



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور



بررسی وضعیت نیتрат باقیمانده در هندوانه تولیدی کشور



سال ۱۴۰۳

چکیده

سلامت محصولات کشاورزی خوراکی اهمیت قابل توجهی در دستیابی به امنیت غذایی و ارتقای سطح سلامت جامعه دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی وضعیت نیتрат در هندوانه تولیدی کشور انجام شد. برای انجام این مطالعه تعداد ۴۳۳ نمونه هندوانه در طول چهار سال متوالی (۱۴۰۰-۱۴۰۳) از مزارع سراسر کشور جمع‌آوری شد و غلظت نیترات در آنها با روش EN 12014-2: 2017 (استاندارد ملی ایران ۱۶۷۲۱-۲) اندازه‌گیری شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات در محصول هندوانه تولیدی کشور نسبت به بیشینه مجاز استاندارد ملی ایران و سایر استانداردهای جهانی در وضعیت بسیار مطلوبی قرار داشت. میانگین و میانه غلظت نیترات در نمونه‌های هندوانه به‌ترتیب ۹/۵ و ۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه بود که از بیشینه حد مجاز استاندارد ملی ایران (۶۰ میلیگرم در کیلوگرم) به‌طور قابل توجهی کمتر بود. دامنه غلظت نیترات در نمونه‌های هندوانه بین ۰/۲۵ تا ۸۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. از مجموع ۴۳۳ نمونه هندوانه تجزیه شده تنها در ۱/۱۵ درصد نمونه‌ها (۵ نمونه) غلظت نیترات از بیشینه حد مجاز استاندارد ملی ایران بیشتر بود و در بیش از ۹۸ درصد نمونه‌ها غلظت نیترات از حد مجاز استاندارد کمتر بود. بررسی توزیع فراوانی نمونه‌ها نشان داد که بیشترین فراوانی نمونه‌ها در غلظت‌های کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت، به‌گونه‌ای که چارک سوم غلظت نیترات در نمونه‌ها ۱۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. این یافته‌ها به همراه بررسی‌های انجام شده در سطح دنیا نشان داد که محصول هندوانه پتانسیل پایینی برای تجمع نیترات دارد و احتمال تجمع نیترات در سطوح بالاتر از بیشینه حد مجاز استاندارد در آن بسیار پایین است.

بخش کشاورزی مهمترین تأمین کننده‌ی غذای انسان در سطح جهان است. بیش از ۹۵ درصد غذای انسان به‌طور مستقیم و غیر مستقیم از محصولات کشاورزی و فرآورده‌های آن تأمین می‌شود (Spanner and Napolitano, 2015). از اینرو، تضمین تولید مقادیر کافی محصولات کشاورزی سالم یکی از اهداف اساسی سازمان جهاد کشاورزی برای دستیابی به امنیت غذایی است. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و سایر افزودنی‌های کشاورزی پتانسیل افزایش غلظت آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین، نیترات و باقیمانده سموم در محصولات کشاورزی خوراکی را افزایش می‌دهد (Sharma and Singhvi, 2017). این موضوع به‌ویژه در دهه‌های اخیر که نرخ رشد جمعیت به‌شدت در حال افزایش بود و نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی خوراکی برای پاسخگویی به نیاز غذایی این جمعیت در حال رشد در اولویت قرار داشت، بیش از هر زمان دیگری تهدید کننده‌ی سلامت انسان بوده است. یکی از این عوامل تهدید سلامت جامعه نیترات است که اخیراً غلظت بالای آن در برخی از محصولات کشاورزی تولیدی در مناطق مختلف ایران گزارش شده است. ثابت شده است که وجود نیترات در محدوده‌های بالاتر از حد مجاز استاندارد در رژیم غذایی انسان منجر به بروز بسیاری از بیماری‌های خطرناک از جمله سرطان می‌شود (Amirzadeh Moradabadi et al., 2020; Kotopoulou et al., 2022).

