



فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

۱۷-۳۶

مقاله پژوهشی

ارزیابی برخی محصولات سبزی و صیفی تولیدی اصفهان از نظر غلظت نیترات

حمید رضا رحمانی* و زهرا خان محمدی

بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

رحمانی، ح.ر. و ز. خان محمدی. ۱۴۰۱. ارزیابی برخی محصولات سبزی و صیفی تولیدی اصفهان از نظر غلظت نیترات. فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۴): ۱۷-۳۶.

سابقه و هدف: سبزیجات بخش مهمی از غذای جمعیت جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهند. در حال حاضر به دلیل استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی نیتروژن دار، به منظور تسریع رشد رویشی، سبب افزایش غیر استاندارد نیترات در بسیاری از سبزی‌ها مخصوصاً سبزی‌های برگ‌ی شده است. به دلیل اثرات زیان‌بار نیترات اضافی در گیاهان خوراکی برای انسان و دام، پژوهش‌های زیادی در زمینه تجمع نیترات در محصولات زراعی در جهان انجام شده است. با توجه به ضرورت چنین مطالعاتی در کشور و همچنین کنترل غلظت نیترات در سبزی‌ها و صیفی‌جات، پژوهش حاضر با هدف بررسی و پایش غلظت نیترات در برخی محصولات سبزی و صیفی (خیار، گوجه، سیب زمینی، بادمجان، فلفل، پیاز، پیازچه و سبزیجات برگ‌ی) تولید شده در برخی از گلخانه‌ها و مزارع استان اصفهان به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش تعداد ۱۴۲ نمونه از انواعی از سبزیجات برگ‌ی (گشنیز، ریحان، تره، جعفری، شاهی، شوید، ترخون، نعناع، شنبلیله) و صیفی‌جات (خیار، گوجه‌فرنگی، بادمجان، فلفل، پیاز، پیازچه و سیب‌زمینی در اندازه‌های ریز و دشت) از گلخانه‌ها و مزارع کشاورزی شهرستان‌های اصفهان، درچه، فلاورجان، تیران، دستگرد، دهاقان و اطراف آن‌ها جمع‌آوری شد. مقدار نیترات نمونه‌های گیاهی بر اساس روش رنگ‌سنجی پس از احیاء و تولید کمپلکس رنگی آمینو آزو، به وسیله دستگاه اسپکترو فتومتر اندازه‌گیری شد. در ادامه غلظت نیترات در نمونه‌ها با حداکثر غلظت مجاز نیترات در محصولات کشاورزی که به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران ارائه شده است، مقایسه شد.

نتایج و بحث: مشاهده شد که میانگین غلظت نیترات در خیارهای مورد مطالعه $1/48$ برابر حد مجاز سازمان ملی استاندارد ایران (۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود؛ درحالی‌که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و فلفل نسبت به حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران (به ترتیب ۱۷۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر بود. همچنین میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، بادمجان، فلفل و پیاز ریز نسبت به میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی، بادمجان، گوجه‌فرنگی، فلفل و پیاز درشت بیشتر بود. در بین صیفی‌جات مورد مطالعه بیشترین میانگین غلظت نیترات در خیار و کمترین میانگین غلظت نیترات در

* Corresponding Author: Email Address. h.rahmany@areeo.ac.ir

<http://dx.doi.org/10.52547/envs.2022.1095>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.4.1.6>

گوجه‌فرنگی مشاهده شد. میانگین غلظت نیترات در پوست خیار ۱۶/۷ برابر بیشتر از میانگین غلظت نیترات در میوه خیار بود. به طور کلی میانگین غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بیشتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. در بین سبزی‌های مورد مطالعه میانگین غلظت نیترات فقط در نعنای (۴۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)، شنبلیله (۲۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و ترخون (۶۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر از حد مجاز استاندارد ملی کشور بود. درباره سایر سبزی‌های برگی می‌توان گفت که از نظر مقدار نیترات محدودیت مصرف وجود دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که اندازه میوه معیار مناسبی برای ارزیابی مقدار نیترات گیاه نمی‌تواند باشد و جنبه‌های مدیریتی مزارع نقش بیشتری در غلظت نیترات گیاه دارد. از طرف دیگر تغییرات نیترات در مزارع مختلف به قدری زیاد است که نمی‌توان به طور واضح بیان نمود که مصرف صیفی و سبزی‌های موجود در بازار از نظر میزان نیترات دارای محدودیت باشد. به هر حال به نظر می‌رسد که مصرف سبزی‌های برگی و صیفی‌جات تولید شده از مناطق مورد مطالعه برای سلامت مصرف‌کننده زیان‌بار بوده و ممکن است در برخی موارد دارای محدودیت باشد.

واژه‌های کلیدی: سبزی‌های برگی، صیفی‌جات، نیترات، اصفهان.

مقدمه

کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهند. امروزه با تغییر سبک زندگی و کار و به دنبال آن تحرک کم‌تر افراد جامعه، استفاده از مواد غذایی با کالری کم و ارزش غذایی بالا نیاز است (Beheshti *et al.*, 2019). مصرف سبزی‌ها برای سلامتی انسان ضروری بوده زیرا آن‌ها منبع خوبی از عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن، ویتامین‌های A و C و سایر ترکیبات مفید مانند اسید فولیک و فیبر هستند. هرچه سبزی یا میوه‌ها پررنگ‌تر باشند مقدار ویتامین A بیشتری دارند. سازمان بهداشت جهانی (WHO) مصرف روزانه حداقل ۴۰۰ گرم سبزی و میوه را برای جلوگیری از بیماری‌های مزمن در انسان توصیه کرده است (WHO, 2003). برآورد شده که حدود ۱/۷ میلیون (۲/۸ درصد) مرگ و میر در سال به مصرف کم میوه و سبزی مرتبط هست که نشان می‌دهد میوه‌ها و سبزیجات از اجزای مهم یک رژیم غذایی متعادل و سالم هستند (WHO, 2003). در رژیم غذایی ما ایرانیان، سبزی‌ها از جایگاه خاصی برخوردار هستند و همواره در برنامه‌ریزی تغذیه‌ای، افزایش مصرف سرانه آن‌ها مورد تأکید است. تجمع نیترات اضافی در محصولات کشاورزی و ورود آن به چرخه حیات اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان دارد (Santamaria, 2006). گزارش شده است که در حدود ۴ الی ۵ درصد از مقدار نیترات در رژیم غذایی انسان تبدیل

با توجه به رشد روزافزون جمعیت در جهان و ایران، تقاضا برای مواد غذایی رو به افزایش است. نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر گیاه است که در کشاورزی از آن به مقدار زیادی استفاده می‌شود. مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه بسته به گونه گیاه، مرحله رشد و اندام مورد نظر بین ۲ تا ۵ درصد وزن خشک است. نیترات و آمونیوم منابع اصلی نیتروژن معدنی جذب شده به‌وسیله گیاه هستند، هرچند شکل غالب نیتروژن که به وسیله گیاه جذب می‌شود نیترات است (Khoshgoftarmansh, 2007). افزایش مقدار نیترات در برخی اندام‌های گیاهی هم از لحاظ اقتصادی و هم از جهت کاهش کیفیت تغذیه‌ای محصول نامطلوب است. احتمال تبدیل نیترات به نیتريت در طی ذخیره یا فرآوری سبزی‌ها در کارخانجات کنسروسازی وجود دارد. غلظت هموگلوبین خون در کودکانی که از غذاهای حاوی نیتريت تغذیه می‌کنند به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به علاوه نیتريت خطر تشکیل نیتروزامین را که یک ترکیب سرطان‌زا است افزایش می‌دهد. بنابراین با مدیریت صحیح کوددهی (شامل مقدار، نوع و زمان کاربرد کود) می‌توان از افزایش غلظت نیترات در گیاهان جلوگیری کرد (Khoshgoftarmansh, 2007). سبزیجات بخش اصلی غذای جمعیت جهان به ویژه در

استاندارد ملی ایران مشخص شده است (جدول ۱). بنابراین باید نهایت تلاش را اعمال نمود تا غلظت نیترات مخصوصاً برای افرادی که در رژیم غذایی آن‌ها سبزیجات زیاد مصرف می‌شود به حداقل مقدار ممکن کاهش یابد. در زمینه بررسی غلظت نیترات در گیاهان پژوهش‌های گسترده‌ای انجام شده است. از جمله می‌توان به *Beheshti et al. (2019)* اشاره کرد که با هدف بررسی وضعیت نیترات در گوجه‌فرنگی و خیار توزیع شده در بازار استان البرز انجام دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که 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 ۵۸/۷ و ۷۴ درصد نمونه‌های خیار دارای نیترات بیشتر از حد مجاز بودند. به علاوه میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی 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.

