing factors of four pesticides in different cleaning processes

| 加工方式 | 百菌清 | | | 哒螨灵 | | | 氯氰菊酯 | | | 苯醚甲环唑 | | | |
|------|----------------|-------------|-------|----------------|-------------|-------|----------------|-------------|-------|----------------|-------------|-------|-------|
| | 农药残留量/ (mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/ (mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/ (mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/ (mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | |
| 浸泡清洗 | 空白 | 0.809±0.113 | | 0.707±0.060 | | | 0.518±0.060 | | | 0.653±0.293 | | | |
| | 5 min | 0.584±0.011 | 27.77 | 0.722 | 0.638±0.028 | 9.73 | 0.903 | 0.432±0.022 | 16.59 | 0.834 | 0.576±0.113 | 11.79 | 0.882 |
| | 10 min | 0.351±0.013 | 56.54 | 0.435 | 0.585±0.014 | 17.23 | 0.828 | 0.419±0.013 | 19.14 | 0.809 | 0.531±0.071 | 18.74 | 0.813 |
| | 20 min | 0.264±0.008 | 67.41 | 0.326 | 0.553±0.066 | 21.84 | 0.782 | 0.372±0.025 | 28.24 | 0.718 | 0.532±0.018 | 18.56 | 0.814 |
| | 30 min | 0.228±0.026 | 71.85 | 0.281 | 0.502±0.083 | 28.96 | 0.710 | 0.349±0.065 | 32.69 | 0.673 | 0.488±0.084 | 25.23 | 0.748 |
| | 45 min | 0.152±0.009 | 81.24 | 0.188 | 0.441±0.072 | 37.56 | 0.624 | 0.271±0.050 | 47.69 | 0.523 | 0.458±0.085 | 29.86 | 0.701 |
| 冲洗 | 空白 | 0.790±0.092 | | 0.714±0.027 | | | 0.517±0.042 | | | 0.639±0.071 | | | |
| | 1 min | 0.241±0.041 | 69.44 | 0.306 | 0.580±0.081 | 18.70 | 0.813 | 0.401±0.015 | 22.43 | 0.776 | 0.426±0.133 | 33.27 | 0.667 |
| | 2 min | 0.165±0.009 | 79.09 | 0.209 | 0.453±0.020 | 36.51 | 0.635 | 0.308±0.066 | 40.38 | 0.596 | 0.419±0.028 | 34.48 | 0.655 |
| | 3 min | 0.118±0.008 | 84.85 | 0.152 | 0.456±0.014 | 36.13 | 0.639 | 0.304±0.024 | 41.17 | 0.588 | 0.390±0.065 | 39.03 | 0.610 |
| | 5 min | 0.120±0.008 | 85.08 | 0.149 | 0.442±0.023 | 38.05 | 0.620 | 0.301±0.082 | 41.77 | 0.582 | 0.386±0.027 | 39.65 | 0.604 |
| 振动清洗 | 空白 | 0.807±0.084 | | 0.691±0.024 | | | 0.510±0.039 | | | 0.626±0.064 | | | |
| | 20 次/min | 0.216±0.005 | 73.24 | 0.268 | 0.602±0.010 | 12.86 | 0.871 | 0.470±0.016 | 7.84 | 0.922 | 0.467±0.048 | 25.40 | 0.746 |
| | 40 次/min | 0.192±0.017 | 76.16 | 0.238 | 0.606±0.013 | 12.24 | 0.878 | 0.409±0.023 | 19.75 | 0.803 | 0.424±0.067 | 32.15 | 0.679 |
| | 60 次/min | 0.184±0.015 | 77.20 | 0.228 | 0.474±0.005 | 31.40 | 0.686 | 0.286±0.013 | 43.90 | 0.561 | 0.386±0.042 | 38.22 | 0.618 |
| | 80 次/min | 0.150±0.007 | 81.40 | 0.186 | 0.435±0.008 | 37.05 | 0.630 | 0.237±0.006 | 53.63 | 0.464 | 0.363±0.023 | 41.90 | 0.581 |

表 4 不同烹饪加工方式的农药残留去除率和加工因子
Table 4 Removal rates and processing factors of four pesticides in different cooking processes

