

# 不同清洗剂对叶类蔬菜五种残留农药的 洗涤效果研究

张亚琼<sup>1</sup>, 罗金凤<sup>1</sup>, 王磊<sup>2</sup>, 丁晓雯<sup>1,\*</sup>, 邓新平<sup>2</sup>

(1 西南大学食品科学学院, 重庆市农产品加工重点实验室, 重庆 400715;

2. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715)

**摘要:**探讨不同清洗剂对叶类蔬菜在模拟体系中污染的5种农药残留的洗脱效果及对蔬菜中维生素C的破坏,旨在获得可以在日常生活中简便使用的洗涤叶类蔬菜的方法。利用高效液相色谱法、气相色谱法测定农药含量,利用紫外分光光度法测定维生素C含量。结果显示,清水、2%食盐水和2% NaHCO<sub>3</sub>水溶液对叶类蔬菜中阿维菌素的平均洗脱率分别为26%、51%和42%;对百菌清的平均洗脱率分别为54%、68%和64%;对敌百虫的平均洗脱率分别为13%、23%和25%;对毒死蜱的平均洗脱率分别为26%、35%和43%;对高效氯氟菊酯的平均洗脱率分别为15%、24%和29%。清水、2%食盐水和2% NaHCO<sub>3</sub>水溶液对叶类蔬菜中维生素C的平均破坏率分别为15%、19%和20%。实验结果表明,2%食盐水和2% NaHCO<sub>3</sub>水溶液对农药残留的洗脱效果优于清水,且对蔬菜中维生素C的破坏率小,可作为日常洗涤叶类蔬菜的有效方法。

**关键词:**农药残留,清洗剂,蔬菜,洗脱率

## Research of washing effect of five pesticide residues in vegetables by different detergents

ZHANG Ya-qiong<sup>1</sup>, LUO Jin-feng<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>2</sup>, DING Xiao-wen<sup>1,\*</sup>, DENG Xin-ping<sup>2</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Agricultural Products Processing Laboratory of Chongqing,

Chongqing 400715, China; 2. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** In order to make out a simple and feasible way to remove residual pesticide in vegetable, the effects of different washing detergents on levels of five pesticide residues and vitamin C damage rate in vegetables were studied in the simulation system. By washing five kinds of pesticides in romaine lettuce and spinach with tap water, 2% salt water and 2% NaHCO<sub>3</sub> aqueous solution respectively, the pesticide residues content in vegetables was measured by gas chromatography and the vitamin C content was measured by ultraviolet spectrophotometry. The results showed that the average elution rates of avermectin by tap water, 2% salt water and 2% NaHCO<sub>3</sub> aqueous solution were 26%, 51% and 42% respectively. The average elution rates of chlorothalonil by tap water, 2% salt water and 2% NaHCO<sub>3</sub> aqueous solution were 54%, 68% and 64% respectively. The average removal rates of trichlorfon were 13%, 23% and 25% respectively. The average elution rates of chlorpyrifos were 26%, 35% and 43% respectively. The average elution rates of beta-cypermethrin were 15%, 24% and 29% respectively. The average damage rate of vitamin C were 15%, 19% and 20% respectively. The effects of salt water and NaHCO<sub>3</sub> aqueous solution were better than tap water alone and the damage rate of vitamin C were low. So salt and NaHCO<sub>3</sub> these two detergents could be used as effective methods to remove the pesticide residues in leafy vegetables in daily life.

**Key words:** pesticide residues; detergent; vegetable; elution rate

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)17-0110-05

农药的应用在控制病虫害、农作物增产增收等方面是必不可少的,但因其残留于所生产农产品中,可能造成食品安全问题,严重威胁着消费者健康<sup>[1-2]</sup>。随着杀虫剂的密集使用以及温室作物的普