Yeganeh. and Bazargan (2016) در بررسی وضعیت نیترات در سیب زمینی‌های کشت شده در ۹ استان کشور به این نتیجه رسیدند که بالاترین انباشتگی نیترات در سیب زمینی در استان کرمان وجود دارد. *Tabande and Safarzadeh Shiraze (2018)* در پژوهشی به بررسی تجمع نیترات و عوامل مؤثر بر آن در برخی از سبزیجات برگ‌ی (تره، جعفری، نعناع، شوید، گشنیز و برگ چغندر) در منطقه زنجان پرداختند. نتایج نشان داد که در تمام مزارع تحت مطالعه، غلظت نیترات در سبزیجات تره و جعفری، در محدوده مجاز بود اما در ۱۴/۳ درصد از مزارع سبزی‌کاری تحت کشت گیاهان نعناع و برگ چغندر و در ۲۸/۶ درصد از مزارع شوید و گشنیز، آلودگی نیترات بالاتر از حد مجاز مشاهده گردید. *Susin et al. (2006)* با اندازه‌گیری میزان نیترات در ۱۴ نوع سبزی و میوه کشت

به نیتريت می‌شود (WHO, 2003). بنابراین، نگرانی‌های زیادی در ارتباط با وجود نیترات در محصولات غذایی، به‌ویژه سبزی‌ها وجود دارد؛ زیرا سبزی‌ها به عنوان بزرگترین منبع تجمع نیترات (بیش از ۹۰ درصد) در برنامه رژیم غذایی انسان شناخته شده‌اند (*Chung et al., 1999, Muramoto, 2003*). بعضی از گیاهان مانند اسفناج بزرگترین پاسخ به کودهای نیتروژنی را داشته و می‌توانند مقادیر زیادی نیترات را به علت فاکتورهایی مانند روش کشت و زمان برداشت در خود جمع نمایند (*Merusi et al., 2010*). عوامل متعددی تجمع نیترات در گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، که در دو گروه عوامل محیطی (شدت نور، میزان رطوبت، نوع و میزان کوددهی) و عوامل ژنتیکی (نوع گونه و رقم گیاهان) قابل بررسی هستند (*Tabande and Zarei, 2018*). از عوامل دیگر می‌توان به تکرر کشت، وضعیت آب و هوایی، کیفیت خاک، فرآیندهای تولید مواد غذایی و وضعیت قوانین آن منطقه اشاره کرد (*Hsu et al., 2009*). عمده‌ترین عاملی که موجب تجمع نیترات در سبزی‌ها و سایر گیاهان می‌شود، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی است. مقدار، نوع، سرعت آزاد شدن و روش مصرف کود بر تجمع نیترات تأثیرگذار است. اکثر پژوهشگران معتقدند با مدیریت بهینه کوددهی میزان تجمع نیترات در محصولات کشاورزی به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد (*Malakouti, 2011*). استانداردهای مختلفی برای حداکثر غلظت مجاز نیترات در سبزی‌ها ارائه شده است، که مهمترین آن‌ها آیین‌نامه کمیسیون اروپایی (شماره: ۱۹۴/۹۷) است که در سال ۱۹۹۷ تنظیم گردید (*Anonymous, 1997*). بر اساس این آیین‌نامه بیشترین مقدار نیتراتی که روزانه به بدن وارد می‌شود باید کمتر از ۳/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن باشد. با این وجود یک فرد ۷۰ کیلوگرمی نباید بیشتر از ۲۵۵ میلی‌گرم نیترات مصرف نماید (*Anonymous, 1992*). در ایران نیز حدود مجاز نیترات در سبزی‌های مختلف بر اساس

غده‌ای و سبزیجات غده‌ای بیشتر از بوته‌ای است. ارزیابی غلظت نیترات در محصولات کشاورزی به منظور برآورد امنیت سلامت غذایی محصولات کشاورزی و استفاده از آن در پروژه‌های دیگر مبتنی بر تاثیر نیترات بر سلامت جامعه انسانی و مدیریت کوددهی محصولات بسیار مهم و ضروری است. از طرف دیگر برای صادرات محصولات کشاورزی و پیوستن به بازار تجارت جهانی نیاز به رعایت حدود مجاز است. همانطور که قبلاً نیز بیان شد سبزیجات از اجزای اصلی غذای جمعیت جهان به شمار رفته و به علاوه به عنوان بزرگترین منبع تجمع نیترات در برنامه رژیم غذایی انسان شناخته شده است. بنابراین بررسی مقدار نیترات در سبزیجات وارد شده به بازار مصرف ضروری است. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی و پایش غلظت نیترات در برخی محصولات سبزی و صیفی (خیار، گوجه، سیب زمینی، بادمجان، فلفل، پیاز، پیازچه و سبزیجات برگی) تولیدشده در برخی گلخانه‌ها و مزارع استان اصفهان انجام گردید.

شده در مزارع اسلوانی بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ نشان دادند که کاهو بالاترین مقدار نیترات را در بین سبزیجات مورد بررسی داشت. میانگین مقدار نیترات در نمونه‌های کاهو ۱۰۷۴، گوجه فرنگی کمتر از ۶ و سیب‌زمینی ۱۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد. در پژوهش دیگری، Tamme *et al.* (2006) میانگین غلظت نیترات را در ۱۳۴۹ نمونه از سبزی‌های کشور استونی به دست آوردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که میانگین غلظت نیترات برای شویید، کاهو، اسفناج و چغندر به ترتیب برابر ۲۹۳۶، ۲۱۶۷، ۲۵۰۸ و ۱۴۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج پژوهش Ebadi *et al.* (2008) روی سبزی‌های شهر اردبیل نشان داد که در ۱۰ درصد از نمونه‌های سیب‌زمینی غلظت نیترات بالاتر از حد مجاز نیترات (۴۶۵-۵۱۹/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. Tabatabaee *et al.* (2005) با تعیین میزان نیترات در انواع سبزیجات شهرستان تبریز به روش اسپکتروفتومتری نشان دادند که تجمع نیترات در سبزیجات برگی بیشتر از

جدول ۱- مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی (استاندارد ملی ایران)

Table 1. Maximum levels for nitrate in agricultural products (Iranian national standardization organization)

مرز بیشینه مانده نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Maximum levels for nitrate (mg Kg ⁻¹)	نوع محصول کشاورزی Agricultural product type	
100	حبوبات تازه گیاهی (نخود فرنگی، باقلا سبز و لوبیا سبز) fresh beans (beans, broad bean, snap bean)	حبوبات Beans
100	حبوبات خشک (نخود، انواع لوبیا، عدس، ماش و لپه) dry beans (chickpea, types of bean, lentils, mung bean)	
100	سویا (Soy bean)	
500	سبزی‌های خانواده کلم (cabbage family vegetables)	
120	گوجه‌فرنگی (tomato)	
90	پیاز (onion)	
250	هویج (carrot)	
1500	کاهو (lettuce)	سبزی و صیفی Vegetables and cucurbits
90	خیار (cucumber)	
2000	اسفناج (spinach)	
500	سبزی‌های غده‌ای و ریشه‌ای (تریچه، چغندر، چغندر قند، سیر، موسیر، شلغم و تره‌فرنگی) tuber vegetables (radish, beet, sugar beet, garlic, shallots, turnips, leeks)	
400	سبزی‌ها ساقه‌ای (کرفس، ریواس، کنگر) stem vegetables (celery, rhubarb)	
170	سیب‌زمینی (potato)	
100	قارچ خوراکی (mushroom)	

ادامه جدول ۱- مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی (استاندارد ملی ایران)

Table 1. Cont. Maximum levels for nitrate in agricultural products (Iranian national standardization organization)

نوع محصول کشاورزی Agricultural product type	مرز بیشینه مانده نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Maximum levels for nitrate (mg Kg ⁻¹)	نوع محصول کشاورزی Agricultural product type
1000	سبزی‌های برگ‌ی (leafy vegetables)	سبزی و صیفی Vegetables and cucurbits
200	فلفل شیرین (sweet pepper)	
60	هندوانه (watermelon)	
90	خرپزه (melon)	
50	برنج سفید، گندم، ذرت (white rice, wheat, corn)	غلات Cereals
50	سایر غلات (other cereals)	

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های گیاه

جمع‌آوری شد. گلخانه‌ها و مزارع کشاورزی مورد نمونه‌برداری به پیشنهاد مدیریت باغبانی سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان معرفی شدند. نوع محصول زراعی، محل نمونه‌برداری و تعداد نمونه برداشت شده در جدول ۲ نشان داده شده است. از آنجا که در زمان نمونه‌برداری این پژوهش، استاندارد برای صیفی‌جات از نظر اندازه وجود نداشت، مجریان پژوهش بر اساس بازارپسندی مرسوم، آن‌ها را از نظر اندازه طبق جدول ۳ دسته‌بندی نمودند.

