

瞿翠兰,吕岱竹,李建国.果蔬贮藏加工过程中农药残留的研究进展[J].江苏农业科学,2016,44(11):11-14.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.003

# 果蔬贮藏加工过程中农药残留的研究进展

瞿翠兰<sup>1,2</sup>, 吕岱竹<sup>1</sup>, 李建国<sup>1</sup>

(1. 中国热带农业科学院分析测试中心,海南海口 571101; 2. 华中农业大学,湖北武汉 430070)

**摘要:**果蔬贮藏加工过程中农药残留的变化会对果蔬安全性产生影响,大部分加工过程可降低果蔬中的农药残留,如清洗、去皮等;但也有一些加工如干制、腌制等,可能会提高农药残留水平。着重讨论了果蔬清洗、去皮、水煮、干制、腌制等加工处理对果蔬农药残留的影响,为确定合适的家庭处理方法提供参考,为膳食评估提供数据依据,以维护消费者健康。

**关键词:**加工处理;农药残留;贮藏;果蔬

**中图分类号:**S481<sup>+</sup>.8;TS255.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2016)11-0011-04

农药主要用于农作物种植过程中防治病虫害、杂草、调节生长发育等,对农产品的增收起着重要作用。目前有关农药残留的相关工作有市场监管、进出口认证、绿色食品审查以及食品安全风险评估等,都是以初级农产品商品(RAC)为对象开展的<sup>[1]</sup>。然而由于大多数果蔬在食用前都会经历一些贮藏或加工过程,如冷藏、清洗、去皮、烹饪等,这些加工过程对食品中农药残留水平会产生不同程度的影响,因此食品中农药残留分析时应该充分考虑食品加工操作带来的影响,这样才能更真实地反映农药残留状况,更准确地评价果蔬中农药暴露水平<sup>[2-4]</sup>。研究果蔬贮藏加工过程中农药残留的变化,不仅可以为农药残留膳食暴露评估提供更加准确的依据,还可以为改进采后处理方式和加工工艺提供参考。

## 1 果蔬主要的贮藏加工方式

水果和蔬菜是人类的重要食品,富含碳水化合物、有机酸、维生素以及无机盐,果蔬还以其特有的香气与色泽刺激人们的食欲、促进消化、增强体质,可见果蔬对人类的健康影响很大。由于果蔬生产存在较强的季节性、区域性以及果蔬本身的易腐性,与消费者对果蔬需求的多样性及淡季调节的迫切性相矛盾,而果蔬贮藏加工一般意味着将易变质的原产品转化为具有较长货架期且更易于食用的产品<sup>[5]</sup>。果蔬产业是我国加入世界贸易组织(WTO)后农产品中少数具有竞争优势的重要产业之一。果蔬贮藏加工业作为一个新兴产业,在中国农业和农村经济发展中的地位日趋重要,已成为中国广大农村和农民最重要的经济来源和农村新的经济增长点,成为极具外向型发展潜力的区域性特色产业,在我国发展果蔬贮藏加工业具有重要意义。

目前常见的果蔬贮藏方式有冷藏、辐照贮藏,加工方式有

清洗、去皮、烫漂、炒制、腌制、酒制、糖制、干制等。冷藏是现代果蔬贮藏的主要形式之一,它是采用高于果蔬冻结点的温度实现果蔬的保鲜。低温冷藏可降低果蔬的呼吸代谢、病原菌的浸染率和果蔬的腐烂率,达到延长果蔬贮藏期的目的。辐照是利用 $\gamma$ 射线和加速器产生的电子束辐照被加工物体,使其品质或性能得以改善的过程。辐照加工可以保鲜食品、消毒医疗器材、处理环境污染物等。清洗是采用清水或化学试剂洗涤去除果蔬表面污垢,便于直接食用和深加工。腌制是早期保存蔬菜的一种非常有效的方法。现今,果蔬的腌制已从简单的保存手段转变为独特风味果蔬产品的加工技术,腌制是利用食盐的保藏作用,让食盐渗入食品组织内,降低水分活度、提高渗透压、有选择性地控制微生物的活动和发酵、抑制腐败菌的生长,从而防止食品腐败变质。