نیترات (NO_3^-) یکی از فرم‌های قابل جذب نیتروژن توسط گیاهان است که در بحث سلامت انسان اغلب با پتانسیل بالای تجمع در قسمت خوراکی محصولات کشاورزی شناخته می‌شود. در ایران به‌دلیل حاصلخیزی پایین بسیاری از زمین‌های کشاورزی و محتوای پایین نیتروژن و مواد آلی و معدنی آنها، توصیه به مصرف کودهای نیتروژنی به‌منظور دستیابی به عملکرد اقتصادی امری رایج است (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). مقدار مصرف کود نیتروژنی بستگی به وضعیت خاک دارد و می‌تواند معادل ۲۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار باشد (Malakouti and Gheibi 2000). نیترات به‌علت قابلیت تجمع در گیاهان و قابلیت آبشویی سریع، یکی از آلاینده‌های جدی محصولات کشاورزی و محیط زیست از نظر تهدید سلامت جامعه است (Bian et al., 2020). زمانی که جذب نیترات بسیار بیشتر از سوخت و ساز گیاه باشد، ممکن است در سطوح خطرناک در بافت‌های گیاهی تجمع پیدا کند (Anjana and Iqbal, 2007). قرار گرفتن انسان در معرض نیترات عمدتاً ناشی از مصرف سبزیجات تازه (۸۰ درصد)، آب آشامیدنی (۱۵ درصد)، محصولات حیوانی (گوشت، شیر و پنیر) و غلات (۵ درصد) است (EFSA, 2009; Rathod et al., 2016). از اینرو، به‌منظور کنترل ورود مقادیر مجاز نیترات به بدن انسان آگاهی از وضعیت غلظت آن در محصولات کشاورزی تولیدی کشور از الزامات برنامه‌های کنترل کیفیت و سلامت محصولات کشاورزی است. تحقق این هدف با اجرای منظم و اصولی طرح‌های پایش در استان‌های مختلف کشور امکان‌پذیر است.

از آنجایی که سبزیجات سهم قابل توجهی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، کنترل وضعیت سلامت آنها مستقیماً با سطح سلامت جامعه در ارتباط است. گزارش‌های زیادی در مورد وضعیت غلظت نیترات در محصولات کشاورزی تولیدی در استان‌های مختلف ایران منتشر شده است، با این وجود هنوز اطلاعات کافی برای جمع‌بندی وضعیت غلظت نیترات در این محصولات و راه‌کارهای اساسی برای کاهش احتمال وقوع آلودگی آنها وجود ندارد. با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعه حاضر با هدف بررسی وضعیت غلظت نیترات در هندوانه تولیدی در سراسر کشور انجام شد.

دسته‌بندی محصولات کشاورزی از نظر توانایی تجمع نیترات

از نظر غلظت نیترات، محصولات کشاورزی را می‌توان به این صورت فهرست کرد؛ گیاهان علفی^۱ < سبزیجات برگی < سبزیجات ساقه‌ای < سبزیجات غده‌ای و ریشه‌ای < سبزیجات میوه‌ای < سبزیجات دانه‌ای (بدون احتساب لوبیا قرمز و لوبیا سبز/لوبیا فرانسوی) < گل آذین و جوانه‌ها < پیازها < میوه‌ها < قارچ‌ها (Colla et al., 2018). Santamaria و همکاران (۱۹۹۹) اندام‌های گیاهی را براساس کاهش غلظت نیترات به‌ترتیب دمبرگ < برگ < ساقه < ریشه < گل آذین^۲ < غده < پیاز < میوه < دانه فهرست کردند. در جدول ۱ بسیاری از محصولات کشاورزی بر اساس **دامنه** غلظت نیترات موجود در آنها طبقه‌بندی شده‌اند. این دسته‌بندی‌ها نشان می‌دهد که برخی از محصولات کشاورزی مانند محصولات دانه‌ای، میوه‌ها و غیره به‌طور ذاتی مقادیر بسیار کمی از نیترات را در خود تجمع می‌دهند و به اصطلاح پتانسیل کمتری برای تجمع نیترات دارند. لذا با آگاهی از این موضوع، بررسی تجمع نیترات در برخی از محصولات کشاورزی، در واقع اتلاف هزینه و زمان می‌باشد است و به همین دلیل است که در استانداردهای معتبر بین المللی حد بیشینه‌ای برای آنها تعیین نگردیده است.

^۱. Herbs

^۲. Inflorescence

جدول ۱- طبقه‌بندی محصولات کشاورزی بر اساس غلظت نیترات موجود در قسمت خوراکی آن‌ها (Colla et al., 2018)