遍种植,农药在作物中污染和残留的水平也逐渐升高<sup>[3]</sup>。蔬菜的根、茎、叶等部位易于富集残留农药。由于直接喷洒农药,叶菜类的叶片对农药的吸留作用更大。生菜、菠菜作为消费者日常食用的叶菜,食用前的清洗对保证食用安全尤为重要。目前降解果蔬中农药残留的方法主要有物理方法,如洗涤、光照<sup>[4]</sup>、X-射线<sup>[5]</sup>、γ-射线<sup>[6-7]</sup>、脉冲电场<sup>[6]</sup>、超声波<sup>[7]</sup>、超声波辐照<sup>[8]</sup>等,化学方法,如臭氧<sup>[9-10]</sup>、次氯酸钙<sup>[11]</sup>

收稿日期: 2013-02-22 \* 通讯联系人

作者简介: 张亚琼(1989-),女,硕士,研究方向:食品安全与质量控制。

和生物方法如微生物<sup>[12]</sup>和酶法降解<sup>[4]</sup>。有学者提出,目前去除果蔬农药残留最有效的方法就是清洗、去皮和烹饪<sup>[13]</sup>。我国民间也有淡盐水、碱水、淘米水浸泡能清除蔬菜上农残的说法。有研究比较了不同洗涤处理对蔬菜表面有机磷农药的去除效果,结果表明沸水降解效果最佳<sup>[4]</sup>,但会严重破坏蔬菜的营养价值;也有研究表明5‰的盐水对叶菜中农残的去除效果最佳,洗脱率可达48.75%;而应用淘米水和洗洁精清洗可能会造成二次污染和洗洁精残留等问题<sup>[14-15]</sup>。因此,本实验选择了上市时易出现农药残留的2种叶菜:生菜和菠菜,选择了有机磷、有机氯、抗生素和拟除虫菊酯类农药中的5种,通过模拟污染蔬菜样品,比较清水、2%食盐水和2% NaHCO<sub>3</sub>3种清洗剂的洗涤效果,希望能为消费者提供一套简便易行、同时能最大程度保留其营养价值的家庭降低叶菜农药残留的方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

生菜和菠菜 重庆市北碚区永辉超市;阿维菌素标准储备液(100 $\mu$ g/mL)、百菌清标准储备液(100 $\mu$ g/mL)、敌百虫标准贮备液(100 $\mu$ g/mL)、毒死蜱标准贮备液(100 $\mu$ g/mL)、高效氯氰菊酯标准贮备液(100 $\mu$ g/mL) 由农业部环境保护科研检测所提供;乳油型阿维菌素农药,商品名为定虫针,有效成分浓度为18g/L 四川赛威生物工程有限公司生产;悬浮剂型的百菌清农药,商品名高达宁,有效成分浓度为40% 成都皇牌作物科学有限公司生产;乳油剂型的敌百虫农药,有效成分浓度为30% 惠州市中讯化工有限公司生产;乳油剂型的毒死蜱农药,商品名一虫不留,有效成分浓度为40% 浙江黄岩鼎正化工有限公司生产;乳油剂型的高效氯氰菊酯农药,有效成分浓度为2.50% 河南雪利农用化工有限公司生产;乙腈(分析纯)、丙酮(分析纯)、正己烷(分析纯)、氯化钠(分析纯)、碳酸氢钠(分析纯) 由成都市科龙化工试剂厂生产;食盐 重庆市盐业(集团)有限公司专营;高纯氮(99.999%) 重庆兴业气体有限责任公司;弗罗里硅土小柱(1000mg/6mL) Simon Aldrich。

2010型气相色谱仪、LC-20A型高效液相色谱仪 SHIMADZHU;HGC-36A氮吹仪 天津市恒奥科技有限公司;KQ-500E超声波清洗机 昆山超声波清洗厂;组织捣碎机 九阳股份有限公司;常用玻璃器皿。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品的制备 按照使用说明书,分别将阿维菌素农药与水按1:1250体积比、百菌清农药与水按1:280体积比、敌百虫农药与水按1:340体积比、毒死蜱农药与水按1:500体积比、高效氯氰菊酯农药与水按1:1400体积比的比例配成溶液,分别称取一定量的生菜和菠菜于上述农药溶液中浸泡20min,然后捞出、沥干,用保鲜袋包装后于4℃冰箱冷藏放置约18h。

