

# 不同清洗方法对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

刘英<sup>1,2</sup>, 王新全<sup>1</sup>, 汤涛<sup>1</sup>, 许振岚<sup>1</sup>, 陈文学<sup>2</sup>, 张昌朋<sup>\*1</sup>, 王强<sup>\*1,2</sup>

(1. 省部共建农产品质量安全国家重点实验室(筹), 农业农村部农药残留检测重点实验室, 浙江省农业科学院农产品质量标准研究所, 杭州 310021; 2. 海南大学食品学院, 海口 570228)

**摘要:** 为筛选出最佳清洗方法, 提高芹菜的食用安全性, 采用正交试验设计, 研究了自来水、食盐、食醋、小苏打和果蔬清洗剂对田间芹菜样品(以下简称田间样品)及实验室模拟芹菜样品(以下简称实验室模拟样品)中吡虫啉残留的去除效果。结果表明: 各种清洗方式对田间样品及实验室模拟样品中吡虫啉残留均有一定的去除作用。其中, 田间样品去除率分别为自来水 18%~46%、食盐溶液 42%~75%、食醋溶液 39%~68%、小苏打溶液 14%~42% 和果蔬清洗剂溶液 29%~75%, 去除能力由高到低依次为食盐溶液 = 果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 自来水 > 小苏打溶液。实验室模拟样品去除率分别为自来水 35%~63%、食盐溶液 13%~31%、食醋溶液 23%~42%、小苏打溶液 13%~40% 和果蔬清洗剂溶液 25%~44%, 去除能力由高到低依次为自来水 > 果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 小苏打溶液 > 食盐溶液。以去除率为评价依据, 清洗液的清洗时间、温度、质量分数和浸泡次数对去除率均有不同程度的影响。研究结果对于去除芹菜等蔬菜中吡虫啉残留, 降低膳食摄入风险, 具有一定指导意义。

**关键词:** 膳食风险; 芹菜; 吡虫啉; 残留; 清洗方法; 去除效果; 正交设计

中图分类号: S482.3; TQ450.263

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2019)04-0492-08

## Removal effect of imidacloprid residue in celery by different washing method

LIU Ying<sup>1,2</sup>, WANG Xinquan<sup>1</sup>, TANG Tao<sup>1</sup>, XU Zhenlan<sup>1</sup>,  
CHEN Wenxue<sup>2</sup>, ZHANG Changpeng<sup>\*1</sup>, WANG Qiang<sup>\*1,2</sup>

(1. State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-products (in prepared), Ministry of Agriculture and Rural Affairs Key Laboratory for Pesticide Residue Detection, Institute of Quality and Standard for Agro-products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** In order to identify the best cleaning method and improve the edible safety of celery, the effects of washing methods on the removal of imidacloprid residue in celery were studied by orthogonal design. The results showed that removal rate of imidacloprid residue in field samples were 18%-46% after water washing, 42%-75% after salt solution washing, 39%-68% after vinegar solution washing, 14%-42% after baking soda solution washing, and 29%-75% after cleaning agent solution washing,

收稿日期: 2018-12-05; 录用日期: 2019-03-13.

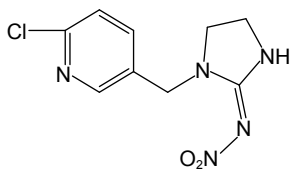
基金项目: 公益性行业科研专项(201503107-12); 国家重点研发计划(2016YFD0200204, 2017YFD0201600); 浙江省自然科学基金(LQ16B070003).

作者简介: 刘英, 女, 硕士研究生, E-mail: liuying3338@163.com; \*张昌朋, 通信作者(Author for correspondence), 男, 副研究员, 从事农药残留研究, E-mail: cpzhang1215@126.com; \*王强, 共同通信作者(Co-author for correspondence), 男, 研究员, 从事农药安全性评价研究, E-mail: qiangwang\_zaas@163.com

respectively. The removal rate of imidacloprid residue in field celery sample by different agents was in the following order: salt solution = cleaning agent solution > vinegar solution > water > baking soda solution. The removal rate of imidacloprid residue in laboratory samples were 35%-63% after water washing, 13%-31% after salt solution washing, 23%-42% after vinegar solution washing, 13%-40% after baking soda solution, and 25%-44% after cleaning agent solution washing, respectively. The removal rate of imidacloprid residue by different agents in laboratory celery sample was in the following order: water > cleaning agent solution > vinegar solution > baking soda solution > salt solution. The removal rate of imidacloprid residue in celery is affected by the cleaning time, temperature, concentration and soaking times of the cleaning solution. The results are instructive for removing imidacloprid residues in celery and reducing the risk of dietary intake.