قابلیت تجمع نیترات	غلظت نیترات (mg/kg FW)	محصول
خیلی پایین	کمتر از ۲۰۰	مرزه، کلم غنچه‌ای، دکمه‌ای، فندق‌ی یا بروکسل، کلم ساوی یا کلم پیچ، کاسنی، مارچوبه، کنگر فرنگی، سیاه سالسیف ^۱ ، ریشه نیلوفر آبی، شقاقل ^۲ (هویج وحشی)، گوجه‌فرنگی، سیب زمینی شیرین، لوبیا سبز، باقلا، نخود، جوانه سویا، خیار خاردار ^۳ ، خربزه، فلفل قرمز، فلفل سبز، کدو حلوائی، بلوط، توت فرنگی، سیب زمینی، هندوانه، سیر، پیاز، سیب، موز، انگور، کیوی، شلیل، هلو، گلابی، نارنج، قارچ
پایین	۲۰۰ تا ۵۰۰	کلم بروکلی، گل کلم، کلم قرمز، برگ رازیانه، پیاز سبز (پیازچه)، تره فرنگی، چغندر قرمز، هویج، شلغم سوئدی (Rutabaga)، لوبیا، خیار، بادمجان، کدو تنبل، کدو سبز (تابستانی)
متوسط	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	شوید، کلم بروکلی (Broccoli raab)، کلم، کلم پیچ، گل قاصدک ^۴ ، اندیو ^۵ ، کاهو (Iceberg)، ریواس، کرفس ریشه‌ای (Celeriac)، لوبیا فرانسوی، لوبیا قرمز
بالا	۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰	گل گاوزبان، گشنیز، جعفری، کلم بوک چوی ^۶ ، کلم چینی، کلم قمری، سبزی خردل، چغندر سوئیسی، تاج خروس، چغندر لبویی، برگ کاسنی، کاهو (Butterhead)، شاهی باغی، کاهو (Romaine)، اسفناج، کرفس، ساقه رازیانه، تربچه قرمز، سفید و سیاه، شلغم
خیلی بالا	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰	ریحان، موسیر، آویشن، چغندر سوئیسی، شاهی، چغندر قرمز، کاهو، اسفناج، کرفس، تربچه
بیش از حد بالا	بیشتر از ۵۰۰۰	منداب راکتی ^۷

* بعضی از محصولات به دلیل پویایی دامنه نیترات مشاهده شده در آن‌ها در منابع مختلف، در دسته‌بندی‌های متفاوتی قرار گرفته‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت غلظت نیترات در هندوانه تولیدی کشور، در مجموع ۴۳۳ نمونه هندوانه از مزارع کشاورزی استان‌های سراسر کشور که عمده کشت هندوانه در آن‌ها انجام می‌شود، جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری توسط کارشناسان و مجریان مسئول در مراکز استان‌ها که در دوره‌های آموزشی نحوه نمونه‌برداری و مدیریت نمونه‌ها شرکت کرده بودند، انجام شد. در هنگام نمونه‌برداری اطلاعات دقیق مربوط به هر نمونه توسط کارشناسان مسئول نمونه‌برداری در کارت‌های ویژه نمونه‌برداری ثبت گردید. اطلاعات ثبت شده در کارت‌های نمونه‌برداری از مزرعه شامل؛ محل نمونه‌برداری، رقم محصول، نوع و مقدار کود استفاده شده، زمان نمونه‌برداری، میزان عملکرد، مساحت مزرعه، نوع سیستم آبیاری و مختصات جغرافیایی بود. در نهایت هر کدام از نمونه‌ها به همراه کارت مشخصات آن به موسسه تحقیقات خاک و آب کرج ارسال

^۱. Black salsify

^۲. Parsnip

^۳. Gherkin

^۴. Dandelion

^۵. Endive

^۶. Bok choy

^۷. Arugula (rocket)

شد و سایر مراحل آماده‌سازی، عصاره‌گیری، اندازه‌گیری غلظت نیترات و تحلیل داده‌ها در موسسه تحقیقات خاک و آب کرج انجام شد.

اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌ها

تمام مراحل آماده‌سازی و عصاره‌گیری نمونه‌ها منطبق با روش‌های استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۵۳۵ (معادل استانداردهای اتحادیه اروپا ۱۸۸۲: ۲۰۰۶) انجام شد. سنجش غلظت نیترات در نمونه‌ها نیز منطبق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۷۲۱-۲ (معادل استاندارد اروپا به شماره ۲-۱۲۰۱۴) انجام شد.

روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)

اندازه‌گیری غلظت نیترات به روش کروماتوگرافی با استفاده از یک دستگاه HPLC (برند KNAUER، مجهز به شناساگر فرابنفش و آون)، مجهز به ستون جداسازی ISAspher 100-5 Amino انجام شد. برای تهیه فاز متحرک، ۱۰ گرم دی پتاسیم هیدروژن فسفات و ۵۰ میلی‌لیتر استونیتریل به یک بالن یک لیتری منتقل و با استفاده از آب مقطر به حجم رسانده شد. با استفاده از فسفریک اسید pH این محلول روی ۴ تنظیم شد. محلول حاصل با استفاده از صافی غشایی و پمپ خلا صاف شد. سپس، استانداردهای نیترات (تهیه شده با نمک پتاسیم نیترات) به ستون دستگاه HPLC تزریق و منحنی کالیبراسیون رسم شد. در نهایت ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده در مرحله عصاره‌گیری، پس از عبور از فیلتر سرسرنگی، به دستگاه HPLC تزریق و غلظت نیترات در نمونه اندازه‌گیری شد (EN 12014-2, 2017). مقدار نیترات در نمونه (w) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر محاسبه و گزارش شد.

