

تعیین میزان نیترات در کاهو، گوجه فرنگی و سبزه‌هایی عرضه شده در میدان تره‌بار تهران به روش HPLC

مژگان پورمقیم^۱، خدیجه خوش طینت^۲، انوشه صادقی‌مکی^۳، رزیتا کمیلی‌فنود^۴، بنفشه گلستان^۵، مرتضی پیرعلی^۶

- ۱- کارشناس ارشد علوم بهداشتی در تغذیه، اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
- ۲- نویسنده مسئول: پژوهشیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انتستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه khosh41@yahoo.com
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی شیمی، اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
- ۴- کارشناس آزمایشگاه گروه تحقیقات صنایع غذایی، انتستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- ۵- استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۶- Ph.D. شیمی دارویی، اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: بیش از ۸۰٪ نیترات دریافتی انسان از طریق سبزیجات تامین می‌شود. نیترات تجمع یافته در سبزیجات به نیتریت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمینه‌های نوع اول و دوم، نیتروزآمین‌ها تولید می‌شوند که مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است. از آنجا که در آخرین بررسی مصرف مواد غذایی کاهو، گوجه فرنگی و سبزه‌هایی بیشترین میزان سرانه مصرف را در گروه‌های سبزیجات برگی، بوته‌ای و غده‌ای داشتند، میزان نیترات این سبزیجات در شهر تهران تعیین شد.

مواد و روش‌ها: از کاهو، گوجه فرنگی و سبزه‌هایی عرضه شده در میدان مادر میوه و تره بار شهر تهران در دو فصل تابستان و زمستان به تعداد حداقل ۲۵ نوبت نمونه‌گیری (در مجموع ۱۵۷ نمونه) و در هر نوبت، حدود ۳ کیلوگرم از هر نوع سبزی نمونه تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌ها شامل جدا کردن قسمت‌های غیرخوارکی، شست و شو با آب، یکنواخت کردن و خشک کردن به روش انجمادی بود. نمونه‌ها تا انجام آزمون در دمای ۱۸°C نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری نیترات از روش EC12014-2 و از آزمون‌های آماری ناپارامتریک Mann-Whitney آنالیز واریانس یک طرفه Kruskal-Wallis و مقایسه چندگانه Bon-Ferroni استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کاهو، سبزه‌هایی و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۸۸/۴۱، ۱۱۲۳/۴۶ ppm و ۱۵۵/۶۵ به دست آمد. به عبارت دیگر، میزان نیترات در سبزیجات برگی بیشتر از غده‌ای و سبزیجات غده‌ای بیشتر از بوته‌ای بود. میانگین تجمع نیترات در کاهو در نمونه‌های تابستان (۱۰۴۶/۸۲ ppm) بیشتر از نمونه‌های زمستان (۱۰۴۶/۵۷ ppm) بود، ولی اثر فصل در مورد نمونه‌های گوجه فرنگی و سبزه‌هایی بر عکس بود (به ترتیب ۲۰۱/۲۵ و ۲۶۴/۲۴ ppm در زمستان و ۱۰۱/۱۱ و ۱۰۴/۴۵ در تابستان). میانگین نیترات در نمونه‌های کاهو در هر دو فصل در محدوده مجاز بین‌المللی و در مورد گوجه‌فرنگی و سبزه‌هایی فصل زمستان بیشتر از حد مجاز بود.

نتیجه‌گیری: فصل برداشت می‌تواند در میزان تجمع نیترات سبزیجات، عامل تأثیرگذار باشد. تحقیقات بیشتر در خصوص سایر عوامل موثر مانند واریته و سن گیاه، شرایط کشت عوامل محیطی و شرایط نگهداری پیشنهاد می‌شود.