در این تحقیق غلظت نیترات در بافت‌های مختلف سبزی‌های پرمصرف و مهم استان اصفهان و نیز در اندازه‌های متفاوت این محصولات مورد بررسی قرار گرفت. برای هر سبزی بسته به میزان در دسترس بودن آن نمونه‌هایی از مناطق مختلف تهیه شد. این نمونه‌ها از گلخانه‌ها و مزارع کشاورزی شهرستان‌های اصفهان، درچه، فلاورجان، تیران، دستگرد، دهاقان و اطراف آن‌ها

جدول ۲- مشخصات و اندام‌های سبزی‌های مورد بررسی در مناطق مختلف استان اصفهان

Table 2. Characteristics and organs of the studied vegetables in different regions of Isfahan province

تعداد نمونه Sample number	مناطق نمونه‌گیری Sampling areas	اندام‌ها یا اندازه مورد بررسی Organs/size studied	نوع سبزی Vegetable type
15	دستگرد، تیران و دهاقان Dastgerd, tiran, dehaghan فلاورجان، دستگرد، قلعه سرخ، چهاربرج،	ریز و درشت Small, big	گوجه‌فرنگی tomato
38	تیران، خیرآباد و دهاقان Falavarjan, Dastgerd, ghalesorkh, charborj, tiran, kheirabad, dehaghan	ریز، درشت، با پوست و بدون پوست Small, big, with & without skin	خیار cucumber
10	فلاورجان، درچه و دستگرد Falavarjan, dorche, Dastgerd	ریز و درشت، غده و برگ Small, big, tuber, leaf	پیاز و پیازچه onion, scallium
12	فلاورجان و دستگرد Falavarjan, Dastgerd	ریز و درشت Small, big	سیب‌زمینی potato
12	فلاورجان، دستگرد، تیران و دهاقان Falavarjan, Dastgerd, tiran, dehaghan	ریز و درشت Small, big	بادمجان eggplant
16	فلاورجان، دستگرد، تیران و دهاقان Falavarjan, Dastgerd, tiran, dehaghan	ریز و درشت Small, big	فلفل pepper
39	فلاورجان، دستگرد، قلعه سرخ، چهاربرج، تیران Falavarjan, Dastgerd, ghalesorkh, charborj, tiran	برگ leaf	سبزی‌ها برگ‌ی (گشنیز، ریحان، تره، جعفری، شاهی، شوید، ترخون، نعناع، شنبلیله) Leafy vegetables (coriander, basil, chives, parsley, garden cress, dill, tarragon, mint, fenugreek)

جدول ۳- معیار اندازه ریز یا درشتی در محصولات مورد مطالعه
Table 3. Criteria for small or large size in the studied products

طول یا قطر میوه (سانتی‌متر) Length or diameter (cm)		معیار اندازه Size criteria	نوع محصول Product type	ردیف Row
big درشت	small ریز			
16-18	12-14	طول length	خیار cucumber	1
8-10	3-5	قطر diameter	سیب‌زمینی potato	2
5-8	2-4	قطر diameter	گوجه tomato	3
20-25	10-15	طول length	بادمجان eggplant	4
7-9	3-5	قطر diameter	لفل pepper	5
6-8	2-4	قطر diameter	پیاز onion	6

داده شد. سپس درصد آب هر نمونه اندازه‌گیری شد. در نهایت نمونه‌های خشک شده آسیاب و برای تجزیه گیاهی آماده گردید. غلظت نیترات در بافت‌های گیاهی بر اساس روش رنگ‌سنجی پس از احیاء و تولید کمپلکس رنگی آمینو آزو، به وسیله دستگاه اسپکترو فتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Singh, 1988). در پایان غلظت نیترات در نمونه‌ها با حداکثر غلظت مجاز نیترات در محصولات کشاورزی که به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران ارائه شده است، (جدول ۱) مقایسه شد. به منظور رسم نمودارها و محاسبات آماری از نرم‌افزار Excel 2016 و SPSS 24 استفاده شد.

نتایج و بحث

مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین، میانه و انحراف معیار محاسبه شده برای مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در صیفی‌جات مورد مطالعه در جدول ۴ بیان شده است. در نمونه‌های خیار، بادمجان و پیازچه، انحراف معیار مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده زیاد بود که علت این موضوع وسعت بسیار زیاد و گستردگی مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های برداشت شده بود. مقادیر چولگی و کشیدگی غلظت نیترات نشان داد که تقریباً تمام مقادیر اندازه‌گیری شده در محدوده منفی ۱ تا مثبت ۱ قرار گرفت (جدول ۴).

لازم به ذکر است که هنگام نمونه‌برداری صیفی‌جات تازه، سالم، هم‌شکل و هم‌رنگ جمع‌آوری شد و صیفی‌جات فقط از نظر اندازه ریزی یا درشتی (طول یا قطر) با هم تفاوت داشتند. نمونه‌برداری از هر منطقه در سه تکرار انجام شد. بر اساس بررسی‌ها در حال حاضر نیز هنوز استاندارد از نظر اندازه برای صیفی‌جات تدوین نشده است. زمان برداشت تمام نمونه‌ها قبل از ظهر بود. نمونه‌ها بعد از برداشت در محفظه سر بسته یونولیت نگه‌داری و با حفظ دمای مناسب به آزمایشگاه منتقل شدند. لازم به ذکر است که آبیاری در تمام گلخانه‌های مورد بررسی با استفاده از آب چاه صورت می‌گرفت و از پساب یا فاضلاب استفاده نمی‌شد. علی‌رغم آنکه در این پژوهش مقدار نیترات آب چاه‌ها اندازه‌گیری نشد، اما بر اساس نتایج پژوهش دیگری که در استان انجام شده است، مقدار نیترات آب چاه‌های مورد بررسی که مناطق مورد مطالعه در این پژوهش را نیز شامل می‌شود، کمتر از حد مجاز موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سازمان حفاظت محیط‌زیست (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) عنوان شده است (Rahmani and Khanmohammadi, 2020).

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

نمونه‌ها در آزمایشگاه ابتدا با آب و آب مقطر شسته شد، توزین گردید و سپس در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت (بین ۳ تا ۵ روز) قرار

جدول ۴- میانگین غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) و سایر داده های آماری محصولات مورد مطالعه
Table 4- Average concentration of nitrate (mg kg⁻¹ fresh weight) and other statistical data of the studied products

کشیدگی Kertosis	چولگی Skewness	انحراف معیار Standard deviation	میان Median	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	نام محصول Product name
0.93	1.13	107	100.6	133.5	12.2	414	خیار cucumber
0.87	0.99	121.3	103.7	137.3	12.2	414	خیار درشت big cucumber
-0.60	0.54	57.6	91.5	103.7	30.5	251	خیار ریز small cucumber
-0.64	0.85	45.5	125	146.7	85.4	219	سیب زمینی potato
-0.82	0.91	48	122	139.4	85.4	207	سیب زمینی درشت big potato
-0.99	1.02	46.2	131	154.2	115	219	سیب زمینی ریز small potato
-0.90	0.15	37.9	61	62.7	7.3	128	گوجه فرنگی و گوجه زیتونی tomato, olive tomato
0.34	-0.34	36	54.9	58.8	7.3	103.7	گوجه فرنگی درشت big tomato
-0.98	-0.65	40.3	79.3	64.2	9.7	109.8	گوجه فرنگی ریز small tomato
-0.10	-0.28	103.2	210	210	34.2	371	بادمجان eggplant
0.81	0.08	110	193.5	205.8	42.7	371	بادمجان درشت big eggplant
1.02	-0.85	106	222	214.4	34.2	349	بادمجان ریز small eggplant
-0.98	0.33	72.4	103.3	121	32.2	256	فلفل pepper
-0.12	0.54	66.5	94.5	99.6	32.2	244	فلفل درشت big pepper
-0.99	-0.13	76	173	142.3	48.8	256	فلفل ریز small pepper
-0.91	0.86	50.8	92.5	97	45.1	158	پیاز onion
0	0	15.5	56.1	56.1	45.1	67.1	پیاز درشت big onion
0	0	28.3	138	138	118	158	پیاز ریز small onion
-0.59	0.77	125.8	191	231.1	91	427	پیازچه scallion
0	-0.03	60.5	152	151.6	91	212	غده پیازچه tuber scallion
0	-0.81	130.2	335	310.6	170	427	برگ پیازچه leaf scallion