۳- نتایج و بحث

غلظت نیترات در هندوانه

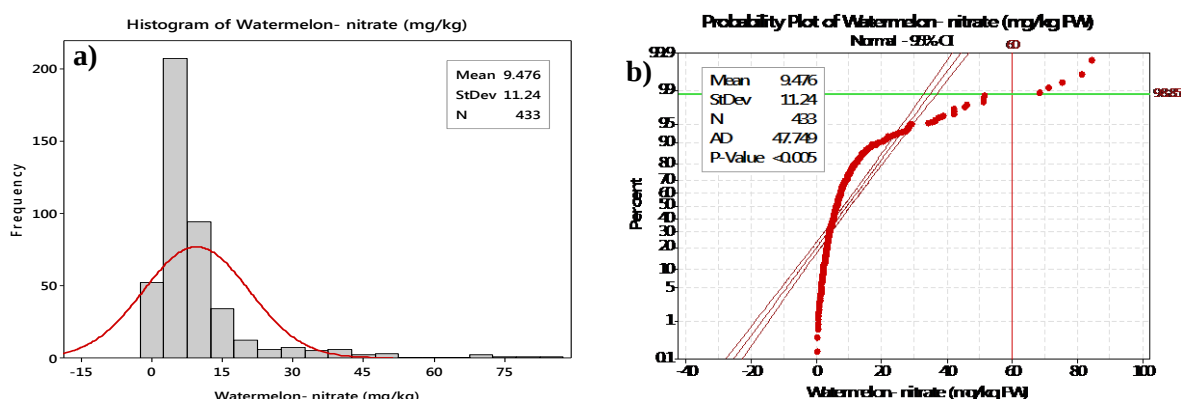
میانگین غلظت نیترات در هندوانه تولیدی کشور ۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانه آن ۶/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که از حد مجاز استاندارد ملی ایران کمتر بود (جدول ۲). کمینه و بیشینه غلظت نیترات در نمونه‌های هندوانه به ترتیب ۰/۲۵ و ۸۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بیشینه آن از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که غلظت نیترات در ۲۵ درصد از نمونه‌های هندوانه کمتر از ۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم، در ۵۰ درصد نمونه‌ها کمتر از ۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در ۷۵ درصد از نمونه‌ها کمتر از ۱۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۲).

جدول ۲- غلظت نیترات باقیمانده در هندوانه تولیدی کشور

آماره	غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم)
تعداد نمونه	۴۳۳
کمینه	۰/۲۵
بیشینه	۸۴/۵۴
میانه	۶/۲۳
میانگین	۹/۴۸
چارک * اول (Q ₁)	۳/۶۰
چارک دوم (Q ₂)	۶/۲۳
چارک سوم (Q ₃)	۱۰/۲۷
انحراف معیار	۱۱/۲۴

* چارک یا همان Quartile داده‌ها را به چهار قسمت تقسیم می‌کند، به گونه‌ای که هر قسمت ۲۵ درصد (یک چهارم) داده‌ها را در خود داشته باشد

بررسی توزیع فراوانی غلظت نیترات در نمونه‌های هندوانه نشان داد که غلظت نیترات در هندوانه‌های تولیدی کشور در دامنه‌ای گسترده بین ۰/۲۵ تا ۸۴ میلی گرم بر کیلوگرم قرار داشت (شکل ۱). بیشترین فراوانی غلظت نیترات در نمونه‌ها، در محدوده غلظتی کمتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم قرار داشت و فراوانی نمونه‌های با غلظت بیشتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم به مراتب کمتر بود (شکل ۱). توزیع احتمال نمونه‌ها نیز نشان داد که باقیمانده غلظت نیترات در نمونه‌های هندوانه توزیعی غیر نرمال داشت و انحراف از حالت نرمال در محدوده‌های مختلف غلظتی، به‌ویژه در غلظت‌های بالا و پایین مشهود بود (شکل ۱).