وازن کلیدی: کاهو، گوجه‌فرنگی، سبزه‌هایی، نیترات، نیتریت

• مقدمه

مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است^(۱). عوامل مؤثر بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون عبارتند از: نوع، واریته و سن گیاه، میزان نیترات و pH خاک، تنفس رطوبتی، نوع کود، دفعات و میزان کوددهی، نحوه کشت

بیش از ۸۰٪ نیترات دریافتی انسان از طریق سبزیجات تأمین می‌شود. نیترات تجمع یافته در سبزیجات به نیتریت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمینه‌های نوع اول و دوم، نیتروزآمین‌ها تولید می‌شوند که

گوجه‌فرنگی رقم کورال 380 ppm است (۱۳). در ارزیابی میزان نیترات موجود در سبزیجات کشت شده در اهواز در دو فصل بهار و زمستان نشان داده شد که فصل بر میزان تجمع نیترات تأثیری ندارد و کمترین میزان نیترات در سبزیزمینی $184/4 \text{ ppm}$ گزارش شد. در مجموع، نتایج بیانگر پایین‌تر بودن میزان تجمع نیترات در سبزیجات - برگی نسبت به سبزیجات غده‌ای بود (۱۴). طباطبایی و همکاران نیز با تعیین میزان نیترات در انواع سبزیجات شهرستان تبریز به روش اسپکتروفوتومتری نشان دادند که تجمع نیترات در سبزیجات برگی بیشتر از غده‌ای و سبزیجات غده‌ای بیشتر از بوته‌ای است. (۱۵).

از آنجا که براساس نتایج بررسی مصرف مواد غذایی در سال ۱۳۸۱ کاهو (28 گرم در روز ، سبزیزمینی (59 گرم در روز) و گوجه‌فرنگی (52 گرم در روز) بیشترین میزان سرانه مصرف را به ترتیب در گروه‌های سبزیجات برگی، غده‌ای و بوته‌ای داشتند (۱۶)، این تحقیق، که در قالب طرح تحقیقاتی مصوب انسستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور طراحی شد، میزان نیترات سبزیجات عمدۀ مصرفی (کاهو، گوجه‌فرنگی و سبزیزمینی) در دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۸۶ در شهر تهران با روش HPLC تعیین شد.

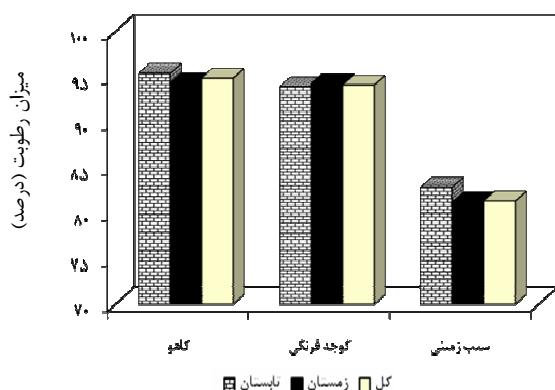
۰ مواد و روش‌ها

از آنجا که میدان مادر میوه و ترهبار شهر تهران، محل اصلی تامین سبزیجات مصرفی است، و با توجه به چگونگی توزیع سبزیجات، پس از برآورد محدوده منطقی تغییرات نیترات بر مبنای تحقیقات انجام شده، از کل مبادی ورودی به میدان مادر میوه و ترهبار (براساس برنامه محموله سبزیجات و نظارت و نمونه‌گیری نماینده سازمان) در دو فصل تابستان و زمستان 1386 حداقل 25 نوبت نمونه‌گیری (در مجموع 157 نمونه) و در هر نوبت، حدود 3 کیلوگرم از اقلام کاهو، گوجه‌فرنگی و سبزیزمینی نمونه برداشت شد. به منظور آماده سازی نمونه‌ها ابتدا قسمت‌های غیرخوارکی جدا و پس از شست و شو، نمونه‌ها خشک، خرد و همگن شد. حدود 200 ± 2 گرم از نمونه آماده سازی شده به وسیله دستگاه خشک‌کن انجام‌داد (freeze-drier) خشک و به ظروف پلیمری در پیچ‌دار منتقل و با ورقه‌های آلومینیومی لفاف پیچی شد. از آنجا که نیترات موجود در سبزیجات به نور و دما حساس است و تجزیه می‌شود، نمونه‌های خشک شده جهت نگهداری

(سنگی و 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) (۲-۴).

