Journal of Research in Environmental Health

Volume 7, Issue 2, Summer 2021

Human Health Risk Assessment of Exposure to Nitrate from Vegetables Distributed in Kermanshah

Sareh Nezami
* Assistant Professor of Soil Science and Engineering Department, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.
(Corresponding Author):
Email: Snezami1981@gmail.com

Akram Fatemi
Assistant Professor of Soil Science and Engineering Department, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received: 2021/05/27
Accepted: 2021/07/02

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: The excessive consumption of nitrogen fertilizers leads to the production of vegetables with high concentrations of nitrate. High nitrate concentration in crops causes a variety of diseases, especially due to the production of carcinogen nitrosamine in adults. Because of the increase in cancerous and non-cancerous diseases caused by the consumption of foods containing high nitrate, a detailed and comprehensive assessment of the state of nitrate accumulation in vegetables is required. This study was conducted to evaluate the risk of nitrate in high-consumption vegetables in Kermanshah.
Materials and Methods: In this study, 120 samples of five kilograms of high-consumption vegetables were sampled in different months of each season and sent to the laboratory. Samples included tomato, cucumber, potato, onion (yellow, white, red), lettuce, celery, watercress, and spinach or beet leaves. After sample preparation and extraction, the nitrate concentration was determined by a spectrophotometer at a wavelength of 410 nm.
Results: The nitrate concentration in all vegetables was less than the WHO and ISIRI standard limits in winter. But in the summer, the concentration of nitrate in celery, cress, and beet leaves exceeded the standard limits. The hazard quotient (HQ) was less than 1 in all vegetables and both seasons. In summer, the highest HQ values were observed in cress (0.425), beet leaves (0.363), and celery (0.135), in sequence. In the winter, the highest amount of HQ was seen in cress (0.190).
Conclusion: According to the HQ values (less than 1) in all vegetables, the possibility of exposure to non-carcinogenic diseases caused by nitrate from eating vegetables in this study is not serious, but it is necessary to monitor the concentration of nitrate in consumed vegetables at different intervals.

Keywords: Nitrate, Vegetables, Hazard Quotient, Risk Assessment, Food Safety

▶ **Citation:** Nezami S, Fatemi A. Human Health Risk Assessment of Exposure to Nitrate from Vegetables Distributed in Kermanshah. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2021; 7(2): 164-174.

ارزیابی ریسک سلامت انسان در مواجهه با نیترات ناشی از مصرف سبزیجات عرضه شده در سطح شهر کرمانشاه

ساره نظامی
* استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (نویسنده مسئول):
پست الکترونیک:Snezami1981@gmail.com
اکرم فاطمی
استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۱
نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی سبب تولید سبزیجات با غلظت بالای نیترات می‌گردد. بالا بودن غلظت نیترات در محصولات تولیدی باعث انواع بیماری‌ها به‌خصوص تولید ماده سرطان‌زای نیتروز آمین در بزرگسالان می‌گردد. به‌دلیل افزایش بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی ناشی از مصرف مواد غذایی حاوی نیترات بالا، ارزیابی دقیق و جامعی از وضعیت تجمع نیترات در سبزی‌ها مورد نیاز است، لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از نیترات در تعدادی از سبزیجات و صیفی‌جات پرمصرف شهر کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۱۲۰ نمونه ۵ کیلوگرمی از سبزیجات در ماه‌های مختلف فصل‌های تابستان و زمستان از میدان اصلی تره‌بار شهر نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه‌ها شامل گوجه‌فرنگی، خیار، سیب‌زمینی، پیاز (زرد- سفید- قرمز)، کاهو، کرفس، شاهی و اسفناج یا برگ چغندر بودند. پس از آماده‌سازی و عصاره‌گیری از نمونه‌ها، غلظت نیترات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر تعیین شد.

یافته‌ها: غلظت نیترات در تمامی سبزیجات نمونه‌برداری شده در فصل زمستان کمتر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی ایران بود، اما در فصل تابستان غلظت نیترات در کرفس، شاهی و برگ چغندر بیشتر از حد استانداردهای بیان شده بود. در تمام سبزیجات و در هر دو فصل مقادیر شاخص نسبت خطر (HQ) به‌دست آمده کمتر از ۱ بود. در فصل تابستان بیشترین مقادیر HQ به‌ترتیب در شاهی (۰/۴۲۵)، برگ چغندر (۰/۳۶۳) و کرفس (۰/۱۳۵) مشاهده شد. در فصل زمستان نیز بیشترین مقدار HQ در شاهی (۰/۱۹۰) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به شاخص خطرپذیری کمتر از ۱ در تمام سبزیجات، احتمال مواجهه با بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از نیترات از مسیر خوردن سبزیجات در این مطالعه به‌طور جدی وجود ندارد، اما پایش غلظت نیترات در محصولات مصرفی در فواصل زمانی مختلف ضروری است.

