

## بررسی وضعیت نیترات در گوجه‌فرنگی و خیار توزیع شده در بازار استان البرز

مهدی بهشتی<sup>۱</sup>، کریم شهبازی<sup>۲</sup>، کامبیز بازرگان<sup>۳</sup>، الهه ملک‌زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
<sup>۳</sup> کارشناس آزمایشگاه، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۵/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** نیترات یکی از آلاینده‌های مهم است که عمدتاً در اثر مصرف نامتعادل کود و زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی در اندامهای گیاهی تجمع پیدا می‌کند. عمده نیترات در بدن ما از مصرف سبزیجات ناشی می‌شود. در ایران گوجه فرنگی و خیار از سبزیجات پر مصرف در سبد غذایی مردم می‌باشند. لذا بررسی میزان آلودگی نیترات در این محصولات و شناخت منابع آلاینده‌ها و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش نسبی آلودگی ضروری می‌باشد. **مواد روش‌ها:** در این مطالعه به مدت ۱۶ ماه هر هفته دو مرتبه از بازار استان البرز به صورت تصادفی نمونه‌های گوجه-فرنگی و خیار تهیه گردید. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شستشو و درصد رطوبت و محتوای نیترات آنها به روش سمی میکرو کجلدال اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد محتوای نیترات در خیارهای عرضه شده در بازار استان البرز با میانگین ۲۱۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و سازمان استاندارد ملی ایران (۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) می‌باشد. محدوده مقدار نیترات در نمونه‌های خیار بین ۱۲۲۱-۱۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود و با توجه به شاخص سازمان بهداشت جهانی و سازمان ملی استاندارد ایران به ترتیب ۵۸/۷۶ و ۷۴ درصد نمونه‌های خیار دارای نیترات بیشتر از حد مجاز بودند. نتایج این بررسی نشان داد که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه فرنگی ۲۰/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و سازمان ملی استاندارد ایران (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر بود. محدوده مقدار نیترات در نمونه‌های گوجه فرنگی بین ۱۲۱/۳-۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود و با توجه شاخص سازمان ملی استاندارد ایران تنها در یک نمونه گوجه فرنگی مقدار نیترات بیشتر از حد مجاز بود. **بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت نیترات در فصل پاییز < زمستان < بهار < تابستان می‌باشد، همچنین در محصول خیار مقدار نیترات در بخش پوست بیشتر از دیگر بخش‌های خیار است.

**کلمات کلیدی:** محتوای نیترات، گوجه فرنگی، خیار

**نویسنده مسئول:**

دانشیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

۰۹۱۲-۵۶۶۳۰۸۷

E-mail: kshabazi@swri.ir

## مقدمه

نیترژن یک عنصر ضروری و جزء ساختاری مهم در ترکیبات آلی بوده و بر رشد، عملکرد و کیفیت گیاه تأثیر مثبت دارد.<sup>۱</sup> شکل غالب نیترژن که توسط گیاه جذب می‌شود، نیترات می‌باشد. در سال‌های اخیر، توجه به تعیین میزان نیترات در مواد غذایی به دلیل کاهش آن به شکل نیتریت در بدن که اثر سوء بر سلامت انسان و حیوان دارد، افزایش یافته است. بنابراین نظارت بر محصولات تولیدی در بخش کشاورزی باید افزایش یابد.<sup>۲</sup> سبزیجات بخش اصلی غذای جمعیت جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهند، به ویژه با تغییر سبک زندگی و کاری که باعث تحرک کمتر شده است، به غذاهایی با انرژی کم و ارزش غذایی بالا نیاز می‌باشد.<sup>۳</sup> سبزیجات ارزش غذایی، ویتامین، مواد معدنی و ترکیبات فعال زیستی مانند آنتی‌اکسیدان بالایی دارند.<sup>۴</sup> مقدار نیترات در سبزیجات فاکتوری مهم در کیفیت این محصولات می‌باشد. نیترات در بدن انسان منشأ بیرونی دارد که عمدتاً از مصرف سبزیجات خام (۸۰٪)، آب آشامیدنی (۱۵٪)، محصولات دامی (گوشت و پنیر) و دانه‌هایی مانند گندم و جو (۵٪) وارد بدن می‌شود.<sup>۵</sup> غلظت و مقدار نیترات در گیاه بسته به نوع گیاه، درجه حرارت محیط، سطح رطوبت خاک، سطح نیترژن طبیعی خاک و میزان نیترژن اضافه شده به خاک از طریق کوددهی متفاوت خواهد بود. سبزیجات و صیفی‌جات تمایل به تجمع نیترات در خود دارند، به خصوص اگر در طی رشد آنها مقدار بالایی کود نیترژنه مصرف شود.<sup>۶</sup> طبق تحقیقات انجام شده مشخص گردیده که سبزیجات تازه بخصوص سبزیجات برگ‌دار منابع عمده دریافت نیترات در رژیم غذایی هستند، زیرا نیترات آنها قابلیت تجمع پذیری دارد.<sup>۷</sup> در چند سال اخیر به منظور مطالعه تجمع نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات و عواملی که می‌تواند در وقوع آن مؤثر باشد تلاش‌ها و تحقیقاتی صورت گرفته است. مقدار نیترات موجود در خاک (که ممکن است مربوط به مقدار کودهای تجاری بکار برده شده باشد) عامل عمده میزان تجمع نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات می‌باشد.<sup>۸</sup> برخی از مطالعات بیماری‌شناسی نشان داده است که سرطان معده در انسان با میزان نیترات همبستگی مثبت دارد. مشخص‌ترین علائم سمیت حاد نیترات بیماری متهموگلوبینمیاست که در آن

هموگلوبین به متهموگلوبین تبدیل می‌شود. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزیها و یا آب آشامیدنی محتوی نیترات زیاد، در داخل سیستم گوارشی نیتروزآمین تولید شده که یک ماده سمی و خطرناک و احتمالاً سرطان‌زا است.<sup>۱۱</sup> براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی دریافت روزانه قابل قبول نیترات ۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن می‌باشد.<sup>۱۱</sup> با توجه به اینکه حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی ۵۰ میلی‌گرم در هر لیتر گزارش گردیده، در صورتی که غلظت نیترات در آب آشامیدنی این فرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد و او ۲ لیتر آب در روز مصرف نماید ۱۰۰ میلی‌گرم از ۲۴۰ میلی‌گرم نیترات مجاز روزانه خود را از این طریق دریافت نموده است و بنابراین مقادیر نیترات در سایر مواد غذایی مصرفی او از جمله سیب زمینی، سبزیجات برگی، خیار، فرآورده‌های گوشتی مانند سوسیس و کالباس، انواع سس‌ها و ... باید در حدی باشد که جمعاً حداکثر ۱۴۰ میلی‌گرم دیگر نیترات به بدن او وارد نماید. مقدار مصرف روزانه برای گوجه‌فرنگی و خیار قبل از رسیدن به حد مجاز ۳/۷ میلی‌گرم در روز به ترتیب ۱۳۴۵ و ۷۶۵ گرم می‌باشد. این نکته شایان ذکر است که این اعداد با فرض اینکه فرد مورد نظر از منابع دیگر دارای نیترات استفاده نکند، محاسبه شده است.<sup>۱۱</sup> براساس آمارنامه جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ خیار ۲۰/۹ درصد از میزان تولید در بین محصولات جالیزی را به خود اختصاص داده است. بر این اساس گوجه‌فرنگی ۳۴/۳ درصد از میزان تولید را در گروه سبزیجات دارا می‌باشد. با این توضیحات گوجه‌فرنگی و خیار در بین سبزیجات و صیفی‌جات از محصولات اصلی بوده و نقش مهمی در سبب غذایی مردم جامعه دارند و نیاز است تا از لحاظ مقدار نیترات که یک شاخص مهم در کیفیت این محصولات می‌باشد، مورد بررسی قرار گیرد. روستا و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی محصولات موجود در بازار استان شیراز در مدت سه ماه گزارش کردند که میزان نیترات در خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر ۶۷۳ و ۹۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه است که بیش از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) است.<sup>۱۱</sup> حد مجاز نیترات برای گوجه‌فرنگی و خیار بر اساس وزن تر به ترتیب ۳۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد

۱۳۹۶) هفته‌ای ۲ نمونه خیار و ۲ نمونه گوجه فرنگی به صورت تصادفی از مراکز عرضه این محصولات جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. در هنگام نمونه‌برداری، استانی که نمونه‌ها از آنجا به استان البرز ارسال گردیده بود نیز یادداشت گردید. کلیه شرایط نمونه‌برداری طبق دستورالعمل ارائه شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران با شماره ۴۱۰۶ انجام یافت.<sup>۹</sup>

### آماده سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها بعد از شستشو با آب و آب مقطر، درون آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد و درصد رطوبت هر نمونه اندازه‌گیری گردید. در نمونه‌های خیار اندام پوست، گوشت و خیار کامل به طور جداگانه برای اندازه‌گیری نیترات آماده سازی گردید. در نهایت نمونه‌های خشک شده آسیاب گردید و به صورت پودری درآمد و برای هر آزمایش ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده استفاده شد.<sup>۹</sup>

