

کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در گلخانه‌ها؛ قدمی به سوی تولید محصول سالم‌تر

بهاره رفیعی

عضو هیات علمی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: b.rafiiei@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۶

چکیده

در بسیاری از گلخانه‌ها، برای مبارزه با آفات، اولین گزینه‌ای که به ذهن تولیدکننده می‌رسد استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است؛ اما این روش اگر با دقت و آگاهی همراه نباشد، می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را به خطر بیندازد و محیط زیست را آلوده کند. محصولات گلخانه‌ای به دلیل تازه‌خوری و مصرف مستقیم، اگر دارای باقی‌مانده آفت‌کش‌ها باشند، می‌توانند موجب بروز بیماری‌هایی مانند سرطان شوند. از طرفی شرایط گلخانه مثل دمای مناسب، غذای کافی برای آفات و نبود دشمنان طبیعی، باعث می‌شود مصرف سم در گلخانه‌ها بیشتر از مزارع باشد. در این مقاله، چند راهکار ساده و کاربردی برای کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات گلخانه‌ای معرفی شده است؛ از جمله: رعایت فاصله زمانی مناسب بین سم‌پاشی و برداشت، استفاده از آفت‌کش‌های زیستی، مدیریت تلفیقی آفات، و شستشو یا حرارت دادن محصول قبل از مصرف. اجرای این روش‌ها باعث می‌شود محصول سالم‌تری تولید شود که سلامت مصرف‌کننده حفظ شده، همچنین فروش و صادرات آن نیز امکان‌پذیر باشد.

کلیدواژه: محصولات گلخانه‌ای، کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها، محصول سالم، مدیریت تلفیقی آفات

متن مقاله

بیان مساله:

فراصوت (اولتراسونیک)، هیدرواستاتیک با فشار بالا و پلاسمای سرد پرداخته می شود.

استفاده اصولی از آفت کش ها

امروزه مصرف آفت کش ها در کشاورزی برای کنترل عوامل خسارتزا، از نظر تولیدکنندگان ضروری است. این مسئله به ویژه در محصولات گلخانه ای که به دلیل شرایط کنترل شده با خسارت بیشتر آفات مواجه اند، اهمیت ویژه ای دارد. آفت کش ها باید بر اساس دز توصیه شده و آستانه زیان اقتصادی آفات استفاده شوند و از کاربرد تقویمی آفت کش ها شیمیایی، بدون پایش دقیق آفات در گلخانه، خودداری شود. انتخاب زمان مناسب برای کاربرد آفت کش ها و رعایت اصول سمپاشی (استفاده از سم پاش و نازل مناسب، تنظیم فشار سمپاشی، پوشش کامل گیاه با آفت کش) می تواند به کاهش باقیمانده آفت کش ها در محصولات کشاورزی کمک کند (تودی و همکاران، ۲۰۲۱).

رعایت دوره پیش برداشت (کارنس)

دوره پیش برداشت شامل حداقل فاصله زمانی بین آخرین سمپاشی و برداشت محصول است که طی این مدت باقی مانده ای آفت کش ها برای مصرف به حد مجاز می رسد. بیشینه (حداکثر) باقیمانده مجاز^۳ بیشترین غلظت مجاز یک آفت کش بر روی یک محصول در هنگام برداشت است که این میزان برای محصولات مختلف تعیین شده است. دوره کارنس، دوره ای احتیاط نیز نامیده می شود که به عوامل مختلف شامل غلظت آفت کش مصرفی، دور آبیاری، رقم کاشته شده، نوع فرمولاسیون و نحوه کاربرد آفت کش بستگی دارد. طول این دوره روی برچسب آفت کش ها درج شده است (مورا^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه ای که بر روی آفت کش ایمیداکلوپراید در گوجه فرنگی صورت گرفت،

گلخانه محیط مناسبی برای تولید انواع محصولات کشاورزی است، با این حال، دما، رطوبت و غذای کافی موجود، شرایط ایده آلی برای تولیدمثل و افزایش سریع جمعیت آفات ایجاد می کند و به دلیل عدم وجود دشمنان طبیعی مانند مزارع، خسارات آفات شدیدتر است. آفت کش ها ابزار مهمی در مدیریت آفات گلخانه ای هستند. بدون استفاده از آفت کش های دفع آفات، بخش قابل توجهی از محصولات کشاورزی از دست می رود. بنابراین، آفت کش ها نقش مهمی در کاهش آفات و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی دارند (تودی و همکاران، ۲۰۲۱).