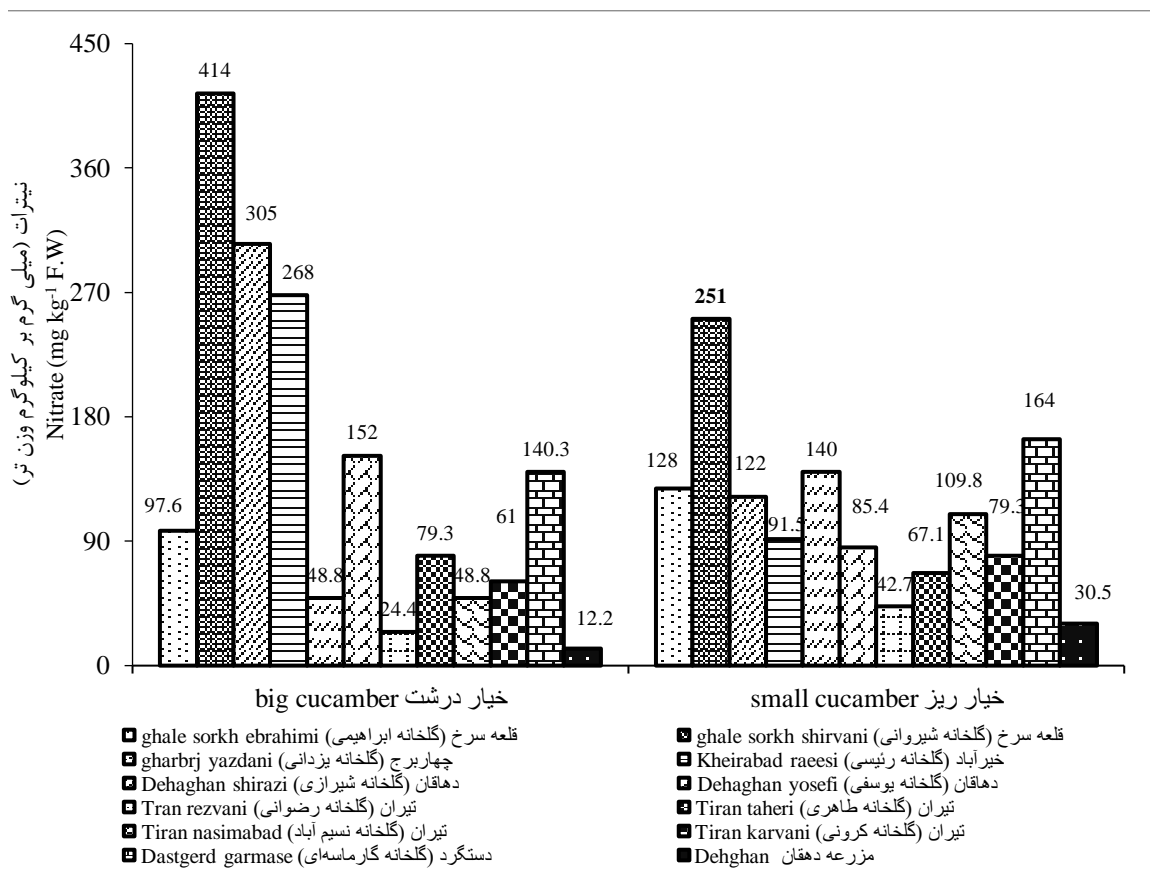
بررسی غلظت نیترات در خیار

نتایج مربوط به میانگین غلظت نیترات در خیار و نیز در پوست خیار به ترتیب در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، میانگین غلظت نیترات در پوست خیار در مقایسه با میوه خیار بیشتر بود، به گونه ای که میانگین غلظت نیترات در پوست خیار ۱۶/۷ برابر بیشتر از میانگین غلظت نیترات در میوه خیار بود. همچنین میانگین

غلظت نیترات در خیارهای ریز (۱۳۰/۷ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر از خیارهای درشت (۱۳۷/۳ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) بود، در مقابل میانگین غلظت نیترات در پوست خیارهای ریز (۲۷۹۷ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) نسبت به میانگین غلظت نیترات در پوست خیارهای درشت (۲۳۴۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) بیشتر بود.

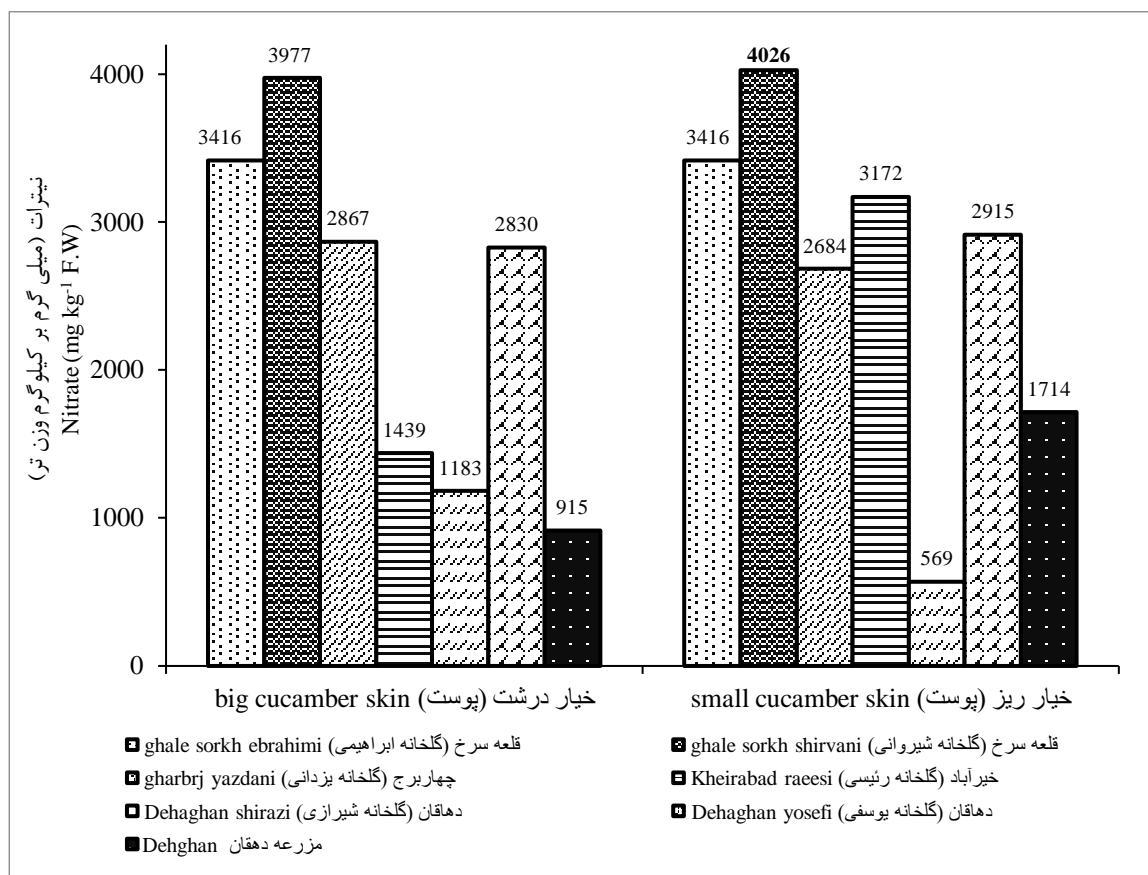
می‌توان بیان نمود که بهتر است خیار بدون پوست مصرف شود. (Khoshgoftarmanesh *et al.* (2009). با بررسی جذب روزانه نیترات و پتانسیل خطر ابتلا به بیماری برای انسان در خیار و فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای در استان قم به این نتیجه رسیدند که میانگین غلظت نیترات در خیار گلخانه‌ای حدود ۲/۷ برابر بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بود که علت آن مدیریت تغذیه‌ای ضعیف و مصرف زیاد کودهای شیمیایی و دامی در گلخانه‌ها بیان شد. در مقابل طبق نتایج پژوهش (Rezai *et al.* (2014) در بررسی محصولات خیار و گوجه عرضه شده به بازار مصرف شهر اراک، میانگین غلظت نیترات در خیار و گوجه فرنگی در نمونه‌های مورد مطالعه به ترتیب ۴۲/۷ و ۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمتر از حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران گزارش شد.

مقایسه غلظت نیترات در خیارهای ریز نسبت به خیارهای درشت نشان داد که در ۵۸/۳ درصد از ۱۲ منطقه مورد بررسی، غلظت نیترات در خیارهای درشت کم‌تر از خیارهای ریز است. (شکل ۱). بررسی میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های خیار نسبت به حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران (۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) نشان داد که در بیش از نیمی از نمونه‌ها میانگین غلظت نیترات بیشتر از حد مجاز است. به علاوه در برخی از مناطق مورد بررسی غلظت نیترات در نمونه‌های خیار درشت و ریز بیشتر از حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران بود که نشان‌دهنده مدیریت و برنامه‌ریزی نامناسب کوددهی است. غلظت نیترات در نمونه‌های خیار نسبت به حد مجاز اعلام شده به وسیله سازمان بهداشت جهانی (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در ۷۵ درصد از نمونه‌ها کمتر بود. با توجه به نتایج



شکل ۱- غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های خیار

Fig. 1- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in cucumber samples

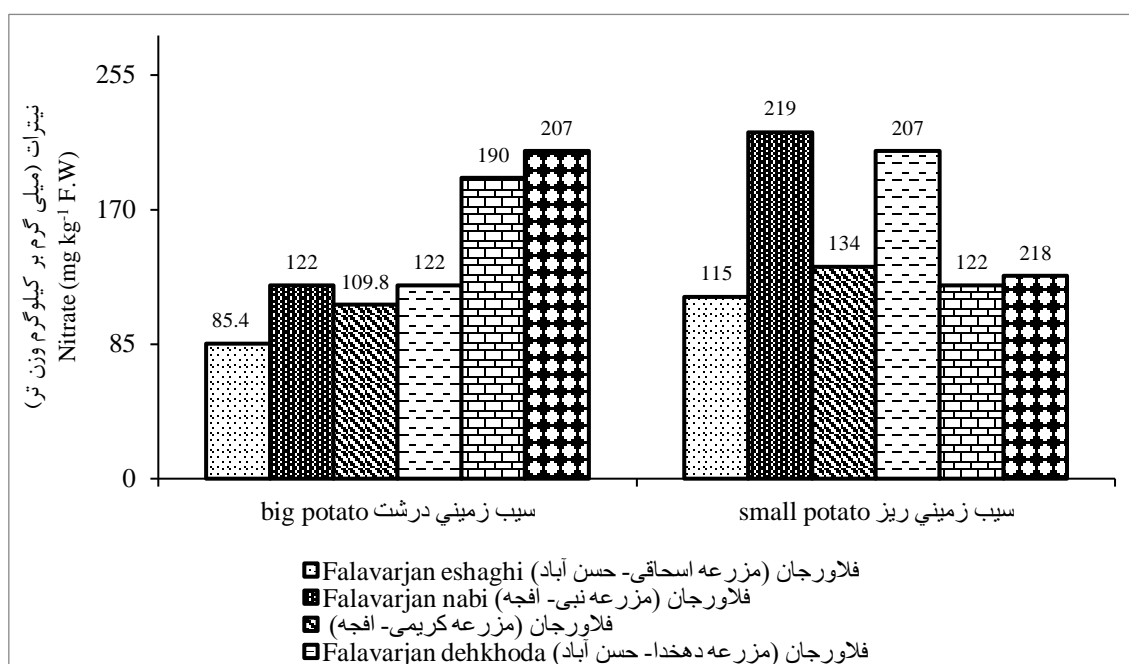


شکل ۲- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در پوست نمونه‌های خیار
 Fig. 2- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in cucumber skin samples