شکل ۱- توزیع فراوانی (a) و توزیع احتمال (b) غلظت نیترات در هندوانه تولیدی کشور

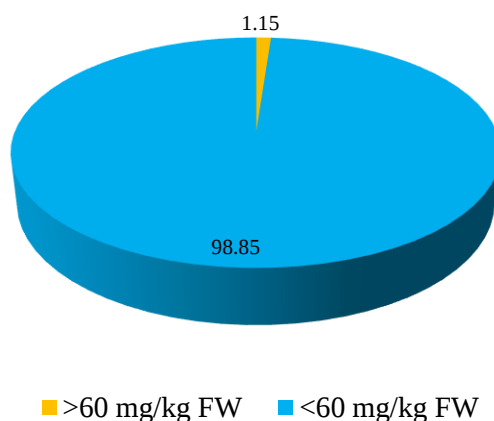
آماره‌های توصیفی غلظت نیترات در هندوانه تولید شده در نقاط مختلف کشور و مقایسه آن با برخی از دیگر کشورها در جدول ۳ نشان داده شده است. غلظت نیترات در هندوانه تولید شده در ایران (۹/۵ میلی گرم در کیلوگرم) با مقدار آن در کشورهای چین (۱۲ میلی گرم در کیلوگرم)، ایتالیا (۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) و استرالیا (۱۱/۴ میلی گرم در کیلوگرم) مطابقت داشت و از مقدار گزارش شده در کشور مصر (۱/۱ میلی گرم در کیلوگرم) بیشتر بود. در مقابل، میانگین غلظت نیترات در هندوانه‌های تولیدی در کشورهای استرالیا، استونی و چین (شانگهای) از مقدار آن در مطالعه حاضر بیشتر بود. چراغی و همکاران (۱۴۰۲) با جمع‌بندی مطالعات انجام شده در ایران در زمینه وضعیت غلظت نیترات در محصولات کشاورزی خوراکی، میانگین غلظت نیترات در هنانه تولیدی ایران را ۱۹/۹ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کردند که از میانگین مشاهده شده در مطالعه حاضر بیشتر بود (جدول ۳). به‌طور کلی، مرور منابع مختلف نشان داد که در مقایسه با سایر محصولات مورد بررسی، پایش غلظت نیترات در هندوانه، نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای دنیا نیز به ندرت صورت گرفته است. بنابراین، همانطور که نتایج حاصل از میانگین غلظت نیترات در هندوانه تولید شده در ایران و سایر کشورها نشان می‌دهد، به‌نظر می‌رسد که نگرانی جدی در مورد سطوح بیش از حد مجاز غلظت نیترات در محصول هندوانه در سطح دنیا وجود ندارد.

جدول ۳- مقایسه غلظت نیترات باقیمانده در هندوانه تولید شده در ایران با دیگر کشورها

نام کشور	تعداد نمونه	غلظت نیترات (mg/kg FW)			منبع
		کمینه	بیشینه	میانگین	
ایران	۴۳۳	۰/۲۵	۸۴/۵	۹/۵	مطالعه حاضر
ایران	۱۷۵	۰/۴۵	۱۳۲	۱۹/۹	چراغی و همکاران، ۱۴۰۲
استرالیا	۱۰	۶/۸	۲۴/۷	۱۱/۴	(Zealand, 2011)
استونی	–	–	۹۵	۹۵	(Tamme et al., 2006)
ایتالیا	۱۶	–	–	۱۰	(Proietti et al., 2008)
چین	۱۰	۷	۱۸	۱۲	(Zhou et al., 2000)
چین (شانگهای)	۶	۱۵۷	۴۰۱	۲۴۸/۵	(Luo et al., 2022)
مصر	۱۲	ND	۲/۴	۱/۱	(Sebaei and Refai, 2021)