近年来,生物技术、膜分离技术、高温瞬时杀菌技术、真空浓缩技术、微胶囊技术、微波技术,真空冷冻干燥技术及相关设备在果蔬贮藏加工领域得到了广泛应用。

## 2 果蔬在贮藏加工过程中农药残留的变化

果蔬贮藏加工的目的是通过改变其物理特性或外观,增加其商品性,包括延长贮藏期、改进口感、增加营养等。由于受到加工条件的限制,加工贮藏方式对果蔬中农药残留的水平 and 性质也会产生影响(表1)。大多数情况下,贮藏加工过程可在很大程度上降低食品中的农药残留水平,如清洗、去皮、杀菌等;但某些加工过程,如干燥和浓缩,会受食品中水分挥发等因素的影响,使某些农药的残留水平升高<sup>[6]</sup>。另外在加工过程中,有些农药会转化生成代谢产物,如丁硫克百威、涕灭威、甲基硫菌灵,分别转化成毒性更强的3-羟基克百威、涕灭威砒、多菌灵。

### 2.1 冷藏

果蔬是鲜活产品,常温下贮藏很容易失水或因微生物孳生而腐烂变质,需要在低温条件(一般为4℃)下保鲜。贮藏温度对果蔬中农药残留的影响很大。果蔬上农药在冷藏期间的消解不如在常温条件下显著。Athanasopoulos等研究葡萄上三唑类杀菌剂腈菌唑和三唑酮在冷藏条件下(0℃)和常温条件下的消解动态;腈菌唑在常温下的半衰期为10.5 d,而

收稿日期:2015-10-15

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303088-13)。

作者简介:瞿翠兰(1991—),女,湖北荆州人,硕士研究生,主要从事农产品质量安全研究。E-mail:cuilanqu@foxmail.com。

通信作者:李建国,博士,研究员,主要从事农产品质量安全研究。E-mail:ljglk@163.com。

表 1 果蔬在贮藏加工过程中农药残留的变化

贮藏加工方式	果蔬	加工前后农药残留变化 (%)	参考文献
冷藏	黄瓜	-19.50 ~ -75.00	[35]
	葡萄	-66.70 ~ -72.20	[7]
辐照贮藏	苹果汁	-70.00 ~ -75.00	[11]
清洗	菠菜	-28.90 ~ +1.90	[13]
	马铃薯	-11.20 ~ -23.70	[14]
	辣椒	-32.10	[15]
去皮	马铃薯	-70.70 ~ -75.30	[14]
	番茄	-61.20 ~ -96.30	[21]
水煮	辣椒	-78.40	[15]
炒制	马铃薯	-35.20 ~ -53.40	[14]
	辣椒	-39.40	[15]
腌制	辣椒	PF 大于或小于 1	[25]
酒制	葡萄	-67.86 ~ -100.00	[26]
干制	辣椒叶	-97.00	[15]
	红辣椒	增加 2.4 倍~5 倍	[38]

注:PF 为加工因子,加工前后农药浓度比值。

在冷藏条件下的半衰期为 92.4 d;三唑酮在常温下的半衰期为 16.5 d,在冷藏条件下的半衰期为 216 d<sup>[7]</sup>。Cengiz 等研究冷藏(4 ℃)和常温条件下番茄上克菌丹和腐霉利的消解率,在冷藏 7 d 和 14 d 后腐霉利分别减少 19%、38%。在常温条件下贮藏 14 d 后腐霉利减少 62%<sup>[8]</sup>。

2.2 辐照贮藏

食品辐照是利用核技术开发出来的另一种新型食品加工保藏方法,其原理是采用放射性同位素(<sup>60</sup>Co 或<sup>137</sup>Cs)发出的 γ 射线,或电子加速器产生的电子束,或采用 X 射线照射时,抑制某些生物活性物质和生理过程,从而达到延长货架期的目的。利用辐照处理不仅可以消除果蔬中的化学污染物,还可以作为食品安全的有效终端保护措施<sup>[9-10]</sup>。