مصرف آفت کش ها، آثار نامطلوب فراوانی نظیر بقایای آفت کش ها در محصولات کشاورزی را به همراه دارد که سلامت انسان و موجودات غیر هدف را تهدید می کند و سبب بروز انواع بیماری ها از جمله انواع سرطان می شوند (فوپین^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). در این راستا، کاهش بقایای آفت کش ها در محصولات کشاورزی ضروری است. روش های متعددی برای کاهش باقی مانده آفت کش ها در محصولات کشاورزی برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان وجود دارد که در این مقاله به این روش ها پرداخته می شود.

کاهش بقایای آفت کش ها توسط تولیدکنندگان

ابتدا به روش های قبل از برداشت، شامل استفاده اصولی از آفت کش ها، رعایت دوره پیش برداشت (کارنس)، استفاده از آفت کش های زیستی و به کارگیری روش های مختلف مدیریت تلفیقی آفات پرداخته می شود و بعد به روش های پس از برداشت نظیر امواج

³ Tudi
⁴ Moura

¹ Tudi
² Phopin

سبزی و جالیز به ثبت رسیده است و فاقد دوره کارنس است (نامور و محمدپور، ۱۳۹۹).

مدیریت تلفیقی آفات^۲

مدیریت تلفیقی آفات یک رویکرد چندجانبه است که شامل ترکیبی از روش‌های زراعی، مکانیکی، بیولوژیک و شیمیایی برای کنترل آفات می‌شود. این روش به کاهش وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی و حفظ تعادل اکولوژیکی در گلخانه‌ها کمک می‌نماید (شارما^۳، ۲۰۲۳). در گلخانه‌ها، کاشت ارقام مقاوم و انتخاب نشاء و بذور سالم از روش‌های مؤثر در کنترل زراعی آفات است که به کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی کمک می‌کند. انتخاب ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها، به ویژه ارقام تجاری و اصلاح شده، موجب افزایش مقاومت محصولات و تولید محصولاتی با کیفیت‌تر و کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و در نهایت باقی‌مانده می‌شود. همچنین، استفاده از نشاء و بذور سالم و ضدعفونی شده می‌تواند احتمال بروز آفات و بیماری‌ها را کاهش دهد. عملیات زراعی نظیر شخم، حذف بقایای گیاهی و علف‌های هرز، نقش مهمی در کاهش جمعیت آفات دارند، زیرا این اقدامات باعث از بین رفتن محل‌های مناسب زمستان‌گذرانی آفات می‌شود. در نتیجه، این روش‌ها نیز به کاهش نیاز به آفت‌کش‌های شیمیایی و باقی‌مانده آن‌ها کمک می‌کنند (دریانی‌زاده، ۱۴۰۰). در روش کنترل مکانیکی آفات، از تله‌های مختلف می‌توان استفاده کرد. تله‌ها نه تنها برای ردیابی آفات، بلکه برای شکار انبوه آن‌ها نیز استفاده می‌شوند. با افزایش تعداد تله‌ها در هر واحد سطح، می‌توان بخش قابل توجهی از جمعیت آفت را کاهش داد. این روش، به عنوان یکی از روش‌های مهم کنترل آفات در گلخانه‌ها، به کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و نیاز به کنترل شیمیایی کمک می‌کند. استفاده از عوامل کنترل