**Keywords:** dietary risk; celery; imidacloprid; residue; washing method; removal effect; orthogonal design

芹菜 *Apium graveolens* L. 在种植过程中易出现蚜虫、斜纹夜蛾、红叶螨及斑枯病、叶斑病等病虫害问题, 常采用吡虫啉 (结构式见图式 1) 等进行防治<sup>[1-2]</sup>。农药的不合理使用导致芹菜上农药残留的检出率高、超标率高、超标农药种类多<sup>[3-7]</sup>。Fang 等抽检 300 份来自中国 8 个芹菜主产区的芹菜样品, 发现吡虫啉在芹菜中的检出率高达 23%<sup>[3]</sup>; 刘航于 2013—2016 年抽检了 827 份辽宁省芹菜样品, 其中有 91 份样品农药残留超标, 3 份样品吡虫啉超标<sup>[6]</sup>; 麻耀君抽检了 110 份山西省不同流通渠道的芹菜样品, 其中吡虫啉检出次数为 42<sup>[7]</sup>。因此开展芹菜中农药残留的去除方法研究具有重要的现实意义。



图式 1 吡虫啉结构式

Scheme 1 Structural formula of imidacloprid

清洗是农产品在食用前最常用的处理方式, 经过清洗后的农产品往往可以大大降低农药的残留量<sup>[8-18]</sup>。清洗对果蔬中农药残留的去除效果主要与农药的种类、溶解度及辛醇/水分配系数 (low  $K_{ow}$  值) 等理化性质, 以及清洗时间、清洗液种类、清洗液质量分数和清洗液温度等因素有关<sup>[19-20]</sup>。在研究清洗方式对农药残留变化的影响时, 由于实验室模拟样品比田间样品更容易获得, 因此在研究过程中多使用实验室模拟样品<sup>[13, 15-18]</sup>。但有研究表明, 内吸性农药的实验室模拟样品与田间样品的

加工因子会有所差异<sup>[19]</sup>, 且有关加工方式对芹菜中农药残留去除的研究较少<sup>[21]</sup>。鉴于此, 本研究采用正交试验设计研究了自来水、食盐溶液、食醋溶液、小苏打溶液和果蔬清洗剂溶液等清洗方法对田间芹菜样品 (简称田间样品) 及实验室模拟芹菜样品 (简称实验室模拟样品) 中吡虫啉残留的去除效果, 以期筛选出最佳清洗方法, 提高芹菜的食用安全性。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器设备

LCMS-8050 三重四极杆液相色谱-质谱联用仪, 日本岛津公司; SPS402F 电子天平 (0.01 g) 和 AB135-S 电子天平 (0.000 1 g), 梅特勒托利多称量设备系统有限公司; TYZD-IIA 振荡器, 姜堰市天仪电子仪器有限公司; VTX-3000L 涡旋仪, MIXER UZUSIO 公司; Sigma 高速离心机, 德国 Sigma 公司; TD5A-WS 台式大容量离心机, 金坛市金南仪器制造有限公司; HR2864 匀浆机, 飞利浦家用电器有限公司。

### 1.2 药剂与试剂

99.0% 吡虫啉 (imidacloprid) 标准品, 德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司; 10% 吡虫啉可湿性粉剂 (WP), 海利尔药业集团股份有限公司。WondaPak QuEChERS 提取盐包 (NaCl 1 g,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1 g,  $\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$  0.5 g,  $\text{MgSO}_4$  4 g), 上海岛津技迩商贸有限公司; 2 mL Agela Cleanert MAS-Q 净化管 ( $\text{C}_{18}$  50 mg, PSA 50 mg, PC 8 mg,  $\text{MgSO}_4$  150 mg), 天津博纳艾杰尔科技有限公司。自来水, 杭州市水务控股集团有限公司; 食醋, 江苏

恒顺醋业股份有限公司；食盐，浙江省盐业集团有限公司；小苏打，南京甘汁园糖业有限公司；果蔬清洗剂，杭州传化日用品有限公司。乙腈(色谱纯)，德国默克股份两合公司；甲酸(色谱纯)，美国 Anaqua Chemicals；乙腈(分析纯)，上海凌峰化学试剂有限公司。

### 1.3 供试作物及处理

供试芹菜品种为白骨黄心芹。于芹菜生长期进行田间施药，供试药剂为 10% 吡虫啉 WP，采用茎叶喷雾处理，施药剂量为有效成分 600 g/hm<sup>2</sup>；以喷施自来水为空白对照组。于施药 7 d 后采样，经去根、去枯叶处理后备用。