在一定范围内农药的降解率随着辐照剂量的增加而增大,陈冬梅等研究表明,当辐照剂量在 1~9 kGy 安全剂量范围内时,苹果汁中 9 种有机磷类农药降解率随着辐照剂量的增加而增大,其中甲基对硫磷、杀螟硫磷 2 种农药降解效果显著,甲胺磷、乙酰甲胺磷、甲拌磷、乐果、毒死蜱、马拉硫磷、对硫磷 7 种农药降解率也先随着剂量的增加而增大,到辐照剂量为 7 kGy 时达到最大。<sup>[11]</sup>

食品的特性对辐照效果也有一定的影响,李焱等研究辐照对茶叶中农药残留的影响,茶叶含水量增加,有利于其中溴氰菊酯的辐照降解<sup>[9]</sup>。在含水率大于 5% 时,茶叶中溴氰菊酯的降解效果比较明显;含水率达到 7% 时,茶叶中溴氰菊酯降解率在 25% 左右;当含水率达到 10% 时,降解率可达 34%<sup>[12]</sup>。

2.3 洗涤

洗涤是家庭处理及加工生产中常用的加工方式,也是除去果蔬中农药残留最简便有效的处理手段。Bonnechere 等研究清洗对菠菜中吡啶酰胺菌、异菌脲、代森锰锌、霜霉威、溴氰菊酯的去除作用,在用自来水清洗 2~3 min 后,前 4 种农药的去除率分别为 28.9%、43.0%、12.4%、11.4%,但是对溴氰菊酯去除效果不明显<sup>[13]</sup>。Soliman 等研究马铃薯通过清水洗涤后其中乐果、马拉硫磷、DDT、六氯苯分别降低 12.4%、11.2%、18.1%、23.7%<sup>[14]</sup>。清水洗涤辣椒能够使其中的烯

酰吗啉降低 32.4%<sup>[15]</sup>。

在清洗的过程中,由于添加了不同的清洗剂,农药的溶解性发生改变或部分农药会发生化学分解,在清洗的过程中可适当添加清洗剂来降低农药残留水平<sup>[16]</sup>。Zohair 等研究马铃薯上甲基噻啉磷、马拉硫磷、丙溴磷分别在自来水、酸性溶液(小萝卜提取液、醋酸、抗坏血酸、双氧水、极性酸)、中性溶液(NaCl)、碱性溶液(NaHCO<sub>3</sub>)中的清洗效果<sup>[12]</sup>。用 5% 和 10% 小萝卜提取液能完全去除 3 种农药,用 5% 和 10% 的醋酸和柠檬酸也能达到完全去除效果<sup>[12]</sup>。用自来水清洗,这 3 种农药的去除率分别为 12.9%、11.6%、13.5%<sup>[12]</sup>。Hwang 等研究二氧化氯、氯水、臭氧和过氧乙酸对新鲜苹果中代森锰锌和乙撑硫脲 2 种农药残留的去除效果,向苹果中添加 1 mg/L 和 10 mg/L 的代森锰锌和乙撑硫脲,用氯水、二氧化氯和臭氧处理添加浓度为 1 mg/L 的代森锰锌,去除率分别为 56%~99%、36%~87%、56%~97%;添加浓度为 1 mg/L 的乙撑硫脲用浓度为 500 mg/L 的次氯酸钙和 10 mg/L 的二氧化氯能够被完全去除<sup>[17]</sup>。有研究表明农药残留去除效果随着清洗剂浓度升高而增强,Soliman 等分别研究 2%、4%、6%、8%、10%5 个浓度的 NaCl 溶液对马铃薯中乐果的去除率,依次为 20.9%、31.8%、46.3%、78.3%、80.0%<sup>[14]</sup>。Wang 等研究表明,当清洗剂的浓度从 50 mg/L 增加到 5 g/L 时,百菌清在圣女果中的残留率从 54% 下降到 20%,毒死蜱在圣女果中的残留率从 84% 下降到 58%<sup>[18]</sup>。然而,Kumar 等研究辣椒清洗过程对农药的去除效果认为,用盐水与自来水洗差异不明显<sup>[19]</sup>。