تفاوت‌های معناداری در میزان باقی‌مانده و دوره‌ی کارنس فرمولاسیون‌های سوسپانسیون (SC)، پودر و تابل (WP) مایع قابل حل در آب (SL) و گرانول قابل پخش در آب (WDG) مشاهده شد. فرمولاسیون مایع دارای جذب سریع‌تر و باقی‌مانده بیشتری در مقایسه با فرمولاسیون‌های گرانول است و در مورد پودر و تابل (WP) زمان بیشتری برای تجزیه نیاز است. (WDG) این فرمولاسیون به راحتی در آب حل می‌شود و دارای ویژگی‌های خاصی از نظر پایداری و جذب است. براساس نتایج آن تحقیق، میزان باقی‌مانده ایمیداکلوپراید در گوجه‌فرنگی بسته به نوع فرمولاسیون متفاوت است. فاصله پیش از برداشت برای هر یک از فرمولاسیون‌ها متفاوت بود. دوره کارنس برای فرمولاسیون (SC) ۶ روز، (SL) ۱۶ روز، (WP) ۲۲ روز و (WDG) ۲۴ روز است. در نهایت، استفاده از فرمولاسیون‌هایی با باقی‌مانده کمتر مانند SC می‌تواند به کاهش دوره کارنس کمک کند و سلامت محصول را افزایش دهد. این موضوع به ویژه برای صادرات محصولات کشاورزی اهمیت دارد، زیرا رعایت استانداردهای بین‌المللی در زمینه باقی‌مانده آفت‌کش‌ها بسیار حیاتی است (عبدالحمید^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

استفاده از آفت‌کش‌های زیستی

یکی از راه‌های مؤثر برای کاهش باقی‌مانده‌ها آفت‌کش‌ها، کاربرد آفت‌کش‌هایی است که بر پایه‌ی ترکیبات طبیعی تولید می‌شوند. این آفت‌کش‌ها معمولاً سریع‌تر تجزیه می‌شوند و خطر کمتری بر سلامت انسان دارند. برای مثال ترکیباتی نظیر هم‌اگروپراد^۳ که یک حشره‌کش گیاهی و حاوی ماده مؤثره روغن آویشن است و برای کنترل شته جالیز در محصولات

³ Sharma

¹ Abdel-Hamid

² Integrated Pest Management (IPM)

زیستی نیز در کنترل آفات نقش قابل توجهی دارد (رفیعی، ۱۴۰۲). در مدیریت تلفیقی در واقع روش‌های مختلف کنترل آفات به صورت همزمان به کار گرفته می‌شوند و سبب کاهش تمرکز تولیدکنندگان بر مصرف آفت‌کش‌ها و در نهایت کاهش باقی‌مانده آن‌ها می‌شود.

امواج فراصوت (اولتراسونیک)

حمام اولتراسونیک یکی از فناوری‌های نوین است که به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی و کشاورزی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه با استفاده از امواج صوتی با فرکانس بالا (بیش از ۲۰ کیلوهرتز) برای انجام فرآیندهای مختلف از جمله کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها طراحی شده است. حمام اولتراسونیک با تولید امواج صوتی، سبب ایجاد سریع حباب‌های ریز و برخورد شدید آن‌ها در مایعات باعث ایجاد انفجارهای کوچکی می‌شوند که مانند یک پودر پاک کننده عمل می‌کند و سبب حذف بقایای آفت‌کش‌ها می‌شود. این فناوری نه تنها آفت‌کش‌ها را حذف می‌کند، بلکه کیفیت فیزیکی و شیمیایی محصولات را نیز بهبود می‌بخشد. حمام اولتراسونیک همچنین می‌تواند بار میکروبی را کاهش دهد، که به افزایش عمر مفید محصولات کمک می‌کند. این روش بدون نیاز به مواد شیمیایی یا حرارت بالا انجام می‌شود و کیفیت محصول حفظ می‌شود. حمام‌های اولتراسونیک معمولاً در اندازه‌ها و مدل‌های مختلفی تولید می‌شوند. این دستگاه‌ها دارای تنظیماتی برای فرکانس و زمان عمل هستند. فراصوت می‌تواند سبب حذف باقی‌مانده آفت‌کش‌ها شود که این روش سازگار با محیط زیست و مؤثر در حذف آلاینده‌های محصولات کشاورزی است که عمدتاً به صورت خام یا پس از حداقل فرآوری مصرف می‌شوند (آیدار^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از