田间样品：一部分用于清洗试验，另一部分用于测定吡虫啉初始残留量。未经清洗处理的芹菜田间样品中吡虫啉初始残留量为 4.7 mg/kg。

实验室模拟样品：取空白对照组芹菜，放入质量浓度为 50 mg/L 的吡虫啉溶液(用 10% 吡虫啉 WP 配制而成)中浸泡 30 min，获得吡虫啉残留量接近于田间样品中残留量的实验室模拟样品，于阴凉处自然晾干 12 h，用于清洗试验。

### 1.4 清洗方法

自来水清洗：选择时间、温度、浸泡次数 3 个因素，每个因素设 3 个水平，按 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交表设计(表 1)，筛选去除吡虫啉残留的最佳清洗方法。样品经自来水处理后，立即用自来水冲洗 10 s，置于阴凉处自然晾干，待测定。

清洗液清洗：食盐、食醋、小苏打、果蔬清洗剂等清洗选择时间、温度、质量分数 3 个因素，每个因素设 3 个水平，按 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交表设计(表 2)，筛选去除吡虫啉残留的最佳清洗方法。样品经食盐、

表 1 自来水清洗正交试验设计

处理 Treatment	时间 Time/min	温度 Temperature/°C	浸泡次数 Frequency	误差 Error
1	5	10	1	1
2	5	25	2	2
3	5	40	3	3
4	10	10	2	3
5	10	25	3	1
6	10	40	1	2
7	20	10	3	2
8	20	25	1	3
9	20	40	2	1

食醋、小苏打或果蔬清洗剂等溶液处理后，立即用自来水冲洗 10 s，置于阴凉处自然晾干，待测定。

### 1.5 芹菜中吡虫啉含量的检测方法

参照前文的方法<sup>[2]</sup>测定。

### 1.6 数据分析

根据公式(1)计算残留农药的去除率(D)。

$$D/\% = [(W_c - W_t)/W_c] \times 100 \quad (1)$$

式中： $W_c$ 为对照样品中农药残留量(mg/kg)， $W_t$ 为处理样品中农药残留量(mg/kg)。

采用 Excel 2010 进行计算，DPS 7.5 进行数据分析；正交设计结果采用极差分析；采用最小显著差数法(LSD法)进行多重比较，在 0.05 水平上进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 自来水清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

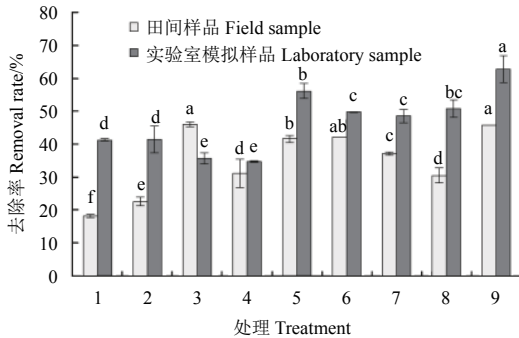
由图 1 及表 3 可知：自来水清洗处理对田间样品中吡虫啉残留的去除率为 18%~46%，影响其

表 2 食盐、食醋、小苏打和果蔬清洗剂清洗正交试验设计

Table 2 The orthogonal design table of washing test experiments using salt, vinegar, baking soda and cleaning agent

处理 Treatment	食盐 Salt			食醋 Vinegar			小苏打 Baking soda			果蔬清洗剂 Cleaning agent		
	质量分数 Concentration /%	时间 Time /min	温度 Temperature /°C	质量分数 Concentration /%	时间 Time /min	温度 Temperature /°C	质量分数 Concentration /%	时间 Time /min	温度 Temperature /°C	质量分数 Concentration /%	时间 Time /min	温度 Temperature /°C
1	0.50	5	10	0.10	5	10	0.10	5	10	0.010	5	10
2	1.0	5	25	0.50	5	25	1.0	5	25	0.050	5	25
3	1.5	5	40	1.0	5	40	1.5	5	40	0.10	5	40
4	1.0	10	10	0.5	10	10	1.0	10	10	0.050	10	10
5	1.5	10	25	1.0	10	25	1.5	10	25	0.10	10	25
6	0.50	10	40	0.10	10	40	0.10	10	40	0.010	10	40
7	1.5	20	10	1.0	20	10	1.5	20	10	0.10	20	10
8	0.50	20	25	0.10	20	25	0.10	20	25	0.010	20	25
9	1.0	20	40	0.50	20	40	1.0	20	40	0.050	20	40

去除效果的因素由大到小依次为温度 > 浸泡次数 > 时间, 且均影响显著。自来水对田间样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 10 min, 温度 40 °C, 浸泡次数 3 次。



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 各处理的详细条件见表 1。

The different lowercase letters indicate significant difference in removal rate ( $P < 0.05$ ). The detailed conditions of each treatment are shown in Table 1.