Susin و همکاران با اندازه‌گیری میزان نیترات در 14 نوع سبزی و میوه کشت شده در مزارع اسلوونی بین سال‌های 1996 تا 2002 نشان دادند که کاهو بالاترین مقدار نیترات را در بین سبزیجات مورد بررسی دارد و میانگین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو 1074 ppm گوجه‌فرنگی کمتر از 6 و سبزیزمینی 158 ppm گزارش شد (۵). در مطالعات انجام شده در سال 1929 به منظور اندازه‌گیری نیترات به روش تیتراسیون، میزان نیترات کاهو 0.02% و گوجه‌فرنگی 0.01% گزارش شد (۶). در مطالعه انجام شده در بلژیک روی 19 نوع سبزی و میوه در دو فصل تابستان و زمستان 2008 به روش HPLC اثر فصل و فرایند بر میزان تجمع نیترات بررسی و نشان داده شد که در بین سبزیجات مورد بررسی، کاهو بیشترین گوجه‌فرنگی کمترین (36 ppm) میانگین تجمع نیترات را داشته‌اند (۷). اردکانی و همکاران در سال 1384 میزان نیترات کاهو، گوجه‌فرنگی و سبزیزمینی را به ترتیب $14, 328 \text{ ppm}$ و 30 ppm گزارش کردند (۸). میزان نیترات در کاهوی عرضه شده در بازارهای انگلستان در فضول تابستان و زمستان به روش HPLC اندازه‌گیری و نشان داده شد که میزان آن در انواع کاهوی تابستان و زمستان طیف وسیعی دارد (به ترتیب $244-3073 \text{ ppm}$ و $4425-670 \text{ ppm}$). در سال 2007 *Pavlou* و همکاران در سال 2007 میزان تجمع نیترات در کاهو در فضول مختلف (بهار، پاییز و زمستان) را در محدوده 527 تا 664 ppm تعیین کردند (۹). *Muramoto* در سال 1999 با تعیین میزان نیترات در انواع کاهوی کشت شده به دو روش سنگی و ارگانیک در کالیفرنیا 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 دارند (۱۱). در ایتالیا میزان نیترات سبزیزمینی کمتر از 200 ppm گزارش و نشان داده شد که واریته، نوع و میزان کود ازته و زمان برداشت بر میزان این ترکیب مؤثر هستند (۱۲). بررسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان - غربی برای تعیین میزان نیترات و نیتریت گوجه‌فرنگی با روش اسپکتروفوتومتری نشان داد که میانگین نیترات

تابستان ($95/38 \pm 0/48$ درصد) و سیبزمینی کشت شده در فصل زمستان ($81/22 \pm 2/96$ درصد) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های کاهو بیشترین میانگین درصد رطوبت را در بین سبزیجات مورد بررسی داشتند و بعد از آن به ترتیب نمونه‌های گوجه فرنگی و سیبزمینی قرار دارند (شکل ۱).



شکل ۱- میزان رطوبت در نمونه‌های کاهو، گوجه فرنگی و سیبزمینی در سال ۱۳۸۶

نتایج تعیین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو، گوجه فرنگی و سیبزمینی در دو فصل تابستان و زمستان، به تفکیک مناطق کشت در جداول ۱، ۲ و ۳ و شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پراکندگی جغرافیایی مناطق کشت و یکسان نبودن تعداد نمونه‌ها در هر منطقه از ویژگی‌های نمونه‌های مورد بررسی بود. این امر موجب بالا بودن میزان انحراف معیار نتایج شد و در نتیجه، علاوه بر شاخص میانگین، میانه نتایج به دست آمده بررسی و گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین و کمترین میانگین تجمع نیترات به ترتیب در نمونه‌های کاهو ($51/6 \pm 5/7$ ppm) و گوجه فرنگی ($10/1/11 \pm 13/8$ ppm) در فصل تابستان اندازه‌گیری شده است. در مجموع، بالاترین میانگین تجمع نیترات در نمونه‌های کاهو ($11/23/46$ ppm) مشاهده شد و پس از آن به ترتیب سیبزمینی ($1/88/41$ ppm) و گوجه فرنگی ($1/55/65$ ppm) قرار دارند (شکل ۲). بر اساس شاخص میانه، نمونه‌های کاهوی کشت شده در تابستان ($13/58/85$ ppm) و سیبزمینی کشت شده در زمستان ($26/24$ ppm) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع نیترات را داشتند.

