مروری بر تاثیر انواع روش های فرآوری بر مقدار باقی مانده آفت کش ها در مواد غذایی گیاهی خام و فرآوری شده

راضیه سفیدکار[1]، سیدمحمد مظلومی[2*]

1) گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
2) گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، مرکز تحقیقات علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: 92/10/15 تاریخ پذیرش: 93/4/10

چکیده

مقدمه: امروزه مسائلی مانند عدم توجه به دوره کارنس و آثار منفی باقی مانده آفت کش ها در محصولات غذایی بر سلامتی، نگرانی هایی را در میان مصرف کنندگان به وجود آورده است. از آن جا که روش های مختلفی جهت تولید و فرآوری مواد غذایی گیاهی استفاده می شود تاثیر هر یک از آن ها بر میزان باقی مانده آفت کش ها هنوز مورد سوال می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه مروری، پس از بررسی نتایج 32 مطالعه در پایگاه های علمی، تاثیر روش های مختلف فرآوری مواد غذایی گیاهی بر میزان باقی مانده آفت کش ها ارزیابی شد.

یافته های پژوهش: یافته ها نشان داد پیش فرآیند محصولات گیاهی مانند شستشو، آنزیم بری و پوست گیری، موجب حذف برخی آفت کش ها از آن ها گردیده است. هم چنین بکارگیری روش های فرآوری مانند پختن سبزی و میوه و نیز آسیاب کردن غلات و تولید آرد و نان نیز باعث کاهش بقایای برخی آفت کش ها شده است. این در حالی است که برخی مطالعات سم شناسی، تجزیه آفت کش ها و تبدیل آن ها به مواد سمی دیگری را در اثر به کار بردن روش های فرآوری مانند پختن گزارش نموده اند.

بحث و نتیجه گیری: اگر چه یافته ها نشان داده اند که بیشتر فرآیندهای به کار رفته در تهیه مواد غذایی گیاهی بسته به نوع محصول، نوع آفت کش، ماهیت فرآوری و سایر عوامل سبب کاهش میزان برخی آفت کش ها می شوند، اما برخی از فرآیندها باعث تجزیه آن ها به ترکیبات سمی تر می گردند.

واژه های کلیدی: باقی مانده آفت کش، روش فرآوری، محصولات گیاهی

* **نویسنده مسئول:** گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، مرکز تحقیقات علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
Email: smmazloomi@gmail.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

مقدمه

آفت کش ماده یا مخلـــوطی از مـــوادی است که برای جلوگیری، کنترل یا کاهش صـــدمه ای که به وسیله آفت ایـــجاد مـــی شـــود، به کار می رود و می تـــواند ماده شیمیایی(سنتزی یا طبیعی)، عامل بیولوژیک(مانند ویروس یا باکتری) و یا هر نوع وسیله از بین برنده آفت ها(حشرات، گیاهان پاتوژن، علف های هرز، نماتودها و...) باشد،(1). کمتر از یک درصد از گونه های حیوانی، گیاهی و میکروبی به عنوان آفت شناخته شده اند. هم چنین حدود 50 تا 60 درصد محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه توسط حشرات و پاتوژن های گیاهی از بین می رود. تخمین زده می شود که به ازا هر دلاری که به منظور خرید آفت کش ها هزینه می شود 3/5 تا 5 دلار در کشورهای توسعه یافته و تا 14 دلار در کشورهای در حال توسعه بازدهی اقتصادی به دنبال دارد لذا کسب درآمد بیشتر، انگیزه زیادی را جهت استفاده از آفت کش ها برای تولیدکنندگان به وجود آورده اســـت به گونه ای که امروزه 320 ترکـــیب فـــعال آفت کش در قالب چند هزار فرمولاسیون تجاری در دنیا مورد استفاده قرار می گیرد،(2). در این میان سهم ایران حدود 24000 تن در سال در قالب 211 ترکیب شیمیایی با فرمولاسیون های مختلف و کاربرد های متفاوت برآورد شده است.(3)

در کنار منافع کاربرد آفت کش ها مشکلاتی نظیر کاهش تنوع زیستی، کاهش تثبیت نیتروژن و تخریب محل زندگی جانداران خصوصاً پرنده ها و گونه های در معرض خطر نیز وجود دارد. به علاوه این که انسان از طرق مختلفی از جمله مصرف مواد غذایی، آفت کـــش ها را دریـــافت می کند که میزان مواجهه از طریق مواد غذایی(خصوصاً میوه و سبزی) پنج برابر سایر راه ها مانند هوا و نوشیدن آب می باشد،(۴،۵). متاسفانه برخی از آفـــت کش های مورد اســـتفاده اثـــراتی چون ســـردرد، حالـــت تهوع، کوری، سرطان زایی، بیماری های کبد و سیستم عصبی، آسیب به تولید مثل و اختلال غدد درون ریز، افزایش سطح کلسترول، مرگ و میر نوزادان و اختلالات متعدد ژنتیکی و متابولیکی را بر روی انسان بر جا می گذارند.(۵،۶)

وقتی آفت کش ها در کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند ممکن است توسط سطح گیاهان(واکس کوتیکول و سطوح ریشه) جذب شوند و وارد سیستم انتقال گیاه شوند یا در سطح گیاه بمانند. در صورتی که این ترکیبات در سطح محصول بمانند دستخوش تبخیر، فتولیز شیمیایی و تجزیه میکروبی می شوند. تمام این فرآیندها می توانند از یک سو سبب کاهش غلظت آفت کش ها شوند اما از سوی دیگر می توانند سبب تولید برخی متابولیت ها در محصولات شوند،(4). به هر حال انتظار می رود مقداری از آفت کش ها یا متابولیت های آن ها در محصولات گیاهی باقی بماند. سوالی که اغلب مطرح می شود این است که روش های مختلفی که در تولیـــد و فرآوری مـــواد غذایی به صورت خانگی یا صنعتی به کار می روند تا چه میزان در کاهش بقایای این آفت کش ها و در نتیجه کاهش عوارض ناشی از مصرف آن ها اثرگذار می باشند.