کلید واژه‌ها: نیترات، سبزیجات، شاخص خطر پذیری، ارزیابی ریسک، ایمنی غذایی،

◄ **استناد:** نظامی س، فاطمی الف. ارزیابی ریسک سلامت انسان در مواجهه با نیترات ناشی از مصرف سبزیجات عرضه شده در سطح شهر کرمانشاه. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۰؛۷(۲): ۱۷۴-۱۶۴.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و تأمین غذای مورد نیاز آنها، کاهش حاصل‌خیزی خاک و سطح زیر کشت محصولات به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی نامناسب، کشاورزان را به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی سوق داده است. بر اساس اطلاعات موجود، از مجموع ۴/۲ میلیون تن کود مصرفی در ایران، حدود ۶۰٪ به کودهای نیتروژنی اختصاص دارد (۱). کاربرد بیش از حد کودهای نیتروژنی که گاهی از یک تن در هکتار اوره تجاوز می‌نماید (۲)، نه تنها سبب کاهش بیشتر حاصل‌خیزی خاک و آلودگی آب و محیط زیست می‌شود، بلکه محصولات تولید شده نیز حاوی مقدار زیادی نیترات خواهند بود. حدود ۷۲ تا ۹۴ درصد نیترات جذب شده توسط بدن با خوردن سبزیجات تأمین می‌شود (۳). با توجه به حجم و دفعات زیاد، مصرف سبزیجات حاوی نیترات بالا سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴). بالا بودن غلظت نیترات در اندام‌های قابل مصرف سبزی‌ها باعث انواع مسمومیت‌ها، تولید بیماری کم‌خونی در کودکان و تولید ماده سرطان‌زای نیتروزآمین در بزرگسالان می گردد (۵).

در سال‌های اخیر افزایش بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی ناشی از مصرف مواد غذایی حاوی نیترات بالا باعث ایجاد نگرانی در خانوارهای ایرانی شده است. بنابراین، ارزیابی دقیق و جامعی از وضعیت تجمع نیترات در سبزی‌ها مورد نیاز است (۶). ارزیابی ریسک، یک چهارچوب مفهومی است که مکانیسمی را برای بررسی اطلاعات مرتبط با تخمین پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی فراهم می‌کند. پارادایم ارزیابی ریسک آکادمی ملی علوم به‌عنوان یک ابزار مفید، در سال ۱۹۸۳ ارائه گردید. بر اساس این پارادایم، فرآیند ارزیابی ریسک طی چهار مرحله شامل: تعیین خطر، ارزیابی مقدار- پاسخ، ارزیابی مواجهه و مشخص کردن ریسک انجام می‌شود. شاخص نسبت خطر (HQ) [1] فاکتوری است که برای نشان دادن خطر غیر سرطان‌زایی یک ماده آلاینده در طول زندگی فرد به کار می‌رود (۷).

هفت برادران و همکاران خطرپذیری نیترات در اندام‌های خوراکی دو محصول پر مصرف سیب‌زمینی و خیار را در استان اصفهان بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که میانگین غلظت نیترات این دو محصول در تمام شهرستان‌های مورد بررسی کمتر از حد مجاز بود. شاخص خطرپذیری نیترات نیز برای این محصولات و در تمام شهرهای استان اصفهان کمتر از ۱ به‌دست آمد (۶). در مطالعه ابراهیمی و همکاران که اثر فرآیندهای شستن و پختن سیب‌زمینی را بر ارزیابی ریسک سلامتی مرتبط با آن در گروه‌های سنی مختلف در ایران بررسی کردند، شاخص HQ در تمامی گروه‌ها کمتر از ۱ به‌دست آمد. همچنین، شستن و پختن سیب‌زمینی باعث کاهش غلظت نیترات شد (۸). در مطالعه تقی‌پور و همکاران که میزان دریافت روزانه نیترات از طریق مواد غذایی و آب آشامیدنی را در شهرهای ورزقان و پارس‌آباد با میزان شیوع متفاوت سرطان معده اندازه‌گیری کردند، میزان دریافت روزانه نیترات بیشتر از حد مجاز سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO) [2] / سازمان جهانی بهداشت (WHO) [3] (۳/۷ میلی گرم به ازاء کیلوگرم وزن بدن در روز) بود (۹). در مطالعه غفاری و همکاران که میزان دریافت روزانه نیترات را از طریق مصرف میوه‌ها و سبزیجات در مناطق با ریسک بالا و پایین سرطان روده در ایران بررسی کردند، مقدار دریافت روزانه نیترات در ۶/۵٪ شرکت‌کنندگان در مناطق با ریسک بالا و ۵/۹٪ شرکت‌کنندگان در مناطق با ریسک پایین در مقایسه با مقدار مجاز WHO/FAO غیرقابل قبول بود (۱۰).

شرافتی چالشتری و جادی ارزیابی ریسک نیترات را در هندوانه و هویج فصول مختلف سال در شهر کاشان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در هر دو محصول شاخص HQ کمتر از ۱ بود و اثرات سوئی بر سلامتی انسان نداشتند. همچنین، غلظت نیترات در محصولات فصل‌های زمستان و پاییز بیشتر از تابستان و بهار بود (۱۱). حسینی و همکاران ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از نیترات را در اسفناج و شاهی آبیاری شده با فاضلاب خام شهری در

1. Hazard Quotient

2. Food and Agriculture Organization

3. World Health Organization

شهر همدان بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که میزان نیترات تجمع یافته در سبزیجات در اثر تیمارهای مختلف فاضلاب در دامنه مجاز گزارش شده توسط سازمان جهانی بهداشت و پایین‌تر از حد آستانه سمیت بود. همچنین، غلظت نیترات در تیمارهای مختلف اسفناج نسبت به تیمار مشابه شاهی بیشتر بود (۱۲). صالح‌زاده و همکاران ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از نیترات را در سبزیجات تازه و پخته شده جمع‌آوری شده از مزارع شهر سنندج مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آنها، غلظت نیترات در سبزیجات تازه در شهر سنندج قابل قبول بود و مشکلی از نظر سلامتی برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کرد. به‌طور کلی فرآیند پختن غلظت نیترات را کاهش داده و سبب کاهش ریسک ناشی از مصرف سبزیجات تازه می‌شود (۱۳).

