Food Hygiene, Vol. 13, No. 52, Winter 2024

"Research article" DOI: 10.71876/jfh.2024.3121432

Effect of washing treatment in reducing the pesticide residues of chlorpyrifos and diazinon in apple and grape

Abbaszadeh[1], L., Mohammadi Khangahi, B. [1], Asl Hashemi, A. [2], Soheili Maleki[1], N., Safari, G.H.[2,3*]

1. Student Research Committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
2. Health & Environment Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

*Correspond Author: hsafari13@yahoo.com

(Received: 2023/12/10 Accepted: 2024/1/22)

Abstract

In this study, residues of chlorpyrifos and diazinon pesticides in 10 apple and 6 grape samples from Maragheh County were analyzed using the GC/MS technique after extraction via the QuEChERS method, known for its convenience, speed, effectiveness, and safety. The study also evaluated the impact of washing treatments on pesticide residue levels and conducted health risk assessments using a Monte Carlo simulation for adults and children. Results revealed the detection of chlorpyrifos and diazinon residues in all 32 apple and grape samples across both washed and unwashed treatments. In 95% (19 samples) and 100% (20 samples) of apple samples, average chlorpyrifos and diazinon residues were below the Iranian maximum residue limit (MRL), whereas 41.67% (5 samples) and 33.33% (4 samples) of grape samples exceeded the MRL. Following washing, chlorpyrifos residues in apple samples decreased by 42.02% and diazinon by 53.84%, while in grape samples, reductions were 39.70% for chlorpyrifos and 46.15% for diazinon. Highest Hazard Quotient (HQ) values for adults and children were observed in apple samples with chlorpyrifos (0.51 and 0.12, respectively) and diazinon (0.45 and 0.105, respectively). Cumulative risk assessment for chlorpyrifos and diazinon pesticide residues indicated no significant health risks for either age group. However, given the widespread use of pesticides, ongoing monitoring is essential to mitigate residues in fruits and vegetables.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Pesticide residue, Washing treatment, Risk assessment, Monte Carlo simulation, Maragheh

«مقاله پژوهشی»
DOI: 10.71876/jfh.2024.3121432

تاثیر فرایند شستشو در کاهش بقایای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در میوه‌های سیب و انگور

تاثیر فرایند شستشو در کاهش بقایای آفت‌کش‌های

لیلا عباس‌زاده[۱]، بهزاد محمدی‌خانقاهی[۱]، احمد اصل‌هاشمی[۲]، ندا سهیلی‌ملکی[۱]، غلامحسین صفری[۲،۳*]

۱. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۲. مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۳. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول: hsafari13@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۹/۱۹ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۲)

چکیده

در این مطالعه، بقایای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در ۱۰ نمونه سیب و ۶ نمونه انگور مراغه پس از استخراج با روش تجزیه‌ای راحت، سریع، مؤثر و ایمن (QuEChERS) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیف سنج جرمی (GC/MS) آنالیز شدند. همچنین، تاثیر فرایند شستشو در کاهش بقایای آفت‌کش‌ها و ارزیابی ریسک بهداشتی بر اساس شبیه سازی مونت کارلو برای دو گروه سنی بزرگسالان و کودکان انجام گردید. براساس نتایج، بقایای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در همه ۳۲ نمونه آنالیز شده سیب و انگور، در هر دو تیمار شسته شده و شسته نشده، تشخیص داده شد. میانگین آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون به ترتیب در ۹۵ درصد و ۱۰۰ درصد نمونه‌های سیب کمتر از حد مجاز توصیه شده ایران بود در حالیکه در ۴۱/۶۷ و ۳۳/۳۳ درصد نمونه‌های انگور بیشتر از حد مجاز توصیه شده ایران بود. میانگین باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون پس از شست و شو در نمونه‌های سیب به ترتیب ۴۲/۰۲ درصد و ۵۳/۸۴ درصد و در نمونه‌های انگور ۳۹/۷۰ و ۴۶/۱۵ درصد کاهش یافت. کلرپیریفوس با مقادیر ۰/۵۱ و ۰/۱۲ و دیازینون با مقادیر ۰/۴۵ و ۰/۱۰۵ در نمونه‌های سیب، بیشترین مقادیر نسبت خطر (Hazard Quotient) را برای بزرگسالان و کودکان داشتند. ارزیابی خطر تجمعی ناشی از مواجهه با بقایای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون نشان داد که هیچ‌گونه خطر سلامتی قابل توجهی برای گروه‌های سنی بزرگسالان و کودکان وجود ندارد. با این‌حال با توجه به استفاده از آفت کش‌های متعدد، نظارت مستمر و دقیق برای کاهش بقایای آفت کش ها در میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری است.

واژهای کلیدی: باقی‌مانده آفت‌کش، فرایند شستشو، ارزیابی ریسک، شبیه سازی مونت کارلو، مراغه

مقدمه

بـــدنبال افـــزایش روز افـــزون جمعیـــت جهـــان و محدودیت منابع آبی و خاکی تامین غذای سالم و کـافی در زمره مهمترین اهداف جوامع بشری مطرح شده است هر ساله آفات و بیماری‌ها منجر به ازبـین رفـتن مقـدار زیادی ازمحصولات کشـاورزی مـی‌گـردد. ازایـن‌رو در جوامع امروزی استفاده از انـواع مختلـف آفت‌کش‌هـای شیمیایی جهت افزایش بهره وری محصولات کشاورزی و رفع نیازهای غذایی گسترش یافته است (El-Sheikh *et al.*, 2022). ازایـــن‌رو اســـتفاده از آفت‌کش‌هـــای مختلـف برای کنترل حشرات، قارچ‌ها، علف‌های هرز و ... به بخش جدایی ناپذیر کشاورزی مدرن تبـدیل شـده است با این‌حال استفاده بیش از حد از آفت‌کش‌هـا مـی تواند باعث ایجاد مشکلات سلامتی برای انسان و تهدید جـدی بـرای محـیط زیسـت گـردد (Mahdavi *et al.*, 2022). سـموم دفـع آفـات دارای طیـف گسـترده‌ای از خطرات سلامتی بر انسان می‌باشند و می‌توانند منجر بـه اثرات حاد از قبیل سردرد، حالت تهوع و اثرات مزمن از قبیل سرطان، آسیب‌های تولید مثل و اختلال در سیسـتم غـدد درون ریـز گردنـد (Darko and Akoto, 2008; Grewal, 2017). اثرات متداول بقایای سموم دفع آفـات در بدن انسان شامل تهـوع، اسـتفراغ، تـاری دیـد، کمـا، مشـکل در تـنفس، بـیش فعـالی، اخـتلال در جنـین و کودکان است (Neme and Satheesh, 2016).