مواد و روش ها

در این مطالعه مروری ابتدا با جست و جوی کلید واژه هایی نظیر باقی مانده آفت کش، روش فرآوری و محـــصولات گیـــاهی در پایـــگاه های علمی از جمله Science direct و Google scholar 32 منبع که از نظر موضوع مورد مطالعه بیشترین ارتباط را داشتند انتخاب گردیدند. در ادامه ضمن اشاره ای مختصر به طبقه بندی و عملکرد آفت کش ها، یافته های منابع علمی مطالعه شده در خصوص تاثیر روش های فرآوری بر مقدار باقی مانده آفت کش ها در مواد غذایی گیاهی مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

یافته های پژوهش

انواع آفت کش ها: آفت کش ها بر پایه ویژگی های متنوعی دسته بندی می شوند. به عنوان مثال، بر اساس هدف استفاده به انواع مختلف حشره کش ها، علف کش ها، قارچ کش ها و... تقسیم شده اند،(1). این تـــرکیبات به فرم هایی مانند پودر، اسپری یا امولسیون در دسترس بوده و مورد استفاده قرار می گیرند که برخی از آن ها بسیار سمی، پایدار و متحرک در محیط هستند،(7). آفت کش ها بر اساس ساختار شیمیایی نیز به بیش از 30 دسته تقسیم بندی می شوند،(8). بر این اساس حشره کش ها به حشره کش های گیاهی و پایروتیروئیدها، حشره کش های معدنی، حشره کش های کلره آلی(ارگانوکلره)، حشره کش های فسفره(ارگانو فسفره)، حشره کش های کـــاربامات و... طبقه بندی می شوند.(9)

متاسفانه در حال حـــاضر بیشـــترین خرید و فروش آفت کش ها در کشورهای در حال توسعه صورت می گیرد. فروش آفت کش های ارگانوفسفره، کاربامات، پایروتیروئیدی و ارگانوکلره به ترتیب 40، 20/4، 18/4 و 6/1 درصد می باشد.(10)

آفت کش های ارگانو فسفره(OPPs) گروه اصلی ترکیباتی هستند که برای حفاظت گیاهان به کار می روند.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

این گروه به شکل دائمی به گروه آنزیم هیدروکسیله متصل می شوند و مانع از تجزیه استیل کولین استراز می شوند محدود شدن فعالیت کولین استراز منجر به افـــــزایش استیل کولین در محل سیناپس و در نهایت فلج ماهیچه ها و مرکز اصلی تنفس می شود،(7). برخی از آفت کش های ارگانوفسفره مانند مالاتیون، متیل پاراتیون و کلرپیریفوس می توانند با عوامل اکسیداتیو واکنش دهند و منجر به تولید آنالوگ های اکسیژنی شوند که از آفت کش های اولیه مذکور سمی تر هستند. کلرپیریفوس به شکل گسترده ای برای کنترل آفت های سبزیجات متنوع به کار می رود و جایگزین آفت کش های ارگانوکلره در بسیاری از موارد شده است. کلرپیریفوس در بدن جانوران به کلرپیریفوس اکسون تبدیل می شود که سه هزار بار از کلرپیریفوس بر سیستم اعصاب اثرگذارتر است. متابولیت اولیه آن در آب، هوا، خاک، گیاهان و حیوانات، ۳،۵،۶- تری کلرو-2- پیری دیـــنول می باشد که دو تا سه برابر سمی تر از کلرپیریفوس در رشد جنین(رویان) جوجه است.(11)

انواع دیگـــری از آفـــــت کـــــش ها، گروه های ارگانونیتـــروژنه و ارگـــــانوکلره هســـتند. آفت کش های ارگانونـــیتروژنه پایداری کمتری در محـــــیط نسبت به ارگانوکلره ها دارند اما می توانند وارد سیستم گوارش انسان شوند و ســـــلامت او را به خطر اندازند. استـــــــفاده از آفت کش های ارگـــانوکلره(OCPs) به علت سمیت بالا برای انسان و پایداری زیاد در محیط، در بسیاری از کشورها ممنوع شده است. آفت کش های ارگانوکلره(OCPs) به دلیل حلالیت بالا در چربی و دوام بیشتر، تمایل به ذخیره شدن در بافـــــت های چـــــربی دارند،(۷،۱۲). برخلاف آفت کش های ارگانوکلره، آفت کش های ارگانوفسفره مقاوم نیستند، بنا بر این در زنجـــــــیره غذایی متمرکز نمی شوند،(2). حشره کش های کاربامات(به طور مثال کاربارایل) می توانند در دوزهـــــای بالا تراتوژن باشند و ترکیبات سرطان زای نیتروزه ایجاد کنند.(7)

پیش فرآیند شستشو: شستشو اغلب اولین گام در فرآوری خانگی و صنعتی محصولات غذایی است،(13). به طور معمول شستشوی خانگی با قرار دادن در زیر آب در دمای ملایم انجام می شود در حالی که شستشوی تجاری در ماشین های مخصوص و یا در وان های شستشو با حرکت یا بی حرکت(به طور مثال با اسپری کردن هوا به درون وان های شستشو) صورت می گیرد. البته ممکن است به منظور افزایش کارایی مواد شوینده، کلر یا ازن به آب افزوده شود.(10،14،15)