| 加工方式 | 样品 质量/g | 百菌清 | | | 哒螨灵 | | | 氯氰菊酯 | | | 苯醚甲环唑 | | |
|--------|------------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | | 农药残留量/(mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/(mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/(mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 | 农药残留量/(mg/kg) | 去除率/% | 加工因子 |
| 初始含量 | 200.0±0.1 | 0.621±0.067 | | | 0.540±0.008 | | | 0.504±0.022 | | | 0.644±0.093 | | |
| 炒4 min | 194.3±3.5 | 0.155±0.038 | 75.70 | 0.250 | 0.220±0.016 | 60.32 | 0.408 | 0.161±0.010 | 69.05 | 0.319 | 0.372±0.027 | 43.94 | 0.577 |
| 炒5 min | 185.5±4.2 | 0.155±0.020 | 76.83 | 0.250 | 0.230±0.009 | 60.42 | 0.427 | 0.168±0.010 | 69.10 | 0.333 | 0.366±0.005 | 47.36 | 0.568 |
| 炒6 min | 161.2±3.7 | 0.183±0.006 | 76.25 | 0.295 | 0.264±0.013 | 60.51 | 0.490 | 0.217±0.032 | 65.32 | 0.430 | 0.463±0.024 | 42.14 | 0.718 |
| 炒7 min | 143.3±2.6 | 0.193±0.016 | 77.70 | 0.311 | 0.299±0.015 | 60.27 | 0.554 | 0.242±0.015 | 65.68 | 0.479 | 0.472±0.025 | 47.55 | 0.732 |
| 不加水不加盖 | 170.3±2.1 | 0.157±0.021 | 78.43 | 0.253 | 0.263±0.016 | 58.49 | 0.487 | 0.233±0.023 | 60.60 | 0.463 | 0.456±0.010 | 39.80 | 0.707 |
| 加水不加盖 | 189.1±6.3 | 0.116±0.006 | 82.27 | 0.188 | 0.235±0.021 | 58.86 | 0.435 | 0.202±0.023 | 62.18 | 0.400 | 0.393±0.027 | 42.27 | 0.611 |
| 加水加盖 | 197.3±4.5 | 0.112±0.011 | 80.89 | 0.194 | 0.225±0.006 | 54.33 | 0.463 | 0.187±0.037 | 63.37 | 0.371 | 0.382±0.003 | 41.46 | 0.593 |
| 焯水后炒制 | 192.4±2.3 | 0.048±0.003 | 92.59 | 0.077 | 0.255±0.014 | 54.51 | 0.473 | 0.194±0.014 | 62.96 | 0.385 | 0.354±0.025 | 47.17 | 0.549 |
| 油炸 | 69.7±1.7 | 0.085±0.012 | 90.48 | 0.137 | 0.105±0.007 | 86.49 | 0.194 | 0.010±0.008 | 86.17 | 0.198 | 0.285±0.019 | 69.14 | 0.443 |

注：油炸样品的初始质量为 100 g。

制方法对 4 种农药去除率由小到大依次为：苯醚甲环唑<哒螨灵<氯氰菊酯<百菌清，和饱和蒸汽压大小关系相同，这与Amirahmadi等^[11]的研究结论一致，其原因可能是饱和蒸汽压不同导致农药的挥发速率不同^[12]，从而影响了烹饪过程中农药的去除率。百菌清去除率远大于其他 3 种农药可能是其易水解的特性造成的。另外，农药的高温分解、熔沸点等性质也是影响烹饪过程中农药残留去除效果的重要因素。

不同的烹饪方法对豇豆中农药残留量影响不同，比较加工因子发现：加水小于不加水，加盖小于不加盖，但代入质量变化计算得到这 3 种炒制方法对农药的去除率差异并不显著，说明豇豆烹饪过程中水分含量变化可能是引起加工因子差异的主要原因。对哒螨灵和氯氰菊酯而言，焯水后炒制和加水不加盖炒制其去除率没有明显差异；但对百菌清和苯醚甲环唑而言，焯水后炒制的去除率要明显高于普通加水炒制，百菌清在高温下易水解^[13]，故焯水时损失较大，苯醚甲环唑为内吸性农药，残留在内部的农药较多，焯水使豇豆组织软化，加大了炒制过程中内部农药的损失。另外，虽然豇豆经油炸后水分损失率较大，但其加工因子仍低于其他方法，这可能是由于油炸温度大于炒制温度，从而使农药分解率加大，并且油炸时油的含量比较高，使更多的农药溶解于油中，在滤油的同时被去除。

3 结论与讨论

本实验结果表明，餐前清洗及烹饪处理均会对豇豆中农药残留产生重要影响。清洗对农药残留的影响主要表现为对豇豆表面农药的冲刷与溶解，不同清洗方式对同种农药的清洗效果相差不大；清洗对不同农药残留量的影响与其 K_{ow} 值及在豇豆表面的附着性密切相关，这与Keikotlhaile^[14]、Boulaid^[15]、Zhang Zhiyong^[16]等的研究结

论一致。烹饪对不同农药残留量的影响主要与农药的水解作用、高温分解特性及蒸汽压等特性有关^[5,11,17]，炒制时间在 4~7 min 内对农药去除率无明显影响，但延长炒制时间会增加食物中水分损失，最终导致豇豆中农药残留量变大；烹饪方式对农药残留影响的结果显示，烹饪过程中样品质量变化可能是导致农药残留差异的主要原因。综上所述，建议豇豆在食用前应该进行充分清洗，烹饪过程中应该尽量减少可食用部分的质量损失。