配制2%的食盐溶液、2%碳酸氢钠溶液。将浸

泡过百菌清等农药的生菜和菠菜平均分成4份,1份不洗作农药残留对照;1份用清水浸泡10min后再漂洗1次沥干水分;1份用2%食盐水浸泡10min,再用清水漂洗1次后沥干水分;1份用2%碳酸氢钠溶液浸泡10min,再用清水漂洗1次后沥干水分。将经上述处理的样品用组织捣碎机分别打碎备用。

1.2.2 样品中农药的提取净化 分别称取经过上述处理的样品各约15g于试剂瓶中,加入50mL乙腈和20mL水,在超声波清洗机中超声提取30min,过滤至装有7g NaCl的具塞三角瓶中振摇,避光静置30min分层,取乙腈相(上层)10mL于10mL刻度试管中,60℃水浴氮气吹至近干,用2mL正己烷溶解残渣,过弗罗里土小柱净化;用5mL正己烷+丙酮(90+10)洗涤试管,洗液过小柱。合并滤液,混匀,60℃水浴氮气吹至余2mL左右,用正己烷定容至5mL,用于农药残留测定。

1.2.3 农药含量测定 阿维菌素主要参照查玉兵等的方法使用反相高效液相色谱法进行测定<sup>[16]</sup>;百菌清等参照“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”<sup>[17]</sup>使用气相色谱法进行测定。

1.2.3.1 色谱条件 测定阿维菌素的色谱条件:AgilentC<sub>18</sub>色谱柱(150mm×4.6mm,5 $\mu$ m),流动相为甲醇-水(90+10),柱温40℃,流量为1.0mL/min,检测波长245nm,进样量20 $\mu$ L。

测定百菌清的色谱条件:进样口:250℃,柱温箱:270℃,检测器:电子捕获检测器(ECD),290℃;检测柱:rtx-1,0.25mm内径;进样方式:分流进样,分流比:10:1;柱流量:0.52mL/min;尾吹:30mL/min。

测定敌百虫的色谱条件:进样口:250℃,柱温箱:200℃,检测器:氮磷检测器(FTD),250℃;检测柱:rtx-1,0.25mm内径;进样方式:分流进样,分流比:5:1;柱流量:0.66mL/min;尾吹:15mL/min。

测定毒死蜱色谱条件:进样口:230℃;柱温箱:250℃;检测器:氮磷检测器(FTD),280℃;检测柱:rtx-1,0.25mm内径;进样方式:分流进样,分流比10:1;柱流量:0.56mL/min;尾吹:27.5mL/min。

测定高效氯氰菊酯的色谱条件:进样口:280℃;柱温箱:260℃;检测器:电子捕获检测器(ECD),280℃;检测柱:rtx-1,0.25mm内径;进样方式:分流进样,分流比15:1;柱流量:0.54mL/min;尾吹:30mL/min。

1.2.3.2 标准曲线的制备 取阿维菌素标准储备液,用色谱级的甲醇作溶剂,将其配制成浓度分别为0.00、0.04、0.05、0.10、0.50、1.00、2.00 $\mu$ g/mL的系列标准溶液;分别取百菌清、敌百虫、毒死蜱、高效氯氰菊酯标准贮备液,用正己烷将其配制成浓度分别为0.00、0.10、0.50、1.00、5.00、10.00 $\mu$ g/mL的系列标准溶液;按照色谱条件测定它们的峰面积。以上述农药标准溶液的浓度为横坐标,以相应的峰面积为纵坐标绘制标准曲线,得到标准曲线的线性回归方程和r值。

1.2.3.3 样品中残留百菌清等农药的测定及计算 将上述处理过的样品经过测定,得到保留时间

和峰面积,根据标准曲线回归方程和样品处理时的稀释倍数,计算样品中百菌清等农药的残留量,并计算出不同洗涤处理对百菌清等农药的洗脱率。洗脱率的计算公式如下:

$$\text{洗脱率}(\%) = \frac{\text{不洗果蔬农药残留}(\mu\text{g/g}) - \text{洗涤果蔬农药残留}(\mu\text{g/g})}{\text{不洗果蔬农药残留}(\mu\text{g/g})} \times 100$$