بررسی غلظت نیترات در سیب‌زمینی

نتایج مربوط به بررسی مقدار نیترات در سیب‌زمینی در شکل ۳ گزارش شده است. بر اساس نتایج به طور کلی میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه (۱۴۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) نسبت به حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران (۱۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر بود. به بیان دیگر غلظت نیترات سیب‌زمینی در ۶۶/۷ درصد از نمونه‌های مورد بررسی کمتر از حد مجاز استاندارد ایران مشاهده شد. از سوی دیگر میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی‌های ریز (۱۵۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) نسبت به میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی‌های درشت (۱۳۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بیشتر بود. بیشترین و کمترین غلظت نیترات با مقادیر ۲۱۹ و ۸۵/۴ (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) به ترتیب در سیب‌زمینی

ریز منطقه فلاورجان (افجه) و سیب‌زمینی درشت منطقه فلاورجان (حسن آباد) مشاهده شد (شکل ۳). از آنجا که هر دو داده مربوط به یک منطقه هستند، این نتیجه می‌تواند تفاوت مدیریت زراعی را در کوددهی نشان دهد. نتایج پژوهش Haftbaradaran *et al.* (2018) در بررسی غلظت نیترات در ۱۸۸ نمونه سیب‌زمینی از مزارع استان اصفهان نشان داد که دامنه غلظت نیترات از حدود ۵ تا حدود ۱۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. بر اساس نتایج Pirsaeheb *et al.* (2012)، که پژوهش مشابهی را انجام داده بود، غلظت نیترات در سیب‌زمینی توزیع شده در شهر کرمانشاه (۳۴۷/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش از غلظت مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی برای این محصول بود. که نشان دهنده عدم مدیریت کودی در کشت این محصول است و نیاز به توجه بیشتری را دارد.

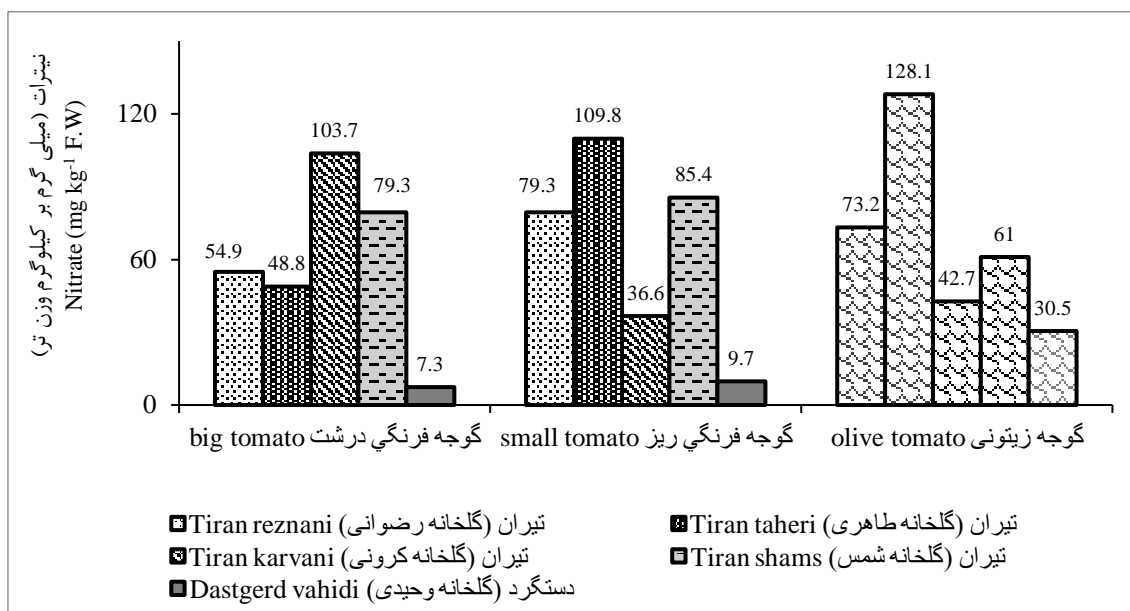


شکل ۳- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های سیب‌زمینی
 Fig. 3- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in potato samples

نیتрат در گوجه‌فرنگی بود. Sobhan Ardakani *et al.* (2005) در پژوهشی با هدف بررسی غلظت نیترات در برخی از فرآورده های گیاهی اصفهان (شامل اسفناج، تره فرنگی، ریحان، شنبلیله، پیاز، کلم، کاهو، ترب، خیار، گجه فرنگی، سیب زمینی و هویج) دریافتند که در بین نمونه های مورد مطالعه اسفناج دارای بیشترین (۲۸۶۵) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و گوجه فرنگی دارای کمترین (۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) میانگین غلظت نیترات در گیاهان بودند. در پژوهشی مشابه توسط Beheshti *et al.* (2019) برای بررسی وضعیت نیترات در گوجه‌فرنگی توزیع شده در بازار استان البرز نیز نشان داده که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی 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. این پژوهش‌گران بیان نمودند که گوجه فرنگی احتمالا به علت نوع بافت آن نسبت به سایر سبزیجات میزان کمتری نیترات را تجمع می‌دهد.

بررسی غلظت نیترات در گوجه

شکل ۴ نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی و گوجه زیتونی را نشان می‌دهد. در تمام نمونه‌های گوجه‌فرنگی مورد مطالعه غلظت نیترات با میانگین ۶۲/۸ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. به علاوه میانگین غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی‌های ریز ۶۴/۲ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و در گوجه‌فرنگی‌های درشت ۵۸/۸ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) به دست آمد. به عبارت دیگر میانگین غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی ریز نسبت به گوجه‌فرنگی درشت ۱/۰۹ برابر بیشتر بود. بیشترین مقدار نیترات در گوجه زیتونی منطقه دهقان و به مقدار ۱۲۸/۱ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) مشاهده شد. غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی نسبت به حد مجاز اعلام شده به وسیله سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در تمام نمونه‌ها کمتر بود. به طور کلی میانگین غلظت نیترات در گوجه زیتونی با مقدار ۶۷ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بیشتر از میانگین غلظت

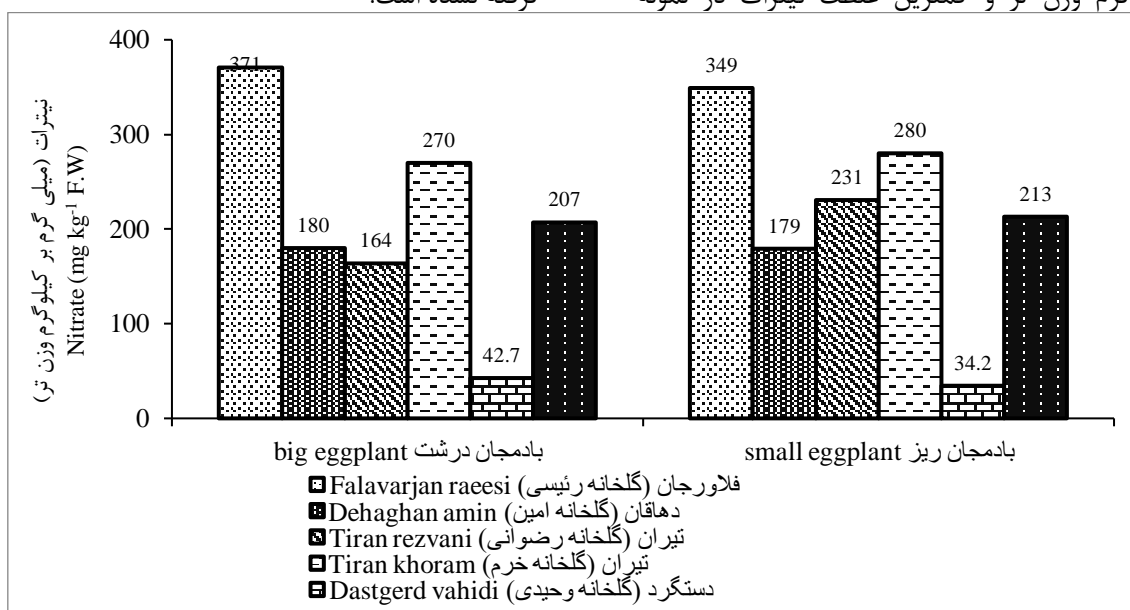


شکل ۴- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های گوجه
 Fig. 4- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in tomato samples

بادمجان ریز به مقدار ۳۴/۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر مشاهده شد. به طور کلی میانگین غلظت نیترات در بادمجان‌های ریز (۲۱۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) بیشتر از بادمجان‌های درشت (۲۰۵/۸ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) بود. متأسفانه در استاندارد ملی ایران حد مجازی برای غلظت نیترات در بادمجان در نظر گرفته نشده است.