经过清洗和烹饪后，豇豆中农药残留量大大减少，人群摄入的农药量明显降低。由此可见，在进行膳食暴露风险评估时，加工因素的影响是不可忽略的^[18-20]。王向未^[21]在对豇豆中毒死蜱进行膳食暴露评估时发现，未引入加工因子时的风险指数是引入加工因子后的 5~10 倍，进一步说明加工因子在膳食暴露评估中的重要性，袁玉伟^[22-23]、赖钰琮^[24]、Caldas^[25]等的研究也均证实引入加工因子后得出的膳食暴露评估风险值更接近实际情况。本实验得到不同清洗和烹饪方式对加工因子的影响变化规律，可以为更准确的进行膳食暴露评估提供理论及数据依据，为选择合理的家庭处理方式提供参考，以保障和维护消费者的膳食安全。

参考文献：

[1] 张洪, 赵丽娟, 秦曙, 等. 4 种菊酯类农药残留在菜豆烹饪过程中的消解[J]. 中国食品学报, 2008, 8(2): 152-155.
[2] 赵鹏, 闵光, 张燕, 等. 不同洗涤方法对果蔬中农药残留去除率的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 467-468.
[3] 王向未, 仇厚援, 陈文学, 等. 不同加工方式对豇豆中毒死蜱残留量的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 53-56.
[4] RANDHAWA M A, ANJUM F M, AHMED A, et al. Field incurred chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables[J]. Food Chemistry, 2007, 103(3): 1016-1023.
[5] BEENA K. Effects of household processing on reduction of pesticide residues in vegetables[J]. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 2008, 3(4): 46-48.
[6] 梁琼白. 大众美食系列之素食[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 53-55.

- [7] 中华人民共和国农业部. NY/T761—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检测方法[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [8] 郑文龙, 江国虹, 潘怡, 等. 烹调方法对蔬菜中农药残留水平的影响[J]. 职业与健康, 2009, 25(18): 1947-1949.
- [9] 武晓光, 徐珍珍, 刘毅华, 等. 7种有机磷农药在辣椒腌制加工中的残留行为[J]. 农药, 2011, 50(8): 594-596.
- [10] 中华人民共和国农业部. NY/T788—2004农药残留使用准则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [11] AMIRAHMADI M, SHOEIBI S, YAZDANPANA H, et al. Effect of cooking process on the residues of three carbamate pesticides in rice[J]. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2011, 10(1): 119-126.
- [12] KIN C M, HUAT T N. Headspace solid-phase micro extraction for the evaluation of pesticide residue contents in cucumber and strawberry after washing treatment[J]. Food Chemistry, 2010, 123(3): 760-764.
- [13] 李学德, 花日茂, 岳永德, 等. 百菌清水解的影响因素研究[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(2): 131-134.
- [14] KEIKOTLHAILE B M, SPANOGHE P, STEURBAUT W. Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: a meta-analysis approach[J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48(1): 1-6.
- [15] BOULAI D M, AGUILERA A, CAMACHO F, et al. Effect of household processing and unit-to-unit variability of pyrifenoxy, pyridaben, and pralometrin residues in tomatoes[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(10): 4054-4058.
- [16] ZHANG Zhiyong, LIU Xianjin, HONG Xiaoyue. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage[J]. Food Control, 2007, 18(2): 1484-1487.
- [17] SOLIMAN K M. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation[J]. Food and Chemical Toxicology, 2001, 39(8): 887-891.
- [18] 李云成, 孟凡冰, 陈卫军, 等. 加工过程对食品中农药残留的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(5): 315-322.
- [19] STOYTICHEVA M. Pesticides: formulation, effects, fate[M]. Greece: In Tech, 2011: 575-594.
- [20] RAWN D F K, QUADE S C, SUN W F, et al. Captan residue reduction in apples as a result of rinsing and peeling[J]. Food Chemistry, 2008, 109(4): 790-796.
- [21] 王向未, 仇厚援, 陈文学, 等. 不同烹饪对模拟毒死蜱豇豆中的慢性膳食暴露评估[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 254-258.
- [22] 袁玉伟, 张志恒, 叶志华. 模拟加工对菠菜中农药残留量及膳食暴露评估的影响[J]. 农药学报, 2011, 13(2): 186-191.
- [23] 袁玉伟, 张志恒, 叶志华. 加工操作对甘蓝中农药残留影响及其膳食暴露评估[J]. 中国食品学报, 2009, 9(6): 175-181.
- [24] 赖钰琼, 田子华, 潘康标, 等. 烹调因子在农药残留膳食暴露评估中的应用[J]. 中国公共卫生, 2009, 25(4): 402-404.
- [25] CALDAS E D, TRESSOU J, BOON P E. Dietary exposure of Brazilian consumers to dithiocarbamate pesticides: a probabilistic approach[J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44(9): 1562-1571.