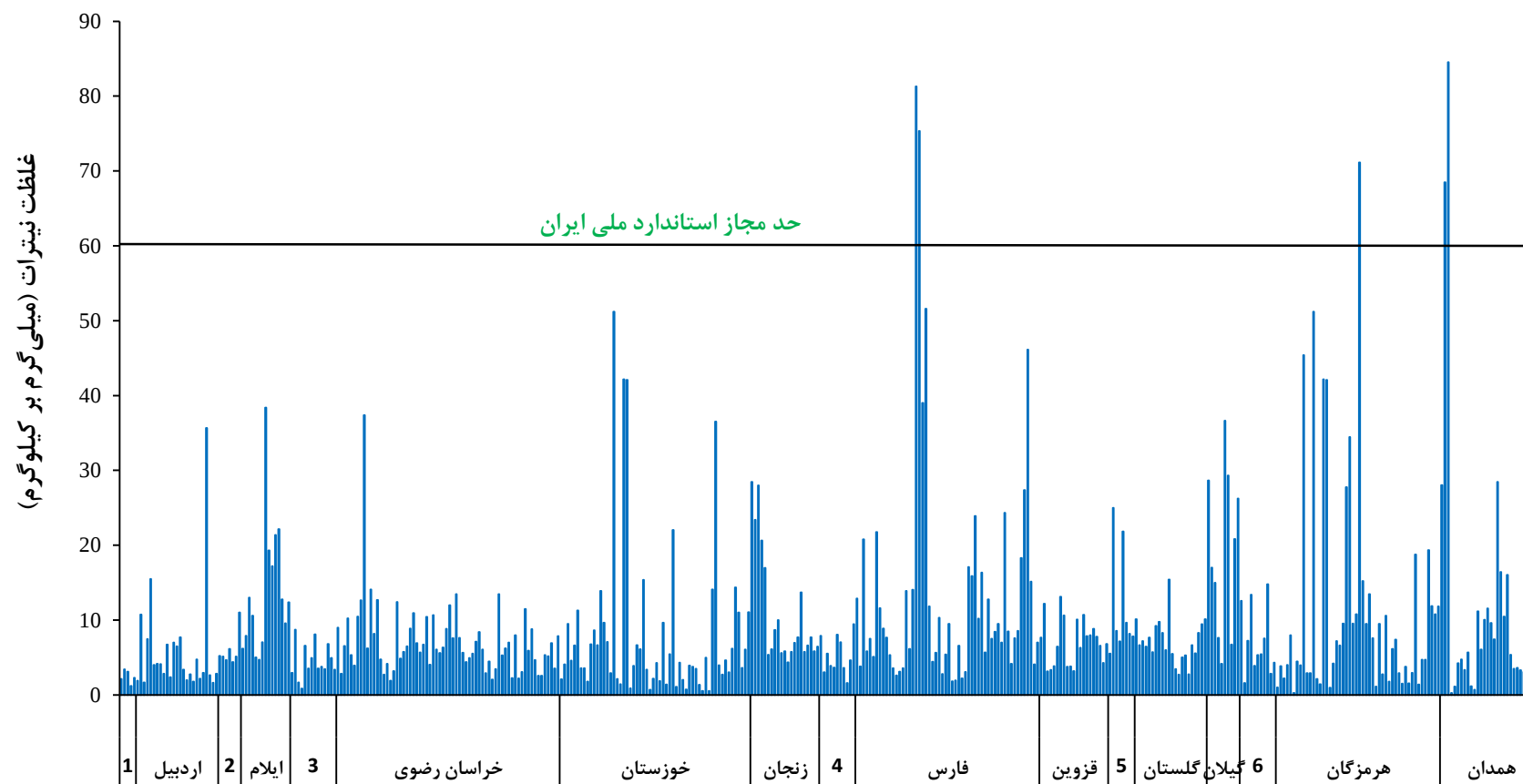
ND: غلظت نیترات با دستگاه یا روش استفاده شده قابل تشخیص نبود.

بررسی وضعیت غلظت نیترات در هندوانه‌های تولیدی کشور نشان داد که غلظت نیترات در بیش از ۹۸ درصد نمونه‌های مورد بررسی از حد مجاز استاندارد ملی ایران کمتر بود (شکل ۲). در مجموع از ۴۳۳ نمونه‌ی هندوانه تجزیه شده، تنها در ۵ نمونه (۱/۱۵ درصد از نمونه‌ها)، غلظت نیترات از حد مجاز استاندارد ملی ایران بیشتر بود.



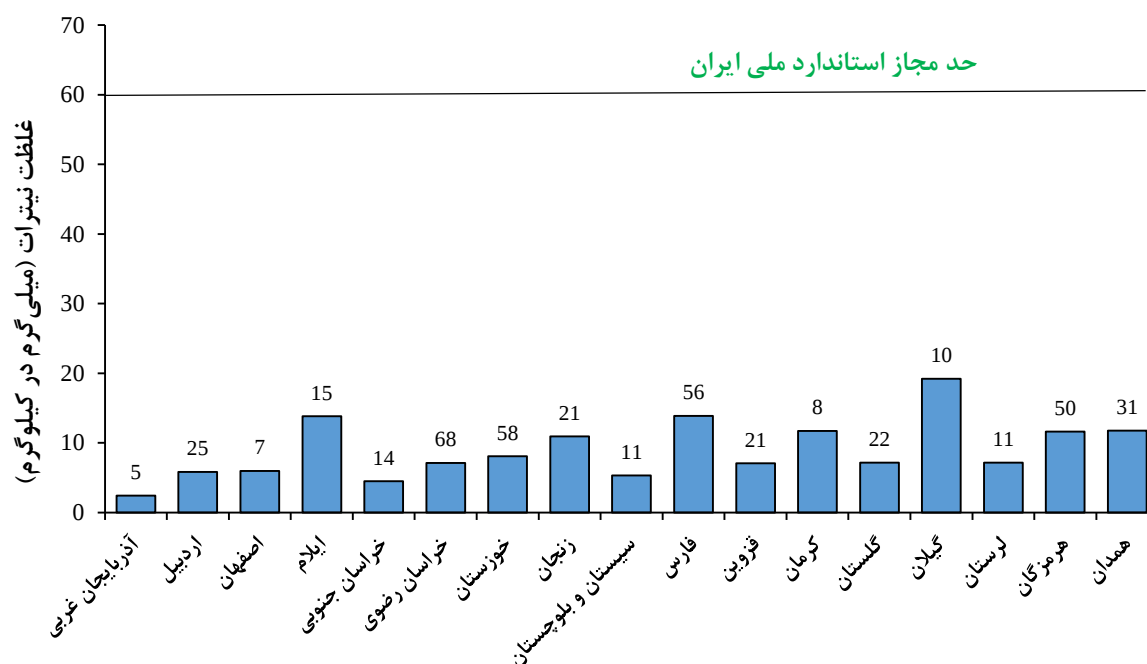
شکل ۲- وضعیت غلظت نیترات باقیمانده در هندوانه تولیدی کشور