1.2.4 维生素 C 含量测定 主要参照郑京平的方法使用紫外分光光度法测定<sup>[18]</sup>。

1.2.5 数据处理 所有实验每份样品均平行测定 8 次,所得数据采用 excel 2003 和 SPSS 17.0 进行统计学分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 所测得农药与维生素 C 的标准曲线回归方程和 r 值

阿维菌素的标准曲线的回归方程和 r 值分别为  $y = 48416.45x - 884.3001, r = 0.9998$ 。

百菌清的标准曲线的回归方程和 r 值分别为  $y = 330875x + 115263, r = 0.9982$ 。

敌百虫标准曲线的回归方程和 r 值分别为  $y = 79048x + 6769.5, r = 0.9998$ 。

毒死蜱的标准曲线的回归方程和 r 值分别为  $y = 51997x - 2734, r = 0.9998$ 。

高效氯氰菊酯的标准曲线的回归方程和 r 值分别为  $y = 332079x + 83656, r = 0.9989$ 。

维生素 C 的标准曲线回归方程和 r 值分别为  $y = 0.0483x - 0.0113, r = 0.9986$ 。

### 2.2 不同清洗剂对阿维菌素的洗脱效果

阿维菌素(Avermectin)是一种广谱、高效抗生素类生物杀虫剂,属昆虫神经毒剂,对螨类和昆虫具有胃毒和触杀作用。通常贮存条件下性质稳定,在 pH5-9 和 25℃ 时其水溶液不会发生水解,阿维菌素经口摄入毒性大,发病急,易引起中枢抑制、呼吸抑制、血压异常等<sup>[19]</sup>。采用不同清洗剂洗涤后,叶菜中阿维菌素的残留量和洗脱率如表 1 所示。

表 1 洗涤后叶菜样品中阿维菌素的残留量和洗脱率

Table 1 Avermectin residues in vegetable samples after washing and elution rate

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ ( $\mu\text{g/g}$ )	洗脱率 (%)
生菜	不洗	$2.99 \pm 0.05^a$	-
	清水	$1.75 \pm 0.08^b$	41.47
	2% 食盐水	$1.38 \pm 0.06^c$	53.85
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	$1.34 \pm 0.04^d$	55.18
菠菜	不洗	$2.74 \pm 0.04^a$	-
	清水	$2.45 \pm 0.02^b$	10.58
	2% 食盐水	$1.44 \pm 0.03^d$	47.45
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	$1.95 \pm 0.07^c$	28.83

注:上标为同一品种不同处理方式之间的显著性分析,不同字母表示当  $p < 0.05$  具有显著性差异,表 2~表 6 同。

由实验结果可知,用清水洗涤可以分别除去生菜、菠菜中残留的阿维菌素 41.47%、10.58%,平均洗脱率在 26% 左右;2% 食盐水洗涤可分别除去生菜、

菠菜中残留的阿维菌素 53.85%、47.45%,平均洗脱率在 51% 左右;2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的阿维菌素 55.18%、28.83%,平均洗脱率在 42% 左右。三种清洗剂均能显著降低叶菜中残留的阿维菌素,2% 食盐水和 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对菠菜、生菜的洗涤效果由于清水,不同清洗剂对不同品种蔬菜中阿维菌素的洗涤效果有差异。

### 2.3 不同清洗剂对百菌清的洗脱效果

百菌清(Chlorothalonil)是一种低毒型广谱杀真菌剂农药,广泛应用于蔬菜、果树、豆类等多种作物病害的防治,药效期长。该物质在常温及一般酸、碱、紫外光下稳定,微溶于水,不耐强碱,无腐蚀性,能诱导染色体畸变和 DNA 断裂<sup>[20]</sup>。采用不同清洗剂洗涤后,不同叶菜中百菌清的残留量和洗脱率如表 2 所示。