از آنجایی که بحث بالا بودن غلظت نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات کشت شده در شهرستان کرمانشاه عمدتاً به‌دلیل عدم مصرف بهینه کودها و به‌خصوص مصرف زیاد کودهای نیتروژنی چندین بار در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ مطرح شده بود و همین امر باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مصرف‌کنندگان این محصولات شده بود و همچنین، اطلاعات محدودی در ارتباط با غلظت نیترات در سبزیجات مختلف و ریسک ناشی از آن بر سلامتی در سطح استان وجود داشت، بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت نیترات در سبزی‌های پرمصرف شهر و ریسک ناشی از آن انجام شد.

روش کار

نمونه‌برداری

در سطح شهر کرمانشاه یک میدان اصلی تره‌بار وجود دارد که سبزیجات بازارهای موجود در سطح شهر را تأمین می‌کند. بر این اساس در فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۹۸ از تمام غرفه‌های مربوط به هر سبزی مقدار ۵ کیلوگرم نمونه به‌صورت تصادفی جمع‌آوری شده و تعداد ۱۲۰ نمونه در هر فصل به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه‌برداری در ماه‌های مختلف فصل صورت گرفت. سبزی‌ها نیز شامل گوجه‌فرنگی، خیار، سیب‌زمینی، پیاز (زرد- سفید- قرمز)، کاهو، کرفس، شاهی و اسفناج یا برگ چغندر بودند. سبزی‌های مورد مطالعه بر اساس اهمیت آنها در سبد غذایی (بر اساس مقدار مصرف در رژیم‌های غذایی) انتخاب شدند (۱۴، ۱۵). پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتدا با آب معمولی و سپس آب مقطر شسته شدند. در مرحله بعد از هر عدد سبزی چند تکه خرد شده و به‌مدت یک روز در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند تا رطوبت آنها کاهش یابد. سپس، روز بعد نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده تا خشک شوند. لازم به ذکر است که برای تعیین درصد ماده خشک یک نمونه مخلوط از تمام تکه‌های خرد شده بلافاصله در آون قرار داده شد (۱۶). نمونه‌ها پس از خشک شدن با آسیاب پودر شده و تا زمان آنالیز در فریزر نگه داشته شدند (۱۵). تمامی نمونه‌ها در ۳ تکرار مورد آنالیز قرار گرفتند.

عصاره‌گیری از نمونه‌ها

برای تهیه عصاره از نمونه‌ها، مقدار ۰/۴ گرم از نمونه پودر شده وزن شد و سپس، ۴۰ میلی‌لیتر محلول سولفات آلومینیوم ۰/۰۲۵ مولار به آن اضافه گردید. برای بی‌رنگ کردن نمونه‌ها حدود ۰/۵ گرم زغال فعال نیز به هر نمونه اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه به‌وسیله شیکر با دور ۲۰۰ در دقیقه تکان داده شدند. در نهایت عصاره‌های به‌دست آمده با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲، صاف شدند (۱۷).

تعیین غلظت نیترات

به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها برای قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico, Model 2150)، ابتدا ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده برداشته شد. سپس ۰/۸ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوسالیسیلیک ۵٪ اضافه گردید. در این مرحله دمای نمونه‌ها افزایش می‌یابد. پس از سرد شدن نمونه‌ها (۲۰ دقیقه بعد از افزودن محلول سولفوسالیسیلیک) حدود ۱۷/۷ میلی‌لیتر محلول سود ۲ مولار به نمونه‌ها اضافه شد. در پایان پس از تشکیل کمپلکس رنگ زرد، میزان جذب نمونه‌ها و استانداردهای نیترات با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر تعیین شد. سپس، بر

اساس نمودار کالیبراسیون حاصل از استانداردها میزان جذب به غلظت بر اساس واحد میلی‌گرم در لیتر تبدیل شد. در نهایت مقدار نیترات موجود در نمونه‌ها بر اساس درصد وزن خشک هر نمونه بر اساس واحد میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش گردید (۱۸).

ارزیابی خطر

به‌منظور بررسی احتمال بروز بیماری‌های غیرسرطانی به‌واسطه مصرف یک آلاینده نظیر نیترات، شاخص خطر پذیری (HQ) محاسبه شد که نسبت میزان آلاینده جذب شده تقسیم بر میزان مبنا (RfD) است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۸، ۱۹):

$$HQ = \frac{Intake}{RFD}$$

در رابطه بالا Intake میزان جذب روزانه نیترات ($mg\ kg^{-1}\ d^{-1}$) و RfD میزان مبنا است که برای نیترات معادل ۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز است (۸، ۱۹). میزان جذب روزانه نیترات از طریق سبزیجات از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۲۰):

$$Intake\ (mg\ kg^{-1}\ d^{-1}) = \frac{CF \times iR \times Fi \times EF \times SD}{BW \times AT}$$

پارامترهای مورد استفاده و مقادیر مربوط به آنها برای محاسبه میزان جذب روزانه نیترات و شاخص خطرپذیری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. پارامترهای استفاده شده برای محاسبات جذب نیترات و شاخص خطرپذیری