图 1 自来水清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

Fig. 1 Removal rate of imidacloprid residue in celery by water washing

表 3 自来水清洗对芹菜中吡虫啉残留去除效果的极差

Table 3 The range of the removal rate of imidacloprid residue in celery by water washing

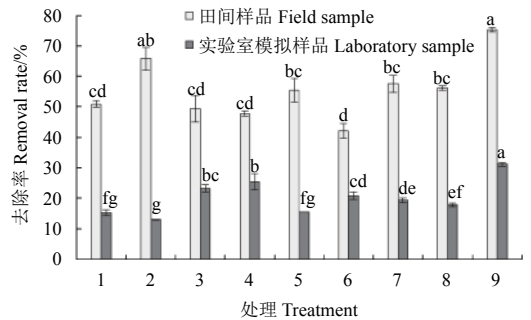
水平 Level	时间 Time/min	温度 Temperature/°C	浸泡次数 Frequency	误差 Error
k1	29	29	30	35
k2	38	32	33	34
k3	38	45	42	36
田间样品极差 The range of field sample	9.4	16	12	2.0
k1	40	42	47	53
k2	47	50	46	47
k3	54	49	47	40
实验室模拟 样品极差 The range of laboratory sample	14	8.0	1.0	13

自来水清洗处理对实验室模拟样品中吡虫啉残留的去除率为 35%~63%, 影响其去除效果的因素由大到小依次为时间 > 温度 > 浸泡次数, 其中时间影响显著, 温度和浸泡次数影响不显著。自来水对实验室模拟样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡 20 min, 温度 25 °C 和浸泡次数 1 次。

## 2.2 食盐溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

由图 2 及表 4 可知: 食盐处理对田间样品中吡虫啉残留的去除率为 42%~75%, 影响其去除效果的因素由大到小依次为时间 > 质量分数 > 温

度, 其中时间和质量分数影响显著, 温度影响不显著。食盐溶液对田间样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 20 min, 温度 25 °C, 质量分数为 1.0% 的食盐溶液。



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 各处理的详细条件见表 2。

The different lowercase letters indicate significant difference in removal rate ( $P < 0.05$ ). The detailed conditions of each treatment are shown in Table 2.

图 2 食盐溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

Fig. 2 Removal rate of imidacloprid residue in celery by salt solution washing

表 4 食盐溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留去除效果的极差

Table 4 The range of the removal rate of imidacloprid residue in celery by salt solution washing

水平 Level	时间 Time/min	温度 Temperature/°C	质量分数 Concentration	误差 Error
k1	55	52	50	61
k2	48	59	63	55
k3	63	56	54	51
田间样品极差 The range of field sample	15	7.1	13	9.5
k1	17	20	18	21
k2	21	15	23	18
k3	23	25	19	22
实验室模拟 样品极差 The range of laboratory sample	5.6	9.6	5.3	4.5

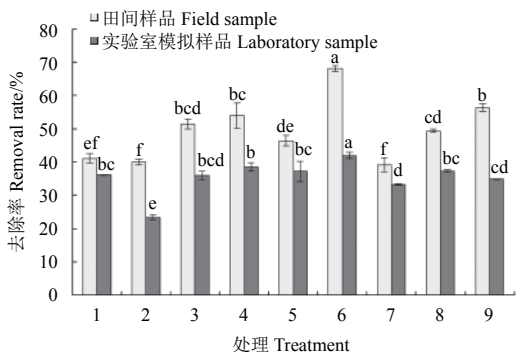
食盐处理对实验室模拟样品中吡虫啉残留的去除率为 13%~31%, 影响其去除效果的因素由大到小依次为温度 > 时间 > 质量分数, 且均达显著性水平。食盐溶液对实验室模拟样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 20 min, 温度 40 °C, 质量分数为 1.0% 的食盐溶液。

## 2.3 食醋溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果影响

由图 3 及表 5 可知: 食醋对田间样品中吡虫啉残留的去除率为 39%~68%, 影响其去除效果的

因素由大到小依次为温度 > 时间 > 质量分数, 且均达显著性水平。食醋溶液对田间样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 10 min, 温度 40 °C, 质量分数为 0.10% 的食醋溶液。

的因素由大到小依次为时间 > 温度 > 质量分数, 其中时间和温度影响显著, 质量分数影响不显著。小苏打溶液对田间样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 20 min, 温度 25 °C, 质量分数为 0.10% 的小苏打溶液。



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 各处理的详细条件见表 2。

The different lowercase letters indicate significant difference in removal rate ( $P < 0.05$ ). The detailed conditions of each treatment are shown in Table 2.