表 2 洗涤后叶菜样品中百菌清的残留量和洗脱率

Table 2 Chlorothalonil residues in vegetable samples after washing and elution rate

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ ( $\mu\text{g/g}$ )	洗脱率 (%)
生菜	不洗	$270.41 \pm 5.77^a$	-
	清水	$145.93 \pm 2.84^b$	46.03
	2% 食盐水	$104.89 \pm 2.98^d$	61.21
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	$111.01 \pm 1.60^c$	58.95
菠菜	不洗	$347.86 \pm 4.44^a$	-
	清水	$133.58 \pm 2.90^b$	61.60
	2% 食盐水	$84.51 \pm 1.91^d$	75.71
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	$106.68 \pm 2.24^c$	69.33

由实验结果可知,用清水洗涤可以分别除去生菜、菠菜中残留的百菌清 46.03%、61.60%,平均洗脱率在 54% 左右;2% 食盐水洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的百菌清 61.21%、75.71%,平均洗脱率在 68% 左右;2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的百菌清 58.95%、69.33%,平均洗脱率在 64% 左右。数据的显著性分析表明,三种清洗剂均能显著降低叶菜中残留的百菌清含量,2% 食盐水对百菌清的洗涤效果最佳。Zhang 等<sup>[21]</sup>研究表明,分别采用 2%、6%、10% 的 NaCl 洗涤 10min 可以去除卷心菜当中 27.7%、48.2%、68.8% 的百菌清,这表明清洗剂的浓度可能会影响到清洗的效果。

### 2.4 对敌百虫的洗脱效果

敌百虫(Trichlorfon)是一种低毒、广谱型有机磷杀虫剂,适于防治果树、蔬菜、茶叶等各种作物害虫。该物质纯品能溶于水,性质较稳定,加热和碱性条件下易水解,能抑制胆碱酯酶,造成神经生理功能紊乱<sup>[22]</sup>。采用不同清洗剂洗涤后,不同叶菜中敌百虫的残留量和洗脱率如表 3 所示。

由实验结果可知,用清水洗涤可以分别除去生菜、菠菜中残留的敌百虫 9.21%、16.05%,平均洗脱率在 13% 左右;2% 食盐水洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的敌百虫 19.02%、26.03%,平均洗脱率在 23% 左右;2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤可分别除去生菜、

菠菜中残留的敌百虫 25.00%、24.16%，平均洗脱率在 25% 左右。三种清洗剂均能显著降低叶菜中敌百虫的残留量，2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对敌百虫的平均洗脱效果最佳。由于敌百虫的分子量在几种农药中最小，更易渗透入细胞内部，因此不易洗脱。

表3 洗涤处理叶菜样品中敌百虫的残留量和洗脱率

Table 3 Trichlorfon residues in vegetable samples after washing and elution rate

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ ( $\mu\text{g/g}$ )	洗脱率 (%)
生菜	不洗	8.36 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	-
	清水	7.59 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>	9.21
	2% 食盐水	6.77 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>	19.02
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	6.27 $\pm$ 0.18 <sup>d</sup>	25.00
菠菜	不洗	18.75 $\pm$ 0.86 <sup>a</sup>	-
	清水	15.74 $\pm$ 0.74 <sup>b</sup>	16.05
	2% 食盐水	13.87 $\pm$ 0.58 <sup>c</sup>	26.03
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	14.22 $\pm$ 0.56 <sup>c</sup>	24.16

## 2.5 对毒死蜱的洗脱效果

毒死蜱(*Chlorpyrifos*)是中等毒性有机磷杀虫剂，具有胃毒、触杀、熏蒸三重作用，对水稻、小麦、棉花、果树、蔬菜、茶树上多种咀嚼式和刺吸式口器害虫均具有较好防效。该物质于室温下稳定，主要经口吸收，分布于肝脏、肾脏、脾脏等器官，无生物蓄积性<sup>[23]</sup>。采用不同清洗剂洗涤后，不同叶菜中毒死蜱的残留量和洗脱率如表4所示。