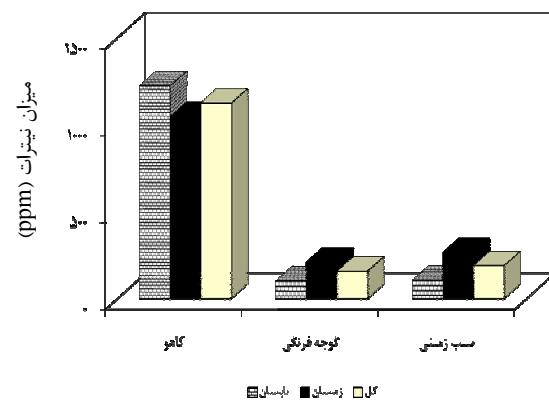
طولانی‌تر، تا زمان انجام آزمایش در فریزر -18°C نگهداری شدند(۱۷). برای اندازه‌گیری نیترات از HPLC مدل Waters ۱۵۲۵ باستون Lichrosorb-NH₂ و روش EC12014-2 استفاده شد(۱۸). به منظور تهیه استاندارد کاری $1/630.7$ گرم از پودر پتاسیم نیترات بدون آب با آب دیونیزه به حجم ۱ لیتر رسانده و محلول 1000 ppm نیترات آماده و از آن استانداردهای کاری مورد نیاز تهیه و به دستگاه HPLC تزریق شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از جذب‌های نوری خوانده شده رسم شد. برای تهیه فاز متحرک به 10 گرم دی‌پتاسیم هیدروژن فسفات، 50 میلی‌لیتر استونیتریل اضافه و پس از رساندن $\text{pH} ۵$ محلول به ۳ (به کمک اسیدفسفریک) محلول فیلتر شد. به منظور استخراج نیترات نمونه‌ها $50/7000 \pm 0/05$ گرم نمونه خشک شده به بالون حجمی 500 میلی‌لیتری منتقل و با 400 میلی‌لیتر آب داغ دیونیزه حل و در بالون حجمی به مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری جوش قرار داده شد. پس از خنک کردن در دمای محیط با استفاده از کاغذ صاف filter syringe عمومی و سپس با استفاده از میکرولیتر از محلول صاف شده به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری جوش قرار داده شد. پس از خنک کردن در دمای محیط با استفاده از کاغذ صاف filter syringe به روشن آون خلا ($25-100^{\circ}\text{C}$) و میزان رطوبت نمونه‌ها به روشن آون خلا ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$) در سه تکرار تعیین شد(۱۹). همه مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند. با توجه به توزیع غیر نرمال متغیر نیترات، از آزمون‌های آماری ناپارامتریک استفاده شد. برای هر یک از محصولات، مقایسه میزان نیترات در دو فصل زمستان و تابستان توسط آزمون Mann- whitney و مقایسه این صفت بین سه محصول توسط آنالیز واریانس یک طرفه Kruskal-Wallis گرفت. در صورت معنی دار بودن اختلاف، از مقایسه چندگانه Bon-Ferroni استفاده شد.

۰ یافته‌ها

میانگین کل میزان رطوبت اندازه‌گیری شده در 51 نمونه کاهو، 53 نمونه گوجه فرنگی و 53 نمونه سیبزمینی در دو فصل تابستان و زمستان به ترتیب $94/1$ ، $94/85$ و $81/34$ درصد بود. بیشترین و کمترین میانگین میزان رطوبت نمونه‌ها به ترتیب در کاهوی کشت شده در فصل

شده نیز بیشتر است. علت این موضوع، وسعت بسیار زیاد محدوده نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های برداشت شده از مناطق مختلف است (نمونه‌های کازرون با $۳/۶ \pm ۶/۲$ ppm و نمونه‌های قزوین با $۲۰/۴ \pm ۲۲/۸$ ppm). در فصل تابستان، نمونه‌های کشت شده در منطقه قزوین بیشترین میانگین تجمع نیترات ($۲۰/۴ \pm ۲۲/۸$ ppm) را داشت و مناطق میانه، شهریار، ورامین، شمال، اصفهان، زاغ مرز، مرند و کازرون در مرحله بعد قرار داشتند، اما بر اساس شاخص میانه، در نمونه‌های گوجه‌فرنگی منطقه میانه، بیشترین میزان نیترات اندازه‌گیری شد ($۱۱/۴ \pm ۷/۷$ ppm). در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در دزفول حاوی بیشترین میزان نیترات ($۳/۶ \pm ۲$ ppm) بودند و بعد از آن مناطق بوشهر، جیرفت، بندرعباس و اهواز قرار داشتند (جدول ۲).