امواج فراصوت به مدت پنج دقیقه باعث کاهش میزان باقیمانده آفت‌کش‌ها تری‌کلروفن، دیمتوات، دیکلرووس، فنیتروتیون و کلرپیریفوس به ترتیب به میزان ۳۶/۶، ۴۳/۵، ۱۶/۷، ۷۳/۳٪ و ۵۳/۱ درصد از روی خیار شد. ۲۰ دقیقه استفاده از این امواج باعث کاهش ۴۹/۸ تا ۸۴/۴ درصد میزان باقی‌مانده این آفت‌کش‌ها را کاهش داد (مروتی، ۱۳۹۶). کاهو، اسفناج، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی با فرکانس‌های پایین بین ۲۰ کیلوهرتز تا ۴۵ کیلوهرتز بهتر از آفت‌کش‌های کاپتان و تیامتوکسام را پاک‌سازی می‌کنند، به این دلیل که فرکانس‌های پایین‌تر منجر به حباب‌های بزرگ‌تر و آزاد شدن انرژی بیشتر می‌شود که تا ۲۰ دقیقه تحت فراصوت قرار گرفتند. ترکیب امواج فراصوت با جریان الکتریکی، سطح آفت‌کش‌ها را در کاهو به ترتیب ۹۲،۵۷٪، ۸۱،۹٪ باقی‌مانده این آفت‌کش‌ها را کاهش می‌دهد (آیدار و همکاران، ۲۰۲۳). ایالت متحده آمریکا، چین، آلمان و ژاپن از امواج اولتراسونیک برای کاهش باقی‌مانده آفت‌کش استفاده می‌کنند. در شکل ۱ تصاویر این دستگاه را مشاهده می‌کنید.



¹ Integrated Pest Management (IPM)

برای کاهش باقیمانده‌های آفت‌کش‌ها بر روی میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌کنند. کشورهای اسپانیا، ایتالیا، ایالات متحده آمریکا و برزیل از روش هیدرواستاتیک با فشار بالا به عنوان روشی برای کاهش باقیمانده‌های آفت‌کش‌ها بر روی میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌کنند (لسکوواچ و پتروویچ^۳، ۲۰۲۳).

پلاسمای سرد

پلاسمای سرد به عنوان حالت چهارم ماده، مجموعه‌ای از یون‌ها، الکترون‌ها، اتم‌های خنثی و رادیکال‌ها است که با اعمال اختلاف ولتاژ تولید می‌شود. از ویژگی‌های مهم پلاسمای سرد، می‌توان به اصلاح سطح مواد بدون تخریب حرارتی، اثرگذاری بالا و طولانی‌مدت، سادگی در بکارگیری، عدم استفاده از مواد شیمیایی سمی، صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، خاصیت ضد میکروبی و امکان انجام فرآیند به صورت اتوماتیک اشاره کرد. پلاسمای سرد در کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی کاربرد دارد؛ به طوری که با برهم‌کنش رادیکال‌های آزاد و الکترون‌ها با مولکول‌های آفت‌کش‌ها، آن‌ها را به ترکیبات کم‌خطرتر تجزیه می‌کند. این فناوری به عنوان یک روش جدید و کارآمد برای حذف آفت‌کش‌ها از سطوح محصولات کشاورزی معرفی شده است. میزان تخریب آفت‌کش‌ها با این روش به فاکتورهایی نظیر توان پلاسمای، مدت زمان تیمار و غلظت آفت‌کش بستگی دارد (مهدوی، ۱۳۹۹). میزان باقی‌مانده آفت‌کش کلرپیریفوس در گوجه‌فرنگی با این روش ۸۹/۹ درصد کاهش یافت (گریسی^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). در کشورهای کره جنوبی، آمریکا، چین و ایتالیا از این روش برای کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی استفاده می‌شود.