پارامتر	نام کامل پارامتر	واحد	مقدار	منبع
غلظت آلاینده (CF)	Contaminant Concentration in Food or Water	$mg\ g^{-1}$	اندازه‌گیری شده	-
میزان مصرف سبزی (IR)	Ingestion Rate	$g\ d^{-1}$	سیب‌زمینی ۶۸، پیاز ۳۹، گوجه‌فرنگی ۱۰۹، کاهو ۵۸، خیار ۱۵۰، سبزیجات برگی ۵۸	(۶، ۲۰، ۲۲)
نسبت هضم آلاینده (FI)	Fraction Ingestion	بدون واحد	۰/۴	(۱۹)
تعداد دفعات مصرف در سال (EF)	Exposure Frequency	$d\ y^{-1}$	۳۶۵	(۲۱)
تعداد سال مصرف (ED)	Exposure Duration	y	۷۰	(۲۰)
وزن بدن (BW)	Body weight	kg	۷۰	(۲۰)
AT	Average Time	-	ED×۳۶۵	(۲۰)

به‌منظور تخمین ریسک غیرسرطانی کل نیترات ناشی از مصرف انواع مختلف سبزیجات در این مطالعه، شاخص خطر (HI) [1] انجام شد که بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (۲۳):

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + ... + HQ_n$$

۱ تا n نماینده نوع سبزی می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۱۶ استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و شاپیروویلک بررسی گردید. به‌دلیل تنوع محصولات، توزیع داده‌ها نرمال نبودند. برای نرمال کردن توزیع داده‌ها از لگاریتم آن‌ها استفاده شد. برای تجزیه واریانس از آزمون آنووا و برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن با سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد. برای مقایسه غلظت نیترات نمونه‌ها با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (۲۴) و استاندارد ملی ایران (ISIRI) [2] (۲۵) از آزمون تست تک نمونه‌ای استفاده شد.

یافته‌ها

غلظت نیترات در نمونه‌ها

نتایج میانگین غلظت نیترات در سبزیجات مختلف نمونه‌برداری

1. Hazard Index
2. Institute of Standards and Industrial Research of Iran

شده از میدان اصلی تره‌بار در دو فصل تابستان و زمستان در جدول ۲ گزارش شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر زمان بر غلظت نیترات در اکثر سبزیجات مختلف معنی‌دار نبود و بین غلظت نیترات اکثر سبزیجات در دو فصل اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت ($p=۰/۰۵$). تنها در دو محصول کرفس و شاهی بین غلظت نیترات در دو فصل اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p=۰/۰۵$). بین غلظت نیترات در محصولات مختلف در هر دو فصل نیز اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده گردید ($p<۰/۰۰۵$). به‌طور کلی غلظت نیترات در تمامی سبزیجات نمونه‌برداری شده در فصل زمستان کمتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران بود، اما در فصل تابستان غلظت نیترات در کرفس، شاهی و برگ چغندر بیشتر از حد استانداردهای ذکر شده بود (جدول ۲). میانگین غلظت نیترات در کرفس، شاهی و اسفناج در فصل تابستان به ترتیب ۶۴۴/۳۹±۶۵۲/۹۶، ۶۷۵/۹۸± ۲۵۰۲/۱۳ و ۱۰۴۳/۹۲± ۱۷۵۷/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود.

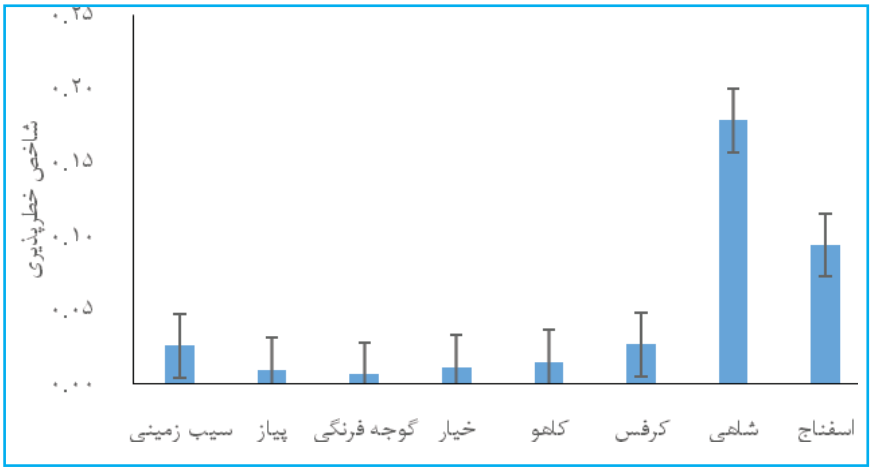
جدول ۲. میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در سبزیجات جمع‌آوری شده در فصل‌های تابستان و زمستان

سبزیجات و صیفی‌جات	تابستان	زمستان	استاندارد WHO	استاندارد ISIRI
سیب‌زمینی	۱۲۸/۱۹ ± ۸۴/۲۲	۱۰۷/۳۴ ± ۵۰/۶۱	۲۵۰	۱۷۰
پیاز	۵۸/۹۵ ± ۱۳/۳۳	۷۱/۳۸ ± ۴۲/۹۶	۱۰۰۰	۹۰
گوجه‌فرنگی	۳۰/۹۳ ± ۱۰/۴۱	۱۹/۹۴ ± ۱۰/۵۰	۳۰۰	۱۲۰
خیار	۳۷/۲۰ ± ۵/۴۱	۲۲/۹۲ ± ۱۱/۱۱	۱۵۰	۹۰
کاهو	۸۱/۱۳ ± ۲۵/۴۵	۷۲/۸۷ ± ۴۳/۶۶	۲۰۰۰	۱۰۰۰
کرفس	۶۵۲/۹۶ ± ۶۴۴/۳۹	۱۲۹/۴۷ ± ۱۹۰/۳۰	۵۰۰	۴۰۰
شاهی	۲۰۵۲/۱۳ ± ۶۷۵/۹۸	۹۱۹/۰۳ ± ۹۱۰/۷۲	۱۵۰۰	۱۰۰۰
اسفناج	-	۴۵۵/۴۷ ± ۴۸۲/۷۶	۲۰۰۰ -۳۰۰۰	۱۰۰۰
برگ چغندر	۱۷۵۷/۲۷ ± ۱۰۴۳/۹۲	-	-	۱۰۰۰