در فصل زمستان، میزان تجمع نیترات در نمونه‌های سیب‌زمینی بیشتر ($۱۰/۶ \pm ۴/۵$ ppm) از تابستان ($۲۶/۴ \pm ۲/۴$ ppm) ($۱۰/۴ \pm ۴/۵ \pm ۴/۳ \pm ۱/۸$ ppm) بود. بالابودن انحراف معیار نتایج مربوط به فصل زمستان به علت بالابودن اختلاف مقادیر به دست آمده در نمونه‌های برداشت شده از اراک و جیرفت بود. در فصل تابستان، در منطقه گرگان بیشترین تجمع نیترات ($۱/۱ \pm ۰/۴$ ppm) اندازه‌گیری شده است و مناطق کرج، همدان، اصفهان و زنجان در مرحله بعد قرار داشتند. در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در جیرفت ($۷/۹ \pm ۶/۶$ ppm) بیشترین تجمع نیترات را داشتند و سپس مناطق همدان، اصفهان، دماوند، قزووه، اردبیل و اراک حاوی بیشترین میزان این ترکیب بودند (جدول ۳).



شکل ۲- میزان نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در سال ۱۳۸۶

میانگین تجمع نیترات در نمونه‌های کاهوی کشت شده در فصل تابستان ($۱۲/۲ \pm ۵/۷$ ppm) بیشتر از زمستان ($۱۰/۴ \pm ۸/۲$ ppm) بود. در فصل تابستان، منطقه ورامین بیشترین میانگین تجمع نیترات ($۱۴/۹/۳ \pm ۳/۸ \pm ۸/۸$ ppm) را داشت و مناطق کرج و اسماعیل‌آباد در مرحله بعد قرار داشتند. اما براساس شاخص میانه، در نمونه‌های کاهوی منطقه کرج، بیشترین میزان نیترات اندازه‌گیری شد ($۱۴/۶ \pm ۷/۹$ ppm). در فصل زمستان، بیشترین تجمع نیترات در نمونه‌های کشت شده در کرج ($۱۶/۵ \pm ۲/۰$ ppm) و بعد از آن در مناطق اهواز، اندیمشک، جیرفت، دزفول و بندر عباس وجود داشت (جدول ۱).

میزان تجمع نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی کشت شده در فصل زمستان ($۲۱/۰ \pm ۲/۰ \pm ۲/۴ \pm ۲/۵$ ppm) بیشتر از فصل تابستان ($۱۰/۱ \pm ۱/۱ \pm ۱/۳ \pm ۰/۵$ ppm) بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، انحراف معیار نتایج به دست آمده بسیار زیاد است؛ به طوری که حتی از میانگین محاسبه

جدول ۱- میزان نیترات نمونه‌های کاهو در دو فصل تابستان و زمستان در سال ۱۳۸۶]

فصل	منطقه	تعداد نمونه	معیار نیترات (ppm) میانگین و انحراف	(ppm) میانه
تابستان	کرج	۱۲	$۱۳/۲ \pm ۵/۶$	$۱۴/۵ \pm ۷/۹$
	اسماعیل‌آباد	۱۱	$۱۱/۹ \pm ۴/۴$	$۹/۶ \pm ۲/۵$
	ورامین	۲	$۱۴/۰ \pm ۳/۸$	$۱۴/۰ \pm ۲/۹$
	کل	۲۵	$۱۲/۲ \pm ۵/۷$	$۱۳/۵ \pm ۸/۸$
زمستان	دزفول	۱۸	$۹/۷ \pm ۳/۹$	$۱۰/۷ \pm ۳/۵$
	جیرفت	۳	$۱۰/۶ \pm ۳/۸$	$۱۲/۴ \pm ۷/۷$
	اهواز	۲	$۱۴/۴ \pm ۱/۷$	$۱۴/۴ \pm ۸/۵$
	بندر عباس	۱	$۹/۱ \pm ۰/۳$	-
	کرج	۱	$۱۶/۵ \pm ۲$	-
	اندیمشک	۱	$۱۰/۶ \pm ۹/۶$	-
	کل	۲۶	$۱۰/۴ \pm ۰/۷$	$۱۰/۸ \pm ۰/۷$

* حروف یکسان به معنی عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ در هر ستون است.