### اندازه‌گیری میزان نیترات

جهت اندازه‌گیری نیترات از روش تقطیر با دستگاه سمی میکرو کج‌للال استفاده شد. برای این منظور، از هر نمونه ۰/۵ گرم توزین نموده و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. بعد از تهیه محلول، نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت روی شیکر دورانی تکان داده شد تا محلول یکنواختی بدست آید. سپس محلول با کاغذ صافی، صاف شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول اسید بوریک و معرف را در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و در زیر مبرد دستگاه میکروکج‌للال قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره در درون بالن میکروکج‌للال پیست و یک میلی‌لیتر اسید سولفامیک اضافه و به مدت چند ثانیه به هم زده شد تا NO<sub>2</sub> تجزیه و از محیط خارج شود. سپس ۰/۲ گرم پودر MgO در داخل بالن تقطیر اضافه شد (پودر نباید به دیواره بچسبد)، سپس بالن در مسیر دستگاه قرار داده شد تا عمل تقطیر انجام پذیرد (منبع حرارتی طوری تنظیم گردید تا در هر دقیقه ۷ تا ۸ میلی‌لیتر از محتویات بالن تقطیر شود و آب خروجی مبرد از ۲۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر نشود) وقتی محتویات ارلن مایر زیر مبرد به سی میلی‌لیتر رسید تقطیر متوقف و انتهای مبرد با کمی آب مقطر

(WHO,1998). رضایی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی محصولات استان اراک میزان نیترات در خیار و گوجه فرنگی در این استان را به ترتیب برابر ۴۲/۷ و ۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.<sup>۱۳</sup> با بررسی سبزیجات استان فارس مشخص شد که میزان نیترات در خیار ۵۶/۱ و در گوجه فرنگی ۳۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد.<sup>۱۴</sup> نتایج تحقیقات در بلژیک روی ۱۹ نوع سبزی و میوه در دو فصل تابستان و زمستان نشان داد که در بین سبزیجات مورد بررسی، کاهو بیشترین با ۳۱۹۹ و گوجه فرنگی کمترین با ۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم تجمع نیترات را داشته‌اند.<sup>۱۵</sup> Susin و همکاران (۲۰۰۶) با اندازه‌گیری میزان نیترات در ۱۴ نوع سبزی و میوه کشت شده در مزارع اسلوانی بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ نشان دادند که کاهو بالاترین مقدار نیترات را در بین سبزیجات مورد بررسی دارد و میانگین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو ۱۰۷۴ و گوجه فرنگی کمتر از ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد.<sup>۱۶</sup> مصرف نامناسب، نامتعادل و بیش از حد نیاز گیاه از کودهای نیتروژنه در کشور سبب افزایش غلظت نیترات در خاک، آب و گیاه گردیده است. از طرف دیگر سمیت حاصله از ورود نیترات به زنجیره غذایی مشکلات حاد ایجاد می‌کند. با وجود اهمیت بسیار زیادی که غلظت بیش از حد استاندارد نیترات بر سلامتی انسان دارد، مطالعات در این زمینه در کشور ما بسیار محدود بوده و نتایج گزارش شده متناقض می‌باشد. با توجه به ضرورت بررسی در این زمینه، تحقیق حاضر جهت بررسی وضعیت غلظت نیترات و تغییرات آن در گیاه گوجه فرنگی و خیار در بازار استان البرز در طول فصول مختلف اجرا شده است. لذا ضروری است با انجام طرح‌های تحقیقاتی کاربردی در این خصوص ضمن اطلاع رسانی به مسئولین امر، راهکارهای علمی برای بهینه‌سازی مصرف کود و کاهش غلظت نیترات در مزارع اندیشیده شود.

### مواد و روش‌ها

#### روش نمونه‌برداری

جهت بررسی وضعیت نیترات در محصول گوجه فرنگی و خیار در بازار استان البرز به مدت ۱۶ ماه (از پاییز ۱۳۹۵ تا زمستان

داد درصد بازیابی در نمونه اسپیک شده بیش از ۹۰ درصد بوده و قابل قبول می‌باشد (جدول ۲).

### گوجه‌فرنگی

در جدول ۳ میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف استاندارد تجمع نیترات در محصول گوجه‌فرنگی ارائه شده است. مقدار نیترات در گوجه‌فرنگی دارای طیف گسترده‌ای از ۳/۴ تا ۱۲۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و میانگین میزان نیترات در ۱۰۵ نمونه مورد بررسی برابر ۲۰/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود.

جدول ۱: نتایج درصد بازیابی استاندارد نیترات پتاسیم به روش سمی میکرو

درصد بازیابی	غلظت استاندارد (میلی‌گرم در لیتر)
۹۵/۲	۴۴/۳
۹۳/۸	۸۸/۶
۹۷/۱	۱۳۲/۹
۹۵/۲	۱۷۷/۲
۹۹/۹۶	۲۲۱/۵

جدول ۲: نتایج درصد بازیابی استاندارد نیترات پتاسیم اسپیک شده به روش سمی میکرو

درصد بازیابی	غلظت استاندارد اسپیک شده	نوع نمونه
۹۸±۲/۸	۲۲/۱۵	خیار
۱۰۶/۴±۵/۶	۲۲/۱۵	گوجه‌فرنگی

جدول ۳: میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و سایر داده‌های آماری گوجه‌فرنگی در بازار استان البرز

تعداد	تعداد مناطق	میانگین میزان	انحراف	حداکثر میزان	حداقل میزان	مقدار استاندارد (استاندارد ملی شماره)
۱۳	۱۰۵	نیترات	استاندارد	نیترات	نیترات	۱۶۵۹۶ ایران
		۲۰/۲۲	۱۷/۲۳	۱۲۱/۳	۳/۴	۱۲۰

شستشو و ارلن از سیستم خارج گردید. ۵ میلی‌لیتر اسید بوریک و معرف در ارلن مایر پنجاه میلی‌لیتری ریخته و زیر مبرد قرار داده شد. سپس ۰/۲ پودر دوارد آلودی داخل بالن تقطیر اضافه و بالن در مسیر حرارت و بخار قرار داده تا عمل تقطیر انجام پذیرد. وقتی محتویات ارلن مایر زیر مبرد به سی میلی‌لیتر رسید تقطیر متوقف و انتهای مبرد را با کمی آب مقطر شستشو داده سپس با اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال (با استفاده از میکروبیورت) تیترا شد تا رنگ محیط از سبز به صورتی کمرنگ تبدیل شود. سپس مقدار نیترات محاسبه گردید.<sup>۱۷</sup> برای کنترل کیفی نتایج، بازیابی نیترات در روش سمی میکرو با استفاده از نیترات پتاسیم در پنج غلظت ۴۴/۳، ۸۸/۶، ۱۳۲/۹، ۱۷۷/۲ و ۲۲۱/۵ اندازه‌گیری گردید. همچنین برای بررسی اثر بافت نمونه بر درصد بازیابی (Percentage Recovery) در چهار نمونه غلظت ۲۲/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات از استاندارد نیترات پتاسیم اسپیک (Spike) گردید و درصد بازیابی محاسبه گردید. از نرم افزار SPSS 24 برای تعیین میانگین، انحراف معیار و مقایسه میانگین در نمونه‌ها استفاده شد. برای مقایسه میانگین بین بخش‌های مختلف خیار از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### نتایج کنترل کیفی

نتایج درصد بازیابی نیترات از منبع نیترات پتاسیم در جدول ۱ گزارش شده است. همان‌طور که مشخص می‌باشد درصد بازیابی روش در همه غلظت‌های مورد بررسی بالاتر از ۹۰ درصد بوده و نتایج قابل قبول می‌باشد.

برای بررسی اثر زمینه در بازیابی نیترات بر روش اندازه‌گیری، غلظت مشخصی از استاندارد نیترات به نمونه گوجه‌فرنگی و خیار در سه تکرار اضافه شد و درصد بازیابی محاسبه گردید. نتایج نشان

بود که بیشترین مقدار نیترات مربوط به گوجه فرنگی‌های کشت شده در همدان با ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین غلظت نیترات در فصل بهار ۱۲/۷۸ بود که بیشترین مقدار مربوط به استان بوشهر با ۱۴/۳۲ بود. فصل تابستان با میانگین غلظت ۹/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر کمترین مقدار نیترات در بین فصول مختلف سال را دارا بود. بیشترین مقدار نیترات در این فصل مربوط به منطقه قزوین با میانگین ۱۳/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود. به طور خلاصه می‌توان وضعیت غلظت نیترات در فصول مختلف را به صورت زیر نشان داد:

تابستان > بهار > زمستان > پاییز

توزیع مکانی و زمانی نمونه‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بخش عمده محصول گوجه فرنگی در فصول پاییز و زمستان که در بازار استان البرز توزیع می‌گردد مربوط به جنوب کشور می‌باشد. کمترین فراوانی نمونه‌ها مربوط به شهرستان‌های ورامین، دماوند، بابل و رشت هر کدام با یک نمونه بود.