2.4 去皮

去皮是果蔬加工中一个重要的步骤,大多数杀虫剂和杀菌剂主要附着在果蔬表皮上,渗透进果蔬内部的残留量有限。因此大多数的果蔬通过去皮可以达到较好的农药去除效果<sup>[20]</sup>。向田间生长的番茄喷洒百菌清、甲基硫菌灵,去皮后残留率仅剩 3.7%、6.2%<sup>[21]</sup>。Cengiz 等研究番茄去皮对克菌丹和腐霉利的去除效果也证实了这点,他发现只有少数能进入番茄组织内无法通过去皮除去<sup>[8]</sup>。

2.5 烹饪

烹饪是利用热能使食物达到可食用状态的一种加工方式。它除了能改变食物的食用特性外还会对蔬菜中的农药残留产生重要的影响。我国常用的烹饪方法有煮、炒、蒸、油炸等。不同的烹饪方式对农药残留去除有不同的效果。Kim 等研究辣椒中烯酰吗啉通过油炸和水煮后的去除率,水煮辣椒中烯酰吗啉的去除率为 78.4%,而油炸后烯酰吗啉的去除率仅为 39.4%<sup>[15]</sup>。张洪等研究 4 种菊酯类农药在菜豆烹饪过程中的消解,发现不同的烹饪方式对农药去除有明显的差异,并且相同的烹饪操作因处理时间不同对农药消解也存在明显差异<sup>[22]</sup>。相同的烹饪方式对不同基质的农药去除效果也有明显差异,王璐等研究白菜和菜豆中 5 种农药在烹饪过程中的消解动态,结果表明炸制处理对菜豆中农药残留去除率最高可达 94.1%,蒸制处理效果最差,而白菜则相反<sup>[23]</sup>。

2.6 腌制、酒制和干制

腌制和干制是保藏果蔬常用的方法。此外,制品独特的风味也受到人们的喜爱。另外有研究表明,水果酿酒营养价值高,具有多种活性物质和良好的抗氧化性,其保健作用越来越

越被重视<sup>[16]</sup>。这类食品的安全性也受到人们的关注,农药残留就是人们关注的重点之一。

我国现有的腌制加工方法大多数为干腌法,目前对腌制能否降低果蔬中农药残留水平众说纷纭,李文明等研究毒死蜱及其代谢产物在黄瓜腌制过程中的残留水平变化,发现腌制前后毒死蜱残留水平无明显变化,其代谢产物 3,5,6, - 三氯 - 2 - 吡啶酚的加工因子为 1.63<sup>[24]</sup>。而武晓光研究辣椒腌制过程中 7 种有机磷农药的残留分布情况和加工因子,结果表明,腌制对农药残留影响较大且不同的食盐含量处理对 7 种农药的影响较大,表现在影响加工因子,影响农药在辣椒中的残留浓度<sup>[25]</sup>。

目前果蔬酿酒成品最为常见的属葡萄酒,由于葡萄容易受到病虫害干扰,杀菌剂、杀虫剂、除草剂的使用,给葡萄酒的质量安全带来了隐患,故葡萄在经过发酵等过程酿制为葡萄酒后农药残留的变化备受关注。李记明等研究表明,葡萄酿造过程中农药残留变化较大,原料中 4 种农药,而发酵结束后只有 2 种农药被检出,并且不同种类农药转移率差异较大,六六六为 32.14%,三唑酮为 0.67%<sup>[26]</sup>。