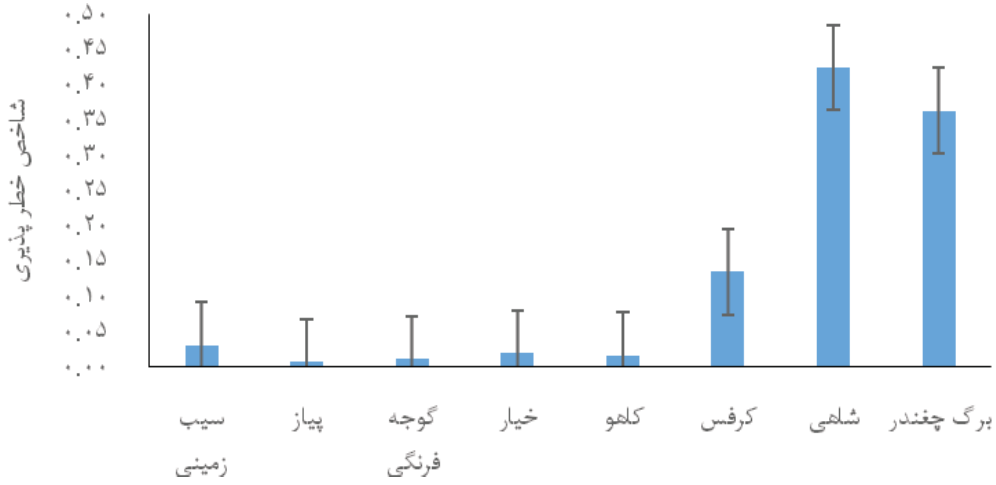
شاخص خطرپذیری HQ

بر اساس میزان مصرف روزانه هر سبزی HQ محاسبه شد که نتایج مربوط به آن در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین مقادیر HQ سبزیجات مختلف در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت ($p=۰/۰۵$)، اما بین مقادیر HQ محاسبه شده برای دو محصول کرفس و شاهی در هر دو فصل اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p=۰/۰۵$). بین مقادیر HQ در سبزیجات مختلف در هر دو فصل اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۰۵$). در تمام سبزیجات و در هر دو فصل مقادیر HQ به‌دست آمده کمتر از ۱ بود. در فصل تابستان بیشترین مقادیر HQ به‌ترتیب در شاهی (۰/۴۲۵)، برگ چغندر (۰/۳۶۳) و کرفس (۰/۱۳۵) مشاهده شد و در بقیه موارد مقادیر حدود ۱۰ برابر کمتر بودند. در فصل زمستان نیز بیشترین مقدار HQ در شاهی (۰/۱۹۰) مشاهده شد و در بقیه سبزیجات مقدار HQ بسیار کمتر از ۱ و ناچیز بود. گروسزسکا-کوزوسکا و باران بیان کردند در صورتی که مقدار HQ کمتر از ۰/۱ باشد، هیچ گونه ریسکی ناشی از مصرف سبزی موردنظر وجود ندارد، اما در صورتی که این نسبت بین ۰/۱ تا ۱ باشد، ریسک کمی ناشی از مصرف سبزی وجود دارد (۲۳). بر این اساس در فصل تابستان مقادیر HQ در سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خیار و کاهو کمتر از ۰/۱ و در کرفس، شاهی و برگ چغندر بین ۰/۱ تا ۱ به‌دست آمد. اما در فصل زمستان در تمامی سبزیجات مورد مطالعه این مقدار کمتر از ۰/۱ و تنها در شاهی بیشتر از ۰/۱ محاسبه شد.

شاخص HI که مجموع شاخص‌های HQ در هر فصل و نشان‌دهنده کل ریسک غیرسرطانی ناشی از سبزیجات مختلف است، در تابستان حدود ۱ و در زمستان حدود ۰/۳۹ به‌دست آمد.



نمودار ۱. مقادیر شاخص خطر پذیری نیترات در سبزیجات جمع‌آوری شده در فصل زمستان



نمودار ۲. مقادیر شاخص خطرپذیری نیترات در سبزیجات جمع‌آوری شده در فصل تابستان

بحث

با توجه به ارزش غذایی سبزی‌ها، وجود فیبر فراوان و نقش آن در سلامت انسان، مصرف آن در تمامی نقاط جهان مورد تأیید متخصصین تغذیه می‌باشد. در رژیم غذایی ما ایرانیان نیز سبزی‌ها از جایگاه خاصی برخوردار هستند و در برنامه‌ریزی‌ها، افزایش مصرف سرانه آن مورد تأکید می‌باشد (۲۶). طبق تحقیقات صورت گرفته، ۸۰٪ نیتراتی که وارد بدن می‌شود، از طریق سبزی‌ها و میوه‌هاست (۱۲).