پورمقیم و همکاران (۱۳۸۶) با تعیین میزان نیترات در گوجه فرنگی‌های توزیع شده از مناطق مختلف کشور در میدان تره بار استان تهران گزارش کردند که میزان نیترات در فصل زمستان (۲۰/۱۱) ۲۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بیشتر از فصل تابستان (۱۰۱/۱۱) میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) می‌باشد که در فصل زمستان از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران بیشتر می‌باشد. شهبازادگان و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی وضعیت نیترات در بازار شهر اردبیل مقدار نیترات در گوجه فرنگی ۵۹/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند. میرمحمد ماکی و زیارتی (۲۰۱۵) با اندازه‌گیری نیترات در ۱۲۰ نمونه گوجه فرنگی از استان‌های تهران، کرمان و خوزستان میانگین میزان نیترات را ۱۲/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.<sup>۲۱</sup> Simion و همکاران (۲۰۰۸) مقدار نیترات گوجه فرنگی در کشور رومانی را ۱۰۷/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کرد که از حد استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر می‌باشد.<sup>۲۲</sup> شهبازی و همکاران (۲۰۰۷) مقدار نیترات را در محصول گوجه فرنگی در دو فصل بهار

همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار نیترات در تمامی نمونه‌ها از حد مجاز نیترات اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر، WHO, 1978) کمتر می‌باشد.<sup>۱۱</sup> سازمان ملی استاندارد نیز حداکثر میزان مجاز نیترات را در گوجه فرنگی ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر تعیین نموده است (سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۲). با این توضیحات میانگین میزان نیترات در گوجه فرنگی توزیع شده در بازار میوه و تره بار استان البرز کمتر از حد مجاز می‌باشد.

پیرصاحب و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی سبزیجات و صیفی‌جات کشت شده در دشت‌های جنوبی و شرقی کرمانشاه مقدار نیترات را در گوجه فرنگی برابر ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند. مقدار نیترات در محصول گوجه فرنگی در کشور لهستان برابر ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شد که با نتایج ما هم‌خوانی دارد.<sup>۱۸</sup> سیلسپور (۱۳۹۲) با بررسی وضعیت نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات دشت ورامین مقدار نیترات در محصول گوجه فرنگی را ۲۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کرد که از مقدار حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران بیشتر بود که با نتایج ما هم‌خوانی نداشت.<sup>۱۹</sup> نتایج مؤید این امر است که گوجه فرنگی به علت نوع بافت آن نسبت به سایر سبزیجات میزان کمتری نیترات را تجمع می‌دهد. این موضوع با مطالعه Yordanov مطابقت دارد. در آن مطالعه نیز بیشترین میزان نیترات مربوط به اسفناج، تربچه و چغندر قند و کمترین میزان نیترات مربوط به گوجه فرنگی گزارش شد.<sup>۲۰</sup> در مطالعه Susin و همکاران نیز کمترین میزان نیترات در محصول گوجه فرنگی گزارش شده است.<sup>۱۶</sup>

میانگین میزان نیترات در نمونه‌های گوجه فرنگی در فصل پاییز (۳۳/۹۴) میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بیشتر از دیگر فصول سال بود که این امر می‌تواند ناشی از دمای پایین در فصل پاییز و کاربرد زیاد کود برای تولید محصول بیشتر در این فصل به دلیل نیاز بازار باشد. در فصل پاییز، نمونه‌های کشت شده در منطقه شیراز بیشترین میانگین تجمع نیترات (۸۶/۲۳) را دارا بودند و بوشهر با ۴۰ و بندرعباس با ۳۱/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در فصل زمستان میانگین تجمع نیترات ۱۵/۴۴

**جدول ۴:** میزان نیترات نمونه‌های گوجه‌فرنگی در فصول مختلف در سال ۹۶-۱۳۹۵

فصل	منطقه	تعداد نمونه	*مقدار نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	
بهار	بوشهر	۶	۱۴/۳۲	
	یزد	۲	۵/۱۲	
	شیراز	۴	۱۶	
	کرمان	۱	۷/۶	
	ورامین	۱	۱۱/۳۲	
	کل	۱۴	۱۲/۷۸	
	تابستان	شیراز	۱	۸/۱
		زنجان	۹	۱۰/۵۸
		قزوین	۴	۱۳/۷۵
		کرج	۲	۶/۰۵
رشت		۱	۶/۸۲	
بابل		۱	۴/۳۵	
دماوند		۱	۳/۵۸	
کل		۱۹	۹/۷۵	
پاییز		قزوین	۴	۱۸/۶۳
		شیراز	۳	۸۶/۲۳
	کرج	۳	۲۴/۹	
	بندرعباس	۹	۳۱/۶۸	
	بوشهر	۹	۴۰	
	زنجان	۴	۱۷/۲	
	کرمان	۱	۲۸	
	یزد	۱	۳۱	
	همدان	۱	۱۶	
	کل	۳۵	۳۳/۹۴	
زمستان	بندرعباس	۳۵	۱۵/۲۱	
	همدان	۱	۲۳	
	کرمان	۱	۱۶	
	کل	۳۷	۱۵/۴۴	

\* در مواردی که تعداد نمونه بیش از یک عدد است مقادیر میانگین می‌باشد.

ملی استاندارد ایران (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) تنها در یک نمونه با ۱۲۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر غلظت نیترات بالاتر از حد

و زمستان در منطقه اهواز اندازه‌گیری کردند که مقدار آن به ترتیب برابر ۱۶۸۱ و ۱۶۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از حد مجاز بالاتر بود و در فصل زمستان اندکی از فصل بهار کمتر بود.<sup>۲۳</sup>

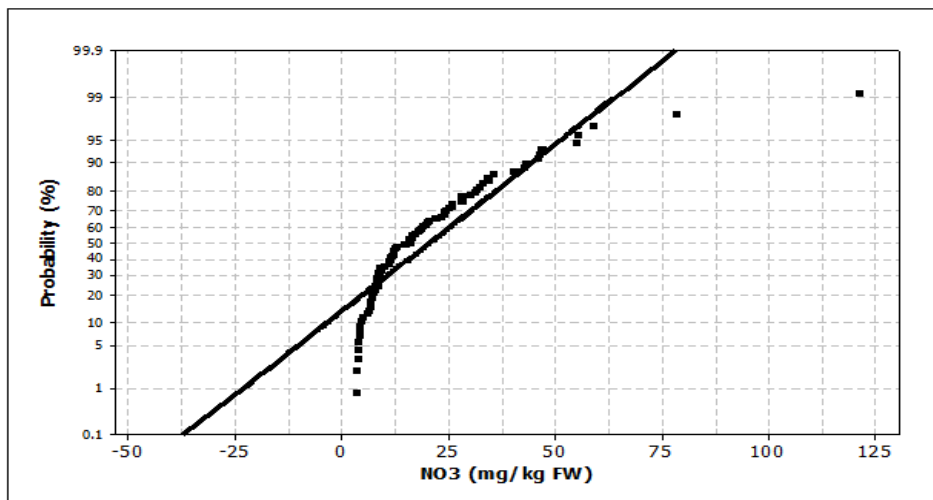
تأثیر فصل بر میزان تجمع نیترات در گوجه‌فرنگی به علت تفاوت درجه حرارت محیط، طول دوره نوری و تابش خورشید در فصول مختلف است.<sup>۲۵،۲۴</sup> میانگین نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی برداشت شده در فصل تابستان کمتر از پاییز و زمستان بود، در حالی که در تحقیق Brohi و Karanman با هدف تعیین عوامل مؤثر بر میزان نیترات گوجه‌فرنگی نشان داده شد که تجمع نیترات در نمونه‌های تابستان بیشتر از نمونه‌های زمستان است. علت این تفاوت را میتوان به عواملی مانند منطقه کشت، واریته و سن گیاه، شرایط آب و هوایی، نوع و میزان کوددهی، نحوه کشت، زمان برداشت و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت نسبت داد.<sup>۲۵،۱۰</sup> متفاوت بودن مقدار نیترات در فصول مختلف را می‌توان به تغییر نحوه کشت، افزایش مقدار مصرف کود و کاهش ساعات آفتابی و طول روز در فصل‌های پاییز و زمستان نسبت داد. زمانی که گیاه در معرض شدت نور کم یا روز کوتاه قرار می‌گیرد، غلظت نیترات افزایش می‌یابد.<sup>۲۶</sup> نخستین نتیجه اثر نور پایین، کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز است بدون این که با کاهش جذب همراه باشد، در نتیجه در مناطق جنوبی کشور با افزایش شدید دما و ساعات آفتابی کم نیترات در گوجه‌فرنگی تجمع پیدا می‌کند.

بررسی آماری نتایج نشان داد که غلظت نیترات در کل ۱۰۵ نمونه گوجه‌فرنگی از توزیع نرمال تبعیت می‌کند (شکل ۱). مطابق این منحنی با توجه به وضعیت داده‌ها می‌توان گفت که به طور کلی احتمال اینکه غلظت نیترات در هر نمونه گوجه‌فرنگی خریداری شده از بازار استان البرز پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران (۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) باشد، حدود ۹۹/۰۵ درصد و احتمال تجاوز غلظت نیترات از حد مجاز حدود ۰/۹۵ درصد است.