图 3 食醋溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

Fig. 3 Removal rate of imidacloprid residue in celery by vinegar solution washing

表 5 食醋溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留去除效果的极差

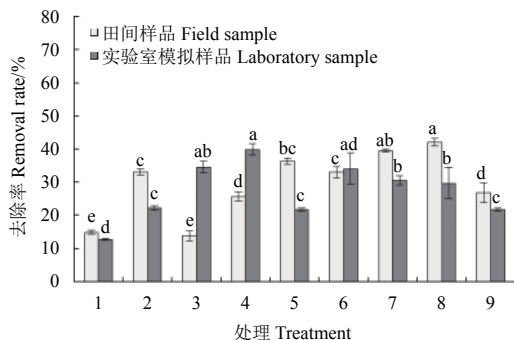
Table 5 The range of the removal rate of imidacloprid residue in celery by vinegar solution washing

水平 Level	时间 Time/min	温度 Temperature/°C	质量分数 Concentration	误差 Error
k1	44	45	53	48
k2	56	45	50	49
k3	48	59	46	52
田间样品极差 The range of field sample	12	14	7.2	3.7
k1	32	36	38	36
k2	39	33	32	33
k3	35	38	35	37
实验室模拟 样品极差 The range of laboratory sample	7.4	5.0	6.2	4.4

食醋对实验室模拟样品中吡虫啉残留的去除率为 23%~42%, 影响其去除效果的因素由大到小依次为时间 > 质量分数 > 温度, 且均达显著性水平。食醋溶液对实验室模拟样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 10 min, 温度 40 °C, 质量分数为 0.10% 的食醋溶液。

### 2.4 小苏打溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

由图 4 及表 6 可知: 小苏打对田间样品中吡虫啉残留的去除率为 14%~42%, 影响其去除效果



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 各处理的详细条件见表 2。

The different lowercase letters indicate significant difference in removal rate ( $P < 0.05$ ). The detailed conditions of each treatment are shown in Table 2.

图 4 小苏打溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

Fig. 4 Removal rate of imidacloprid residue in celery by baking soda solution washing

表 6 小苏打溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留去除效果的极差

Table 6 The range of the removal rate of imidacloprid residue in celery by baking soda solution washing

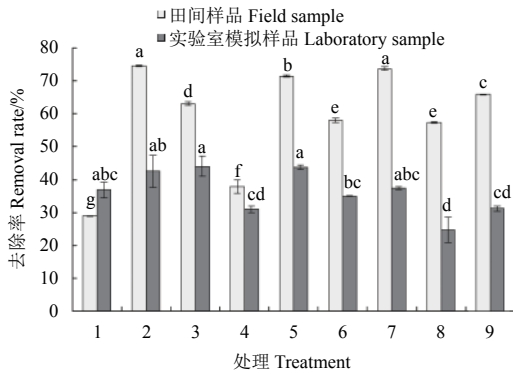
水平 Level	时间 Time/min	温度 Temperature/°C	质量分数 Concentration	误差 Error
k1	21	27	30	26
k2	32	37	28	35
k3	36	24	30	27
田间样品极差 The range of field sample	15	13	1.5	9.2
k1	23	28	25	19
k2	32	25	28	29
k3	27	30	29	35
实验室模拟 样品极差 The range of laboratory sample	8.7	5.5	3.5	16

小苏打对实验室模拟样品中吡虫啉残留的去除率为 13%~40%, 影响其去除效果的因素由大到小依次为时间 > 温度 > 质量分数, 但均未达到显著性差异水平。小苏打溶液对实验室模拟样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为: 浸泡时间 10 min, 温度 40 °C, 质量分数为 1.5% 的小苏打溶液。

### 2.5 果蔬清洗剂溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果

由图 5 及表 7 可知: 果蔬清洗剂对田间样品

中吡虫啉残留的去除率为29%~75%，影响其去除效果的因素由大到小依次为质量分数 > 温度 > 时间，其中温度和质量分数影响显著，时间影响不显著。果蔬清洗剂溶液对田间样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为：浸泡时间 20 min，温度 25 ℃，质量分数为 0.10% 的果蔬清洗剂溶液。



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ ); 各处理的详细条件见表 2。

The different lowercase letters indicate significant difference in removal rate ( $P < 0.05$ ). The detailed conditions of each treatment are shown in Table 2.