منـابع ورود آفت‌کش‌هـا بـه بـدن انسـان شـامل آب،غـذا،خاک و هـوا می‌باشـد و آفت‌کش‌هـا از طریـق تماس پوستی ،استنشاق و بلع منابع آلـوده می‌توانـد وار بدن گردنـد (Shekarzadeh *et al.*, 2017; O'Driscoll *et al.*, 2022). مواجهه بـا سـموم دفـع آفـات از طریـق مصرف مواد غذایی در مقایسه با سایر مسیرهای مواجهه مانند هوا و آب ۵ برابر بیشتر است و از آنجا که میوه‌هـا و سـبزیجات در درجـه اول بـه صـورت خـام یـا نیمـه فرآوری شده مصرف می‌شوند، انتظار مـی‌رود کـه ایـن ترکیبات حاوی مقادیر بیشتری از میزان باقی‌مانده سموم دفع آفات در مقایسه با سایر گروه‌های غذایی بـا منشـاء گیاهی مانند نان و سایر مـواد غـذایی باشـند (Khan *et al.*, 2020). میوه‌ها و سبزیجات بخـش مهمـی از رژیـم غذایی روزانـه مـا را تشـکیل مـی‌دهنـداین محصـولات کشاورزی منابع مهمی از کربوهیـدرات‌هـا، ویتـامین‌هـا، مواد معدنی کمیاب و آنتی‌اکسـیدان‌هـا هسـتند و نقـش مهمـی در رژیـم غـذایی متعـادل و مغـذی نیـز دارنـد (Mebdoua *et a*l., 2017). از میـان میوه‌هـای مختلـف سیب و انگور از محبوب‌تـرین میـوه‌هـای خـوراکی در جهان هستند و سالانه بیش از ۸۴ میلیـون تـن سـیب در سراسر جهان تولید می‌شود که ۶۵ درصـد آن بـه عنـوان میوه تازه و ۳۵ درصد آن به عنوان فرآوری شده (سـس سـیب، آب سـیب، مربـا و ...) مصـرف مـی‌شـود (El Hawari *et al.*, 2019; Jankuloska *et al.*, 2021; Łozowicka *et al.*, 2020) میوه سیب با سرانه مصـرف ۰/۱۰۹ کیلوگرم در روز در کشور از جملـه محصـولات باغی است که به دلیل تازه‌خـوری حـائز اهمیـت اسـت (Mahdavi *et al.*, 2022). در میان ده کشور عمده تولید کننده سیب، ایران مقام ششم را داشته و در سطح کشور مقـام دوم بعـد از مرکبـات را بـه خـود اختصـاص داده است. استان‌های آذربایجـان‌غربـی، آذربایجـان‌شـرقی و تهران به ترتیب دارای بالاترین سطح زیر کشت و تولیـد سـیب در ایـران می‌باشـند (Fallahi *et al.*, 2012). شهرستان مراغه به عنوان قطب محصولات بـاغی اسـتان آذربایجان‌شـرقی، ۲۱ هـزار هکتـار باغـات دارد کـه ۵۰

درصد آن را باغات سیب به خود اختصاص داده است و سالانه ۲۲۰ هزار تن سیب در آن تولید می‌شود که رتبه نخست سیب درختی را در استان به خود اختصاص داده است. به دلیل برخورداری سیب تولیدی این شهرستان از معیارهای ظاهری، طعم و کیفیت بالا، بیش از ۹۰ درصد این محصول به بازارهای داخل و خارج از کشور صادر می‌شود (Shahian and Shikh Loui, 2017). محصول انگور نیز یکی از عمده‌ترین محصولات تولیدی و صادراتی در ایران محسوب می‌شود (Shujaei *et al.*, 2020) و کشور ایران هفتمین مقام تولید انگور جهان را دارد (Rasouli *et al.*, 2015). استان آذربایجان شرقی رتبه سوم کشوری از نظرتولید انگور در ایران می‌باشد (Mostashari *et al.*, 2020) و شهرستان مراغه نیز با تولید سالانه ۴۲۵۱۶ تن انگور رتبه سوم تولید انگور دراستان را به خود اختصاص داده است.

در سال‌های اخیر، افزایش نگرانی عمومی در خصوص ریسک سلامتی ناشی از بقایای سموم دفع آفات در مواد غذایی، استراتژی حفاظت از محصولات کشاورزی را با تأکید بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی تغییر داده و منجر به تنظیم دقیق حداکثر سطوح باقی‌مانده مجاز (MRL) آفت‌کش‌ها در مواد غذایی مورد مصرف انسان شده است،درنتیجه، برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی برای مصرف کنندگان و محافظت از سلامت مصرف کننده، باید نظارت مداوم بر بقایای سموم دفع آفات در محصولات غذایی صورت گیرد (Yousefi *et al.*, 2022; Ssemugabo *et al.*, 2022) ازاین‌رو مطالعات متعددی در خصوص ارزیابی باقیمانده آفت‌کش‌ها در میوه‌ها و سبزی‌ها به ویژه سیب در ایران؛ مهاباد (Pirsaheb *et al.*, 2017)، میاندوآب (Shahian and Shikh Loui, 2017، مازندران (Qhlipour *et* 2012 *al.*,) و سایر کشورها از جمله یونان (Likudis *et al.*, 2014)، لیبی (El Hawari *et al.*, 2019) و لهستان (Slowik-Borowiec *et al.*, 2016) صورت گرفته است. بااین‌حال هر ساله ترکیبات جدیدی از آفت‌کش‌ها توسط شرکت‌های سازنده تولید می‌شود که نیاز به تحقیقات جدید و به‌روز را ضروری می‌کند. این مطالعه با هدف تعیین تاثیر شستشو بر باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلروپریفوس و دیازینون در میوه‌های سیب و انگور شهرستان مراغه انجام گردید. علاوه بر آن، این مطالعه به ارزیابی ریسک میزان خطر مرتبط با سلامتی انسان برای گروه‌های مختلف سنی (کودکان و بزرگسالان) در اثر مصرف آفت‌کش‌های باقی‌مانده بر روی میوه‌های سیب و انگور در دو حالت شسته شده و شسته نشده می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

-نمونه برداری

نمونه‌برداری از میدان میوه و تره‌بار مرکزی شهرستان مراغه از توابع استان آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران در دو فصل تابستان و پاییز سال ۱۴۰۰ به تعداد کل ۱۶ نمونه (۱۰ نمونه سیب و ۶ نمونه انگور) با فاصله زمانی دو هفته‌ای انجام گرفت. نمونه برداری به روش تصادفی ساده طبق روش توصیه شده کدکس (Codex) انجام گردید. نمونه‌های اولیه از هر بهر ۵۰ تا ۵۰۰ کیلوگرمی بسته به تعداد کارتن یا جعبه میوه، از هرکارتن یا جعبه یک یا دو عدد سیب و مقداری انگور برداشته شد تا در نهایت وزن نمونه معادل ۱-۲ کیلوگرم شود. برای جلوگیری از تجزیه

آفت‌کش‌ها، نمونه‌ها پس از برداشت در کوتاه‌ترین زمان ممکن ودر دمای ۴ درجه سلسیوس به آزمایشگاه منتقل شدند (Yue, 2021; Hadian and azizi, 2005). مشخصات آفت‌کش‌های ارگانوفسفره مورد مطالعه در این پژوهش بر اساس روش نفوذ، نوع اثر، دوره کارنس (PHI)، سمیت (LD50)، فرمول ملکولی، حلالیت و فشار بخار در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱)- مشخصات آفت‌کش‌های مورد مطالعه در این پژوهش