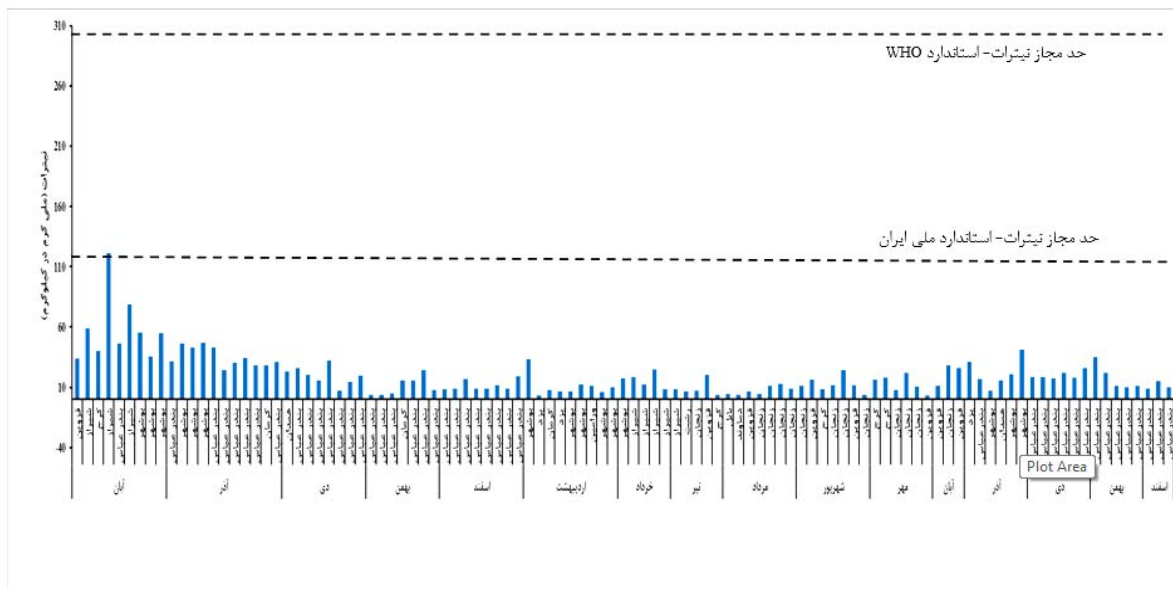
شکل ۲ مقدار نیترات را در نمونه‌های گوجه‌فرنگی در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشخص می‌باشد غلظت نیترات در تمام نمونه‌های گوجه‌فرنگی توزیع شده در بازار استان البرز کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) می‌باشد و با توجه به حد مجاز تعیین شده توسط سازمان

استاندارد ملی می‌باشد که این نمونه مربوط به شهرستان شیراز و در آبان ماه یعنی در فصل پاییز مشاهده شد. روستا و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی وضعیت نیترات در سبزیجات شهرستان شیراز مقدار این ترکیب را در محصول گوجه فرنگی ۹۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند که از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۳۰۰) بیشتر بود. رحمانی (۱۳۸۵) با بررسی وضعیت نیترات در سبزی-کارهای منطقه برآن اصفهان دامنه مقدار نیترات در گوجه فرنگی را

۱۷/۷-۲۹۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که اکثر نمونه‌های گوجه فرنگی نیتراتی بیش از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران دارند که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت ندارد. رضایی و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی مقدار نیترات در استان اراک مقدار نیترات در محصول گوجه فرنگی را ۷/۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند.<sup>۱۳</sup>



شکل ۱: منحنی بررسی وضعیت توزیع غلظت نیترات در کل نمونه‌های گوجه فرنگی



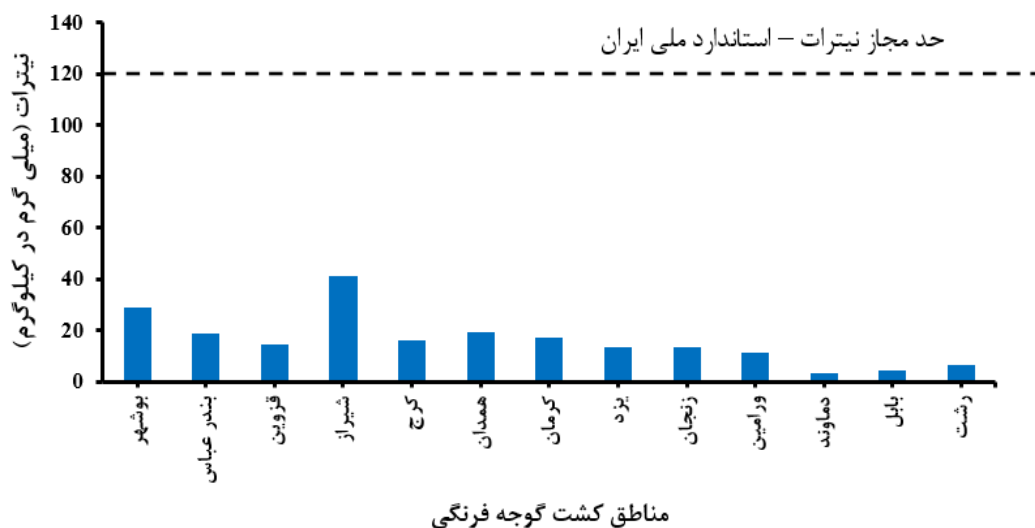
شکل ۲: غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم در وزن تر) در نمونه‌های گوجه فرنگی

رضوی نتیجه گرفتند که میزان کود مصرفی عامل مهمی در میزان تجمع نیترات می‌باشد و با توجه به مصرف تازه‌خوری بسیاری از سبزی‌ها، مصرف نامناسب کودهای شیمیایی می‌تواند علاوه بر مسائل زیست محیطی و ایجاد آلودگی در منابع آب و خاک، مشکلات زیادی از نظر سلامتی برای مصرف کنندگان به بار آورد، بنابراین تغذیه متعادل از اهمیت بسزایی برخوردار است. متفاوت بودن مقدار نیترات در مناطق مختلف این نکته را خاطر نشان می‌کند. با تغییرات آب و هوا مقدار نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات تغییر می‌کند. به علاوه این تفاوت را می‌توان به مقدار و نوع متفاوت مصرف کود، مقدار نیترات خاک، کیفیت آب آبیاری متفاوت در مناطق مختلف نسبت داد.<sup>۳۰</sup>

### خیار

جدول ۵ پارامترهای آماری مربوط به مقدار نیترات در محصول خیار را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص می‌باشد حداکثر مقدار نیترات اندازه‌گیری شده برابر ۱۲۲۱ و کمترین مقدار نیترات برابر ۱۵/۸ و میانگین میزان نیترات ۲۱۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود.

شکل ۳ میانگین غلظت نیترات در محصول گوجه‌فرنگی توزیع شده در بازار استان البرز از مناطق مختلف کشور را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص می‌باشد میانگین غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی‌های ارسال شده از شهرهای مختلف به بازار استان البرز کمتر از حد مجاز می‌باشد. بیشترین مقدار نیترات مربوط به نمونه‌های گوجه‌فرنگی ارسال شده از شهرستان شیراز با ۴۱/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه و کمترین مقدار مربوط به منطقه دماوند با ۳/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر می‌باشد. رجایی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی وضعیت نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات استان فارس مقدار نیترات در محصول گوجه‌فرنگی را ۲۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند که از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران بیشتر بود.<sup>۳۷</sup> Amer- Zamrik در سال ۲۰۱۳ میانگین مقدار نیترات را در گوجه‌فرنگی‌های کشت شده در کشور سوریه را ۱۰/۸۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کرد که از محدوده مجاز پایین‌تر می‌باشد و خطری برای سلامتی مردم منطقه ندارد.<sup>۳۸</sup> مقدار نیترات در نمونه گوجه‌فرنگی‌های کشت شده در کشور یونان برابر ۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که از حد استاندارد پایین‌تر می‌باشد.<sup>۳۹</sup> جلینی و دوستی (۱۳۹۰) با بررسی میزان تجمع نیترات در گوجه‌فرنگی در خراسان



شکل ۳: میانگین میزان نیترات در محصول گوجه‌فرنگی ارسال شده از مناطق مختلف به بازار استان البرز



جدول ۵: میانگین غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) و سایر داده های آماری خیار در بازار استان البرز

تعداد مناطق	تعداد نمونه	میانگین میزان نیترات	انحراف استاندارد	حداکثر میزان نیترات	حداقل میزان نیترات	مقدار استاندارد (استاندارد ملی شماره)
۱۲	۱۰۱	۲۱۲/۲۵	۱۸۹/۸۶	۱۲۲۱	۱۵/۸	۱۱۶۵۹۶ (ایران)

تابستان > بهار > زمستان > پاییز همان‌طور که ملاحظه می‌شود میانگین نیترات در خیار از میزان نیترات اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر، WHO, 1978) بیشتر می‌باشد. سازمان ملی استاندارد نیز حداکثر میزان مجاز نیترات را در خیار ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش نموده است (سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۲). با این توضیحات میانگین میزان نیترات در خیار توزیع شده در بازار میوه و تره بار استان البرز بیشتر از حد مجاز می‌باشد. سیلِسپور (۱۳۹۲) مقدار نیترات را در خیارهای کشت شده در دشت ورامین برابر ۳۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کرد. در این مطالعه ۱۰۰ درصد نمونه‌های مورد بررسی دارای نیترات بالاتر از حد استاندارد بودند که با خطرات زیادی برای مصرف کنندگان همراه می‌باشد.<sup>۱۹</sup>