بر اساس نتایج این مطالعه، تفاوت چندانی در غلظت نیترات در اکثر سبزیجات نمونه‌برداری شده در فصل تابستان و زمستان وجود نداشت. با این‌حال، سبزیجات نمونه‌برداری شده در فصل تابستان غلظت نیترات بالاتری نسبت به فصل زمستان داشتند. تفاوت غلظت نیترات در دو فصل به‌خصوص در دو سبزی شاهی و کرفس بسیار مشهود است. عوامل متعددی تجمع نیترات را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهند که به‌صورت کلی در دو گروه عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی قابل بررسی هستند. به‌طور طبیعی در بین گیاهان از حیث استعداد تجمع نیترات، تفاوت‌های ژنتیکی وجود دارد. این تفاوت بین خانواده‌های مختلف، جنس‌ها و گونه‌های مختلف گیاهی و حتی در ارقام مختلف یک گونه مشاهده می‌شود. مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر در تجمع نیترات در گیاه، مقدار نیترات موجود در اطراف ریشه و خود گیاه است.

کاربرد بیش از حد کودهای نیتروژنی به‌ویژه در یک نوبت، باعث افزایش میزان نیترات قابل جذب شده و در نهایت باعث تجمع نیترات در بافت‌های گیاه می‌شود. علاوه بر میزان نیترات موجود در خاک، سایر عوامل محیطی هم می‌توانند در میزان نیترات موجود در بافت‌های گیاهی تأثیرگذار باشند. تنش خشکی، دمای بالا، یخبندان، شدت نور کم و کلیه عوامل محیطی که محدود کننده فتوسنتز و رشد در گیاه هستند، در افزایش میزان نیترات موجود در گیاه مؤثرند (۲۷).

فصل برداشت می‌تواند در میزان تجمع نیترات سبزیجات تأثیرگذار باشد. تأثیر فصل برداشت بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون به‌علت تفاوت در درجه حرارت محیط، طول دوره نوری و تابش خورشید در فصول مختلف است (۱۵، ۲۶). در ارتباط با تأثیر فصل برداشت بر میزان تجمع نیترات، نتایج متفاوتی گزارش شده است. اسدی و فاضلی با اندازه‌گیری غلظت نیترات در برخی محصولات پرمصرف عرضه شده در میادین میوه و تره‌بار منطقه چهار تهران در فصل بهار و تابستان به این نتیجه رسیدند که میزان نیترات در نمونه‌های تحت بررسی در بیشتر موارد کمتر از حد استاندارد بود و در هر دو فصل تفاوت چندانی مشاهده نشد (۲۶). پورمقیم و همکاران غلظت نیترات را در کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در میدان مادر میوه و تره‌بار شهر تهران در دو فصل تابستان و زمستان اندازه‌گیری کردند. با توجه به نتایج آنها، غلظت نیترات در کاهو در فصل تابستان بیشتر از زمستان و در گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در فصل زمستان بیشتر بود (۱۵). موراموتو با تعیین میزان نیترات در انواع کاهوی کشت شده به دو روش سنتی و ارگانیک نشان داد که اثر فصل بر میزان تجمع نیترات در کاهو معنی‌دار است و نمونه‌های کشت شده در زمستان نسبت به تابستان مقدار بیشتری نیترات داشتند (۲۸). در مطالعه شرافتی چالشتری و جادی، غلظت نیترات در هندوانه و هویج در فصل پاییز و زمستان بیشتر از تابستان و بهار بود (۱۱). به‌نظر می‌رسد تفاوت در نتایج به‌دست آمده از تحقیقات مختلف ناشی از عواملی نظیر منطقه کشت، واریته و سن گیاه، شرایط آب‌وهوایی، نوع و میزان کوددهی، نحوه کشت، زمان برداشت و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت باشد (۱۵).

بر اساس تخمین‌ها ۸۰٪ سرطان‌های انسانی ناشی از عوامل محیطی نظیر غذا، آب‌وهوا است. بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیکی و بالینی، ورود نیترات و نیتریت به بدن از طریق رژیم غذایی، عامل سرطان روده در انسان است. بنابراین در معرض مقادیر بالای نیترات بودن، یک پتانسیل خطر برای سلامتی انسان است و لازم است سطح آن در منابع غذایی مختلف به‌خصوص سبزیجات تعیین شود (۸). در این مطالعه شاخص خطرپذیری که نشان‌دهنده خطر غیرسرطان‌زایی نیترات در طول زندگی فرد است، محاسبه شد. رنج شاخص خطر پذیری برای نیترات در تمامی سبزیجات و در هر دو فصل بین ۰/۰۰۸ تا ۰/۴۲۵ محاسبه شد. همچنین بین مقادیر HQ در سبزیجات مختلف و در هر دو فصل تفاوت چندانی مشاهده نگردید. با این حال مقادیر HQ در فصل تابستان در سبزیجات مختلف بیشتر از فصل زمستان بود. چنانچه مقدار شاخص خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی کمتر از ۱ باشد، نشان‌دهنده این است که خطر در محدوده قابل قبول قرار دارد (۲۹) و بیانگر این است که احتمال اثرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی برای نیترات از مصرف سبزیجات به‌تنهایی وجود ندارد. در این مطالعه بیشترین شاخص خطرپذیری به‌ترتیب در شاهی و برگ چغندر در فصل تابستان و شاهی در فصل زمستان به‌دست آمد.