بررسی غلظت نیترات در بادمجان

شکل ۵ نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های بادمجان را نشان می‌دهد. میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های بادمجان ۲۱۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر به دست آمد. بیشترین غلظت نیترات در نمونه بادمجان درشت به مقدار ۳۷۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر و کمترین غلظت نیترات در نمونه

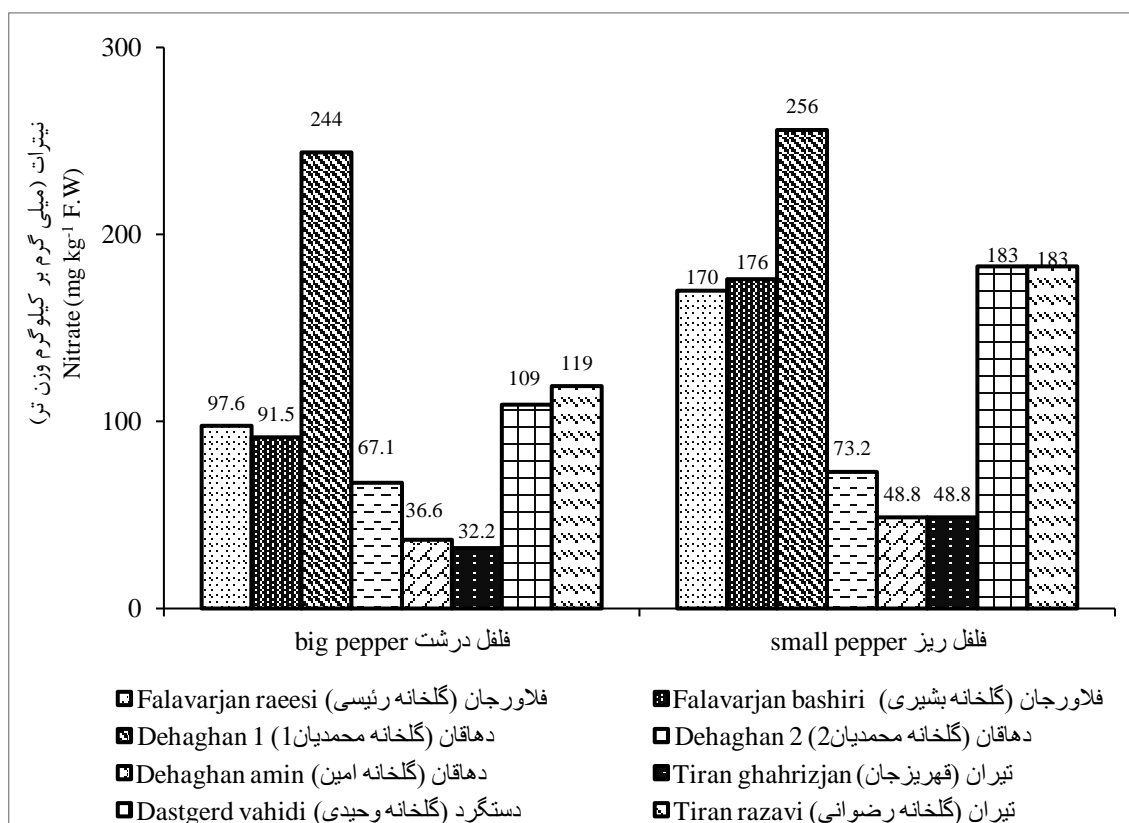


شکل ۵- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های بادمجان
 Fig. 5- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in eggplant samples

بررسی غلظت نیترات در فلفل

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های فلفل در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس نتایج میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های فلفل (۱۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) به دست آمد. همین نتیجه درباره میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های

فلفل درشت و ریز نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد که غلظت نیترات در ۸۷/۵ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود. در تمام مناطق نمونه‌برداری غلظت نیترات در فلفل‌های ریز بیشتر از فلفل‌های درشت بود. همچنین میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های فلفل ریز (۱۴۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) نسبت به فلفل درشت (۹۹/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بیشتر بود.

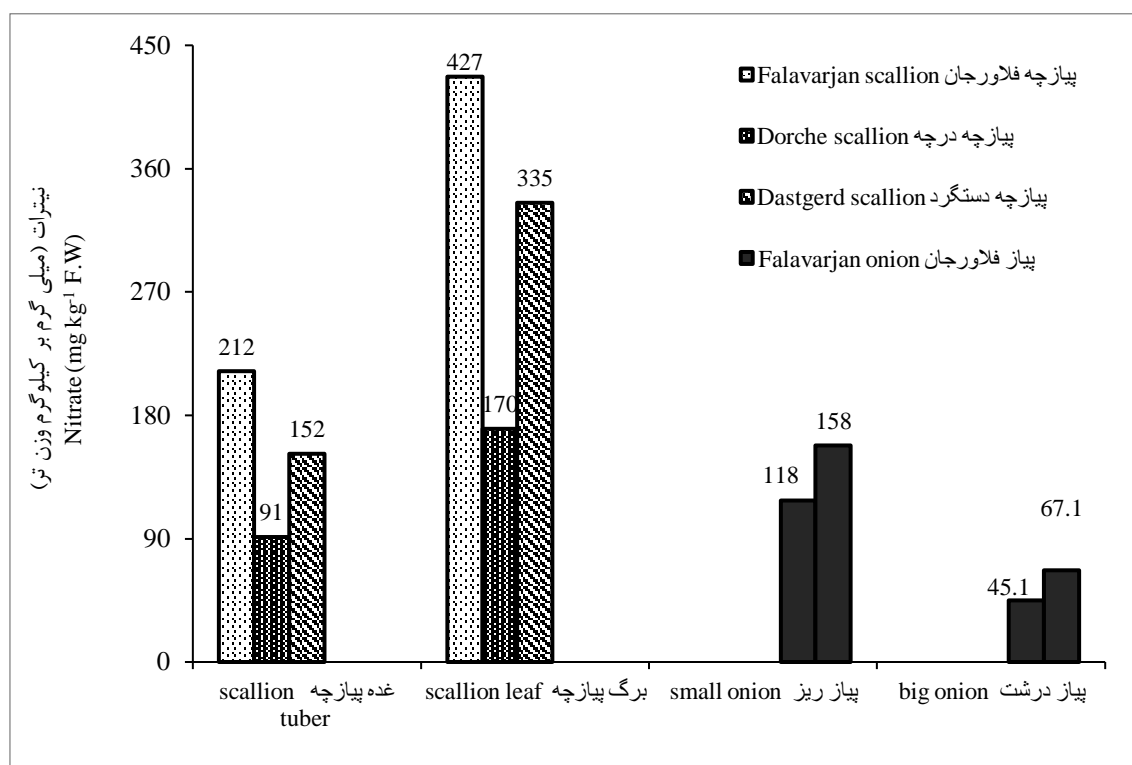


شکل ۶- غلظت نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های فلفل
Fig. 6- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in pepper samples

بررسی غلظت نیترات در پیاز و پیازچه

شکل ۷ نتایج اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های پیاز، برگ و غده پیازچه را نشان می‌دهد. به طور کلی میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های پیاز مورد مطالعه (۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بیشتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود؛ هرچند میانگین غلظت نیترات در پیازهای درشت (۵۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر و در پیازهای ریز (۱۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بیشتر از استاندارد

ملی کشور مشاهده شد. همان‌طور که مشخص است میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های پیاز ریز ۲/۵ برابر بیشتر از نمونه‌های پیاز درشت بود. با توجه به غلظت بیشتر نیترات در پیاز ریز نسبت به پیاز درشت به نظر می‌رسد که باید در مصرف پیاز ریز مناطق نمونه‌برداری احتیاط لازم صورت گیرد. در تمام مناطق مورد مطالعه مقدار غلظت نیترات در غده پیازچه کمتر از برگ پیازچه بود؛ به‌گونه‌ای که میانگین غلظت نیترات در برگ پیازچه های مورد مطالعه ۲ برابر غده‌های مورد آزمایش بود.



شکل ۷- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در نمونه‌های پیاز و پیازچه
 Fig. 7- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in onion and scallion samples

بررسی غلظت نیترات در سبزی‌های برگی

نتایج اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های سبزی‌های برگی در شکل ۸ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به طور کلی میانگین غلظت نیترات در سبزی‌های برگی ۱۸۱۴ (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) و بیشتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. در بین سبزی‌های مورد مطالعه میانگین غلظت نیترات فقط در نعناع (۴۵۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)، شنبلیله (۲۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) و ترخون (۶۹۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر از حد مجاز استاندارد ملی کشور بود. کمترین مقدار میانگین نیترات در سبزی‌های برگی در شنبلیله و بیشترین مقادیر آن به ترتیب در ریحان (۲۸۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)، گشنیز (۲۷۶۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)، شاهی (۲۶۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) و تره (۲۰۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) مشاهده شد. بیشترین

تغییرات غلظت نیترات در بین نمونه‌های جمع‌آوری شده از هر نوع سبزی برگی، در سبزی تره با انحراف معیار ۱۶۳۹ و سبزی شاهی با انحراف معیار ۱۳۱۱ مشاهده شد؛ درحالی‌که کمترین انحراف معیار مربوط به سبزی شنبلیله با مقدار ۸۵/۵ و سبزی گشنیز با مقدار ۱۶۴ بود. (Shahbazzadegan et al. (2010). پژوهشی غلظت نیترات در سبزی‌ها و میوه‌های عرضه شده در شهر اردبیل را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بیشتر از سبزی‌های غده‌ای و ریشه‌ای بود. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین غلظت نیترات به ترتیب در برگ پیازچه (۱۵۵۵/۸ میلی گرم در کیلوگرم)، کلم بنفش (۱۳۹۴/۸ میلی گرم در کیلوگرم) و اسفناج (۱۰۲۱ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد. همچنین میوه‌ها از نظر نیترات در حد پایینی قرار داشتند، طوریکه کمترین مقدار نیترات در سیب قرمز و زرد به مقادیر به ترتیب ۲۹/۷ و ۲۹/۹ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد.