میانگین میزان نیترات در فصول پاییز، زمستان، بهار و تابستان در نمونه‌های خیار به ترتیب ۳۰۲/۲۷، ۲۳۹/۴، ۱۲۴/۵۵ و ۹۷/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، انحراف معیار نتایج بدست آمده بسیار زیاد است، علت این موضوع وسعت بسیار زیاد محدوده نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های برداشت شده از مناطق مختلف می‌باشد. بیشترین مقدار نیترات در فصل پاییز مربوط به منطقه جیرفت با ۱۲۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و در رتبه بعدی منطقه یزد با ۲۹۳/۶ قرار دارد. بیشترین میانگین نیترات در فصل زمستان مربوط به منطقه ورامین ۳۲۳/۷۴ بود و مناطق جیرفت، بندرعباس و کهنوج در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بیشترین مقدار نیترات در فصل بهار مربوط به منطقه کرج با ۱۶۷/۴۴ و مناطق دزفول، یزد، ورامین و شیراز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بیشترین میانگین تجمع نیترات در فصل تابستان در نمونه‌های خیار منطقه کرج ۱۰۸/۲۲ مشاهده شد و مناطق بابل، یزد، دماوند و زنجان به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به طور خلاصه می‌توان وضعیت غلظت نیترات در فصول مختلف در میوه خیار را به شکل زیر نشان داد:

تابستان > بهار > زمستان > پاییز بیشترین تعداد نمونه مربوط به استان‌های یزد، البرز و کرمان می‌باشد و کمترین فراوانی مربوط به شهرستان‌های بابل، دماوند، دزفول و شیراز هر کدام با یک نمونه می‌باشد (جدول ۶). شهبازی و همکاران (۲۰۰۷) مقدار نیترات را در نمونه‌های خیار کشت شده در اهواز در دو فصل بهار و زمستان اندازه‌گیری کردند که مقدار آن به ترتیب برابر ۸۱۳/۳ و ۹۹۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از نظر تغییرات مقدار نیترات با تغییر فصل با مطالعه ما مطابقت دارد.<sup>۳۳</sup> Chung و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی ۴۰ نمونه خیار در کره جنوبی میانگین مقدار نیترات را ۲۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند، که مقدار نیترات در فصل زمستان ۲۶۷ و در فصل تابستان ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود.<sup>۳۳</sup> تفاوت در مقدار نیترات در فصول مختلف را می‌توان به منطقه کشت و تغییرات آب و هوایی نسبت داد. جذب خالص نیترات در گیاه تحت تأثیر شدت نور است. کاهش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و میزان فتوسنتز در نور پایین و عدم تبدیل نیترات به مواد آلی سبب ذخیره بیشتر نیترات طی فصول سرد می‌شود.<sup>۳۳</sup> میزان نیترات کاهو در فصل‌های پاییز و زمستان و زیر پوشش پلاستیکی بدون استفاده از نور مصنوعی بیش از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر می‌باشد. حتی زمانی که کود در خاک در حد کمی وجود دارد تجمع نیترات در پاییز و زمستان مشاهده می‌شود.<sup>۳۳</sup> Zhou و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند با افزایش طول روز و ساعت آفتابی مقدار نیترات در خیار کاهش پیدا می‌کند. همچنین مهم‌ترین عامل در تجمع نیترات در چین را مصرف کودهای شیمیایی عنوان کردند و تفاوت در مقدار نیترات در مناطق مختلف را به متفاوت بودن مقدار کود مصرفی و شرایط آب و هوایی مانند طول روز و ساعات آفتابی نسبت دادند.<sup>۳۴</sup> مطالعات انجام شده در اروپا حاکی از آن دارد که تجمع نیترات در سبزی‌ها به دلیل شدت نور و محدودیت ساعات آفتابی در طول روز در زمستان بیشتر از تابستان است.<sup>۳۵</sup>

جدول ۶: میزان نیترات نمونه‌های خیار در فصول مختلف در سال ۹۶-۱۳۹۵

فصل	منطقه	تعداد نمونه	*مقدار نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	
بهار	یزد	۸	۱۱۴/۹۳	
	کرج	۵	۱۶۷/۴۴	
	دزفول	۱	۱۳۹	
	شیراز	۱	۴۸	
	ورامین	۱	۴۹/۲	
	کل	۱۶	۱۲۴/۵۵	
	تابستان	کرج	۱۴	۱۰۸/۲۲
		زنجان	۱	۳۶
		بابل	۱	۷۵/۵۱
		دماوند	۱	۵۸/۳۹
پاییز	یزد	۱	۶۹	
	کل	۱۸	۹۷/۴۴	
	یزد	۱۵	۲۹۳/۶	
	ورامین	۲	۲۲۰/۵	
	کرج	۱	۱۵/۸	
	زنجان	۲	۱۷۶/۵	
	بوشهر	۲	۲۶۱/۵	
	کهنوج	۱	۴۷۵	
	جیرفت	۱	۱۲۲۱	
	بندرعباس	۱	۱۲۴	
زمستان	کل	۲۵	۳۰۲/۲۷	
	یزد	۱۴	۱۸۶/۵۵	
	کهنوج	۷	۲۰۵/۱۴	
	ورامین	۱۳	۳۲۳/۷۴	
	جیرفت	۳	۲۴۲/۶۷	
	بندرعباس	۴	۲۳۴/۲۵	
	بوشهر	۱	۱۳۳	
کل	۴۲	۲۳۹/۴		

\* در مواردی که تعداد نمونه بیش از یک عدد است مقادیر میانگین می‌باشد.

عاملی که منجر به کاهش سطح انرژی گیاه شود می‌تواند منجر به تجمع نیترات در گیاه شود. بنابراین تجمع نیترات در گیاه در فصل زمستان به دلیل کاهش سطح انرژی می‌باشد.<sup>۳۶</sup>

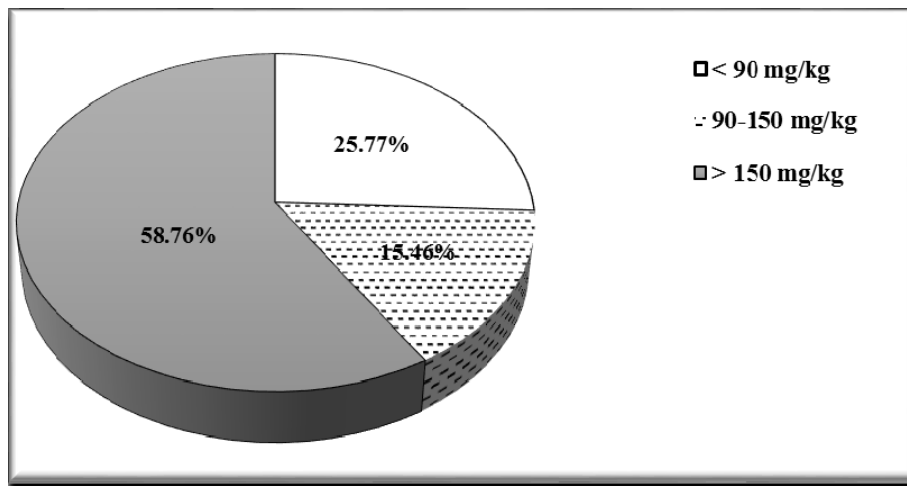
بررسی آماری نتایج نشان داد که غلظت نیترات در کل ۱۰۱ نمونه خیار از توزیع نرمال تبعیت می‌کند (شکل ۴). مطابق این منحنی با توجه به وضعیت داده‌ها می‌توان گفت که به طور کلی احتمال اینکه غلظت نیترات در هر نمونه خیار خریداری شده از بازار استان البرز زیر حد بحرانی ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، حدود ۲۵/۷۷ درصد و احتمال تجاوز از غلظت نیترات حد مجاز حدود ۷۴/۲۳ درصد است.

شکل ۵ غلظت نیترات در نمونه‌های خیار که در ماه‌های مختلف به بازار استان البرز ارسال شده است را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل اکثر نمونه‌های خیار ارسال شده به بازار استان البرز دارای نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان ملی استاندارد ایران می‌باشد. بیشترین مقدار نیترات برابر ۱۲۲۱ در منطقه جیرفت در فصل پاییز مشاهده شد و کمترین مقدار نیترات برابر ۱۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر مربوط به نمونه کرج بود. رجایی و همکاران (۱۳۹۱) مقدار نیترات در محصول خیار استان فارس را ۲۵۹ میلی-گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند که از حدود استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان ملی استاندارد ایران بیشتر می‌باشد.<sup>۳۷</sup> شهبازادگان و همکاران (۱۳۸۸) مقدار نیترات را در خیار عرضه در بازار شهر اردبیل برابر ۸۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند که از حد مجاز پایین‌تر بود.<sup>۳۷</sup> رضایی و همکاران (۲۰۱۳) مقدار نیترات در خیارهای استان اراک برابر ۴۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش کردند.<sup>۳۸</sup> مقدار نیترات در ۱۰ نمونه خیار اندازه‌گیری شده در کشور یونان ۱۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد که از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بالاتر بود.<sup>۳۹</sup>

Raczuk و همکاران (۲۰۱۴) با اندازه‌گیری مقدار نیترات در نمونه‌های خیار در کشور لهستان مقدار آن را ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم برای این محصول گزارش کردند که از مقادیر استاندارد پایین‌تر بود و خطری برای مصرف کنندگان نداشت.<sup>۳۸</sup> در شکل ۵ به خوبی می‌توان اثر زمان کشت و منطقه کشت را در میزان نیترات