به‌طور کلی سبزی‌ها و آب آشامیدنی منابع اصلی نیترات و نیتریت در برنامه غذایی انسان هستند (۶). مقدار مجاز دریافت روزانه نیترات از طریق مواد غذایی و آب توسط سازمان جهانی بهداشت و کمیته علمی اتحادیه اروپا بین ۰-۳/۷ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز گزارش شده است. بر این اساس یک فرد با متوسط وزن ۷۰ کیلوگرم نباید بیش از ۲۵۹ میلی‌گرم نیترات در روز دریافت نماید (۱۲). بر اساس نتایج این مطالعه که غلظت نیترات در اکثر سبزیجات مصرفی بسیار کمتر از حد مجاز بود، مقدار مجاز مصرف هر سبزی در روز زیاد می‌باشد. بنابراین، با توجه به مقدار مصرف هر سبزی در روز در خانوارهای ایرانی،

مشکلی با مصرف این سبزیجات ایجاد نخواهد شد. ولی باید به این نکته توجه داشت که در این مطالعه سایر سبزیجات در نظر گرفته نشده‌اند و باید در استفاده از آنها احتیاط لازم را به‌عمل آورد. همچنین مقدار نیترات ورودی از طریق منابع غذایی گوشتی نیز در نظر گرفته نشده است.

از آنجایی که مقدار نیترات ورودی از طریق سایر منابع غذایی نامشخص است، به‌منظور جلوگیری از خطرات ناشی از مصرف منابع با نیترات بالا، کاهش مصرف روزانه نیترات از طریق سبزیجات مصرفی پیشنهاد می‌شود که این امر با کنترل مقدار کودهای نیتروژنه مصرفی در مزرعه امکان‌پذیر می‌باشد. به‌دلیل اینکه رابطه نزدیکی بین تجمع نیترات در محصولات مصرفی و مقدار و روش مصرف کودهای نیتروژنه وجود دارد، مصرف نامنظم کودهای نیتروژنه، مقدار نیترات را در محصولات کشاورزی تولیدی افزایش می‌دهد. مطالعات زیادی نشان داده‌اند زمانی که کودهای مصرفی اصولی استفاده شوند، مقدار نیترات در ارقام کاهش می‌یابد. مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه (اوره) در مقادیر بیش از حد مجاز بر اساس توصیه‌های کودی، منجر به تجمع نیترات در سبزیجات مصرفی می‌گردد (۸).

لازم است به این نکته نیز توجه داشت که تعدادی از سبزیجات موجود در بازار ممکن است در استان مربوطه تولید نشده و از سایر استان‌ها وارد شده باشند. بر اساس اطلاعات دریافتی از میدان تره‌بار کرمانشاه، سبزیجات فصل تابستان عمدتاً از کرج و دزفول وارد شده و در فصل زمستان نیز تعدادی از سبزیجات از شهرهای اصفهان، پلدختر و کهنوج وارد شده‌اند. بنابراین باید بر محصولات وارد شده به استان نیز نظارت صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

غلظت نیترات در تمامی سبزیجات نمونه‌برداری شده در فصل زمستان کمتر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی ایران بود، اما در فصل تابستان غلظت نیترات در کرفس، شاهی و برگ چغندر بیشتر از حد استانداردهای ذکر شده بود.

با توجه به شاخص خطرپذیری که در تمامی سبزیجات و در هر دو فصل تابستان و زمستان کمتر از ۱ بود، احتمال مواجهه با بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از نیترات از مسیر خوردن سبزیجات در این مطالعه به‌طور جدی وجود ندارد، اما توجه به غلظت نیترات در محصولات شاهی، کرفس و برگ چغندر به‌خصوص در فصل تابستان و شاهی در فصل زمستان ضروری است. ذکر این نکته لازم است که برگ چغندر در تابستان به‌جای اسفناج در رژیم غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌نظر نمی‌رسد با توجه به مصرف محدود آن، زیاد بودن غلظت نیترات در آن نسبت به سایر محصولات مشکل خاصی ایجاد نماید. لازم به ذکر است که محصولات مصرفی در فصول مختلف علاوه بر تأمین از خود استان، از سایر استان‌ها نیز وارد می‌شوند که توجه به این نکته نیز ضروری است و باید در ورود محصولات مختلف به استان نظارت بیشتری صورت گیرد. در این مطالعه مقادیر مصرف سبزیجات بر اساس میانگین مصرف کشوری در نظر گرفته شدند، در حالی که در هر منطقه مقادیر مصرف متفاوت است. همچنین، مقادیر مصرف سبزیجات در هر فصل نیز تا حدودی متفاوت است که این نکته نیز بایستی در نظر گرفته شود. بنابراین لازم است در مطالعات آینده با توجه به مقادیر مصرف سبزی در شهر کرمانشاه، ارزیابی ریسک صورت گیرد. باید توجه داشت که در این مطالعه فقط یک‌سری از سبزیجات مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. مقادیر محاسبه شده می‌تواند در صورتی که سایر سبزیجات نیز در نظر گرفته شوند، بالاتر باشد. بنابراین در مطالعات آینده بهتر است سایر سبزیجات و سایر منابع حاوی نیترات نیز در نظر گرفته شوند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین، هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه رازی به‌دلیل استفاده از امکانات آزمایشگاهی این گروه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1- Malakouti MJ, Ladan S, Tabatabaee SJ. Nitrate in leafy vegetables: Toxicity and safety measures. In: Umar Sh., Anjum N.A., and Khan N.A. (Ed.), Content in the edible parts of vegetables: Origin, safety, toxicity limits and the prevalence of cancer in Iran. New Delhi: International Publishing House; 2013.

2- Malakouti MJ. The relationship between balanced fertilizser consumption and production healthy agricultural crops (Review Article). Journal of Crop Physiology. 2009; 16: 133-150. (Persian)

3- Awaad MS, Badr RA, Badr MA, Abd-elrahman AH. Effects of different nitrogen and potassium sources on lettuce (Lactuca sativa L.) yield in a sandy soil. Eurasian Journal of Soil Science. 2016;5(4):299-306.