کاهش بقـــایای آفـــت کـــش ها طی شستشوی محصولات گیاهی در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. به عنوان مثال بنچری و همکاران در بلژیک نشان دادند که پیش فرآیند شستشو 11 تا 43 درصد از سزان(به جز دلتامترین) و 11 درصـــد از پروپاموکارب را در اسفناج کاهش می دهد. علت کاهش بسیار اندک دلتامترین حلالیت کم آن در آب بوده است. در عوض آفت کش ایپرودیون به دلیل حلالیت در آب، بیشترین کاهش(بیش از 40 درصد) را نشان داده است.(5)

هم چنین هان و همکاران در چین طی تحقیقاتی بر روی گوجه فرنگی، کاهش کلروپیریفوس بعد از شستشو با آب به مدت ده دقیقه به میزان 29/9 درصد را نشان دادند این در حالی بود که تغییری در غلظت متابولیت آن یعنی ۳،۵،۶- تری کـــلرو-2- پیـــــری دینول(TCP) حاصل نشد.(16)

در مطالعات دیگری کاهش آفت کش هایی مانند کلرپیریفوس در گوجه فرنگی و مارچوبه، کاهش 50 تا 60 درصدی بقایای سایپرمترین در بادنجان، کاهش بقایای آفت کش ارگانوفسفره در گوجه فرنگی و فلفل، کاهش 20 تا 89 درصدی ددت(DDT) در سیب زمینی و گوجه فرنگی، فنیتروتیون در بامیه، پاراتیون در گل کلم و مالاتیون در بامیه بعد از شستشو و کاهش 15 درصدی لیندان در گوجه فرنگی بعد از شستشو با آب شیر نشان داده شده است.(۱۷،۱۸)

میزان کاهش بقایای آفت کش ها در پیش فرآیند شستشو تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می گیرد. یک دسته از عوامل، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آفت کش مانند حلالیت در آب، سرعت ثابت هیدرولیتیک، فراریت، ضریب جز اکتانول-آب و موقعیت فیزیکی بقایای آفت کش ها در محصول و نیـــــز نیمه عمر آن ها می باشـــــد،(۱۵،۱۸). فرآیندهای شستشو منجر به کاهش بقایای آفت کش های هیدروفیلیک موجود در سطح محصول می شود،(15). به گونه ای که بقایای آفت کش های قطبی و محلول در آب به سرعت و به راحتی نسبت به مواد با قطبیت کم حذف می شوند. این درحالی است که آفت کش های غیر قطبی به شکل مقاومی در لایه های واکسی پوست میوه و سبزیجات باقی می مانند،(13). نکته قابل توجهی که هامیلتون به آن اشاره نمود این است که کاهش بقایای آفت کش ها در اثر شستشو عمدتاً مربوط به بقایای سطحی این ترکـــــیبات می باشد و بقایای آفت کش های سیستمیک موجود در بافت و نیز بقایای لیپوفیلیک، تنها به شکل محدودی تحت

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

تاثیر این روش قرار می گیرند لذا کاهش آن ها در اثر شستشو چشمگیر نمی باشد. هر چند ترکیب آفت کش طبق مطالعه کوماری در هند بر روی گل کلم و بامیه نیز موثر نشان داده شده است، فرآیند شستشوی خانگی در کاهش بقایای حشره کش های سینتتیک پایروتیروئیدی نسبت به ارگانوکلره و ارگانوفسفره کمتر موثر است،(۱۵،۱۸). روش شستشو(خانگی یا صنعتی) عامل موثر دیگر می باشد. اگر چه شستشوی دستی زیر آب جاری به مدت یک دقیقه، سبب حذف بقایای آفت کش به شکل قابل ملاحظه ای می شود اما به طور کلی شستشوی خانگی در مقایسه با شستشوی تجاری تاثیر کمتری در حذف آفت کش ها دارد،(۱۰،۱۵). در برخی مطالعات به تاثیر بیشتر آب گرم و افزودن مواد شوینده نسبت به آب سرد در حذف آفت کش ها از محصولات گیاهی اشاره شده است،(15). از جمله در مطالعه شکرزاده و همکاران در ایران شستشو با آب آشامیدنی، شستشو با آب و مایع ظرفشویی و پوست گیری به ترتیب موجب حذف 19، 35 و 46 درصد، از باقی مانده دیازینون در خیار شد،(19). در مطالعه لیانگ در چین شستشوی خیار با استفاده از محلول های شوینده به مدت 20 دقیقه، باعث کاهش 31/1 تا 98/8 درصدی آفت کش های ارگانوفسفره شده است،(14). هم چنین مشخص شده است که آفت کش هایی نظیر کربوفوران، فورات و 2 و 4- دی کلرو فنوکسی استیک اسید در محلول های آبی به وسیله ازن، به سرعت و به آسانی می توانند تجزیه شوند،(10). در مطالعه سلیمان و همکاران در مصر نیز فرآیند شستشو بیشترین اثر را در حذف آفت کش های ارگانوکلره و ارگانوفسفره نشان داد و این مطالعه شستشوی سیب زمینی با آب و یا استیک اسید یا محلول سدیم کلرید را نیز پیشنهاد می کند،(20). در مجموع مشخص شده است که آفت کش های ارگانوفسفره به وسیله محلول های اسیدی، خنثی و قلیایی به شکل موثرتری نسبت به آفت کش های کلره حذف می شوند.(14)