بخش عمده نیترات که حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد کل نیترات جذب شده است در برگ‌ها به آمونیوم احیاء می‌شود. فرآیند احیاء نیترات نیازمند انرژی و ترکیبات کاهنده الکترون از قبیل NADPH و NADP می‌باشد که از طریق فتوسنتز و تنفس حاصل می‌شوند. هر





شکل ۶: وضعیت مقدار نیترات در نمونه‌های خیار

میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

شکل ۷ میانگین غلظت نیترات در نمونه خیار را که از مناطق مختلف کشور به بازار استان البرز ارسال شده است نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بیشترین مقدار نیترات در خیار کامل آنالیز شده مربوط به شهرستان جیرفت استان کرمان با  $487/25$  میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و کمترین مقدار مربوط به شهرستان شیراز با  $49/9$  میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه می‌باشد. میانگین میزان نیترات در خیار کامل در تمامی نمونه‌ها به جز نمونه‌های بابل، دماوند و شیراز از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی بیشتر می‌باشد. ۷۵ درصد نمونه‌ها، شامل نمونه‌های استان‌های (یزد، ورامین، کرج، جیرفت کرمان، کهنوج کرمان، بوشهر، دزفول، زنجان و بندر عباس) حاوی مقادیر نیترات بالاتر از حد مجاز بودند. تنها در نمونه‌های ارسالی از سه منطقه دماوند، بابل و شیراز مقدار نیترات از حد مجاز پایین‌تر بود. به این ترتیب، نقش عوامل محیطی مانند: منطقه کشت (شرایط آب و هوایی: دما، رطوبت، طول روز، ساعات آفتابی)، نحوه کشت (مزرعه‌ای، گلخانه‌ای) و مقدار و نحوه کود مصرفی در میزان تجمع نیترات مشخص می‌شود. البته بایستی یادآور شد که تعداد نمونه‌های مربوط به این مناطق تنها یک عدد بود.

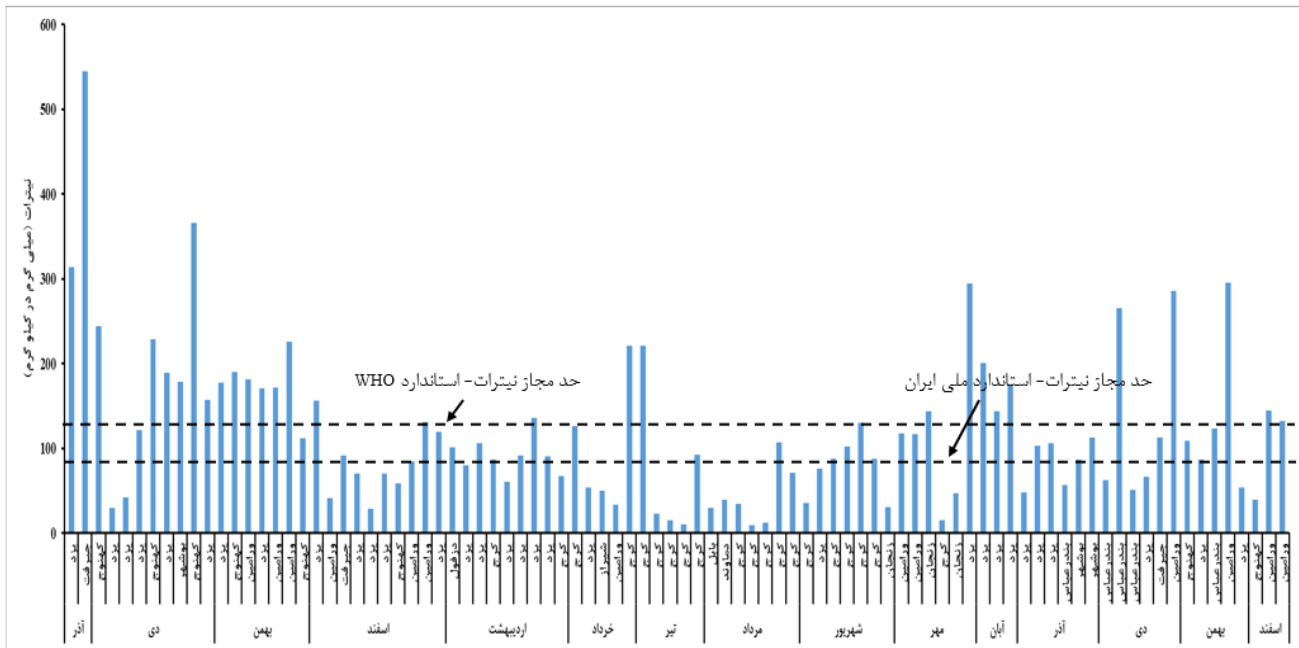
مقدار نیترات در محصول خیار در مطالعات انجام شده در کشورهای ژاپن، انگلیس، آلمان، بلژیک و سنگاپور به ترتیب  $384$

وسیع بودن محدوده میزان تجمع نیترات در گوجه‌فرنگی و خیار را می‌توان به این عوامل نسبت داد: نوع، واریته و سن گیاه، میزان نیترات خاک و pH خاک، تنش رطوبتی، نوع کود، مقدار کود مصرفی، نحوه کشت (سنتی یا گلخانه‌ای)، زمان برداشت محصول (صبح یا عصر)، فصل برداشت و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت و شرایط آب و هوایی (از جمله درجه حرارت و شدت نور). در تحقیقات مشابه انجام شده توسط سایر محققان نیز این وسعت محدوده میزان نیترات گزارش شده است.<sup>۳۹،۲۵</sup>

افزایش دما می‌تواند رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و باعث تجمع نیترات در گیاه شود. در آزمایشی در استرالیا مشخص شد که نیترات بیشتری در دمای بین  $18-39$  درجه سانتی‌گراد در مقایسه با  $14-28$  درجه سانتی‌گراد در سبزیجات تجمع پیدا می‌کند.<sup>۴۰</sup> میزان تجمع نیترات در فصل زمستان در گیاهان بیشتر از فصل بهار می‌باشد. این پدیده را می‌توان با دو دلیل کم شدن میزان کاهش نیترات توسط آنزیم نیترات رداکتاز و کم شدن نرخ رشد گیاه در فصل زمستان توجیه کرد.<sup>۴۱</sup>

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود  $58/76$  درصد خیارهای توزیع شده در بازار استان البرز غلظت نیترات بیش از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) یعنی  $150$  میلی‌گرم در کیلوگرم دارند و در حدود  $74$  درصد بیش از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران یعنی بیش از  $90$





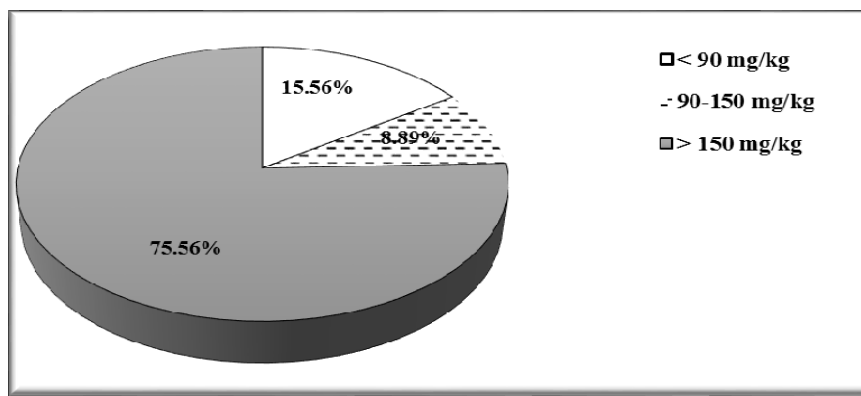
شکل ۹: غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در گوشت خیار

سازمان ملی استاندارد ایران می‌باشد. بیشترین مقدار نیترات در بخش گوشت برابر ۵۴۵ و کمترین مقدار نیترات برابر ۹/۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود.

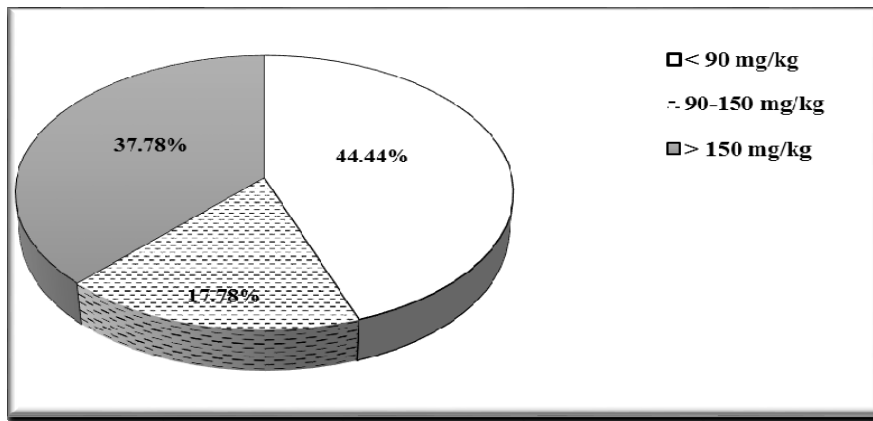
۷۵/۵۶ درصد نمونه‌های پوست خیار آنالیز شده دارای نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) یعنی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند و حدود ۸۴ درصد بیش از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران یعنی بیش از ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم دارند (شکل ۱۰).