表4 洗涤处理叶菜样品后毒死蜱的残留量和洗脱率

Table 4 Chlorpyrifos residues in vegetable samples after washing and elution rate

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ ( $\mu\text{g/g}$ )	洗脱率 (%)
生菜	不洗	20.93 $\pm$ 0.77 <sup>a</sup>	-
	清水	18.65 $\pm$ 0.44 <sup>b</sup>	10.89
	2% 食盐水	16.87 $\pm$ 0.54 <sup>c</sup>	19.40
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	14.48 $\pm$ 0.26 <sup>d</sup>	30.82
菠菜	不洗	16.98 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	-
	清水	9.9 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	41.70
	2% 食盐水	8.28 $\pm$ 0.41 <sup>c</sup>	51.24
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	7.53 $\pm$ 0.24 <sup>d</sup>	55.65

由实验结果可知，用清水洗涤可以分别除去生菜、菠菜中残留的 10.89%、41.70% 毒死蜱，平均洗脱率在 26% 左右；2% 食盐水洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的 19.40%、51.24% 毒死蜱，平均洗脱率在 35% 左右；2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的 30.82%、55.65% 毒死蜱，平均洗脱率为 43% 左右。数据的显著性分析表明，三种清洗剂均能显著降低叶菜中毒死蜱的残留量，且对菠菜中毒死蜱的洗脱率显著高于生菜，但对毒死蜱的平均洗脱率低于阿维菌素和百菌清。总体来说，2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对叶菜中毒死蜱的洗涤效果最佳。谢惠等<sup>[24]</sup>的研究表明，清水和 5% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液浸

泡 10min 后洗涤，对甘蓝中毒死蜱的洗脱率分别为 31.6% 和 33.8%，这表明同种清洗剂对不同蔬菜中毒死蜱的洗脱率不同，清洗剂的浓度也可能会影响洗涤效果。

## 2.6 对高效氯氰菊酯的洗脱效果

高效氯氰菊酯(*Beta-cypermethrin*)是一种拟除虫菊酯类杀虫剂，生物活性较高，具有触杀和胃毒作用。杀虫谱广、击倒速度快，适用于防治棉花、蔬菜、果树、茶树等多种植物上的害虫。该物质具有高毒性，人类少量接触会引起皮肤刺痛、头痛、恶心，大量口服会导致全身抽搐和昏迷<sup>[25]</sup>，在光照下及在中性及微酸性介质中稳定。采用不同清洗剂洗涤后，不同叶菜中高效氯氰菊酯的残留量和洗脱率如表5所示。

表5 洗涤处理后叶菜样品中高效氯氰菊酯的残留量和洗脱率

Table 5 Beta-cypermethrin residues in vegetable samples after washing and elution rate

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ ( $\mu\text{g/g}$ )	洗脱率 (%)
生菜	不洗	4.07 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	-
	清水	3.71 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	8.85
	2% 食盐水	3.12 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>	23.34
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	2.84 $\pm$ 0.12 <sup>d</sup>	30.22
菠菜	不洗	4.62 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	-
	清水	3.61 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	21.86
	2% 食盐水	3.45 $\pm$ 0.16 <sup>bc</sup>	25.32
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	3.35 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	27.49

由实验结果可知，用清水洗涤可以分别除去生菜、菠菜中残留的高效氯氰菊酯 8.85%、21.86%，平均洗脱率在 15% 左右；2% 食盐水洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的高效氯氰菊酯 23.34%、25.32%，平均洗脱率在 24% 左右；2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤可分别除去生菜、菠菜中残留的高效氯氰菊酯 30.22%、27.49%，平均洗脱率在 29% 左右。三种清洗剂能显著降低叶菜中残留的高效氯氰菊酯，但对高效氯氰菊酯的平均洗脱率低于阿维菌素、百菌清和毒死蜱。总体来说，三种清洗剂对叶菜中高效氯氰菊酯的清洗效果是 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液 > 2% 食盐水 > 清水，而 2% 食盐水与 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对菠菜的洗涤效果无显著性差异。