شکل ۱: حمام اولتراسونیک صنعتی ۲۸۸ لیتری (شکل بالا)، حمام اولتراسونیک خانگی ۲ لیتری (شکل پایین)

هیدرواستاتیک با فشار بالا^۱

یکی از راهکارهایی که در صنعت فرآوری محصولات کشاورزی می‌تواند در کاهش آلاینده‌ها از جمله باقیمانده آفت‌کش‌ها مؤثر باشد، فشار بالای هیدرواستاتیک است. یک فرآیند غیرحرارتی است که در آن محصول، در دمای پایین در معرض فشار بالا، قرار می‌گیرند. محصول، در بسته‌های پلی‌اتیلنی، بسته‌بندی می‌شود و در مخازن حاوی مایع غیر قابل تراکم (آب) تحت فشار به مدت ۲-۶۰ دقیقه بسته به نوع محصول، ایمنی مطلوب و دما اعمال می‌شود. عدم تغییر در کیفیت، شکل، رنگ و سبزی محصول از ویژگی‌های مهم این روش است. همچنین هیچگونه متابولیت ثانویه سمی نیز در ایجاد نمی‌کند. برای مثال، در مطالعه‌ای مشاهده شد، باقی‌مانده حشره‌کش کلرپیریفوس در گوجه‌فرنگی گیلاسی زمانی که در معرض فشار ۷۵ مگاپاسکال برای ۵ دقیقه قرار بگیرد، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد (ایزوکا^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). کشورهای اسپانیا، ایتالیا، ایالات متحده و برزیل از هیدرواستاتیک با فشار بالا به عنوان روشی

³ Leskovac & Petrovic,

⁴ Gracy

¹ High-pressure processing (HPP)

² Aydar

راه‌های کاهش بقایای آفت‌کش‌ها توسط مصرف‌کنندگان شستشو

شستشوی محصولات کشاورزی یکی از اولین و استانداردترین روش‌های کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها است. کارایی این روش بستگی به غلظت، پایداری و دوام آفت‌کش‌ها استفاده شده، نوع و مدت زمان عملیات شستشو دارد. تحقیقات مختلف تأثیر خیساندن و شستشو محصولات کشاورزی در محلول‌های مختلف مانند آب به همراه نمک، جوش شیرین، سرکه (اسید استیک)، محلول صابون یا دترجنت، پرمگنات پتاسیم، هیدروکسید سدیم نشان داده است. مطالعه‌ای نشان داده است، محلول ۱۰ درصد سرکه و یا اسید استیک باعث کاهش ۹۷/۷ درصد برخی آفت‌کش‌ها فسفره از روی گوجه‌فرنگی می‌شود. شست و شوی فلفل تند، فلفل دلمه‌ای و بادمجان با محلول ۲ درصد اسید استیک باعث کاهش باقی‌مانده حشره‌کش پروفنفس به ترتیب به میزان ۶۱/۶۰، ۸۵/۴۸ و ۱۰۰ درصد از روی این محصولات می‌شود و با محلول ۱ درصد آب نمک، سبب کاهش میزان باقی‌مانده این آفت‌کش به ترتیب به میزان ۷۹/۸۵، ۸۴/۷۴، ۹۷/۴۱ درصد می‌شود. شست و شو و خیساندن در محلول ۲ درصد اسید استیک یا سرکه به مدت ۵ دقیقه باعث کاهش ۱۵/۶ تا ۸۹/۳ درصد آفت‌کش‌هایی مانند فنیتروتیون، دیکلوووس، دیمتوات، تری کلروفن و کلرپیریفوس در خیار می‌شود. در بررسی دیگر تأثیر قابل توجه کاهش میزان آفت‌کش‌ها کلره و فسفره در گوجه‌فرنگی توسط آب نمک نیز به اثبات رسیده است. غلظت‌های مختلف ۲ تا ۱۰ درصد محلول آب نمک باعث کاهش ۱۰/۶ تا ۱/۴۶ درصد آفت‌کش‌ها کلره و ۲۷ تا ۹۱/۴ درصد آفت‌کش‌ها فسفره در گوجه‌فرنگی می‌شود. با خیساندن فلفل سبز در محلول