عامل موثر دیگر در حذف آفت کش ها به وسیله پیش فرآیند شستشو مدت زمان سپری شده از اسپری آفت کش بر روی محصول می باشد. در واقع هر چه این مدت زمان بیشتر باشد، حذف آفت کش کمتر اتفاق می افتد. شاید علت این موضوع تمایل بقایای آفت کش ها به جا به جایی در واکس های کوتیکول یا لایه های عمیق تر پوست محصولات گیاهی باشد.(10)

پیش فرآیند پوست گیری: پوست گیری گامی مهم در فرآوری میوه ها و سبزیجات می باشد. روش های متداولی که به این منظور استفاده می شوند شامل پوست گیری شیمیایی، پوست گیری مکانیکی، پوست گیری با بخار و پوست گیری با انجماد می باشد،(13). از آن جا که بیشتر حشره کش ها یا قارچ کش هایی که بر روی گیاهان به کار می روند جا به جایی یا نفوذ کمی به درون کوتیکول دارند بنا بر این بقایای آن ها محدود به سطح بیرونی می باشد،(10). لذا عملیات پوست گیری مواد خوراکی خام کشاورزی ممکن است بیش از 50 درصد از باقی مانده های آفت کش حاضر در آن ها را از بین ببرد،(15). کاهش 82 درصدی لیندان در گوجه فرنگی و کاهش 73 درصدی کلرپیریفوس در مارچوبه بعد از پوست کندن و حذف کامل کلرپیریفوس در گوجه فرنگی بعد از پوست کندن و پوره کردن گزارش شده است،(17). پوست گیری بقایای کلرپیریفوس را 75 درصد و 85 درصد به ترتیب در بادنجان و سیب زمینی کاهش می دهد.(21)

در مورد میوه های تازه مانند آووکادو، موز، مرکبات، کیوی، انبه و آناناس این فرآیند سبب حذف کامل بقایای آفت کش ها می شود،(13). روش پوست گیری با قلیای داغ به شیوه تجاری نیز ممکن است به طور موثری بقایای آفت کش های قابل هیدرولیز را تجزیه نموده و از بین ببرد،(10). برخی مطالعات از جمله شکرزاده و همکاران در ایران، هان و همکاران در چین تاثیر بیشتر پوست گیری در حذف آفت کش ها را در مقایسه با پیش فرآیند شستشو نشان داده اند.(۱۶،۱۹). با توجه به غلظت بالای آفت کش ها در پوست غلات و دانه های روغنی، این فرآیند اغلب در کاهش باقی مانده آفت کش ها موثر است. علاوه بر این کاهش چشمگیر بقایای آفت کش های ارگانوفسفره در اثر پوست گیری حبوبات(لوبیا) در مطالعات نشان داده شده است. البته باید توجه داشت که اعمال این فرآیند ممکن است تاثیری در حذف برخی آفت کش ها نداشته باشد از جمله نشان داده شده است که پوست کندن خیار پس از استفاده از آفت کش تیومتون سبب کاهش آن نشده است.(۱۵،۲۲)

بدون شک عواملی مانند نوع آفت کش، روش پوست گیری، نوع محصول گیاهی و زمان سپری شده از اسپری آفت کش بر روی گیاه در میزان کارایی فرآیند پوست گیری در حذف آفت کش اثر دارند. بقایای برخی آفت کش ها در لایه واکسی سطح محصولات گیاهی حل

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

می شوند و ممکن است در لایه کوتیکول که در زیر لایه واکسی وجود دارد نفوذ نمایند. برخی از این آفت کش ها ممکن است حتی از لایه های سطحی نیز عبور نمایند و به لایه های عمیق بافت های گیاهی وارد شوند. میزان نفوذ آن ها نیز به پایداری مواد حشره کش در لایه واکسی و لیپوئیدی که روی کوتیکول را پوشانده است، بستگی دارد و هر چه پوست ضخیم تر و روغنی تر باشد، احتمال نفوذ نیز بیشتر است. اما در مورد گوجه فرنگی که با لایه واکسی پوشیده شده و پوست بسیار نازکی دارد به نظر می رسد که آفت کش ها به آسانی به درون آن نفوذ کرده و درون پالپ تجمع می نمایند.(23)

یکی از نگرانی هایی که در خصوص پوست گیری های صنعتی وجود دارد استفاده از پوست به عنوان فرآورده جانبی مورد استفاده در خوراک دام ها یا استفاده از پوست مرکبات، سیب و گوجه فرنگی به ترتیب جهت استحصال روغن های فرار، پکتین و لیکوپن می باشد.(۱۵،۱۶)

پیش فرآیند آنزیم بری: برخی مطالعات نشان دادند که شستشو با آب گرم و آنزیم بری از شستشو با آب سرد موثرتر است،(13). به عنوان مثال آنزیم بری سبب کاهش کلرپیریفوس در گوجه فرنگی و مارچوبه و نیز کاهش (Ethylenebisdithiocarbamates)EBDCs به میزان غیرقابل شناسایی در گوجه فرنگی می گردد،(17). هم چنین آنزیم بری یکی از موثرترین روش های عمل آوری در اسفناج برای کاهش آفت کش پروپاموکارب می باشد.(5)