غلظت نیترات باقیمانده در همه نمونه‌های هندوانه به تفکیک نمونه در هر استان در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که بیان شد، از مجموع ۴۳۳ نمونه هندوانه تجزیه شده تنها در ۵ نمونه (در ۳ استان) غلظت نیترات از حد مجاز استاندارد ملی ایران بیشتر بود و در سایر نمونه‌ها غلظت نیترات از حد مجاز استاندارد کمتر بود. نمونه‌های با محتوای نیترات بیشتر از حد مجاز استاندارد مربوط به استان‌های همدان، هرمزگان و فارس بود.



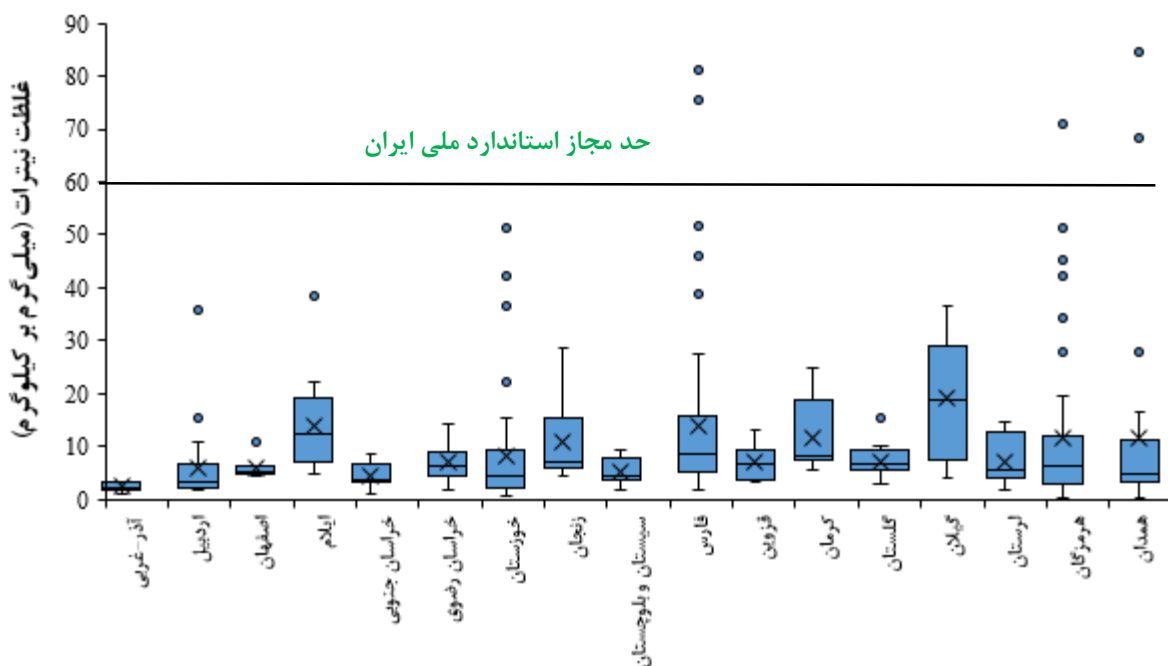
شکل ۳- وضعیت غلظت نیترات در تمامی نمونه‌های هندوانه تجزیه شده از سراسر کشور (تعداد= ۴۳۳). شماره‌های ۱ تا ۶ در محور افقی به ترتیب مربوط به استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، کرمان و لرستان است.