۲ درصد آب نمک به مدت ۱۰ دقیقه تا ۹۰/۵۶ درصد حشره‌کش سایپرمتترین را از بین می‌برد (مروتی، ۱۳۹۶؛ لیانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۲).

سردسازی، منجمد کردن و نگهداری در یخچال
نگهداری محصولات در سردخانه و یا یخچال باعث کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها می‌شود. در مطالعه‌ای نشان داده شد که نگهداری خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در دمای ۴ درجه سانتیگراد برای ۴۸ ساعت و غوطه‌وری در آب به مدت ۵ ساعت سبب کاهش ۹۱/۳ و ۶۰/۲ درصدی باقی‌مانده ایمیداکلوپرید و کاهش ۸۱/۴ و ۷۰/۳ درصدی باقی‌مانده آلامکتین می‌شود (خاقانی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸).

پوست‌گیری

پوست‌کندن یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش بقایای آفت‌کش‌ها در محصولات است. بخش قابل توجهی از بقایای آفت‌کش‌ها روی پوست محصولات کشاورزی جمع می‌شوند که به راحتی با فرآیند پوست‌کندن قابل حذف است. مطالعات نشان داده است فرآیند پوست‌گیری به طور موثر ۶۷ درصد باقیمانده دیازینون از خیار را از بین می‌برد و بقایای قارچ‌کش‌های آزوکسی استروبین، آکریناترین و کرزوکسیم متیل را به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰ و ۹۰ درصد در کدو سبز از بین می‌برد (میر^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). کاهش ۱۰۰ درصدی باقیمانده سایپرمتترین از روی هویج و کاهش ۸۳/۳ تا ۸۹/۲ درصدی آفت‌کش‌ها فسفره از روی گوجه‌فرنگی پس از پوست‌گیری در مطالعات نشان داده شده است (راسموسن^۴ و همکاران، ۲۰۰۳).

³ Mir

⁴ Rasmussen

¹ Liang

² Khaghani

پختن و حرارت دادن

جوشاندن و پختن به کاهش میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات مختلف کمک می‌کنند. کارایی این روش به زمان و دما بستگی دارد. در مطالعه‌ی فوپین و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده شد، جوشاندن بادمجان، بامیه، گوجه‌فرنگی، لوبیا سبز، گل کلم و فلفل دلمه باقی‌مانده پنج آفت‌کش فسفره (مالاتیون، فیتروتیون، فرموتیون، پاراتیون، متیل پاراتیون و کلرپیریفوس) را ۵۲ تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌دهد. این روش در مقایسه با شستشو (سبب کاهش ۲۰ تا ۸۹ درصدی)، بسیار مؤثرتر بود. کاهش باقی‌مانده این آفت‌کش‌ها با جوشاندن در مورد محصول بادمجان بیشترین کاهش را تا ۱۰۰ درصد نشان داد، در لوبیا و بامیه ۷۰ تا ۹۰ درصد و در گل کلم و فلفل دلمه‌ای به میزان ۶۰ تا ۸۰ درصد و کمترین میزان مربوط به گوجه‌فرنگی با ۵۲ درصد بود. گوجه‌فرنگی کمترین کاهش باقیمانده آفت‌کش‌های ارگانوفسفره را پس از جوشاندن نشان داد، ساختار فیزیکی گوجه‌فرنگی با پوست نازک و بافت آبدار آن باعث می‌شود که آفت‌کش‌ها به عمق بافت نفوذ کنند و این نفوذ عمیق‌تر مانع از حذف کامل آفت‌کش‌ها در فرآیند جوشاندن شد. همچنین، زمان جوشاندن ممکن است برای حذف کامل آفت‌کش‌ها کافی نبوده و عدم شستشوی مناسب قبل از جوشاندن نیز می‌تواند در این کاهش کم، تأثیر داشته باشد. به طور کلی، ترکیب این عوامل موجب شده است که گوجه‌فرنگی در مقایسه با سایر سبزیجات کاهش کمتری در باقی‌مانده آفت‌کش‌ها داشته باشد.