图 5 果蔬清洗剂溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除结果

Fig. 5 Removal rate of imidacloprid residue in celery by cleaning agent solution washing

表 7 果蔬清洗剂溶液清洗对芹菜中吡虫啉残留去除效果的极差

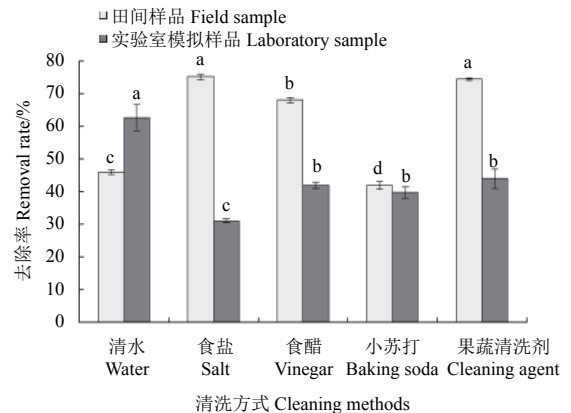
Table 7 The range of the removal rate of imidacloprid residue in celery by leaning agent solution washing

水平 Level	时间 Time/min	温度 Temperature/℃	质量分数 Concentration	误差 Error
k1	56	47	48	55
k2	56	68	59	69
k3	66	62	69	53
田间样品极差 The range of field sample	10	21	21	16
k1	41	35	32	37
k2	37	37	35	38
k3	31	37	42)	33
实验室模拟 样品极差 The range of laboratory sample	10	1.9	9.6	5.1

果蔬清洗剂对实验室模拟样品中吡虫啉残留的去除率为 25%~44%，影响其去除效果的因素由大到小依次为时间 > 质量分数 > 温度，其中时间和质量分数影响显著，温度影响不显著。果蔬清洗剂溶液对实验室模拟样品中吡虫啉残留去除的最佳条件为：浸泡时间 5 min，温度 25 ℃，质量分数为 0.10% 的果蔬清洗剂溶液。

## 2.6 不同清洗方式对芹菜中吡虫啉残留的去除效果比较

由 2.1~2.5 节及图 6 可知：经不同清洗方式处理后，芹菜田间样品中吡虫啉残留的最高去除率分别是自来水 46%、食盐溶液 75%、食醋溶液 68%、小苏打溶液 42% 和果蔬清洗剂溶液 75%，去除能力为食盐溶液=果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 自来水 > 小苏打溶液；上述清洗方式下，实验室模拟样品中吡虫啉残留的最高去除率分别是 63%、31%、42%、40% 和 44%，去除能力为自来水 > 果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 小苏打溶液 > 食盐溶液。



图中不同小写字母表示去除率差异显著 ( $P < 0.05$ )

The different lowercase letters indicate significant difference in the removal rate ( $P < 0.05$ ).

图 6 不同清洗方式对芹菜中吡虫啉残留的最高去除率

Fig. 6 The highest removal rate of imidacloprid residue in celery by different cleaning methods

## 3 讨论与结论

自来水清洗是人们日常清洗果蔬最为普遍的方式。自来水清洗主要受农药在水中溶解度、清洗时间、清洗温度和清洗次数等因素的影响<sup>[20]</sup>。王洪艳等将含有吡虫啉和啶虫脒的白菜分别放入同体积不同温度的自来水中浸泡 10 min，结果发现，两者在白菜中的去除率并不与清洗温度呈相关性<sup>[16]</sup>。商飞飞等的研究发现，经清洗处理后韭菜中毒死蜱的去除率与清洗温度、清洗时间及清洗次数并不呈相关性<sup>[23]</sup>。本研究也得出了类似的结果。但总体上看，自来水清洗对实验室模拟样品的去除效果比田间样品好，这可能是由于实验室模拟样品中的吡虫啉残留仍有部分沉积在芹菜表面，未被吸收到芹菜体内，而田间样品中的吡虫啉残留大部分已被吸收到芹菜体内所致<sup>[19]</sup>。

食盐清洗作为一种有效去除果蔬中农药残留

的清洗方式,被普通家庭所广泛使用<sup>[12]</sup>。食盐溶液对青菜中吡虫啉<sup>[15]</sup>及芹菜、油麦菜和花椰菜中的甲拌磷<sup>[24]</sup>均有良好的去除效果,但食盐溶液的浓度需控制在一定范围内。本研究中质量分数为1.5%的食盐溶液对吡虫啉残留的去除效果比质量分数为1.0%的差,这有可能是由于高浓度食盐使芹菜失去水分从而导致吡虫啉浓度的增加。这与原永兰等<sup>[25]</sup>的研究结果一致。