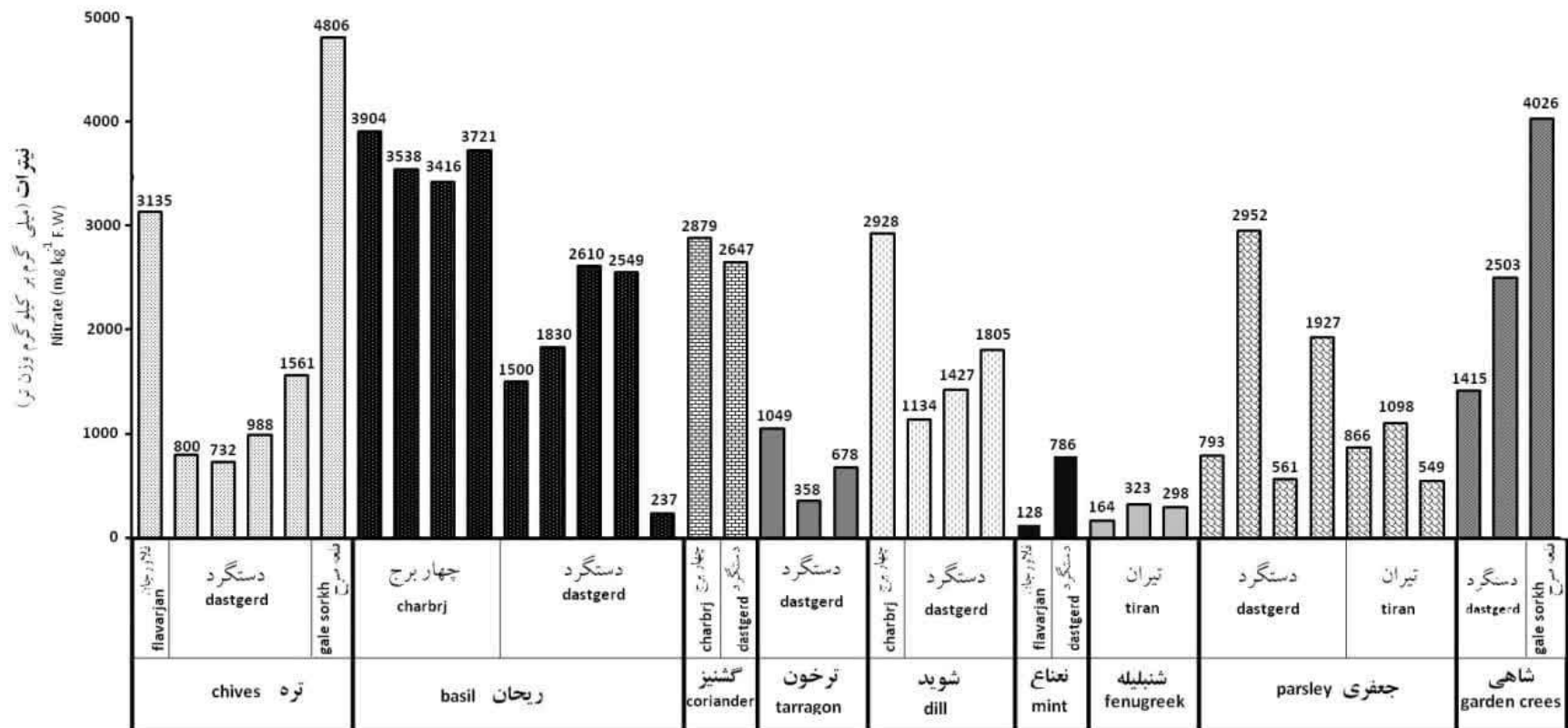
جدول ۵- میانگین غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) و سایر داده های آماری سبزی های برگی مورد مطالعه

Table 5. Mean nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) and statistical data of studied vegetables

انحراف معیار Standard deviation	میانگین Median	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	نام محصول Product name
1257.0	1500	1814.2	128	4806	سبزی های برگی Leafy vegetables
1638.7	1274.5	2003	732	4806	تره chives
858.8	2610	2826	1500	3904	ریحان basil
164.0	2763	2763	2647	2879	گشنیز coriander
345.8	678	695	358	1049	ترخون tarragon
785.9	1616	1823	1134	2928	شوید dill
465.3	457	457	128	786	نعناع mint
85.5	298	261	164	323	شنبلیله fenugreek
885.1	866	1249	549	2952	جعفری parsley
1311.5	2503	2648	1415	4026	شاهی garden cress

> پیازچه> سبزی های برگی را نشان داد. Kiani and Gheytasim (2016) در بررسی میزان نیترات در سبزی های عرضه شده در بازار شهرکرد نتیجه گرفتند که میانگین غلظت نیترات در سبزی های مورد آزمایش در محدوده وسیعی از ۳۱۰/۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در نعناع تا ۳۳۰۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در مرزه تغییر کرد. نتایج پژوهش (Seilsepour 2020) در بررسی غلظت نیترات در سبزی های برگی دشت ورامین نشان داد که میانگین غلظت نیترات در سبزی های برگی مطالعه شده ۱۴۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر بود و در بین سبزی های برگی، کاهو با میانگین ۳۹۰۹ میلیگرم در کیلوگرم وزن تازه، بیشترین میزان تجمع نیترات و شنبلیله با میانگین ۶۴۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه کمترین میزان تجمع نیترات را داشت.

در بین سبزی های برگی غلظت نیترات در شنبلیله > نعناع> ترخون> جعفری> شوید > تره > شاهی> گشنیز> ریحان بود. به طور کلی بررسی غلظت نیترات در سبزی و صیفی جات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت مربوط به سبزی های برگی و کمترین مقدار میانگین غلظت نیترات برای گوجه فرنگی بود که روند میانگین غلظت نیترات به ترتیب گوجه فرنگی> پیاز> فلفل> خیار > سیب زمینی > بادمجان> پیازچه> سبزی های برگی مشاهده شد. همچنین بیشترین میانگین انحراف معیار در بین محصولات مطالعه شده در سبزی های برگی با مقدار ۱۲۵۷ و کمترین مقدار انحراف معیار در گوجه فرنگی با مقدار ۳۷/۹ به دست آمد. بررسی مقادیر انحراف معیار در محصولات مورد مطالعه روند گوجه فرنگی> سیب زمینی > پیاز> فلفل> بادمجان> خیار



شکل ۸- غلظت نیترات (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) در سبزی‌های برگی
 Fig. 8- Nitrate concentration (mg kg⁻¹ fresh weight) in leafy vegetables

نتیجه گیری

مجاز استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. در بین سبزی‌های برگی مورد مطالعه میانگین غلظت نیترات فقط در نعنای (۴۵۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)، شنبلیله (۲۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) و ترخون (۶۹۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) کمتر از حد مجاز استاندارد ملی کشور بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که اندازه میوه معیار مناسبی برای مقدار نیترات گیاه نمی‌تواند باشد و بیشتر جنبه‌های مدیریتی مزارع در میزان نیترات گیاه نقش به‌سزایی دارد. از طرف دیگر تغییرات نیترات در مزارع مختلف به قدری زیاد است که نمی‌توان به طور واضح بیان نمود که مصرف صیفی و سبزی‌های موجود در بازار از نظر میزان نیترات دارای محدودیت باشد. به هر حال به نظر می‌رسد که مصرف سبزی‌های برگی و صیفی‌جات تولید شده در مناطق مورد مطالعه برای سلامت مصرف‌کننده ممکن است در برخی موارد دارای محدودیت باشد.

پی‌نوشت

¹ World health organization

Anonymous., 1992. CECSCF (Commisson of the European Communities Scientific Committee for food); Report of the nitrite and nitrate, XXXVI series. Opinion of 19 October 1990. EUR, 130-139.

Anonymous., 1997. The Commission of the European Communities. Tanuary 1997, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities, No.31, 48-50.

Anonymous., 2013. Maximum levels for nitrate in agricultural products. INSO 16596. 1st Edition. Iranian national standardization organization.