فرآیند پخت: امروزه از روش های مختلف پخت مرطوب و خشک مانند جوشاندن، سرخ کردن، پختن در آون، پختن در آب با دمای ملایم، کباب کردن و امثال آن در فرآوری مواد غذایی استفاده می شود. عواملی مانند روش پخت، نوع سیستم پخت(باز یا بسته)، درجه حرارت مورد استفاده، مدت زمان پخت و مقدار آب و افزودنی های مورد استفاده احتمالاً عوامل اثرگذار بر میزان کاهش آفت کش ها می باشند،(15). در صورت استفاده از آب در فرآیند پخت، بخشی از مولکول های آفت کش به دنبال خروج آب میان بافتی وارد آب پخت می شوند و بخشی نیز در اثر گرما تبخیر یا تجزیه می شوند،(13). البته ممکن است بخشی نیز دست نخورده باقی مانده و به مصرف کننده منتقل شود. در مطالعه یوگان و همکاران در ترکیه سرعت تجزیه و فرارسازی بقایای آفت کش در فرآوری کلوچه به وسیله گرما افزایش یافت و منجر به کاهش غلظت حشره کش ها طی فرآوری کلوچه به شکل قابل توجهی گردید،(24). در مطالعه ناگایاما، رفتار آفت کش های ارگانوفسفره در فرآیند پخت برگ های چای سبز، اسفناج و میوه ها بررسی شد. این مطالعه نشان داد که طی فرآیند پخت بسته به زمان جوشیدن آفت کش ها کاهش می یابند،(25). هم چنین میزان انتقال بقایای آفت کش از برگ چای به دم کرده آن به میزان اولیه آفت کش، حلالیت آفت کش در آب، ضریب توزیع و فشار بخار آن بستگی دارد،(۲۶،۲۷). حلالیت آفت کشی مانند پروپارژیت در آب کم است اما به مواد آلی معلق موجود در دم کرده چای(پروتئین، کربوهیدرات و رنگ دانه) می چسبد،(27). مطالعه انجام شده بر روی اسفناج کاهش اندک میزان بقایای آفت‌کش را طی پخت در ماکروویو نشان داده است که بیشترین کاهش مربوط به مانکوزب(25 و 39 درصد) بوده است. هم چنین تاثیر بیشتر فرآیند استریلیزاسیون در مقایسه با مایکروویو در کاهش برخی آفت کش ها نیز مشاهده گردیده است که احتمالاً با بیشتر بودن درجه حرارت و مدت زمان ارتباط دارد،(5). مطالعه سلیمان و همکاران در مصر نشان داد که سرخ کردن سیب زمینی بعد از پوست کندن بقایای آفت کش ها را کاهش می دهد. میزان کاهش با نوع آفت کش ارتباط داشته است به گونه ای که میزان کاهش ارگانوفسفره از ارگانوکلره بیشتر بوده است،(20). فرآیند پخت در گوجه فرنگی سبب کاهش باقی مانده آفت کش ها می شود و هم چنین تهیه نان نیز موجب حذف 47 تا 89 درصدی آن ها شده است،(۲۳،۲۸). فرآیند پخت کلرپیریفوس را در اسفناج، گل کلم و بامیه 38، 29، 25 درصد به ترتیب کاهش می دهد،(21). به طور طبیعی در نتیجه تبخیر طی فرآیند پخت در سیستم های باز، بقایای آفت کش ها کاهش خواهد یافت، اما در موارد استثناء فرآیند پخت ممکن است سبب تجزیه آفت کش ها و تولید محصول سمی شود. برای مثال daminozid به UDMH (1و1- دی متیل هیدرازین) تجزیه می شود که بسیار قوی تر از محصول اولیه است. مثال دیگر تشکیل ETU (Ethylenethiora) از EBDCs طی فرآیندهای حرارتی می باشد،(۱۳،۱۵)، این ترکیب بعد از فرآیند پخت با مایکروویو و نیز طی فرآیند استریلیزاسیون اسفناج، در اثر تجزیه مانکوزب شناسایی شده است.(5)

خشک کردن: خشک کردن طی مطالعات صورت گرفته شیوه ای قدیمی برای حفظ مواد غذایی است که در مقایسه با سایر تکنیک ها نیز ساده است. خشک کردن به وسیله خورشید یا در آون و یا خشک کن صورت می پذیرد.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

خشک کردن بقایای آفت کش ها را به شکل قابل توجهی کاهش داده است.(13)

فرآیند تخمیر: تخمیر یک فرآیند ساده است که طی آن آنزیم ها بیشتر پروتئین ها را به آمینواسیدها و مولکول های پپتیدی با وزن کم هیدرولیز می کنند. نشاسته به شکل جزیی به قندهای ساده که به لاکتیک اسید، الکل و دی اکسید کربن تخمیر می شوند، تبدیل می شود،(13). اثر آفت کش ها بر فرآیند تخمیر در مطالعات بسیاری بررسی شده است که نتایج متفاوتی را در بر داشته است. به عنوان مثال در صورت پایین بودن غلظت EBDCs در محصول در فصل انگور چینی، وجود این ترکیب بر فرآیند تخمیر بی اثر گزارش شده است. این در حالی است که مانکوزب، فول-پت و مایکوبوتانیل اثر سمی بر 284 مخمر مختلف(نوع مخمر) داشته است. ترکیب کاپتان اثر گندزدایی بر روی ساکارومایسز دارد. مخمر ساکارومایسز سرویزیه تولیدکننده سولفید هیدروژن و دی اکسید گوگرد است که برخی حشره کش های حاوی گوگرد را تجزیه و جذب می کند برخی آفت کش ها مانند متیداتیون نیز در جریان تخمیر دستخوش جذب و تجزیه نمی شوند. آفت کش هایی نظیر دیکوفول و کلرپیریفوس فعالیت باکتری های لاکتیک را کاهش می دهند،(29). کاهش بقایای آفت کش در فرآیند تخمیر در برخی از تحقیقات بررسی شده است. به عنوان نمونه در مطالعه ای آب سیب با 25 ppm پاراتیون تیمار و با انجام تخمیر به سرکه فرآوری شد. بعد از گذشت 57 روز از تخمیر، سرکه تولید شده حاوی 5/1ppm پاراتیون بود.(13)