## 2.7 不同清洗剂对维生素 C 的破坏

维生素 C 广泛存在于各种水果和蔬菜中，属水溶性维生素，人体内缺少合成维生素 C 的古洛内酯氧化酶，因此人体对维生素 C 的全部需求由食物供给<sup>[26]</sup>。新鲜果蔬中的维生素 C 极易损失，在洗涤过程中应尽量减少维生素 C 的损失。使用不同洗涤剂造成叶菜中维生素 C 的损失率如表6所示。

由实验结果可知，用清水洗涤对生菜、菠菜中的维生素 C 的损失率分别为 13.95%、15.77%，平均损失率在 15% 左右；2% 食盐水洗涤对生菜、菠菜中的维生素 C 的损失率分别为 8.35%、30.53%，平均损失率在 19% 左右；2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对生菜、菠菜中

的维生素 C 的损失率分别为 28.14%、11.26%，平均损失率在 20% 左右。总体来说，三种清洗剂对叶菜中维生素 C 的破坏率是 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液 > 2% 食盐水 > 清水，且对于不同的蔬菜进行相同的洗涤处理，其维生素 C 的损失率也不同。

表 6 洗涤处理后叶菜样品中维生素 C 的含量与损失率  
Table 6 Loss rate of V<sub>C</sub> in vegetable samples after washing

样品名称	处理方式	$\bar{x} \pm s$ (mg/100g)	损失率 (%)
生菜	不洗	17.41 ± 3.00 <sup>a</sup>	-
	清水	14.98 ± 3.03 <sup>a</sup>	13.95
	2% 食盐水	15.95 ± 2.10 <sup>a</sup>	8.35
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	12.51 ± 3.21 <sup>a</sup>	28.14
菠菜	不洗	18.84 ± 2.81 <sup>a</sup>	-
	清水	15.87 ± 1.97 <sup>ab</sup>	15.77
	2% 食盐水	13.09 ± 1.03 <sup>b</sup>	30.53
	2% NaHCO <sub>3</sub> 水溶液	16.71 ± 1.79 <sup>ab</sup>	11.26

### 3 结论

实验数据表明，通过洗涤可有效去除叶菜中的农药残留。本实验中采用的农药样品中乳油剂型的农药残留显著低于悬浮剂型的，但悬浮剂型农药洗脱率较高，三种清洗剂对叶菜中 5 种农药的平均洗脱率排序为百菌清 > 阿维菌素 > 毒死蜱 > 高效氯氟菊酯 > 敌百虫；清水、2% 食盐水和 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液对叶菜中残留农药的平均洗脱率分别是 27%、40% 和 41%，对叶菜中维生素 C 的平均损失率分别是 15%、19% 和 20%。这说明采用 2% 食盐水或者 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤除去叶菜中农残的效果要优于只采用清水洗涤的，且对叶菜中维生素 C 的破坏作用较小。食盐与 NaHCO<sub>3</sub> 是日常生活常备品，操作简便、易行。综上所述，采用 2% 食盐水或者 2% NaHCO<sub>3</sub> 水溶液洗涤，可在保留蔬菜营养成分的同时有效去除农药的残留，是一种家庭清洗蔬菜的较好方法。

### 参考文献

[1] Khaled A. O, Al-Humaid A I, Al-Rehiyani S M, *et al.* Estimated daily intake of pesticide residues exposure by vegetables grown in greenhouses in Al-Qassim region, Saudi Arabia[J]. Food Control, 2011(22): 947-953.  
[2] 徐晶, 杨静, 张海霞, 等. 蔬菜中拟除虫菊酯类农药残留调查[J]. 北方园艺, 2012(15): 142-144.  
[3] Mansour SA, Belal MH, Abou-Arab, *et al.* Monitoring of pesticide and heavy metals in cucumber fruits produced from different farming system[J]. Chemosphere, 2009, (75): 601-609.  
[4] 季静, 杨晓倩, 郭冬梅, 等. 蔬菜表面残留磷酸酯类有机磷农药降解方法研究[J]. 山东大学学报: 医学版, 2009, 47(7): 122-124.  
[5] Trebse P, Arcon I. Degradation of organophosphorus compounds by X-ray irradiation[J]. Radiation physics and chemistry, 2003, 67(3-4): 527-530.  
[6] Basfar A A, Mohamed K A, Al-Abduly A J, *et al.* Degradation of diazinon contaminated waters by ionizing radiation[J].