家庭常用的干制方法主要是日光干制,工业常用的加工方法有冷冻干制和热风干制。脱水干燥过程中由于水分降低,理论上残留的农药富集浓缩,农残的浓度会增加。Cabras 等研究表明葡萄制成葡萄干的过程中农药残留升高 26%<sup>[27]</sup>。也有研究结果表明干制能降低果蔬中农药残留含量,袁玉伟研究菠菜中有机磷农药和拟除虫菊酯农药在冻干条件下的变化,在 2 个试验添加浓度下损失率分别集中在 22.5% ~ 33.5% 和 31.6% ~ 51.7% 之间<sup>[28]</sup>。不同的干制方法对农药残留的影响也不尽相同,在研究葡萄干的农药残留时,发现不同的干燥方式(太阳晒干和热风干燥)对农药残留的影响不同,经太阳干燥的葡萄中苯菌灵、甲霜灵和伏杀硫磷残留量不变,而异菌脲是鲜葡萄的 1.6 倍,相当于加工因子(产品与原料中农药残留的比值)是 1.6,乙烯菌核利和乐果分别降低 33.3% 和 20.0%。在烘干葡萄中的伏杀硫磷残留是鲜葡萄的 2.7 倍,加工因子为 2.7。苯菌灵、甲霜灵和腐霉利残留量不变,乙烯菌核利和乐果降低<sup>[5]</sup>。

### 3 贮藏加工过程中影响农药残留变化的主要因素

果蔬经过不同的贮藏加工方式处理后,其农药残留表现出不同的变化趋势,这与农药的性质、农药的残留部位、贮藏加工过程中的温度、pH 值等因素相关。

#### 3.1 农药的溶解性

农药的溶解性一般分为 2 类:亲水性和亲脂性。农药的亲水亲脂性,常用 Kow 值来衡量,Kow 值越大表明在有机相中的溶解度越大。农药的溶解性在果蔬清洗过程中对农药的去除效果起着至关重要的作用。Aguilera 等研究氟丙菊酯、氟虫脒、甲基醚菌酯 3 种农药在青豆清洗过程中的去除效果,结果表明 Kow 值越小,农药去除效果越明显<sup>[29]</sup>。研究清洗对橄榄中 5 种农药去除效果,其中 Kow 值最小的西玛津最容易被去除<sup>[30]</sup>。Huan 等研究豇豆中 8 种农药在油炸和炒制后农药残留水平,结果表明在油炸和炒制后 Kow 值高的农药去除效果最好,这可能是由于具有高 Kow 值的农药从豇豆中转移到油中<sup>[31]</sup>。

#### 3.2 农药残留部位

农药残留位置取决于农药是否具有内吸性或农药是否能逐渐由表面转移至组织内部,非内吸性农药容易附着在果蔬表皮,内吸性较强的农药则容易渗透到果蔬组织内。在果蔬加工过程中,残留在表皮的农药更容易去除。有研究表明施药后随着时间推移,农药能够由果蔬表皮逐渐渗透进组织内部。取采收间隔期分别为 0、3、7 d 的黄秋葵样品,对其进行清洗、水煮、清洗后再水煮,结果表明,3 种方式对 0 d 采收的样品中啶螨醚去除效果最好<sup>[32]</sup>。Guardia 等研究橄榄喷药后,取不同采收间隔期的样品,发现喷药 1 周后的样品,清洗不能去除其中的农药残留<sup>[30]</sup>。

#### 3.3 pH 值

改变加工过程中果蔬所处环境的 pH 值,对果蔬中农药残留水平有一定影响。Ong 等研究氯水和臭氧水对苹果和苹果酱中甲基谷硫磷、克菌丹、盐酸代虫脒 3 种农药的去除效果,结果表明,2 种清洗方式下苹果和清洗后的苹果制成的苹果酱中的农药残留均有所下降,氯水浓度为 500 mg/L 时清洗效果最佳,使用臭氧的效果不如氯水,可能是因为臭氧和氯气溶于水后呈现不同的 pH 值<sup>[33]</sup>。有研究表明 pH 值越小,对果蔬中农药残留清除效果越好。Soliman 等研究不同酸碱性洗涤剂对马铃薯中农药的去除效果,发现随着 pH 值减小,马铃薯中农药去除率增大<sup>[14]</sup>。