Beheshti, M. Shahbazi, K. Bazargan, K. and

پژوهش حاضر با هدف بررسی و پایش غلظت نیترات در برخی محصولات سبزی و صیفی تولیدشده در برخی گلخانه‌ها و مزارع استان اصفهان انجام شد. بر اساس نتایج میانگین غلظت نیترات در خیارهای مورد مطالعه ۱/۴۸ برابر حد مجاز سازمان ملی استاندارد ایران (۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بود؛ درحالی‌که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و فلفل نسبت به حد مجاز ارائه شده به وسیله سازمان ملی استاندارد ایران (به ترتیب ۱۷۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) کمتر بود. در بین صیفی‌جات مورد مطالعه بیشترین میانگین غلظت نیترات در خیار و کمترین میانگین غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی مشاهده شد. میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، بادمجان، فلفل و پیاز ریز نسبت به میانگین غلظت نیترات در سیب‌زمینی، بادمجان، گوجه‌فرنگی، فلفل و پیاز درشت بیشتر بود. بیشترین غلظت نیترات در سبزی‌های برگی و کمترین مقدار نیترات در گوجه‌فرنگی به دست آمد. به طور کلی میانگین غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بیشتر از حد

منابع

Malekzadeh, E., 2019. Study of nitrate status in tomatoes and cucumbers distributed in the Alborz province market. Alborz University of Medical Sciences Journal. 8(3), 281-299. (In Persian with English abstract).

Chung, S.Y. Kim, J.S. Kim, M. Hong, M.K. Lee, J. Kim, C.M. and Song, I.S., 2003. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. Food Additives Contaminants. 20 (7), 621-628.

Ebadi, A. Davari, M. and Razmjoo, J., 2008. Nitrate and Nitrite accumulation in Tomato and Potato in Ardabil Province. International meeting on soil fertility land management and agroclimatology, Turkey. pp. 389-392.

- Haftbaradaran, Sh. Malakouti, M.J and Khoshgoftarmanesh, A.H., 2018. Investigation of Nitrate Risk Assessment in Edible Parts of Some Crops Grown in Isfahan Province. *Applied Soil Research*. 6(1), 1-12. (In Persian with English abstract).
- Hsu, J. Arcot, J. and Lee, N.A., 2009. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry*. 115 (1), 334-339.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., 2007. Principles of Plant Nutrition. Isfahan University of Technology Publication Center. (In Persian).
- Khoshgoftarmanesh, A.H. Aghili, F. and Sanaeiostovar, A., 2009. Daily intake of heavy metals and nitrate through greenhouse cucumber and bell pepper consumption and potential health risks for human. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 60 (1), 199-208.
- Kiani, Sh. and Gheybasim, M., 2016. Evaluation of nitrate and nitrite accumulation in vegetables exposed on ShahreKord's markets. *Journal of Food Hygiene*. 5 (20), 67- 81. (In Persian with English abstract).
- Malakouti, M.J., 2011. Relationship between Balanced Fertilization and Healthy Agricultural Products (A Review). *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*. 4(16), 133-150. (In Persian with English abstract).
- Merusi, C. Corradini, C. Cavazza, A. Borromei, C. and Salvadeo, P., 2010. Determination of nitrates, nitrites and oxalates in food products by capillary electrophoresis with pH-dependent electroosmotic flow reversal. *Food chemistry*, 120 (2), 615-620.
- Muramoto, J., 1999. Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California, Santa Cruz.
- Pirsaheb, M. Rahimian, S. and Pasdar, Y., 2010. Nitrite and nitrate content of fruits and vegetables in kermanshah. *Journal of kermanshah university of medical sciences (BBEHBOOD)*. 16 (1), 76-83. (In Persian with English abstract).
- Rahmani, H. and Khanmohammadi, Z. 2020. The investigation of nitrate pollution of drinking water and agricultural wells in some cities of Isfahan province. Technical Report. No 58157. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
- Rezaei, M. Fani, A. Moini, A.L, Mirzajani, P. Malekiran, A.A. and Rafiei, M., 2014. Determining nitrate and nitrite content in beverages, fruits, vegetables, and stews marketed in Arak, Iran. *International scholarly research notices*. (In Persian with English abstract).
- Santamaria, P., 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (1), 10-17.
- Seilsepour, M. 2020. Study of nitrate concentration in Varamin plain leafy vegetables and evaluation of its risk for human. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*. 3 (1), 69-86. (In Persian with English abstract).
- Shahbazzadegan, S. Hashemimajd, K. and Shahbazi, B. 2010. Determination of nitrate concentration of consumed vegetables and fruits in Ardabil. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 10(1), 38-47. (In Persian with English abstract).
- Singh, j. P., 1988. A rapid method for

determination of nitrate in soil and plant extract. *Plant and Soil*, 110, 137-139.

Sobhan Ardakani, S, Shayesteh, K, Afyuni, M. and Mahboobi, N., 2005. Nitrate concentration in some plant products of Isfahan. *Journal of Environmental Studies*. 31(37), 69-76. (In Persian with English abstract).

Susin, J. Kmecl, V. and Gregorcic, A., 2006. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996–2002. *Food additives and contaminants*, 23(4), 385-390.

Tabande, L and Safarzadeh Shiraze, S., 2018. Evaluation of nitrate accumulation and factors affecting it in some leafy vegetables in Zanjan province. *Iranian Journal of Soil Research*. 32 (2), 189- 202. (In Persian with English abstract)

Tabande, L and Zarei, M., 2018. Overview of nitrate concentration in some vegetables produced in Zanjan province. *Iranian Journal of Soil Research* .32 (3), 373- 382. (In Persian with English abstract)

Tabatabaee, J. Nazari-e-Deljo, M. Rostami, R. Azarmi, F. Fazilat, F. and Pahlavani, S., 2005. Nitrate concentration evaluation of leafy, fruit

bearing and tuberous vegetables in Tabriz. *Proceeding of 4th Conference of Farming Sciences*. pp. 11-13.

Tamme, T. Reinik, M. Roasto, M. Juhkam, K. Tenno, T. and Kiis, A., 2006. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food additives and contaminants*, 23(4), 355-361.

WHO., 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO expert consultation. Technical report series 916. www.fao.org/docrep/005/AC911E/AC911E00.htm.

Yeganeh, M. and Bazargan, K., 2016. Human health risks arising from nitrate in potatoes consumed in Iran and calculation nitrate critical value using risk assessment study, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(3), 817-824.





Environmental Sciences Vol.20 / No.4 / Winter 2023

17-36

Original Article

Evaluation of some leafy vegetables and cucurbits produced in Isfahan province in terms of nitrate concentration

Hamid Reza Rahmani* and Zahra Khanmohamadi

Departments of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 2021.08.30 Accepted: 2022.01.19

Rahmani, H.R. and Khanmohamadi, Z., 2023. Evaluation of some leafy vegetables and cucurbits produced in Isfahan province in terms of nitrate concentration. *Environmental Sciences*. 20(4): 17-36.

Introduction: Vegetables are the main food of the world's population, especially in developing countries. Currently, many vegetables, especially leafy vegetables, have a high percentage of nitrate due to the overuse of nitrogen fertilizers to accelerate vegetative growth. Many researches have been done on nitrate accumulation in crops worldwide, because of the harmful effects of excess nitrate in edible plants for humans and live stocks. Due to the necessity of such studies in country as well as the control of nitrate concentration in leafy vegetable and cucurbits, this study was done to investigate and monitor the nitrate concentration in some leafy vegetables and cucurbits (cucumber, tomato, potato, eggplant, pepper, onion, scallion and leafy vegetables) produced in some greenhouse and farms of Isfahan province.

Material and methods: In this study 142 different leafy vegetables (coriander, basil, chives, parsley, garden cress, dill, tarragon, mint, fenugreek) and cucurbits (fruit vegetables) including (cucumber, tomato, eggplant, pepper, onion, scallion and potato in coarse and fine sizes) collected from greenhouses and agricultural fields of Isfahan, Dorcheh, Falavarjan, Tiran, Dastgerd, Dehaghan and their surroundings. Nitrate content of plant samples was measured by spectrophotometer based on colorimetric method after reduction and production of aminoazo color complex. Then the nitrate concentration in the samples was compared with the maximum allowable nitrate concentration in agricultural products provided by the National Standard Organization of Iran.

Results and discussion: The results showed that the mean concentration of nitrate in cucumber samples was 1.48 times more than the Iranian National Standardization Organization (90 mg kg⁻¹ of fresh weight); whereas the mean concentration of nitrate in potato, tomato and pepper samples was lower than the standard limits provided by National Iranian Standards Organization (170., 150 and 200 mg kg⁻¹ of fresh weight respectively).

* Corresponding Author: *Email Address*. h.rahmany@areeo.ac.ir

The mean concentration of nitrate in fine sizes of potato, tomato and pepper was more than nitrate concentration in coarse sizes. Between the studied cucurbits, the highest and lowest average nitrate concentration were observed in cucumber and tomato respectively. Also the average nitrate concentration in cucumber skin was 16.7 times more than the mean nitrate concentration of its fruit. In general, the mean concentration of nitrate in leafy vegetables was more than the Iranian National Standardization Organization (1000 mg kg^{-1} of fresh weight). Between the studied leafy vegetables, the average concentration of nitrate in mint (457 mg kg^{-1} of fresh weight), fenugreek (262 mg kg^{-1} of fresh weight) and tarragon (695 mg kg^{-1} of fresh weight) was just lower than the Iranian National Standardization Organization. The others leafy vegetables probably have nitrate limitation for consumption.

Conclusion: According to the results, it seems that fruit size is not a suitable criterion for plant nitrate content and the management aspects of farms play a major role in plant nitrate content. On the other hand, the changes of nitrate content in the farms are very high, so it cannot be clearly stated that the consumption of vegetables is restricted in terms of nitrate content. However, it seems that the consumption of vegetables produced in the studied areas may be restricted for consumers' health in some cases.

Keywords: leafy vegetables, cucurbits, nitrate, Isfahan. Introduction.