4- Haftbaradaran S, Malakouti MJ, Khoshgoftarmanesh AH. Investigation of Nitrate Risk Assessment in Edible Parts of Some Crops Grown in Isfahan Province Applied Soil Research. 2018b; 6(1):1-12. (Persian)

5- Ishiwata H, Yamada T, Yoshiike N, et al. Daily intake of food additives in Japan in five age groups estimated by the market basket method. Journal of European Food Research and Technology. 2002; 215:367-74.

6- Haftbaradaran S, Khoshgoftarmanesh AH, Malakouti MJ. Assessment, mapping, and management of health risk from nitrate accumulation in onion for Iranian population. . Ecotoxicol Environ Saf. 2018a; 161: 777-784. (Persian)

7- Mesdaghinia AR, Naseri S, Hadi M. Assessment of carcinogenic risk and non-carcinogenic hazard quotient of chromium in bottled drinking waters in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2016; 9(3): 347-358. (Persian)

8- Ebrahimi R, Ahmadian A, Ferdousi A, et al. . Effect of washing and cooking on nitrate content of potatoes (cv. Diamant) and implications for mitigating human health risk in Iran.Potato Research. 2020. Doi: 10.1007/s11540-020-09450-4.

9- Taghipour H, Nowrouz P, Dastgiri Mehri S, et al. Estimating of dietary nitrate consumption in two cities of Vazaghan and Parssabad with different occurrence of gastric cancer. Journal of Ardabil University of Medical Science. 2014; 4(3): 266-273. (Persian)

10- Ghaffari HR, Nasseri S, Yunesian M, et al. Monitoring and exposure assessment of nitrate intake via fruits and vegetables in high and low risk areas for gastric cancer. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2019; https://doi. 10.1007/s40201-019-00363-0.

11- Sharafati Chaleshtori R, Jadi Z. Fruits contaminated with lead, cadmium and nitrate are the risks to human health: A seasonal study. Iranian Journal of Toxicology. 2019; 13(4): 27-32.

12- Hoseini NS, Cheraghi M, Merikhpour H, et al. Determination of nitrate concentration and nitrate risk assessment in spinach and cress irrigated with raw manicipal sewage. Journal of Nyshabur University of Medical Sciences. 2017; 6(2): 1-11. (Persian)

13- Salehzadeh H, Maleki A, Rezaee R, et al. The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health-related risks. PLOS ONE. 2020; 15(1): e0227551. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227551.

14- Pirsaheb M, Rahimian S, Pasdar Y. Nitrate and nitrit amonth of vegetables in Kermanshah. Bimonthly Journal of Kermanshah University of Medical Science. 2010; 16(1):76-83. (Persian)

15- Pourmoghim M, khoshteenat k, Makki AS, et al. Determination of nitrate contents of lettuce, tomatoes and potatoes on sale in Tehran central fruit and vegetable market by HPLC. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2010; 5(1):63-70. (Persian)

16- Mousavi Moayed FM, Cheraghi M, Lorestani B. Investigation of the amount of phosphate and nitrate accumulation in consumable onion in Hamedan City. J Neyshabur Uni Medical Sci. 2017; 4(4): 82-89. (Persian)

17- Jones JJB. Laboratory guide for conducting soil test and plant analysis. New York CRC press; 2001.

18- Cataldo D, Maroon M, Schrader L, et al. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 1975; 6(1):71-80.

19- Zare MR, Shooshtarian MR, Otofat Shoare Jahromi J, et al. Survey of Nitrate and Nitrite in Drinking Water and Carcinogenic Risk Assessment in Urban Water Distribution Network System of Evaz City, Fars province, Iran.Journal of Research in Environmental Health. 2020; 6(3): 230-238. (Persian)

20- USEPA. Risk assessment guidance for superfund. Human Health Evaluation Manual Part A. EPA/540/1. 89/002, Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, USA.1989.

21- Mehri F, Heshmati A, Moradi M, et al. The concentration and health risk assessment of nitrate in vegetables and fruits samples of Iran. TOXIN REVIEWS. 2019; https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1673424.

22- Toorang F, Houshiarrad A, Abdollahi M, et al. Seasonality in Iranian fruit and vegetable diery intake. Thrita. 2013; 2(2): 58-63.

23- Gruszecka-Kosowska A, Baran A. Concentration and health risk assessment of nitrates in vegetables from conventional and organic farming. 2016.

24- WHO. Nitrates, Nitrites and N-Nitrozo Compounds. In: editor.^editors. ed. Geneva: Environmental Health Criteria 5; 1978. p.

25- INSO. Maximum levels for nitrates in agricultural products. In: editor.^editors. ed.: 2013. p.
26- Asadi S, Fazeli F. Nitrate contents of some highly consumed products on sale in wholesale fruit and vegetables markets in spring and winter n district 4, Tehran, Iran. Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2020; 18 (1): 111-120. (Persian)
27- Malakouti MJ, Bybordi A, Tabatabaei SJ. Balanced fertilization of vegetables crops: an approach to enhance the yield and quality of vegetables, reduce contaminants and improve human health. Ministry of Jihad-e-338p AgriculturePress, Tehran, Iran,.2004. (Persian)
28- Muramoto J. 1999. Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California, University of California, California. 1645.
29- Babaakbari Sari M, Shakouri M, Hasani A. Assessing heavy metals risk indices caused by vegetable consumption in Varamin city. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 2019; 9(1): 119-133. (Persian)