آفت‌کش	نوع	روش نفوذ	نوع اثر	PHI* (روز)	سمیت LD_{50}** mg/kg	فرمول ملکولی	حلالیت (mg/l)	فشار بخار (Pa)
کلروپیریفوس	حشره‌کش، مجاز	غیرسیستمیک	تماسی،گوارشی	۷-۱۴	۱۴۹	$C_9H_{11}CL_3NO_3PS$	۱/۴ در ۲۵°c	۰/۰۰۲۴ در ۲۵°c
دیازینون	حشره‌کش، مجاز	غیرسیستمیک	تماسی،گوارشی، تنفسی	۱۰	۱۲۵۰	$C_{12}H_{21}N_2O_3PS$	۴۰ در ۲۵°c	۰/۰۱۳ در ۲۰ °c

*: Preharvest Interval **: Lethal Dose 50

-آماده‌سازی نمونه‌ها

تعداد ۳۲ نمونه در آزمایشگاه در دو تیمار شسته شده و شسته نشده برای آنالیز آماده شدند. در حالت بدون شستشو نمونه‌های سیب و انگور بدون هیچ گونه شستشو و دستکاری وارد مرحله بعدی شدند اما در حالت شستشو نمونه‌ها بدون استفاده از مایع شوینده و به صورت غوطه‌وری درآب به مدت ۱۰ دقیقه شستشو شدند و سپس وارد مرحله بعدی گردیدند.

-محاسبه ضریب فرآوری (Processing Factor)

ضریب فرآوری در حقیقت نسبت باقیمانده آفت کش در مواد غذایی فرآوری شده به باقیمانده آفت کش در مواد غذای فرآوری نشده است. ضریب فراوری کمتر از ۱ نشان دهنده کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در طی فرآوری مواد غذایی است. ضریب فرآوری هر چقدر به صفر نزدیک باشد نشان دهنده تاثیر بیشتر فرآوری در کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها از مواد غذایی است به طوری‌که ضریب فرآوری صفر نشان دهنده کاهش ۱۰۰ درصدی باقیمانده‌ها می‌باشد. ضریب فرآوری مطابق مطالعه قبلی انجام شده با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Shakoori et al., 2018; Terfe et al., 2023):

(میانگین باقیمانده آفت‌کش‌ها در نمونه‌های پس از تیمار)/ (میانگین باقیمانده آفت‌کش‌ها در نمونه‌ها قبل از تیمار) =PF

پس از محاسبه ضریب فرآوری، درصد کاهش طبق فرمول زیر به دست آمد:

درصد کاهش = (1-PF) × 100

-استخراج و آنالیز نمونه‌ها

برای استخراج نمونه‌ها از روش QuEChERS اصلاح شده مطابق مطالعات قبلب انجام شده برای استخراج نمونه‌های خیار (Yousefi *et a*l., 2022)، گوجه‌فرنگی (Andrade *et al*., 2015)، زغال اخته و سیب (Lehotay *et al*., 2010) استفاده گردید. ابتدا نمونه‌های سیب و انگور با وزن ۱ کیلوگرم با دستگاه خردکن خرد شدند و ۵ گرم نمونه خرد شده وزن شده و به ویالهای فالکون ۵۰ میلی لیتری منتقل شد سپس ۱۰ میلی لیتر استونیتریل (Merck, Germany) به عنوان حلال استخراج و ۲ گرم

نمک سولفات منیزیم (Merck, Germany) بدون آب به منظور بهبود راندمان استخراج و حذف آب به نمونه‌ها اضافه شد نمونه‌های سیب به مدت ۵ دقیقه توسط شیکر تکان داده شدند و به مدت ۲۰ دقیقه روی اولتراسونیک (Elma, German) جهت کاهش مصرف حلال و افزایش سرعت فرآیند قرار گرفتند و در نهایت به مدت ۵ دقیقه در ۱۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول تهیه شده به یک ویال فالکون ۱۵ میلی‌لیتری منتقل شد و ۰/۱ گرم جاذب PSA به منظور ازبین بردن قندها و چربی‌ها و ۰/۱ گرم جاذب C18 برای ازبین بردن بقایای چربی‌ها به محلول افزوده شد و این محلول به مدت ۵ دقیقه سانترفیوژ گردید سپس ۰/۶ میلی لیتر از محلول به ویال ۲ میلی لیتری منتقل شد و در نهایت نمونه تهیه شده پس از خشک شدن با گاز نیتروژن و بازسازی با ۱ میلی لیتر تولوئن (Merck, Germany) به حجم ۲ میکرولیتر، به دستگاهGC-MS (Agilent, USA) تزریق شد. مشخصات دستگاه GC-MC بکار رفته در این پژوهش در جدول ۲ ارئه شده است.

جدول (۲)- مشخصات دستگاه GC/MS

مدل دستگاه	GC Agilent technology
کشورسازنده	آمریکا
سال ساخت	۲۰۱۲
نوع مدل دتکتور جرمی	MSEI –Triple quadropole
نوع ستون	Capillary HP-5MS
طول ستون (m)	۳۰
ضخامت قطر داخلی ستون(mm)	۰/۲۵
قطر پوسته ستون (µm)	۰/۲۵
نوع انژکتور	Splitless
دمای انژکتور	۲۵۰
نوع آشکارساز	Mass
دمای آشکارساز	ندارد
دمای محل تزریق	۲۵۰
نوع گاز حامل	Helium
میزان جریان (ml/min)	۱

-اعتبار سنجی روش

اعتبار سنجی روش بر اساس دستورالعمل اتحادیه اروپا در آنالیز سموم انجام شد (European Commission, 2021). در این راستا پارامترهای خطی بودن روش، مطالعات صحت و دقت، ضریب بازیابی، انحراف معیار نسبی، تعیین حد تشخیص(LOD) و حد تعیین مقدار (LOQ) مورد بررسی قرار گرفت.. پارامترهای مرتبط با اعتبار سنجی آنالیز باقیمانده آفت کش‌ها با استفاده از GC-MC در جدول ۳ ارئه شده است.

جدول (۳)- پارامترهای مرتبط با اعتبار سنجی باقیمانده آفت کش‌ها با استفاده از GC-MC

میوه	آفت کش	میانگین بازیابی (٪)	انحراف معیار نسبی (٪)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	R^2
سیب	کلرپیریفوس	۹۳/۱	۸/۹۷	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۹۹۸
	دیازینون	۹۱/۳	۸/۳۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۰/۹۹۶
انگور	کلرپیریفوس	۹۱/۳	۷/۶۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۹۹۷
	دیازینون	۸۹/۴	۳/۹۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۹۹۹

-

ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی (مزمن) بر اساس شبیه سازی مونت کارلو

ارزیابی خطر سلامتی یک فرآیند چند مرحله ای برای تخمین تأثیر بالقوه یک خطر بر سلامت عمومی یک جمعیت به دلیل قرار گرفتن در معرض مواد نگران کننده از جمله آفت‌کش‌های باقی‌مانده بر روی مواد غذایی است. در این مطالعه میزان دریافت روزانه بقایای آفت‌کش‌های کلروپیریفوس و دیازینون به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مصرف کننده و همچنین ارزیابی خطر غیر سرطان‌زای باقی‌مانده‌های آفت‌کش‌ها در نمونه‌های سیب و انگور برای جمعیت مصرف‌کننده بر اساس روش توصیه شده سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده امریکا (EPA) بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید (Khangahi *et al*., 2023; Safari *et al*., 2021; Yousefi *et al*., 2022).