Radiation Physics and Chemistry, 2007, 76(8-9): 1474-1479.  
[7] Basfar A A, Mohamed K A, Al-Saqer O A. De-contamination of pesticide residues in food by ionizing radiation[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(4): 473-478.  
[8] Chen Fang, Zeng Ling, Zhang Yuanyuan, *et al.* Degradation behaviour of methamidophos and chlorpyrifos in apple juice treated with pulsed electric fields[J]. Food Chemistry, 2009, 112(4): 956-961.  
[9] 汤锋, 邓大鹏, 刘根凤, 等. 蔬菜中 4 种农药残留去除技术研究[J]. 安徽农业大学学报, 2006, 33(2): 183-188.  
[10] 沈群, 刘月, 王群, 等. 应用臭氧降解农药百菌清的实验研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(4): 13-15.  
[11] 王琦, 张子德, 刘伟, 等. 次氯酸钙对蔬菜上甲胺磷农药残留降解的研究[J]. 食品工业科技, 2006(7): 169-171.  
[12] Fuentes M S, Benimeli C S, Amoroso S A, *et al.* Isolation of pesticide-degrading actinomyces from a contaminated site: Bacterial growth, removal and dechlorination of organochlorine pesticides[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2010(64): 434-441.  
[13] Kaushik J, Satya S, Naik S N. Food processing a tool to pesticide residue dissipation: A review[J]. Food Research International, 2009(42): 26-40.  
[14] 张锐, 张玉鑫, 白文. 不同洗涤处理对叶菜中农药残留去除效果比较[J]. 农业科技与装备, 2010(5): 30-34.  
[15] 刘嫦娥, 胡波, 吴敏, 等. 农产品农药残留的危害与预防[J]. 现代农业科技, 2012(14): 290.  
[16] 查玉兵, 杨春亮, 刘丽丽, 等. 反相高效液相色谱法测定龙眼中阿维菌素残留量[J]. 理化检验-化学分册, 2009, 45(7): 825-826, 829.  
[17] 刘满威, 买光熙, 李凌云, 等. 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[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2008.  
[18] 郑京平. 水果、蔬菜中维生素 C 含量的测定—紫外分光光度快速测定方法探讨[J]. 光谱实验室, 2006, 23(4): 731-735.  
[19] 王莉, 张倩, 周海博, 等. 急性阿维菌素中毒 6 例的护理[J]. 中国误诊学杂志, 2010, 10(29): 7258.  
[20] Vigreux C, Poul J M, Deslandes E, *et al.* DNA damaging effects of pesticides measured by the single cell gel electrophoresis assay (comet assay) and the chromosomal aberration test, in CHOK1 cells[J]. Mutation Research, 1998, 419(2): 79-90.  
[21] Zhang Zhi-yong, Liu Xian-jin, Hong Xiao-yue. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage[J]. Food Control, 2007, 18(12): 1484-1487.  
[22] 何军山, 卢新华, 曹慧芳. 敌百虫中毒对过氧化脂质、肾功能的影响[J]. 中国预防医学杂志, 2008, 9(10): 923-924.  
[23] 郑光, 周志俊. 毒死蜱的毒理学研究进展[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(4): 496-498.  
[24] 谢惠, 朱鲁生, 李文海, 等. 利用降解酶去除蔬菜表面农药毒死蜱残留[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(5): 1245-1249.  
[25] 王雅岩, 汪霞. 高效氯氟菊酯中毒 1 例救治体会[J]. 内蒙古中医药, 2011(24): 40-40.  
[26] 陆道礼. 草莓汁加工贮藏过程中维生素 C 变化规律的研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(8): 61-62.