در آرد نیز آفت کش های متنوع بر رشد مخمر موثرند که این بر فرآیند تخمیر و در نهایت کیفیت نان تاثیر دارد. مخمر و سایر میکروارگانیسم ها توانایی تجزیه برخی آفت کش های گروه پایروتیروئید و ارگانوکلره را داراست. مخمر با تولید دی اکسید گوگرد و سولفید هیدروژن می تواند آفت کش های ارگانوفسفره را نیز تجزیه کند.(28)

فرآیند عصاره گیری و آبمیوه سازی: بقایای آفت کش بسته به حلالیت و ویژگی های نفوذپذیری آفت کش ها، می تواند در آبمیوه و یا محصولات جانبی آن مانند تفاله وجود داشته باشد. البته روشی که برای تولید آبمیوه به کار می رود در میزان کاهش بقایای آفت کش آن ها تاثیرگذار است،(15). طی مطالعه ای مشخص شد که بقایای پاراتیون در آب سیب بعد از جدا کردن هسته و پوست کمتر از زمانی بود که کل میوه را برای تولید آبمیوه به کار بردند. به علاوه آفت کش هایی چون پاراتیون، فول-پت، کاپتان و پایروتیروئیدهای سینتتیک به شکل ضعیفی به آبمیوه منتقل شدند هم چنین بقایای آفت کش ها به کمک عملیات شفاف سازی مانند سانتریفیوژ و فیلتراسیون به طور موثری کاهش یافت.(30)

در مطالعه آتاناسپولوس و همکاران در یونان آفت کش آزینفوس متیل 26 روز بعد از اسپری کردن آفت کش بر روی لیمو، باقی مانده آن درسطح بیرونی پوست وجود داشت اما پس از آبگیری در آبلیمو دیده نشد. هم چنین بعد از اسپری کردن این آفت کش بر روی سیب میزان آن در آب سیب تا 12 روز روند افزایشی و از روز 12 تا روز 26 روند کاهشی داشته است. شاید بیشتر بودن میزان تجزیه بقایای آزینفوس متیل در لیمو در مقایسه با سیب به دلیل اسیدیته بیشتر لیمو باشد.(31)

تاثیر آسیاب و ذخیره کردن: در آرد و نان باقی مانده آفت کش ها با آسیاب کردن و پختن کاهش می یابد و بیشترین غلظت باقی مانده در سبوس مشاهده شده است، زیرا بیشتر بقایای آفت کش ها در اگزوسپرم دانه ها تجمع می یابد،(13). از جمله نشان داده شده است که سطح باقی مانده مالاتیون در کلوچه ها خصوصاً در کلوچه های سبوس دار 1/5 تا 2 برابر کلوچه های بدون سبوس بوده است.(24)

امروزه از حشره کش های ارگانوفسفره به شکل گسترده برای حفظ کالاهای ذخیره شده از آفات استفاده می شود. یوگان و همکاران طی مطالعه ای در ترکیه، به ترتیب کاهش 88، 86، 84 و 76 درصدی مالاتیون، فنیتروتیون، کلرپیریفوس متیل و پیریمیفوس متیل طی مدت پنج ماه نگهداری گندم را نشان دادند. مقاوم ترین آفت کش به تجزیه در زمان ذخیره، پیریمیفوس متیل بود. هم چنین کلرپیریفوس متیل و پیریمیفوس متیل در مقایسه با مالاتیون در دانه های ذخیره شده نسبت به تجزیه مقاومت بیشتری نشان دادند و طبق مطالعه بالینوا و همکاران کلرپیریفوس متیل در مقابل تجزیه مقاومت کمتری نسبت به پیریمیفوس متیل تحت شرایط مشابه در زمان نگهداری داشت. یوگان و همکاران در ترکیه کاهش مالاتیون، فنیتروتیون، کلرپیریفوس متیل و پیریمیفوس متیل به ترتیب به میزان 98، 95، 97 و93 درصد در سمولینای تولید شده از گندمی که به مدت صد و پنجاه روز ذخیره شده بود را گزارش نمودند،(32). نشان داده شده است که باقی مانده مالاتیون در سبوس نگهداری شده در طول مدت نگهداری افزایش یافته است. در عوض کاهش آن در کلوچه ها و کلوچه های سبوس دار تولید شده از گندم

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

نگهداری شده به مدت 8 ماه به ترتیب 45 و 60 درصد بود. هم چنین حدود 50 درصد بقایای کلرپیریفوس متیل در گندم بعد از 8 ماه انبار داری تجزیه شد،(24). در مطالعه هلاند و همکاران نشان داده شده است که آفت کش های ارگانوکلره و پایروتیروئیدهای سینتتیک در شرایط سیلو بسیار پایدارند،(30). هم چنین در مطالعه صورت گرفته توسط شکرزاده و همکاران نگهداری خیار در یخچال چهار درجه به مدت 2 و 10 روز به ترتیب موجب حذف 6 و 69 درصد از باقی مانده دیازینون آن شد،(19). هم چنین نگهداری خیار در دمای 4 درجه به مدت 48 ساعت سبب کاهش آفت کش های ارگانوفسفره از 60/9 تا 90/2 درصد بسته به فرمول آن شده است.(14)