$$EDI = (C \times DI)/BW$$

رابطه (۱)

رابطه (۲)

$$HQ = (EDI/ADI)$$

Concentration = میانگین غلظت فت‌کش‌ها در نمونه‌های سیب و انگور (mg/kg)

Daily Intake = مقدار مصرف روزانه سیب یا انگور (kg/person/d)

Weight = میانگین وزن بدن مصرف کنندگان (kg)

Hazard Quotient = نسبت خطر باقی‌مانده یک آفت-کش منفرد ناشی از مصرف سیب یا انگور (شسته نشده و شسته شده)

Estimate Daily Intake = دریافت روزانه برآورد شده (mg/kg bw/d)

Acceptable Daily Intake = دریافت روزانه قابل قبول (mg/kg bw/d)

ارزیابی خطر سلامتی تجمعی ناشی از باقیمانده‌های آفت‌کش‌های دیازینون و کلرپیریفوس در نمونه‌های سیب و انگور بر اساس شاخص خطر (HI) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Yousefi *et al*., 2022, Maleki *et al*., 2023).

رابطه (۳)

$$HI = \sum HQ$$

HQ یا HI بزرگتر از ۱ نشان دهنده‌ی خطر بالقوه سلامتی برای انسان است و باید اقدامات کنترلی برای کاهش خطر اجرا گردد در حالی که HQ یا HI کمتر از ۱ نشان دهنده ی عدم خطر می‌باشد (Mohammadi *et al*., 2021).

در این مطالعه جمعیت بر اساس تفاوت‌های فیزیولوژیکی و رفتاری به دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان تقسیم بندی شد. میانگین وزن بدن ۱۵ کیلوگرم برای کودکان، و۷۰ کیلوگرم برای در نظرگرفته شد. همچنین میانگین مصرف سیب و انگور به ترتیب ۱۸ و ۲۰/۸ کیلوگرم به ازای هر نفر درسال مطابق مطالعات قبلی انجام شده در نظر گرفته شد (Maleki *et al.*, 2023). مقدار ADI برای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون به ترتیب برابر با ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲ میلی گرم به ازای هرکیلو گرم وزن بدن در روز در نظر گرفته شد (Yousefi *et al.*, 2022).

ارزیابی ریسک سلامت روشی پیچیده است زیرا سلامت انسان به عوامل زیادی بستگی دارد که دارای عدم اطمینان و قطعیت هستند وارزیابی ریسک بر اساس میانگین می تواند منجر به دست کم گرفتن یا بیش از حد تخمین زدن خطر واقعی گردد (Khangahi *et al.*, 2023). شبیه سازی مونت کارلو روشی هست که جهت به حداقل رساندن تاثیر عدم قطعیت پارامترهای مختلف در نتایج شبیه سازی، توسعه داده شده است و به‌طور گسترده برای بررسی خطر احتمالی آلاینده‌ها، از جمله آفت‌کش‌های باقی‌مانده، در میوه‌ها و سبزیجات مورد استفاده قرار گرفته‌است.

-آنالیز آماری داده ها

توصیف آماری داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی بصورت میانگین، انحراف معیار، حداکثر و حداقل و توسط نرم افزار SPSS نسخه 27.0.1 صورت گرفت. ارزیابی ریسک نیز با استفاده از روش مونت کارلو و نرم افزار Crystal Ball نسخه (11.1.2.3, Oracle, Inc, USA) با حد اطمینان ۹۵ درصد و میزان تکرار ۱۰۰۰۰ بار برای شاخص خطر (HI) انجام گردید.

یافته‌ها

-وقوع آفت‌کش‌ها در نمونه‌های سیب و انگور در تیمارهای مختلف

نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد نمونه های سیب و انگور در هر دو تیمار شسته شده و شسته نشده دارای آفت کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون بودند. حداکثر غلظت مشاهده شده مربوط به آفت کش کلرپیریفوس با غلظت ۱/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه های انگور شسته نشده و حداقل غلظت مشاهده شده مربوط به آفت کش دیازینون با غلظت ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه‌های سیب و انگور شسته شده بود. میانگین باقیمانده آفت کش کلرپیریفوس در نمونه های سیب شسته نشده و شسته شده به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و درنمونه‌های انگور شسته نشده و شسته شده به ترتیب ۰/۶۸و ۰/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همچنین میانگین باقیمانده آفت کش دیازینون در نمونه های سیب شسته نشده و شسته شده به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و درنمونه‌های انگور شسته نشده و شسته شده به ترتیب ۰/۱۳و ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میزان باقیمانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور در تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در حالت شسته نشده و شسته شده در میوه‌های سیب پایین‌تر از MRL توصیه شده ایران می باشد.درحالی که میانگین باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در انگور شسته نشده به ترتیب ۵۰ درصد و ۵۰ درصد

(۳ نمونه) و در انگـور شسـته شـده بـه ترتیـب ۳۳/۳۳ درصد (۲ نمونه) و ۱۶/۶۷ درصـد (۱ نمونـه) بـالاتر از MRL توصیه شده ایـران می‌باشـد. میـانگین باقی‌مانـده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در هر دو حالـت شسته شده و شسته نشـده در میوه‌هـای سـیب و انگـور بـالاتر از MRL توصـیه شـده توسـط اتحادیـه اروپـا می‌باشـد. میـزان وقـوع آفت‌کش‌هـای کلرپیریفـوس و دیازینون در نمونه‌های سـیب و انگـور و حـدود مجـاز توصیه شده توسط ایران و اتحادیـه اروپـا در جـدول ۵ ارائه شده است.

جدول (۴)- میزان باقیمانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور در تیمارهای مختلف

نوع میوه	نوع آفت کش	نوع تیمار	حداقل (mg/kg)	حداکثر (mg/kg)	میانگین (mg/kg)	انحراف معیار
سیب	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰/۴۴	۱/۰۵	۰/۷۱	۰/۲۰
		شسته شده	**۰/۲۴**	۰/۷۵	۰/۴۱	۰/۱۵
	دیازینون	شسته نشده	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۲
		شسته شده	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱
انگور	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰/۲۰	۱/۲۰	۰/۶۸	۰/۴۱
		شسته شده	۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۴۱	۰/۳۲
	دیازینون	شسته نشده	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۰۶
		شسته شده	۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۵

جدول (۵)- وقوع آفت‌کش‌ها در نمونه‌های سیب و انگور و MRL های مربوط به ایران و اتحادیه اروپا