بلانچ کردن (پخت و خنک کردن سریع)

فرآیند بلانچ کردن شامل حرارت دادن سریع برای مدت کوتاه و سپس خنک کردن فوری محصول است (جوشاندن بین ۲ تا ۱۰ دقیقه و بعد سرد کردن).

مکانیسم کاهش بقایای آفت‌کش‌ها در طول بلانچ کردن به این ترتیب است که آفت‌کش‌ها به طور کامل تجزیه می‌شوند یا در آب شسته می‌شوند. متابولیت‌هایی که محلول در آب هستند، در پروسه سرد شدن، حذف می‌شوند. بلانچ کردن، مزایای دیگری نظیر غیرفعال کردن آنزیم‌ها، از بین بردن میکروارگانیسم‌ها، حفظ رنگ و ترکیبات مغذی، حذف آلاینده‌ها و افزایش ماندگاری محصول دارد. بلانچ کردن به روش‌های مختلفی از جمله استفاده از آب جوش و یا بخار، انجام می‌شود. امروزه روش‌های دیگری، نظیر بلانچینگ مایکروویو، بلانچینگ اهمی، بلانچینگ مادون قرمز و بلانچینگ هوای گرم با رطوبت بالا، اغلب به صورت صنعتی انجام می‌شود (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). در مطالعه‌ای نشان داده شده است، بلانچ کردن برای ۵ دقیقه و سپس سرخ کردن همراه هم زدن (تفت دادن) به مدت ۳ دقیقه، مؤثرترین عملیات ترکیبی کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌های پیریدابن، بیفتترین، سایپرترین و فن والریت، آلفاسای‌هالوترین، کلروتالونیل و دیفنوکونازول در سبزیجات مختلف از نظر ایمنی مواد غذایی است. همچنین بررسی دیگر نشان داد، شستشو و بلانچ کردن سبب کاهش پیریدابن در فلفل می‌شود (فوپین و همکاران، ۲۰۲۲).

توصیه ترویجی

با توجه به آثار نامطلوب آفت‌کش‌ها کشاورزی بر سلامت انسان، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی به ویژه محصولات گلخانه‌ای، باید آگاهی‌شان در رابطه با نحوه تولید و مصرف محصول سالم افزایش دهند. تولیدکنندگان باید از آفت‌کش‌ها شناخت کافی داشته باشند و آن‌ها را در زمان مناسب و به درستی استفاده کنند. دوره پیش برداشت را رعایت

^۱ Zhang



مصرف‌کنندگان نیز با روش‌هایی نظیر شستشوی اصولی، بلانچ کردن، پوست‌گیری، سردسازی، پختن و حرارت دادن، بقایای آفت‌کش‌ها را در محصولات کشاورزی کاهش دهند، تا از عواقب مصرف محصولات حاوی باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در امان بمانند.

کنند. همچنین، روش‌های کنترل زیستی را جایگزین کنترل شیمیایی کنند و از آفت‌کش‌های زیست‌پایه برای کنترل آفات استفاده کنند. روش مدیریت تلفیقی آفات (کنترل زراعی، فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی...) را برای تولید محصول سالم‌تر به کار گیرند و برای کنترل آفات تنها متکی آفت‌کش‌ها نباشند.