食醋和小苏打主要是通过改变清洗体系的酸碱度,将果蔬中的农药溶解到清洗液中,从而达到去除果蔬中农药残留的目的。本研究中田间样品与实验室模拟样品呈现相似的结果,但总体而言食醋溶液的去除效果比小苏打溶液的好。

果蔬清洗剂主要含有十二烷基苯磺酸钠等表面活性剂,其溶液具有亲水和亲脂的特性,能够促进一些农药向水中溶解或转移。王洪艳等<sup>[16]</sup>研究认为,自来水浸泡辅以搅动、臭氧、添加洗洁精等均能提高白菜中吡虫啉残留的去除率,其中以洗洁精清洗的去除率最高。王明明等也认为,清水、热水和洗洁精等均能在一定程度上去除番茄中吡虫啉的残留,但三者之间差异不显著<sup>[26]</sup>。本研究中,果蔬清洗剂溶液对田间样品的清洗效果比自来水好,而其对田间样品与实验室模拟样品清洗结果差异性的具体原因还有待进一步研究。

综上,自来水、食盐溶液、食醋溶液、小苏打溶液和果蔬清洗剂溶液对芹菜田间样品及实验室模拟样品中吡虫啉残留均有一定的去除效果;清洗液的清洗时间、温度、浓度以及清洗次数均对去除率有不同程度的影响;不同清洗方式对芹菜田间样品中吡虫啉残留的去除能力为食盐溶液 > 果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 自来水 > 小苏打溶液,对实验室模拟芹菜样品中吡虫啉残留的去除能力为自来水 > 果蔬清洗剂溶液 > 食醋溶液 > 小苏打溶液 > 食盐溶液。总体而言,自来水清洗对芹菜中吡虫啉残留的去除效果较好且方便家庭日常操作,故推荐家庭清洗芹菜时使用自来水清洗即可。

## 参考文献 (References):

[1] 丁宁,陈相宇,徐长亮,等. 农药实际使用情况对芹菜生产安全的技术研究[J]. 基层农技推广, 2015, 3(5): 33-36.  
DING N, CHEN X Y, XU C L, et al. Technical study on the safety of celery production by the actual use of pesticides[J]. Prim Agric Technol Ext, 2015, 3(5): 33-36.

[2] 赵荣华,董晋明,陆俊姣,等. 芹菜主要病虫害无公害综合防治技术

[J]. 农业技术与装备, 2013(6): 67-68.  
ZHAO R H, DONG J M, LU J J, et al. Integrated control techniques of main diseases and pests of celery[J]. Agric Technol Equip, 2013(6): 67-68.

[3] FANG L P, ZHANG S Q, CHEN Z L, et al. Risk assessment of pesticide residues in dietary intake of celery in China[J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2015, 73(2): 578-586.

[4] 武丕武,侯润兰,麻耀君. 芹菜农药残留超标原因分析及其对策的研究[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(5): 35-37.  
WU P W, HOU R L, MA Y J. Analysis of the causes of excessive pesticide residues in celery and its countermeasures[J]. Pestic Sci Admin, 2010, 31(5): 35-37.

[5] 武丕武,孔蒙和,麻耀君. 2006—2009年山西省蔬菜农药残留监测数据分析[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(9): 19-21.  
WU P W, KONG M H, MA Y J. Analysis of monitoring data of vegetable pesticide residues in Shanxi Province from 2006 to 2009[J]. Pestic Sci Admin, 2010, 31(9): 19-21.

[6] 刘航. 2013—2016年辽宁省蔬菜质量安全状况分析[J]. 蔬菜, 2017(10): 64-68.  
LIU H. Analysis of Liaoning Province vegetable quality and safety during 2013—2016[J]. Vegetables, 2017(10): 64-68.

[7] 麻耀君. 山西省芹菜农药残留情况检测与分析[J]. 山西农业科学, 2016, 44(8): 1181-1183.  
MA Y J. Detection and analysis of pesticide residue in celery in Shanxi Province[J]. J Shanxi Agric Sci, 2016, 44(8): 1181-1183.

[8] DUHAN A, KUMARI B, GULATI R. Effect of household processing on fenazaquin residues in okra fruits[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2010, 84(2): 217-220.

[9] CHAI M K, TAN G H. Headspace solid-phase microextraction for the evaluation of pesticide residue contents in cucumber and strawberry after washing treatment[J]. Food Chem, 2010, 123(3): 760-764.

[10] LOZOWICKA B, JANKOWSKA M, HRYNKO I, et al. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling[J]. Environ Monit Assess, 2016, 188: 51.