میوه	آفت کش	نوع تیمار	تعداد آفت‌کش‌های یافت شده در هر دامنه				MRL ایران	MRL اروپا
			< LOD	≥ LOD – < LOQ	≥ LOQ – ≤ IR MRL	>IR MRL	>EU MRL	
سیب	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰	۰	۹	۱	۱۰	۰/۰۱
		شسته شده	۰	۰	۱۰	۰	۱۰	
	دیازینون	شسته نشده	۰	۰	۱۰	۰	۱۰	۰/۰۱
		شسته شده	۰	۰	۱۰	۰	۱۰	
انگور	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰	۰	۳	۳	۶	۰/۰۱
		شسته شده	۰	۰	۴	۲	۶	
	دیازینون	شسته نشده	۰	۰	۳	۳	۶	۰/۰۱
		شسته شده	۰	۰	۵	۱	۶	

اثر فرایند شستشو

ضریب فرآوری (PF) برای شستشـوی نمونـه‌های سیب و انگور برای هر دو آفت‌کش مورد مطالعـه کمتـر از ۱ بود. میانگین باقی‌مانده آفت‌کش‌هـای کلرپیریفـوس و دیازینون در نمونه‌های سیب بـه ترتیـب ۴۲ درصـد و ۵۴ درصد پس از شست و شو کاهش یافـت. همچنـین

فرایند شست و شو باعث کاهش ۴۰ درصدی آفت کش کلرپیریفویس و کاهش ۴۶ درصدی آفت کش دیازینون در نمونه‌های انگور گردید. ضریب فرآوری و درصد کاهش آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول (۶)- ضریب فرآوری و درصد کاهش آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور

آفت کش	سیب				انگور			
	شسته نشده		شسته شده		شسته نشده		شسته شده	
	میانگین (mg/kg)	میانگین (mg/kg)	ضریب فرآوری (PF)	کاهش (٪)	میانگین (mg/kg)	میانگین (mg/kg)	ضریب فرآوری (PF)	کاهش (٪)
کلرپیریفوس	۰/۷۱	۰/۴۱	۰/۵۸	۴۲	۰/۶۸	۰/۴۱	۰/۶۰	۴۰
دیازینون	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۴۶	۵۴	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۵۴	۴۶

-ارزیابی ریسک و شبیه سازی مونت کارلو

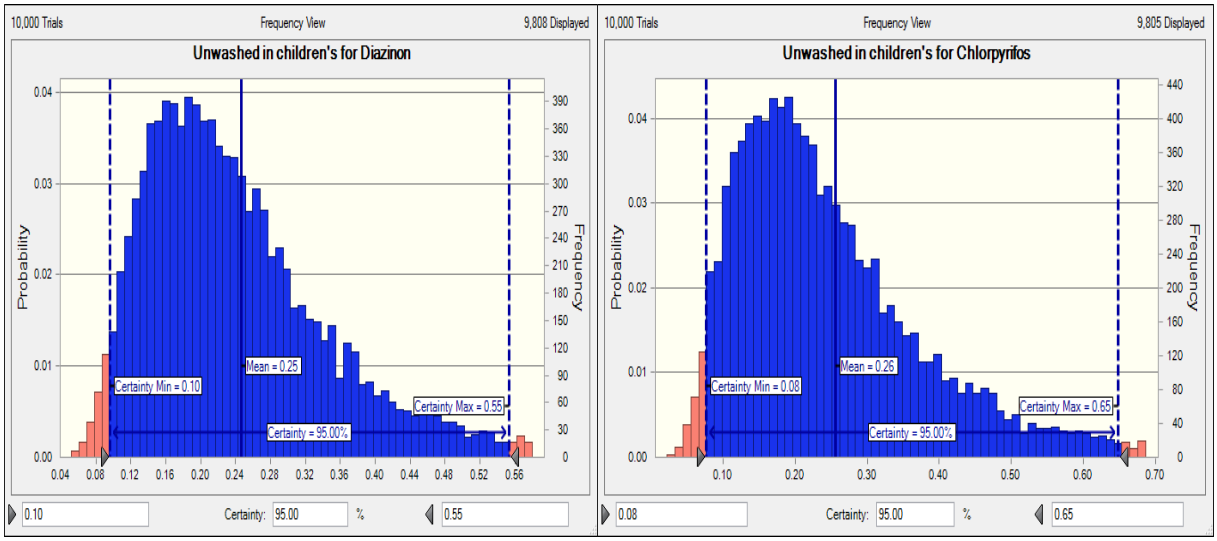
نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که میزان HQ ناشی از باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در ۱۰۰ درصد نمونه‌های سیب و انگور بررسی شده برای گروه‌های سنی کودکان و بزرگسالان کمتر از ۱ می‌باشد و مصرف سیب و انگور در کوتاه مدت خطرات سلامتی قابل توجهی برای مصرف کنندگان ندارد. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک ناشی از باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور در دو تیمار شسته نشده و شسته شده در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول (۷)- ارزیابی ریسک ناشی از باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور

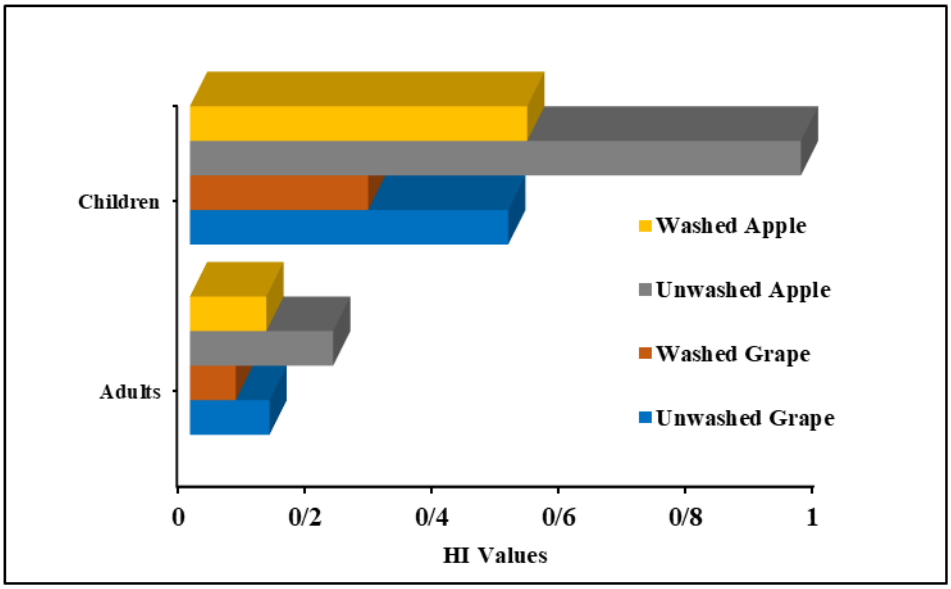
میوه	آفت‌کش	نوع فرآوری	ADI (mg/kg bw/day)	EDI (mg/kg bw/day)		HQ	
				کودکان	بزرگسالان	کودکان	بزرگسالان
سیب	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰/۰۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۱۲	۰/۵۱	**۰/۱۲**
		شسته شده		۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۰۶۵	۰/۳۰	**۰/۰۶۵**
	دیازینون	شسته نشده	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۴۵	**۰/۱۰۵**
		شسته شده		۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۹۹	۰/۲۳	**۰/۰۵۵**
انگور	کلرپیریفوس	شسته نشده	۰/۰۱	۰/۰۰۲۵۶	۰/۰۰۰۶۴	۰/۲۶	**۰/۰۶۴**
		شسته شده		۰/۰۰۱۵۳	۰/۰۰۰۳۸۴	۰/۱۵	**۰/۰۳۸۴**
	دیازینون	شسته نشده	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴۸۵	۰/۰۰۰۱۲۱	۰/۲۴	**۰/۰۶۰۵**
		شسته شده		۰/۰۰۰۲۶۵	۰/۰۰۰۶۶۳	۰/۱۳	**۰/۰۳۳۱**