با پایش و ردیابی دقیق آفات در گلخانه، زمانی که جمعیت آفات به آستانه‌ی زیان اقتصادی رسید، اقدام به سم‌پاشی کنند و از سم‌پاشی تقویمی (که مشخص نیست آیا آفت وجود دارد یا نه) خودداری کنند.



منابع:

- دریانی‌زاده، ن. ۱۴۰۰. رعایت بهداشت گلخانه راه‌کاری برای مدیریت آفات گلخانه‌ای، مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، ۵(۲): ۳۷-۴۲.
- رغیعی، ب. ۱۴۰۲. راه‌کارهای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در تولید محصولات گلخانه‌ای، مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، ۶(۲): ۱۲-۷.
- مروتی، م. ۱۳۹۶. راه‌کارهای مناسب خانگی و صنعتی جهت کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی پس از برداشت و قبل از مصرف. نشریه ترویجی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. ۲۷ صفحه.
- مهدوی، و. ۱۳۹۹. معرفی پلاسمای سرد و کاربردهای آن در گیاه‌پزشکی. نشریه فنی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. ۲۰ صفحه.
- نامور، پ.، محمدپور، ک. ۱۳۹۹. حشره‌کش‌های مناسب برای کنترل شته سیاه باقلا در گلخانه‌های بادمجان. مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، ۳(۲): ۹۱-۴۵.

Aydar, A., Aydın, T., Yılmaz, T., Kothakota, A., Socol, CT., Criste, F.L. 2023. Effect of ultrasound assisted cleaning on pesticide removal and quality characteristics of *Vitis vinifera* leaves. Ultrasonics Sonochemistry. 92, 106279.

Abdel-Hamid, M., El-Sayed, W. & Ahmed, N. 2013. The relationship between different formulation types and the residue levels of pesticides on tomato fruits. Res. J. Agric. Biol. Sci., 9, 8–16.

Gracy, T.K., Gupta, R. V. & Mahendran R. 2019. Influence of low-pressure nonthermal dielectric barrier discharge plasma on chlorpyrifos reduction in tomatoes. Journal of Food Process Engineering, 42, p. e13242

Iizuka, T., Maeda, S. & Shimizu, A. 2013. Removal of pesticide residue in cherry tomato by hydrostatic pressure. J of food engineering. 116: 796-800.

Khaghani, R., Mirhosseini, M. A. & Fathipour, Y. 2018. Household Activities Can Reduce Imidacloprid and Abamectin Residues in Greenhouse Crops. J. Agr. Sci. Tech. 20: 775-786 775.

Leskovac, A., Petrovic, S. 2023. Pesticide Use and Degradation Strategies: Food Safety, Challenges and Perspectives. Foods, 12, 2709, 24 pp.

Liang, Y., Wang, W., Shen Y., Liu, Y. & Liu, X. J. 2012. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. Food Chemistry 133: 636-640.



Mir, S. A., Dar, B., Mir M. M. et al., 2022. Current strategies for the reduction of pesticide residues in food products, *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104274.

Phopin, K., Wanwimolruk, S., Norkaew C, Buddhaprom, J., Isarankura-Na-Ayudhya C. 2022. Boiling, Blanching, and Stir-Frying Markedly Reduce Pesticide Residues in Vegetables. *Foods*, 11, 1463.

Rasmussen, R. R., Poulsen, M. E. & Hansen, H. C. B. 2003. Distribution of multiple pesticide residues in apple segments after home processing. *Food Additives and Contaminants* 20 (11): 1044-1063.

Sharma, S. 2023. Cultivating sustainable solutions: integrated pest management (IPM) for safer and greener agronomy. *Corporate sustainable management journal*. 1(2): 103-108

Tudi, M, Daniel, R. H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connel, D., Chu, C., & Phung, D. T. 2021. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int J Environ Res Public Health*. 27;18(3):1112.

Moura, A. C. M. Lago, I. N., Cardoso, C. F. et al., 2020. Rapid monitoring of pesticides in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) during pre-harvest intervals by paper spray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*. 310: 125938.