بحث و نتیجه گیری

امروزه مصرف آفت کش ها با توجه به شیوه کنونی کشاورزی، عدم دانش و آگاهی کافی کشاورزان و مشکلات ایشان در زمینه تولید و ذخیره محصولات به ویژه در کشورهای در حال توسعه، اجتناب ناپذیر است، که نتیجه آن وجود بقایای آفت کش ها در محصولات خواهد بود. در این راستا پژوهش های متعددی در پاسخ به این سوال که تاثیر روش های فرآوری بر میزان بقایای آفت کش ها چگونه می باشد، انجام شده است از جمله مطالعات ناگایاما،(25)، آتاناسپولوس،(31)، سلیمان،(20)، کوماری،(18)، یوگان،(32)، بنچری،(5)، و هان،(16)، که می توان به آن ها اشاره کرد. نتایج پژوهش ها نشان داده است که بکارگیری فرآیندهایی مانند شستشو، پوست گیری، آنزیم بری، پخت و... قبل از مصرف محصول خام می تواند بر کاهش میزان بقایای آفت کش ها موثر واقع شود، اگر چه تاثیر این روش ها بر میزان کاهش به عواملی نظیر نوع محصول، نوع آفت کش به کار رفته، ماهیت فرآوری و... بستگی دارد. شستشوی محصولاتی که به شکل خام و بدون اعمال فرآوری خاص مصرف می شوند اغلب منجر به کاهش مقدار باقی مانده آفت کش می شود اما استفاده از محلول های شوینده و برس های مخصوص همراه با شستشو میزان کارایی این فرآیند را در کاهش باقی مانده آفت کش ها افزایش خواهد داد. شستشو سبب کاهش بقایای آفت کش های هیدروفیلیک از سطح محصول می شود در حالی که آفت کش های غیر قطبی در لایه واکسی باقی خواهند ماند. فرآیند پوست گیری می تواند باعث حذف آفت کش از پوست گردد. فرآیند پخت نیز می تواند بسته به عواملی مانند نوع سیستم، زمان پخت و... سبب حذف آفت کش ها شود. البته در مواردی تولید متابولیت های سمی تر از ترکیب اولیه نیز مشاهده شده است. سایر فرآیندها هم چون خشک کردن، تخمیر، آسیاب و ذخیره کردن می توانند بر کاهش یا حذف آفت کش ها اثرگذار باشند. به نظر می رسد در صورت امکان، بکارگیری چندین تکنیک بر روی یک محصول گامی موثر در جهت کاهش میزان بقایای آفت کش در آن باشد.

از آن جا که محصولات کشاورزی سهم مهمی در رژیم غذایی انسان را داراست، لازم است که به ایمنی این محصولات توجه خاص صورت گیرد. بنا بر این تغییر رویکرد به سمت کشاورزی ارگانیک می تواند راهکار موثری تلقی شود. علاوه بر آن توسعه صنعت کشاورزی با تولید گیاهان مقاوم به آفات، بکارگیری روش های مبارزه بیولوژیک و کاربرد آفت کش ها با اثر گونه ای محدود نیز ضرورت دارد. هم چنین استفاده از آفت کش ها در کشاورزی باید منطبق بر اصول و شیوه های صحیح کشاورزی باشد تا کمترین میزان ممکن از آن ها مورد استفاده قرار گیرد و بدین ترتیب کمترین آسیب به محیط زیست و سلامت انسان وارد شود. در نهایت باید مزایای کاربرد آفت کش در کشاورزی با هدف تولید محصول بهتر در مقابل خطر ممکن بر سلامتی ناشی از باقی مانده آفت کش در مواد غذایی ارزیابی شود و دانش کافی در زمینه سرنوشت آفت کش در کشاورزی برای ارزیابی صحیح مواجهه انسان و تاثیرات محیطی این آلاینده ها لازم است.

سپاس گزاری

از تمامی کسانی که در این پژوهش مشارکت داشتند و هم چنین از تمامی کارکنان و مسئولین شریف دانشگاه علوم پزشکی شیراز که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، صمیمانه سپاس گزاریم.

References

1.Shibamoto T, Bjeldanes LF. Introduction to Food Toxicolicology. 2th ed. Elsevier Inc; 2009.P.211-2.

2.Deshpande S. Handbook of Food Toxicolicology. New York: CRC Press Marcel Dekker, Inc; 2002.P.814-9.

3.Hadian Z, Azizi MH, Ferdosi R. [Determination of chlorinated pesticide residues in vegetables by gas chromatography/mass spectrometry]. Iran J Food Sci Technol 2006; 3:67-74.(Persian)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