همچنین نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که بالاترین مقدار HQ در میوه سیب و انگور مربوط به آفت‌کش کلرپیریفوس در گروه سنی کودکان می‌باشد. توزیع احتمال HQ ناشی از آفت کش **کلرپیریفوس** برای گروه سنی کودکان در نمونه های سیب و انگور با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو نشان در نمودار ۱

نشان داده شده است. بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج شبیه سازی مونت کارلو با اطمینان ۹۵ درصد، بیشترین و کمترین محدوده HQ آفت کش کلرپیریفوس و دیازینون در گروه سنی کودکان برای انگور شسته نشده به ترتیب برابر با ۰/۲۶ و ۰/۲۵ بود. احتمال این‌که مقدار HQ برای این گروه بالاتر از ۰/۲۶ باشد تنها ۲/۵۱ درصد می‌باشد و در ۱۰۰ درصد مواقع مقدار HQ کمتر از ۱ می‌باشد. همچنین ارزیابی خطر تجمعی ناشی از مواجهه با بقایای آفت کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور نشان می‌دهد که هیچ‌گونه خطر سلامتی قابل توجهی برای گروه‌های سنی بزرگسالان و کودکان وجود ندارد و مقادیر شاخص خطر (Hazard Index) کمتر از ۱ می باشد. مقادیر HI ناشی از ارزیابی خطر تجمعی آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور برای گروه‌های سنی کودکان و بزرگسالان در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱– نمودار توزیع احتمال HQ آفت کش کلرپیریفوس و دیازینون برای کودکان در انگور شسته نشده



نمودار ۲- مقادیر شاخص خطر ناشی از آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون برای کودکان و بزرگسالان

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در ۱۰۰ درصد نمونه‌های آزمایش شده (سیب و انگور) در هر دو تیمار شسته شده و شسته نشده بقایای آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون وجود دارد. دلیل این مشکل را می‌توان به استفاده بی‌رویه از سموم دفع آفات، عدم آگاهی کشاورزان از خطرات سموم، رعایت نکردن فاصله قبل از برداشت و نظارت و نظارت کافی برشمرد. در مطالعات قبلی صورت گرفته در ایران (Yousefi *et al.*, 2022; Maleki *et al.*, 2023) و سایر کشورها مانند چین (Li *et al.*, 2015)، مولداوی (Syrku *et al.*, 2019) و ترکیه (Kanbolat and Balkan, 2023) وجود آفت‌کش‌ها از جمله کلرپیریفوس و دیازینون بر روی میوه‌ها و سبزی‌ها گزارش شده است.

نتایج نشان داد که درتمامی نمونه‌های سیب در حالت شسته شده باقی‌مانده آفت کش کلرپیریفوس پایین تر از MRL توصیه شده ایران (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد درحالی‌که ۳۳/۳۳ درصد نمونه‌های انگور در حالت شسته شده باقی‌مانده آفت‌کش کلرپیریفوس بالاتر از MRL توصیه شده ایران (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می باشد. همچنین در ۱۰ درصد نمونه‌های سیب و ۵۰ درصد نمونه‌های انگور درحالت شسته نشده باقی‌مانده آفت کش کلرپیریفوس بالاتر از MRL توصیه شده ایران می‌باشد. علاوه براین در تمامی نمونه‌های سیب در حالت شسته شده وشسته نشده، باقی‌مانده آفت‌کش دیازینون پایین تر از MRL توصیه شده ایران (۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می باشد در حالی‌که ۱۶/۶۷ درصد نمونه‌های انگور در حالت شسته شده و ۵۰ درصد نمونه‌های انگور در حالت شسته نشده میزان باقی‌مانده آفت‌کش دیازینون بالاتر از MRL توصیه شده ایران (۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد.

بر اساس نتایج، ۱۰۰ درصد نمونه‌های سیب و

انگـور در حالـت شسـته شـده و شسـته نشـده میـزان باقی‌مانده آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیـازینون بـالاتر از MRL توصـیه شـده اتحادیـه اروپـا مـی باشـد. در مطالعه‌ای مشابه که با هدف شناسـایی باقی‌مانـده سـموم دفع آفات برروی میوه‌هـای شـمال شـرقی ایـران انجـام دادند مشاهده شد که میانگین سطح آفـت‌کش دیـازینون در نمونه‌های سیب پایین‌تر ازMRL توصیه شـده ایـران بود در حالی‌کـه میـانگین دیـازینون در انگـور، خربـزه، هندوانه و گیلاس بیشتر از MRL توصیه شده ایران بـود (Akhlaghi *et al*., 2013). در مطالعه دیگری در کشـور ترکیـه باقی‌مانـده ۱۷۲ نـوع آفـت‌کش در۲۸۰ نمونـه انگورمورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشـان داد کـه در ۲۰/۴ درصـد از نمونـه‌ها میـزان باقی‌مانـده آفت‌کش‌هـا بـیش از حـد مجـاز تعیـین شـده توسـط کمیسیون اروپا بـود و بیشـترین باقی‌مانـده آفت‌کش‌هـا مربـوط بـه سـموم آزوکسـی اسـتروبین، کلرپیریفـوس، بوسـکالید و سـیپرودینیل بودنـد (Golge and Kabak, 2018). نتایج حاصل از ایـن مطالعـه نشـان داد شسـتن میوه‌هـای سـیب و انگـور درکـاهش میـزان بـاقی‌مانـده آفت‌کش‌هـا موثراسـت به‌طوری‌کـه میـزان بـاقی‌مانـده آفت‌کش‌هـای کلرپیریفـوس و دیـازینون در نمونـه‌های سیب به ترتیب به مقدار۴۲/۰۲ درصـد و ۵۳/۸۴ درصـد پس از شست و شو کاهش یافت همچنین شست و شـو باعث کاهش ۳۹/۷۰ درصدی آفت کش کلرپیریفویس و کـاهش ۴۶/۱۵ درصـدی آفـت کـش دیـازینون در نمونه‌های انگور گردید.