میانگین غلظت نیتрат در هندوانه تولیدی هر استان در شکل ۴ نشان داده شده است. طبق نتایج میانگین غلظت نیترات در هندوانه تولیدی در تمامی استان‌های مورد مطالعه، از حد مجاز استاندارد ملی ایران کمتر بود. در بین استان‌های مورد بررسی، میانگین غلظت نیترات در هندوانه‌های تولید شده در استان‌های گیلان، همدان و فارس بیشتر از سایر استان‌ها بود. در مقابل، میانگین غلظت نیترات در هندوانه تولیدی استان‌های آذربایجان غربی و خراسان جنوبی کمترین مقدار را داشت (شکل ۴)



شکل ۴- میانگین غلظت نیترات باقیمانده در هندوانه تولیدی در استان‌های مختلف کشور. اعداد نمایش داده شده روی هر ستون تعداد نمونه‌های تجزیه شده را نشان می‌دهند.

آماره‌های غلظت نیترات در محصول هندوانه تولید شده در هر استان در شکل ۵ نشان داده شده است. طبق نتایج، نمونه‌های با بیشترین غلظت نیترات به ترتیب مربوط به استان‌های همدان، فارس و هرمزگان بود. به طور کلی، از مجموع ۱۷ استان مورد بررسی، در ۱۴ استان غلظت نیترات در تمام نمونه‌ها از حد مجاز استاندارد ملی ایران کمتر بود و تنها در سه استان (۵ نمونه) غلظت نیترات از حد مجاز استاندارد بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که چارک سوم غلظت نیترات نیز در همه نمونه‌ها از حد مجاز استاندارد ملی ایران به طور قابل توجهی کمتر بود (شکل ۵).



شکل ۵- آماره‌های وضعیت غلظت نیترات در هندوانه تولیدی در استان‌های مختلف کشور. حدود بالا و پایین بیانگر حداکثر و حداقل، جعبه مستطیلی کوچک نشان دهنده ۲۵ درصد یا چارک اول (پایینی)، ۵۰ درصد یا چارک دوم (میانه) و ۷۵ درصد یا چارک سوم (بالایی) است.

فهرست منابع

- Amirzadeh Moradabadi S, Ziaee S, Mehrabi Boshrabadi H, Keikha A. Effect of agricultural sustainability on food security of rural households in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2020; 22: 289-304.
- Anjana SU, Iqbal M. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agronomy for sustainable development* 2007; 27: 45-57.
- Bian Z, Wang Y, Zhang X, Li T, Grundy S, Yang Q, et al. A review of environment effects on nitrate accumulation in leafy vegetables grown in controlled environments. *Foods* 2020; 9: 732.
- Cheraghi, M., Shahbazi, K., Fathi Gerdelidani, A., Bazargan, K., Marzi, M., Hasheminasab Zavareh, K.S. and Beheshti, M., 2024. Investigation of nitrate status in agricultural products of Iran and criticism of published studies—a review study. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54(11), pp.1779-1820.
- Colla G, Kim H-J, Kyriacou MC, Roupheal Y. Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae* 2018; 237: 221-238.
- EFSA. European Food Safety Authority Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the European Commission to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables. *EFSA J* 2009; 69: 1-79.
- EN 12014-2 ECfS. Foodstuffs - Determination of nitrate and/or nitrite content - Part 2: HPLC/IC method for the determination of nitrate content of vegetables and vegetable products. European Committee for Standardization. ICS Code (Vegetables and derived products): 67.080.20 2017; 22 pages: 22.

- Kotopoulou S, Zampelas A, Magriplis E. Dietary nitrate and nitrite and human health: a narrative review by intake source. *Nutrition reviews* 2022; 80: 762-773.
- Luo F, Yan X-J, Hu X-F, Yan L-J, Cao M-Y, Zhang W-J. Nitrate Quantification in Fresh Vegetables in Shanghai: Its Dietary Risks and Preventive Measures. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022; 19: 14487.
- Proietti S, Roupael Y, Colla G, Cardarelli M, De Agazio M, Zacchini M, et al. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2008; 88: 1107-1114.
- Rathod KS, Velmurugan S, Ahluwalia A. A 'green'diet-based approach to cardiovascular health? Is inorganic nitrate the answer? *Molecular nutrition & food research* 2016; 60: 185-202.
- Sebaei AS, Refai HM. Hazard index: probabilistic risk exposure of nitrate and nitrite in Egyptian fruits and vegetables. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 2021; 101: 1477-1484.
- Sharma N, Singhvi R. Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. *International journal of agriculture, environment and biotechnology* 2017; 10: 675-680.
- Spanner J, Napolitano G. Healthy soils are the basis for healthy food production. FAO: Rome, Italy 2015.
- Tamme T, Reinik M, Roasto M, Juhkam K, Tenno T, Kiis A. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food additives and contaminants* 2006; 23: 355-361.
- Zealand FSAN. Survey of nitrates and nitrites in food and beverages in Australia. Food Standards Australia New Zealand Canberra (Australia), 2011.
- Zhou Z-Y, Wang M-J, Wang J-S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Reviews International* 2000; 16: 61-76.