4.Stoytcheva M. Pesticides-formulations, effects, fate. India: Intech; 2011.P.226-44.
5.Bonnechère A, Hanot V, Jolie R, Hendrickx M, Bragard C, Bedoret T, et al. Effect of household and industrial processing on levels of five pesticide residues and two degradation products in spinach. Food Control 2012;25:397-406.
6.Bajwa U, Sandhu KS. Effect of handling and processing on pesticide residues in Food-a review. J Food Sci Techno 2011;5: 1-20.
7.Fenik J, Tankiewicz M, Biziuk M. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. Trend Anal Chem 2011; 30:814-26.
8.Chang JM, Chen TH, Fang TJ. Pesticide Residue Monitoring in Marketed Fresh Vegetables and Fruits in Central Taiwan (1999-2004) and an Introduction to the HACCP System. J Food Drug Anal 2005; 13:368-76.
9.Zazouli MA, Maleki A, Bazrafshan E. [Fundamentals of Environment Health]. Theran: Samat; 1389. P.278-81.(Persian)
10.Ahmed A, Atif Randhawa M, Javed Yusuf M, Khalid N. Effect of processing on pesticide residues in food crops-a review. J Agric Res 2011;49:379-90.
11.Ling Y, Wang H, Yong W, Zhang F, Sun L, Yang ML, et al. The effects of washing and cooking on chlorpyrifos and its Toxicolic metabolites in vegetables. Food Control 2011;22:54-8.
12.Guler GO, Cakmak YS, Dagli Z, Aktumsek A, Ozparlak H. Organochlorine pesticide residues in wheat from Konya region, Turkey. Food Chem Toxicolicol 2010;48: 1218-21.
13.Kaushik G, Satya S, Naik SN. Food processing a tool to pesticide residue dissipation-A review. Food Res Int 2009;42:26-40.
14.Liang Y, Wang W, Shen Y, Liu Y, Liu XJ. Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. Food Chem 2012;133:636-40.
15.Hamilton D, Crossley S. Pesticide residues in Food and drinking water: Human exposure and risks. England: Wiley; 2004. P.128- 135.
16.Han Y, Li W, Dong F, Xu J, Liu X, Li Y, et al. The behavior of chlorpyrifos and its metabolite 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tomatoes during home canning. Food Contr 2013;31:560-5.
17.Chavarri MJ, Herrera A, Ariño A. The decrease in pesticides in fruit and vegetables during commercial processing. Int j Food sci tech 2005;40:205-11.
18.Kumari B. Effects of household processing on reduction of pesticide residues in vegetables. ARPN J Agri Bio Sci 2008;3: 46-8.
19.Sekachaee AD, Shokrzadeh M, Ghorbani M, Maghsoudlou Y, Babaee Z. [The Effects of spraying pesticide and current keeping procedures of cucumber on residual concentration of diazinon.] J Mazandaran Uni Med Sci 2010;20:27-34.(Persian)
20.Soliman KM. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. Food Chem Toxicol 2001;39:887-91.
21.Randhawa MA, Anjum FM, Ahmed A, Randhawa MS. Field incurred chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. Food Chem 2007;103:1016-23.
22.Mansour SA, Belal MH, Abou-Arab AA, Gad MF. Monitoring of pesticides and heavy metals in cucumber fruits produced from different farming systems. Chemosphere 2009;75:601-9.
23.Abou-Arab AAK. Behavior of pesticides in tomatoes during commercial and home preparation. Food Chem 1999;65:509-14.
24.Uygun U, Senoz B, Öztürk S, Koksel H. Degradation of organophosphorus pesticides in wheat during cookie processing. Food Chem 2009;117:261-4.
25.Nagayama T. Behavior of residual organophosphorus pesticides in Foodstuffs during leaching or cooking. J Agri Food Chem 1996;44:2388-93.
26.Kumar V, Ravindranath SD, Shanker A. Fate of hexaconazole residues in tea and its behavior during brewing process. Chem Health Safety 2004;11:21-5.
27.Kumar V, Sood C, Jaggi S, Ravin-dranath SD, Bhardwaj SP, Shanker A. Dis-sipation behavior of propargitean acari-cide residues in soil, apple (Malus pumila) and tea (Camellia sinensis). Chemosphere 2005;58: 837-43.
28.Sharma J, Satya S, Kumar V, Tewary DK. Dissipation of pesticides during breadmaking. Chem Health Safety 2005;12:17-22.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

29.Caboni P, Cabras P. Pesticides' Influence on Wine Fermentation. In: Steve LT. Advan Food Nutr Res 2010;59:43-62.
30.Holland P, Hamilton D, Ohlin B, Skidmore M. Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. Pure Appl Chem 1994;66:335-56.
31.Athanasopoulos PE, Pappas C. Effects of fruit acidity and storage conditions on the rate of degradation of azinphos methyl on apples and lemons. Food Chem 2000;69: 69-72.
32.Uygun U, Senoz B, Koksel H. Dissipation of organophosphorus pesticides in wheat during pasta processing. Food Chem 2008;109:355-60.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]

A Review of the Effects of Different Types of Food Processing Methods on the Amount of Pesticides Residues in Raw and Processed Plant-based Food

SefidkarR[1], Mazloomi SM[2]*

(Received: January 5, 2014 Accepted: July 1, 2014)

Abstract

Introduction: Nowadays, lack of attention to the currency period and adverse effects of residues in Food products has highly concerned consumers. Since different methods are applied for producing and processing plant-based foods, the effect of each method on the amount of pesticide residuals is still under discussion.

Materials & Methods: In this review article, the results of 32 studies in scientific data bases were investigated in order to assess the effect of different plant-based foods' processsing methods on the amount of pesti-cides residues.

Findings: Several studies have shown that pre-processing of the Food products including washing, blanching, and peeling removed some pesticides from these Products. Also, processing methods such as cooking vegetables and fruits, milling grains, and producing flour and bread has mitigated some residues. However, some Toxicology researches have reported that some processes such as cooking, might degrade the pesticides and convert them to more toxic substances.

Discussion & Conclusion: Although studies have shown that most processes which were used in preparing plant-based Food reduced the amount of some pesticides depending on the type of product, type of pesticide, nature of process and other factors, some processes degraded them into more Toxicolic compounds.

Keywords: Pesticide residue, processing method, plant based food

1. Dept of Environmental Health Engineering, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2. Dept of Food Hygiene and Quality Control, Research Center of Nutrition and Food Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
** Correspondin author*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-10]