بیشترین مقدار HQ در بین گروه های مورد مطالعه مربوط به گروه سنی کودکان و متعاقـب آن بزرگسـالان زن و بزرگسالان مرد می‌باشد که علت این امر می‌توانـد پایین بودن وزن بدن کودکان نسبت به بزرگسالان باشد. مقـدار HQ در تیمـار شسـته شـده در ۱۰۰ درصـد نمونه‌های بررسی شده از مقدار HQ تیمار شسـته نشـده پایین تر است بنـابراین شسـتن میوه‌هـا قبـل از مصـرف می‌تواند در کاهش خطـر آفت‌کش‌هـای باقی‌مانـده بـر روی میوه‌هـا کمـک کننـده باشـد. ارزیـابی ریسـک باقی‌مانده‌ی آفت‌کش‌های کلرپیریفـوس و دیـازینون بـر روی میوه‌های سیب و انگور نشان داد که در۱۰۰ درصد نمونه‌های بررسی شده مقدار HQ برای تمامی گروه‌های مورد مطالعه کمتر از ۱ می‌باشد بنابراین مصرف سـیب و انگور در مواجهه کوتـاه مـدت خطـرات سـلامتی قابـل توجهی ندارد با این‌حـال در ایـن مطالعـه تنهـا ارزیـابی خطر مواجهه با آفت‌کش‌های کلرپیریفـوس و دیـازینون از طریق مصرف سـیب و انگوربررسـی گردیـد و سـایر مسیرهای مواجهه در نظر گرفته نشـد از ایـن‌رو بررسـی سایر مسیرهای مواجهه مانند مواجهه از طریـق مصـرف سـبزیجات و سـایر میوه‌هـا جهـت کنتـرل بقایـای آفت‌کش‌ها ضروری است و برای مصرف طولانی مـدت سیب و انگور توجـه و بررسـی بیشـتر مـدیران ریسـک امری ضروری است.

نتایج این مطالعه با سایر مطالعات انجـام گرفتـه در این خصوص مطابقت دارد بـه عنـوان مثـال در مطالعـه انجـام شـده در چـین ریسـک ناشـی از ۱۴ آفـت‌کـش مختلف در سیب ارزیابی گردید و نتـایج نشـان داد کـه میزان HQ در گروه‌های سـنی مـورد مطالعـه کمتـر از ۱ می‌باشد و ریسک سلامتی ناشی از مصرف سیب حـاوی بقایای آفت‌کش‌هـای مختلـف، درگـروه زنـان بیشـتر از مردان می‌باشد (Chen *et al*., 2021). در مطالعه‌ی مشابه دیگر در لبنان، ریسک ناشی از ۶ آفت‌کش در محصـول

سیب ارزیابی شد و نتایج نشان داد که آفت‌کش‌های موجود در نمونه‌های سیب خطری برای سلامت انسان ندارند و بالاترین میزان HQ مربوط به آفت‌کش‌های کلرپیریفوس، دیازینون و متیداتیون گزارش گردید (El Hawari *et al*., 2019).

بیشترین مقدار HQ در بین آفت‌کش های بررسی شده در تیمارهای مختلف مربوط به آفت‌کش کلرپیریفوس در گروه سنی کودکان برای انگور شسته نشده می‌باشد. بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج شبیه سازی مونت کارلو با اطمینان ۹۵ درصد، بیشترین و کمترین محدوده HQ آفت کش کلرپیریفوس در گروه سنی کودکان برای انگور شسته نشده به ترتیب برابر با ۰/۶۶ و ۰/۰۸ بود. احتمال این‌که مقدار HQ برای این گروه بالاتر از ۰/۶۶ باشد تنها ۲/۵۱ درصد می‌باشد و در ۱۰۰ درصد مواقع مقدار HQ کمتر از ۱ می‌باشد. همچنین ارزیابی ریسک تجمعی ناشی از مواجهه با بقایای آفت کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون در نمونه‌های سیب و انگور نشان می‌دهد که هیچ‌گونه خطر سلامتی قابل توجهی برای گروه‌های سنی بزرگسالان و کودکان به دلیل مصرف سیب و انگور وجود ندارد و مقادیر شاخص خطر (HI) ناشی از آفت‌کش‌های کلرپیریفوس و دیازینون برای کودکان و بزرگسالان کمتر از ۱ است. با این وجود مصرف میوه‌ها به ویژه سیب بصورت شسته شده برای کودکان توصیه می‌شود. همچنین به دلیل استفاده از آفت‌کش‌های متعدد و اثرات هم افزایی آفت کش‌ها بر فرآیندهای متابولیکی بدن انسان، کاهش میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها بر روی محصولات کشاورزی ضروری است. بنابراین ارتقای دانش و آگاهی کشاورزان و مصرف کننده‌گان سموم، بکارگیری روش‌های ایمن جایگزین برای کنترل آفات از جمله فناورهای مبتنی بر بیوتکنولوژی، پایش مستمر سموم در محصولات زراعی و ایجاد و اجرای مقررات سختگیرانه دولتی در مورد باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، بابت حمایت مالی این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

- Akhlaghi, H., Motavalizadehkakhky, A. and Emamiyan, R., 2013. Determination of diazinon in fruits from northeast of Iran using the QuEChERS sample preparation method and GC/MS. Asian Journal of Chemistry, 25(3): 1727.
- Andrade, G. C., Monteiro, S. H., Francisco, J. G., Figueiredo, L. A., Rocha, A. A., and Tornisielo, V. L. (2015). Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomatoes. Journal of the Brazilian Chemical Society, 26: 1994-2002.
- Chen, R., Xue, X., Wang, G. and Wang, J., 2021. Determination and dietary intake risk assessment of 14 pesticide residues in apples of China. Food Chemistry, 351: 129266.
- Darko, G. and Akoto, O., 2008. Dietary intake of organophosphorus pesticide residues through

vegetables from Kumasi, Ghana. Food and Chemical Toxicology, 46(12): 3703-3706.