#### 3.4 温度

温度是果蔬加工贮藏过程中影响农药残留水平的关键因素。一般温度越高,农药残留去除效果越好。有人研究清洗对香菇中氟虫脒和阿维菌素的去除率,结果发现热洗和烫漂处理比冷水处理对农药去除更有效;分别用晒干干制和阴干干制 2 种方式制作干香菇,在晒干干制条件下香菇中氟虫脒和阿维菌素的去除率均大于阴干干制<sup>[34]</sup>。Liang 等研究发现黄瓜分别贮藏于 25 ℃ 和 4 ℃ 条件下,贮藏时间相同时,25 ℃ 条件下,农药降解更快<sup>[35]</sup>。有学者指出,热加工过程会造成一定的水分散失,也可能会引起一些热稳定性高的农药残留富集。桃果酱经过 90 ℃ 灭菌 25 min,有机磷农药残留水平显著降低,其中未去皮桃制成的果酱中甲基毒死蜱减少 66.7%,但是腐霉利的残留量增加了 2.1 倍。值得关注的是,热处理能使部分农药分解,但也可能生成毒性更强的代谢产物,如番茄酱经过 121 ℃ 蒸汽杀菌 15 min 后,代森锰锌的残留量显著降低,但 32% 的代森锰锌代谢为毒性更强的乙撑硫脲<sup>[36]</sup>。

### 4 展望

新技术的应用为今后果品农药残留控制领域进一步发展提供了强大的动力。如光催化降解是治理环境污染的重要手段,在果脯、果汁、果酒等果品加工中也具有较好的应用前景;生物降解是近年新发展的农药残留降解技术,具有高效、安全、成本低等优势,但涉及果蔬加工过程的研究和应用还处于空白阶段。另外,随着分子生物学、基因工程、酶工程等前沿学科的发展,这类新技术在水果加工过程对农药残留量控制中的交叉应用,无疑是极具挑战性的研究领域<sup>[37-39]</sup>。