شکل ۸ غلظت نیترات بخش پوست خیار را که در ماه‌های مختلف به بازار استان البرز ارسال شده نشان می‌دهد. بیشترین مقدار نیترات در بخش پوست برابر ۲۰۶۵ و کمترین مقدار نیترات برابر ۱۱/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری گردید.

شکل ۹ غلظت نیترات در بخش گوشت خیار را که در ماه‌های مختلف به بازار استان البرز ارسال شده نشان می‌دهد. با توجه به شکل اکثر نمونه‌های گوشت خیار آنالیز شده دارای نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و



شکل ۱۰: وضعیت مقدار نیترات در بخش پوست نمونه‌های خیار



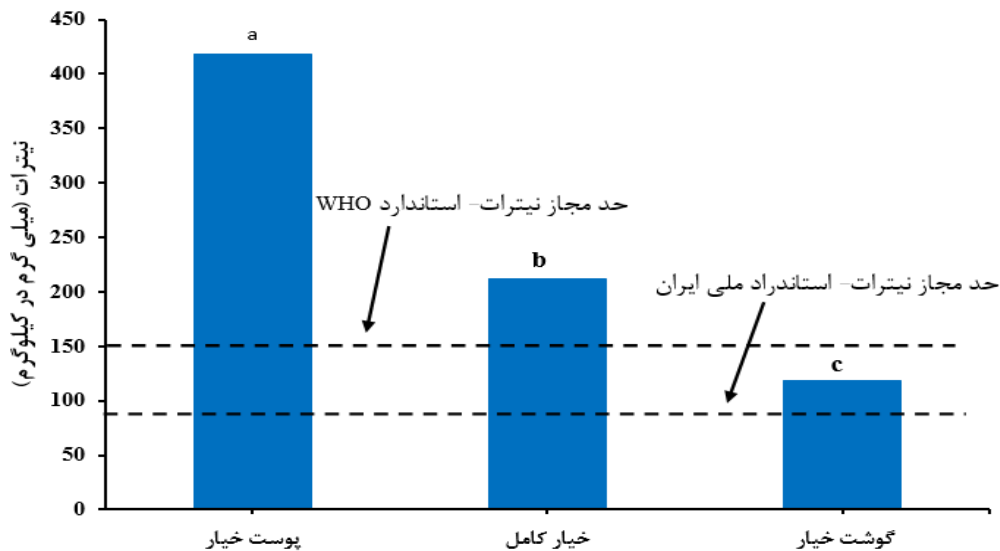
شکل ۱۱: وضعیت مقدار نیترات در بخش گوشت نمونه‌های خیار

همان‌طور که ملاحظه می‌شود ۳۷/۷۸ درصد نمونه‌های گوشت خیار آنالیز شده دارای نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) یعنی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند و حدود ۵۵/۵۶ درصد بیش از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران یعنی بیش از ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند (شکل ۱۱).

بین قسمت‌های مختلف خیار از نظر مقدار نیترات اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ). میانگین غلظت نیترات در پوست خیار برابر ۴۱۸/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و در خیار کامل برابر ۲۱۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر می‌باشد که از هر دو حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران بیشتر می‌باشد. در حالی که میانگین غلظت در گوشت خیار ۱۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که فقط از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان استاندارد ملی ایران بیشتر می‌باشد (شکل ۱۲).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود ۳۷/۷۸ درصد نمونه‌های گوشت خیار آنالیز شده دارای نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) یعنی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند و حدود ۵۵/۵۶ درصد بیش از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران یعنی بیش از ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند (شکل ۱۱).

بین قسمت‌های مختلف خیار از نظر مقدار نیترات اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ). میانگین غلظت نیترات در



شکل ۱۲: میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در اندام‌های مختلف گیاه خیار (حروف معنی‌داری مربوط به آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) می‌باشد).

محصول (رطوبت، دما، شدت نور، تعداد ساعات آفتابی)، زمان برداشت (صبح یا عصر)، فصل تولید و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت بر تجمع نیترات در محصولات کشاورزی تأثیر دارند.<sup>۴۶</sup> این امر باعث شده است که در پژوهش‌های انجام شده گستره وسیعی از تجمع نیترات در محصولات مختلف توسط محققین گزارش گردد.<sup>۳۳، ۴۷، ۴۸</sup> که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. بخش عمده خیار عرضه شده در بازار استان البرز (حدود ۷۴٪) دارای نیترات بیشتر از حد مجاز بودند. این امر نشان‌دهنده آن است که از نقطه نظر تجمع نیترات و خطر ابتلا به سرطان‌های دستگاه گوارش در نتیجه مصرف این محصول، جمعیت مصرف کننده را تهدید می‌کند ولی برای گوجه فرنگی خطر چندانی در نتیجه مصرف آن وجود ندارد. به دلیل بالا بودن مقدار نیترات در قسمت پوست نسبت به گوشت خیار، پوست کندن هنگام مصرف می‌تواند خطر ورود نیترات به بدن مصرف کننده را به شدت کاهش دهد. در فصل پاییز و زمستان غلظت نیترات در خیار و گوجه فرنگی نسبت به فصول تابستان و بهار افزایش می‌یابد که می‌تواند به دلیل کاهش شدت نور و در نتیجه کاهش شدت فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز باشد که به میزان نور محیط پاسخ نشان می‌دهد.<sup>۴۹</sup> به منظور کاهش تجمع نیترات در محصولات کشاورزی بکارگیری روش‌های زراعی نظیر استفاده از کشت‌های آلی، مواد آلی کمپوست شده و کودهای زیستی برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن و در نتیجه کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه پیشنهاد می‌گردد. به نظر می‌رسد اعداد حدود مجاز اعلام شده در استاندارد ۱۶۵۹۶ که توسط سازمان استاندارد ایران ارائه گردیده است نسبت به اعداد حدود استاندارد اعلامی از طرف مراجع جهانی پایین‌تر و سخت‌گیرانه‌تر بوده و نیازمند اصلاح بر اساس سبب غذایی جامعه و سایر فاکتورهای تأثیرگذار می‌باشد.

شهباززادگان و همکاران (۱۳۸۸) مقدار نیترات را سه بخش پوست، گوشت و خیار کامل در نمونه‌های خیار شهر اردبیل اندازه‌گیری کردند که به ترتیب برابر ۱۹۳/۲۱، ۶۲/۷۹ و ۱۲۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود که با نتایج ما از نظر تجمع در بخش‌های مختلف خیار هم‌خوانی دارد.<sup>۳۷</sup> Kostosiras و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر غلظت نیتروژن در کشت هیدروپونیک بر مقدار نیترات در خیار نتیجه گرفتند که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژنی، نیترات بیشتری در خیار تجمع پیدا می‌کند و بیشترین مقدار نیترات در بخش پوست در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید که برابر ۴۸۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بود که نسبت به بخش‌های دیگر خیار بیشترین مقدار نیترات را دارا بود.<sup>۴۳</sup> غلظت نیترات در پوست و اندام‌های خارجی میوه‌ها و سبزی‌ها نسبت به بخش‌های داخلی بیشتر می‌باشد. این نتیجه با گزارشات ریتل و همکاران و دجونکیر و همکاران مبنی بر کاهش ۳۰ تا ۳۴ درصدی غلظت نیترات سیب‌زمینی در نتیجه پوست کندن مطابق دارد.<sup>۴۵، ۴۴</sup>

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تجمع نیترات در محصولات مورد بررسی دارای گستره وسیعی از ۱۲۱/۳-۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برای گوجه فرنگی و ۱۲۲۱-۱۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر در محصول خیار می‌باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده عواملی از قبیل نوع رقم محصول، سن گیاه، میزان نیتروژن معدنی خاک، pH خاک، بافت خاک، تنش‌های رطوبتی و دمایی، آبیاری با آب آلوده به نیترات، مقدار، شکل و تعداد دفعات کود نیتروژنه مصرفی، مقدار مصرف پتاسیم، کاربرد بازدارنده‌های نیترات سازی، کودهای کندرها، مصرف علف کش‌ها، نوع کشت (رایج و ارگانیک)، شرایط آب و هوایی در طول دوره پرورش

## References

1. Novoa R, Loomis R. Nitrogen and plant production. Soil Water and Nitrogen in Mediterranean-type Environments. 1981:177-204.
2. Dutt M, Lim H, Chew R. Nitrate consumption and the incidence of gastric cancer in Singapore. Food and

Chemical Toxicology. 1987;25(7):515-20.

3. Rubatzky VE, Yamaguchi M. World vegetables: principles, production, and nutritive values: Springer Science & Business Media; 2012.