- El Hawari, K., Mokh, S., Al Iskandarani, M., Halloum, W. and Jaber, F., 2019. Pesticide residues in Lebanese apples and health risk assessment. Food Additives & Contaminants: Part B, 12(2): 81-89.
- El-Sheikh, E.S.A., Ramadan, M.M., El-Sobki, A.E., Shalaby, A.A., McCoy, M.R., Hamed, I.A., Ashour, M.B. and Hammock, B.D., 2022. Pesticide residues in vegetables and fruits from farmer markets and associated dietary risks. Molecules, 27(22): 8072.
- Fallahi, E., Hosni Moghadam, E. and Roosta, S., 2011. Physical characteristics and nutritional value of yellow and red varieties of Lebanese apple (Malus, domestica Borkh) produced in Lorestan. Scientific-Research Quarterly of Lorestan University of Medical Sciences, 14(2): 15-22. [In Persian].
- Golge, O. and Kabak, B., 2018. Pesticide residues in table grapes and exposure assessment. Journal of agricultural and food chemistry, 66(7): 1701-1713.
- Grewal, A.S., 2017. Pesticide Residues in Food Grains, Vegetables and Fruits: A Hazard to Human Health. Journal of Medicinal Chemistry and Toxicology, 2 (1): 1-7.
- Hadian, Z. and Azizi, M., 2006. Pesticide residues in vegetables marketed in the main wholesale fruit and vegetable market in Tehran as determined by gas chromatography/mass spectrometry, 2005. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 1(2): 13-20.
- Jankuloska, V., Pavlovska, G. and Karov, I., 2021. Assessment of Adults and Children Exposure to Pesticide Residues through Apple Consumption. Journal of Hygienic Engineernig and Design, 33.
- Kanbolat, M. and Balkan, T., 2023. Verification of QuEChERS method for the analysis of pesticide residues and their risk assessment in some fruits grown in Tokat, Turkey. Journal of Agricultural Sciences, 29(2): 573-588.
- Khan, N., Yaqub, G., Hafeez, T. and Tariq, M., 2020. Assessment of Health Risk due to Pesticide Residues in Fruits, Vegetables, Soil, and Water. Journal of Chemistry, 2020: 1-7.
- Khangahi, B.M., Ghayurdoost, F., Ghanbari Ghozikali, M. and Safari, G.H., 2023. Monitoring and Health Risk Assessment of Fluoride in Drinking Water Based on Monte Carlo Simulation and Sensitivity Analysis: a Study in Rural Areas of East Azerbaijan Province, Iran. Water, Air, & Soil Pollution, 234(1): 29.
- Lehotay, S.J., Son, K.A., Kwon, H., Koesukwiwat, U., Fu, W., Mastovska, K., Hoh, E. and Leepipatpiboon, N., 2010. Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables. Journal of Chromatography a, 1217(16): 2548-2560.
- Li, Z.X., Nie, J.Y., Zhen, Y.A.N., Xu, G.F., Li, H.F., Kuang, L.X., Pan, L.G., Xie, H.Z., Cheng, W.A.N.G., Liu, C.D. and Zhao, X.B., 2015. Risk assessment and ranking of pesticide residues in Chinese pears. Journal of Integrative Agriculture, 14(11): 2328-2339.
- Likudis, Z., Costarelli, V., Vitoratos, A. and Apostolopoulos, C., 2014. Pesticide residues in Greek apples with protected geographical indication or designation of origin. Journal of Pesticide Science, 39(1): 29-35.
- Łozowicka, B., Kaczyński, P., Mojsak, P., Rusiłowska, J., Beknazarova, Z., Ilyasova, G. and Absatarova, D., 2020. Systemic and non-systemic pesticides in apples from Kazakhstan and their impact on human health. Journal of Food Composition and Analysis, 90, 103494.
- Mahdavi, V., Eslami, Z., Molaee-Aghaee, E., Peivasteh-Roudsari, L., Sadighara, P., Fakhri, Y. and Ravanlou, A. A., 2022. Evaluation of pesticide residues and risk assessment in apple and grape from western Azerbaijan Province of Iran. Environmental Research, 203: 111882.
- Maleki, N. S., Shakerkhatibi, M., Dolatkhah, M. and Safari, G. H., 2023. Cumulative health risk assessment of pesticide residues in apple products in the Northwest of Iran using Monte Carlo simulation. Food Additives and Contaminants: Part A, 40(8): 992-1010.
- Mebdoua, S., Lazali, M., Ounane, S. M., Tellah, S., Nabi, F. and Ounane, G., 2017. Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from Algeria. Food Additives and Contaminants: Part B, 10(2): 91-98.

- Mohammadi, B., Farajzadeh, M. and Safari, G. H., 2021. The Monitoring and Health Risk Assessment of Nitrate in Drinking Water in the Rural and Urban Areas of Tabriz, Iran. Journal of Human, Environment, and Health Promotion, 7(1): 15-21.
- Mostashari, M., Khosravinejad, A., Tavasolee, A. R. and Basirat, M., 2020. Evaluation of Nutritional Status of Vineyards in East Azarbaijan Using DOP and CND Methods. Iranian Journal of Soil Research, 34(1): 17-28.
- Neme, K. and Satheesh, N., 2016. Review on Pesticide Residue in Plant Food Products: Health Impacts and Mechanisms to Reduce the Residue Levels in Food. Archives of Applied Science Research, 8(3): 55-60.
- O'Driscoll, J. H., Siggins, A., Healy, M., McGinley, J., Mellander, P.-E., Morrison, L. and Ryan, P., 2022. A risk ranking of pesticides in Irish drinking water considering chronic health effects. Science of the Total Environment, 829: 154532.
- Pirsaheb, M., Fattahi, N., Rahimi, R., Sharafi, K. and Ghaffari, H. R., 2017. Evaluation of abamectin, diazinon and chlorpyrifos pesticide residues in apple product of Mahabad region gardens: Iran in 2014. Food chemistry, 231: 148-155.
- Qhlipour, M., Shokrzadeh, M., Esfahenezadeh, M.H., Karemzadeh, L., Ebrahemmagam, B., Salehifar, E. and Enayat A.A., 2012. Investigating the amount of residual organophosphorus toxins in strawberries produced in Mazandaran province. Mazandaran University of Medical Sciences, 23(109): 93-102. [In Persian].
- Rasouli, M., Marvili, M. D., Ghorbani, M., Safarzadeh, M. and Jaseminia, P., 2015. Modifying Traditional Culture of Grape Vine (Case Study: Malayer Region, Hamedan, Iran). Agricultural Communications, 3(1): 22-29.
- Safari, G. H., Mohammadi, B., Farajzadeh, M. and Esmailzadeh, N., 2021., Non-carcinogenic risk assessment of drinking water nitrate in the urban and rural area of the Bostanabad County in 2017. Journal of Environmental Science Studies, 6(1): 3390-3395.
- European Commission, 2021. Guidance Document on Pesticide Analytical Methods for Risk Assessment and Post-approval Control and Monitoring Purposes. SANTE/2020/12830, Rev. 1 24 February 2021.
- Shahian, H. and Sheikh Loui, H., 2016. Investigating the residual amount of diazinon and chlorpyrifos toxins in the Lebanon red variety apple product of cold stores in Miandoab city using HPLC-PDA. Food hygiene, 7 (226): 1-13. [In Persian].
- Shekarzadeh, M., Enayati, A. A., Makrami, H. and Zibar, A., 2016. Investigating the residual amount of diazinon and malathion toxins in cucumber produced in Mazandaran province in 2014. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 27 (152): 143-152. [In Persian].
- Shujaei, T., Falah Qalhari, G. A. and Kashki, A. R., 2018. Investigating the phenological stages of the raisin vine and the changes in the accumulation of its cold requirement in Iran. Natural Geography Quarterly, 12 (46), Winter 2018. [In Persian].
- Slowik-Borowiec, M., Szpyrka, E., Rupar, J., Podbielska, M. and Matyaszek, A., 2016. Occurrence of pesticide residues in fruiting vegetables from production farms in south-eastern region of Poland. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 67(4).
- Ssemugabo, C., Bradman, A., Ssempebwa, J. C., Sillé, F. and Guwatudde, D., 2022. Pesticide residues in fresh fruit and vegetables from farm to fork in the Kampala Metropolitan Area, Uganda. Environmental Health Insights, 16: 11786302221111866.
- Syrku, R., Țurcanu, G., Opopol, N., Pynzaru, I., Manceva, T. and Scurtu, R., 2019. Pesticides residue determination in vegetables and fruits commonly used in Republic of Moldova and estimation of human intake. Chemistry Journal of Moldova, 14(2): 62-71.
- Yue, Z. F. 2021. Guidelines on performance criteria for methods of analysis for the determination of pesticide residues in food and feed. Available at: http:// cabidigitallibrary.org

- Yousefi, S., Aslani, H., Shakerkhatibi, M., Mohammadian, Y. and Safari, G. H. 2022. Combined health risk assessment of organophosphates pesticide residues in greenhouse cucumber in the Northwestern of Iran based on Monte Carlo Simulations. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1-16.