[11] ABDULLAH, RANDHAWA M A, AKHTAR S, et al. Assessment of different washing treatments to mitigate imidacloprid and acetamiprid residues in spinach[J]. J Sci Food Agric, 2016, 96(11): 3749-3754.

[12] BAJWA U, SANDHU K S. Effect of handling and processing on pesticide residues in food—a review[J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(2): 201-220.

[13] LIANG Y, WANG W, SHEN Y, et al. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber[J]. Food Chem, 2012, 133(3): 636-640.

[14] BONNECHÈRE A, HANOT V, JOLIE R, et al. Effect of household and industrial processing on levels of five pesticide residues and two degradation products in spinach[J]. Food Control, 2012, 25(1): 397-406.

[15] 骆爱兰. 青菜中吡虫啉农药残留的去除方法[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(5): 1083-1087.  
LUO A L. Removal method of imidacloprid residues in pakchoi[J]. Jiangsu J Agric Sci, 2010, 26(5): 1083-1087.

[16] 王洪艳,梁辉,唐智光,等. 白菜中吡虫啉、啶虫脒残留去除方法研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 138-141.  
WANG H Y, LIANG H, TANG Z G, et al. Study on removal method of imidacloprid, acetamiprid residue in cabbage[J]. Food Res Dev, 2017, 38(8): 138-141.

- [17] 王平, 孟志远, 陈小军, 等. 不同清洗和加工方式对苹果中残留吡虫啉的去除效果[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 58-62.  
WANG P, MENG Z Y, CHEN X J, et al. Evaluation of household cleaning and processing methods for reducing imidacloprid residues on apples[J]. Food Sci, 2016, 37(2): 58-62.
- [18] 王娜, 施颖. 不同清洗方法对小白菜中有机磷农药去除效果的研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(18): 24-26.  
WANG N, SHI Y. Study on removal of organophosphorus pesticides in Chinese cabbage with different cleaning methods[J]. Food Res Dev, 2014, 35(18): 24-26.
- [19] 管文辰. 烹调对小白菜中两种杀菌剂残留变化的影响及其膳食暴露评估 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014.  
GUAN W C. Study on effect of cooking on two fungicides residues and dietary exposure risk assessment in packchoi[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.
- [20] 刘振龙. 两种有机磷农药在小白菜中的残留动态及去除残留方法的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.  
LIU Z L. Residual dynamics of two organophosphorous pesticides on greengrocery and their removal using various methods[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2007.
- [21] 王菁艺, 庞林江, 路兴花, 等. 芹菜和番茄加工过程中农药残留及变化规律研究[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 301-304.  
WANG J Y, PANG L J, LU X H, et al. Pesticide residues and variation of celery and tomato in the process[J]. Food Sci Technol, 2015, 40(7): 301-304.
- [22] 刘英, 李韵之, 陈列忠, 等. QuEChERS-LC-MS/MS 测定芹菜中吡虫啉和啮螬酯[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(2): 261-267.  
LIU Y, LI Y Z, CHEN L Z, et al. Determination of imidacloprid and fenpyroximate in celery by QuEChERS-LC-MS/MS[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30(2): 261-267.
- [23] 商飞飞, 吴莉宇, 仇厚援, 等. 韭菜中毒死蜱残留去除技术研究[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 351-355.  
SHANG F F, WU L Y, QIU H Y, et al. Removal of chlorpyrifos residues in Chinese chive[J]. Food Sci, 2013, 34(14): 351-355.
- [24] 王海凤, 王俊斌, 何新益, 等. 浸洗方式对几种蔬菜中甲拌磷残留的去除效果研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 76-78.  
WANG H F, WANG J B, HE X Y, et al. Removal of phorate residue in several vegetables by different washing methods[J]. Food Mach, 2013, 29(4): 76-78.
- [25] 原永兰, 窦坦德, 苏保乐, 等. 盐渍加工方式对蔬菜农药残留量的影响[J]. 山东农业科学, 2005, 37(4): 48-49.  
YUAN Y L, DOU T D, SU B L, et al. Effect of different salted techniques on pesticide residues in vegetables[J]. Shandong Agric Sci, 2005, 37(4): 48-49.
- [26] 王明明, 龚艳, 陈浩, 等. 吡虫啉在番茄中的残留动态及残留去除方法[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 133-136.  
WANG M M, GONG Y, CHEN H, et al. Residual dynamics of imidacloprid in tomatoes and comparative analysis of commonly used methods for the removal of residual imidacloprid[J]. Food Sci, 2010, 31(19): 133-136.

(责任编辑: 曲来娥)