4. Kmiecik W, Lisiewska Z, Słupski J. Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill (*Anethum graveolens* L.). *Food chemistry* 2004;86(1):105-11.
5. Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT. The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature reviews Drug discovery* 2008;7(2):156.
6. 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(1):185-202.
7. Subhadrabandhu S, Chairidchai P. Proceedings of the Third International Pineapple Symposium, Pattaya, Thailand, 17-20 November 1998: International Society for Horticultural Science (ISHS); 2000.
8. McKnight G, Smith L, Drummond R, Duncan C, Golden M, Benjamin N. Chemical synthesis of nitric oxide in the stomach from dietary nitrate in humans. *Gut* 1997;40(2):211-4.
9. Institute of Standards and Industrial Research, test and measurement of nitrite and nitrate in fruit and vegetable products by their measured molecular spectrum (1998). Standard No. 4106.
10. Malakouti, M. C. 1375. Sustainable agriculture and increasing yield by optimizing fertilizer use in Iran. Publishers Agricultural Research and Training Organization, Tehran, Iran. [In Persian].
11. World Health organization, 1998.
12. Roustaa MJ, LotfiB E, ShamsalamC N, MousaviD F, Soleiman L, editors. Nitrate Situation in Some Vegetables and the Necessity of Crop Production via Organic Farming. 19th World Congress of Soil Science; 2010.
13. Rezaei M, Fani A, Moini AL, Mirzajani P, Malekirad AA, Rafiei M. Determining nitrate and nitrite content in beverages, fruits, vegetables, and stews marketed in Arak, Iran. *International scholarly research notices* 2014;2014.
14. Afalzi S, Elahi R. Measuring nitrate and nitrite concentrations in vegetables, fruits in Shiraz. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 2014;18(3):451-7.
15. Dejon C, Stekbaut W. Nitrate in food commodities vegetable origin and the total diet in Belgium, Ghent university. *Faculties Bio-ingenious Wetenschappen (FLTBW)*. 1995;15:625-31.
16. Sušin J, Kmecl V, Gregorčič A. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996–2002. *Food additives and contaminants* 2006;23(4):385-90.
17. Food, C.o.t.E.C.S.C.f. Reports of the Scientific Committee for Food. Office for official publications of the European Communities, 1975.
18. Raczuk J, Wadas W, Glozak K. Nitrates and nitrites in selected vegetables purchased at supermarkets in Siedlce, Poland. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 2014;65(1).
19. Silpour.M. 1392. Determination of nitrate in main vegetable and sifi products of Varamin plain, number of designs: 88047-10-72-2, Agricultural Research Center of Tehran Province [In Persian].
20. Yordanov N, Novakova E, Lubenova S. Consecutive estimation of nitrate and nitrite ions in vegetables and fruits by electron paramagnetic resonance spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 2001;437(1):131-8.
21. MirMohammad-Makki F, Ziarati P. Nitrate and Nitrite in Fresh Tomato and Tomato derived Products. *Biomedical and Pharmacology Journal* 2015;8:115-22.
22. Simion V, Campeanu G, Vasile G, Artimon M, Catana L, Negoita M. Nitrate and nitrite accumulation in tomatoes and derived products. *Romanian Biotechnological Letters Romanian Biotechnological Letters* 2008;13(4):3785-90.
23. Shahlaei A, Ansari NA, Dehkordie FS. Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. *Asian J Plant Sci*. 2007;6(1):97-12.
24. Maff U. Nitrate in lettuce and spinach. *Food surveillance information sheet*. 1999(177).
25. Pavlou GC, Ehalotis CD, Kavvadias VA. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae* 2007;111(4):319-25.
26. Dapoigny L, De Tourdonnet S, Roger-Estrade J, Jeuffroy M-H, Fleury A. Effect of nitrogen nutrition on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.), under various conditions of radiation and temperature. *Agronomie* 2000;20(8):843-55.
27. Rajaei M, Tavakoli, A., Ganbari, A., H. 2011. Determination of nitrate and nitrite pollution in some agricultural products of Fars province. *Agricultural Research Organization, Fars, Iran*. [In Persian].
28. Amer-Zamrik M. Determination of nitrate and nitrite contents in tomato and processed tomato products in Syrian market. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 2013;19:1-5.
29. Fytianos K, Zarogiannis P. Nitrate and nitrite accumulation in fresh vegetables from Greece. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1999;62(2):187-92.
30. Jillini, M. F, Friendship, Study of Nitrate Accumulation in Potato and Tomato Production, *Environmental Journal*, No. 50, 201. [In Persian].
31. Chung S, Kim J, Kim M, Hong M, Lee J, Kim C, et al. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Additives & Contaminants* 2003;20(7):621-8.

32. Huarte-Mendicoa J, Astiasaran I, Bello J. Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food Chemist.* 1997;58(1-2):39-42.
33. Stepowska A, Kowalczyk W, editors. The effect of growing media on yield and nitrate concentration in lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.). *International Symposium on Growing Media and Hydroponics* 548; 1999.
34. ZHOU Z-Y, WANG M-J, WANG J-S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Reviews International.* 2000;16(1):61-76.
35. EFSA. Nitrate in vegetables: scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *European Food Safety Authority Journal* 2008, 689: 1-79.
36. Marschner H, Rimmington G. Mineral nutrition of higher plants. *Plant Cell Environ.* 1988;11(2):147-8.
37. Shahbazzadegan, S., K. Hashemi Majd and b. Shahbazi . Measurement of Nitrate Concentration in Vegetables and Fruits Presented in Ardabil. *Scientific Journal of Ardabil University of Medical Sciences.* Volume 10, Number 1, pp. 47-38, 2010. [In Persian].
38. Raczuk J, Wadas W, Glozak K. Nitrates and nitrites in selected vegetables purchased at supermarkets in Siedlce, Poland. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny.* 2014;65(1).
39. Rahmani H. Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in some agricultural fields in Baraan (Esfehah Prevalence). *Env Sci.* 2006;11:23-34.
40. Parks S, Huett D, Campbell L, Spohr L. Nitrate and nitrite in Australian leafy vegetables. *Australian journal of agricultural research* 2008;59(7):632-8.
41. Kanaan S, Economakis C, editors. Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. *Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates* 323; 1992.
42. Abu-Dayeh AGH. Determination of nitrate and nitrite content in several vegetables in Tulkarm District. Unpublished MS thesis, An-Najh National University, Nablus, Palestine. 2006.
43. Kotsiras A, Olympios C, Drosopoulos J, Passam H. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Scientia Horticulturae* 2002;95(3):175-83.
44. Rytel E, Gołubowska G, Lisińska G, Pęksa A, Aniołowski K. Changes in glycoalkaloid and nitrate contents in potatoes during French fries processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2005;85(5):879-82.
45. DEJONGHEERE W, Steurbaut W, Drieghe S, VERSTRAETE R, BRAECKMAN H. Nitrate in food commodities of vegetable origin and the total diet in Belgium (1992-1993). *Microbiologie-Aliments-Nutrition* (1994), 12, 359-370.
46. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2006;86(1):10-7.
47. Onyesom I, Okoh P. Quantitative analysis of nitrate and nitrite contents in vegetables commonly consumed in Delta State, Nigeria. *British Journal of Nutrition* 2006;96(5):902-5.
48. Thomson B, Nokes C, Cressey P. Intake and risk assessment of nitrate and nitrite from New Zealand foods and drinking water. *Food additives and contaminants* 2007;24(2):113-21.
49. Andersson R. Nitrate reduction during fermentation by Gram-negative bacterial activity in carrots. *International Journal of Food Microbiology* 1985;2(4):219-25.

Mehdi Beheshti<sup>1</sup>, Karim Shahbazi<sup>2\*</sup>, Kambiz Bazargan<sup>2</sup>, Elaheh Malekzadeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Soil Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, Karaj, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

<sup>3</sup> Laboratory Expert, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

## Study of Nitrate Status in Tomatoes and Cucumbers Distributed in the Alborz Province Market

Received: 10 Aug. 2018; Accepted: 10 Oct. 2018

### Abstract

**Background:** Nitrate is one of the most important pollutants that is accumulated mainly due to unbalanced fertilizer use and excessive use of nitrogen fertilizers in plant organs. Most of the nitrate in our body comes from vegetables. In Iran, tomatoes and cucumbers are consumed vegetables in the food basket of people. Therefore, the study of nitrate pollution in these products and the identification of the sources of pollutants and providing appropriate solutions for the relative reduction of contamination is necessary.

**Methods:** In this study, we randomly collected samples of tomatoes and cucumbers from Alborz province for 16 months each week. Samples were washed with distilled water and moisture content and their nitrate content was measured by micro-Kajledal method.

**Results:** The results showed that nitrate content in the cucumbers Distribution the Alborz province with an average of 212.25 mg / kg fresh weight was higher than the World Health Organization (WHO) (150 mg / kg) and Iranian National Standardization Organization (INSO) (90 mg / kg of fresh weight). The range of nitrate content in fresh cucumber samples was 15.18-1221 mg / kg and according to the World Health Organization and National Iranian Standards Organization, 58.76% and 74% of cucumber samples had more nitrate content above the limit, respectively. The results of this study showed that the mean concentration of nitrate in tomato samples was 20.22 mg / kg, which was below the World Health Organization (300 mg / kg) and Iranian National Standardization Organization (120 mg / kg fresh weight) was less. The range of nitrate content in tomato samples was 3.4-121.3 mg / kg, and according to the Iranian National Standardization Organization index, only one tomato sample had nitrate content higher than the limit.

**Conclusion and Discussion:** The results showed that mean nitrate concentration in autumn > winter > spring > summer. In cucumber, the amount of nitrate in the skin is more than other parts of cucumber.

**Keywords:** Nitrate content, Tomato, Cucumber

**\*Corresponding Author:**

Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Tel: 0912-5663087  
E-mail: kshahbazi@swri.ir