#### 参考文献:

[1] 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.
- [2] Bajwa U, Sandhu K S. Effects of handling and processing on pesticide residues in food a review [J]. Journal of Food Science and Technology,2014,51(2):201-220.
- [3] Radwan M A, Abu-elamayem M M, Shiboob M H, et al. Residual behaviour of profenofos on some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and household processing [J]. Food And Chemical Toxicology,2005,43(4):553-555.
- [4] 晓 岚. 贮藏和加工过程对农药残留的作用[J]. 农药译丛,1995,17(2):47-59.
- [5] Keikothlaile B M, Spanoghe P, Steurbaut W. Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: a meta-analysis approach[J]. Food Chem Toxicol,2010,48(1):1-6.
- [6] 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.
- [7] Athanasopoulos P E, Pappas C J, Kyriakidis N V. Decomposition of myclobutanil and triadimefon in grapes on the vines and during refrigerated storage[J]. Food Chemistry,2003,82(3):367-371.
- [8] Cengiz M F, Certel M, Karakas B, et al. Residue content of captan and procymidone applied on tomatoes grown in greenhouse and their reduction by duration of a pre-harvest interval and post-harvest culinary applications[J]. Food Chemistry,2007,86(100):1161-1619.
- [9] 李 焱. 溴氰菊酯在茶叶中的辐照降解研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2007:2-3.
- [10] 张庆芳. 果蔬有机磷和菊酯类农药残留的辐射降解及产物特性研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009:9-10.
- [11] 陈冬梅, 岳田利, 袁亚宏, 等.  $^{60}\text{Co}-\gamma$  辐照对苹果汁中有机磷农药降解及品质影响[J]. 农业工程学报,2008,24(5):201-274.
- [12] Zohair A. Behaviour of some organophosphorus and organochlorine pesticides in potatoes during soaking in different solutions[J]. Food Chemistry and Toxicology,2001,39(7):751-755.
- [13] Bonnechere A, Hanot V, Jolie R, et al. Effects 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.
- [14] 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.
- [15] Kim S W, El-Aty A M A, Rahman M M, et al. The effect of household processing on the decline pattern of dimethomorph in pepper fruits and leaves[J]. Food Control,2015,50(1):118-124.
- [16] Kin C M, Huat T G. Head space 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.
- [17] Hwang E S, Cash J N, Zabik M J. Postharvest treatment for the resuction of mancozeb in fresh apple[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry,2001,49(6):3127-3132.
- [18] Wang Z W, Huang J X, Chen J Y, et al. Effectiveness of dishwashing liquids in removing chlorothalonil and chlorpyrifos residues from cherry tomatoes[J]. Chemosphere,2013,92(8):1022-1028.
- [19] Kumar K P, Reddy D J, Reddy K N, et al. Dissipation and decontamination of triazophos and acephate residues in chilli[J]. Advance in Pest Control Research,2000,12(1):26-29.
- [20] 孔志强. 农产品加工及储存过程中农药残留变化规律研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012:6-7.
- [21] Kwon H Y, Kim T K, Hong, S M et al. Effects of oven drying on pesticide residues in field-grown chili peppers[J]. Food Science Biotechnology,2015,24(1):1-5.
- [22] 张 洪, 赵丽娟, 秦 曙, 等. 4 种菊酯类农药在菜豆烹饪过程中的消解[J]. 中国食品学报,2008,8(2):152-155.
- [23] 王 璐, 罗 铭, 彭 伟. 烹食过程对蔬菜中五种农药残留的动态影响[J]. 中国食物与营养,2014,20(3):14-17.
- [24] 李文明, 韩永涛, 董丰收, 等. 毒死蜱及其代谢产物 3,5,6-三氯-2-吡啶酚在黄瓜腌制过程中的残留水平变化[J]. 农药学报,2013,15(2):223-227.
- [25] 武晓光, 徐珍珍, 刘毅华. 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):595-605.
- [26] 李记明, 司合芸, 于 英, 等. 葡萄农药残留及其对葡萄酒酿造的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(4):743-751.
- [27] Cabras P, Angioni A, Garau V L, et al. Pesticide residue in raisin processing[J]. Agricultural Food Chemistry,1998,46(2):2309-2311.
- [28] 袁玉伟. 菠菜中常用农药限量及动态研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008:25-26.
- [29] Aguilera A, Valverde A, Camacho F, et al. Household processing factors of acrinathrin, fipronil, kresoxim-methyl and pyridaben residues in green beans[J]. Food Control,2014,35(1):146-152.
- [30] Guardia-Rubio M, Ayora-Cannada M J, Ruiz-Medina A. Effect of washing on pesticide residues in olives[J]. Journal of Food Science,2007,72(2):139-143.
- [31] Huan Z B, Xu Z, Jiang W Y, et al. Effects of Chinese traditional cooking on eight pesticides residue during cowpea processing[J]. Food Chemistry,2015,170:118-122.
- [32] Duhan A, Kumari B, Gulati R. Effects of household processing on fenazaquin residues in okra fruits[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology,2010,84(2):217-220.
- [33] Ong K C, Cash J N, Zabik M J, et al. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce[J]. Food Chemistry,1996,55(2):153-160.
- [34] 孙春业. 香菇中两种农药消解规律及加工因子对农药残留的影响[D]. 合肥:安徽农业大学,2010:12-13.
- [35] Liang Y, Wang W, Shen Y, et al. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residue in raw cucumber[J]. Food Chemistry,2012,133(3):636-640.
- [36] 顾蓓蓓, 孟文静, 李 泉, 等. 加工过程对果蔬中农药残留的影响[J]. 安徽农业科学,2013,41(23):9762-9765.
- [37] 毛雪飞, 焦必宁, 钱永忠, 等. 加工过程对水果及其制品中农药残留的影响[J]. 核农学报,2008,22(1):74-79.
- [38] Noh H H, Kim D K, Lee E Y, et al. Effects of oven drying on pesticide residues in field-grown chili peppers[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry,2015,58(1):97-104.
- [39] Liu N, Dong F S, Liu X G, et al. Effects of household canning on the distribution and reduction of thiophanate-methyl and its metabolite carbendazim residues in tomato[J]. Food Control,2014,43:115-120.