جدول ۲- میزان نیترات نمونه‌های گوجه‌فرنگی در دو فصل تابستان و زمستان در سال ۱۳۸۶

فصل	منطقه	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه(ppm)
تابستان	ورامین	۵	۷۹/۶±۸۷/۴	۴۴/۶۳
	قزوین	۴	۲۰/۶/۴±۲۲۸/۷	۱۰/۴/۳۴
	شمال	۵	۶۹/۴۹±۶۰/۵۱	۵۸/۹۱
	مرند	۳	۳۵/۴±۱۱/۵	۳۱/۳۱
	کازرون	۳	۳/۶±۶/۲	.
	شهریار	۳	۸۷/۶۱±۸۴/۵۷	۹۴/۰/۰
	اصفهان	۲	۶۹/۸±۲/۲	۶۹/۷۶
	میانه	۲	۱۱۴/۸±۳۹/۸	۱۱۴/۷۷
کل		۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۵	۴۴/۶۳
زمستان	بوشهر	۱۵	۲۰/۹/۲±۲۷۰/۷	۱۲۹/۰/۹
	دزفول	۵	۳۷۶/۲±۳۵۴/۷	۳۵۳/۵۲
	جیرفت	۴	۱۷۱/۹±۹۱/۳	۱۶۷/۶۴
	اهواز	۱	۵۲/۱	-
	بندرعباس	۱	۹۳/۵	-
کل		۲۶	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۲۱/۲۱

* حروف غیر یکسان به معنی اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ در هر ستون است.

جدول ۳- میزان نیترات نمونه‌های سیب‌زمینی در دو فصل تابستان و زمستان در سال ۱۳۸۶

فصل	منطقه	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه(ppm)
تابستان	همدان	۱۶	۱۱۸/۲±۹۰/۴	۱۱۴/۷۸
	اصفهان	۵	۱۰۲/۱±۳۷/۸	۱۱۷/۲۶
	گرگان	۱	۱۴۱/۱	-
	کرج	۱	۱۳۴/۷	-
	زنجان	۱	۱۶/۷۲	-
	کل	۲۴	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۱۹/۷۰
	همدان	۷	۱۴۸/۲±۱۴۴/۲	۱۶/۶۰
	اردبیل	۶	۲۰/۳۵±۲۲/۳	۱۱/۷۶
زمستان	دهمانت	۶	۱۱۰/۹±۱۳۱/۱	۵۱/۲۶
	قروه	۴	۳۵/۷±۲۰/۸۲	۳۱/۶۵
	جیرفت	۴	۷۹۲/۸±۳۲۳/۱	۶۸۲/۸۹
	اصفهان	۱	۱۳۶/۱	-
	اراک	۱	۱۶/۸	-
	کل	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۱۰۶	۲۶/۲۴

نتیجه مقایسه میزان نیترات در هر یک از دو فصل بین سه نوع محصول نشان داد که سه محصول از این نظر یکسان نبودند. در هر دو فصل، تفاوت میزان نیترات بین کاهو با سیب‌زمینی و کاهو با گوجه فرنگی مشاهده شد(جدول ۵). ولی این تفاوت بین نمونه‌های سیب‌زمینی با گوجه فرنگی معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، سبزیجات برگی (کاهو) با دو گروه بوته‌ای (گوجه فرنگی) و غده‌ای (سیب‌زمینی) از نظر تجمع نیترات تفاوت معنی‌داری را نشان دادند.

میزان نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کاهو، گوجه فرنگی و سیب‌زمینی دو فصل تابستان و زمستان در جدول ۴ با هم مقایسه شده است. نتیجه آزمون ناپارامتریک Mann-Whitney بیانگر اختلاف معنی‌دار بین دو فصل در نمونه‌های گوجه‌فرنگی است. اثر فصل بر میزان تجمع نیترات در نمونه‌های کاهو، معنی‌دار نبود. در مورد نمونه‌های سیب‌زمینی اثر فصل در مورد شاخص مورد بررسی تمایل به معنی‌دار شدن داشت ($P = 0.058$).

جدول ۴- مقایسه میزان نیترات هر یک از محصولات در دو فصل سال ۱۳۸۶

نوع محصول	فصل	تعداد	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه	*نتیجه آزمون
کاهو	تابستان	۲۵	۱۲۲۳/۵۷±۵۱۶/۵۷	۱۲۶۲/۹۰	P=۰/۱۴۷
	زمستان	۲۶	۱۰۴۶/۸۲±۳۸۹/۰۷	۱۰۸۴/۰۷	
	کل	۵۱	۱۱۲۳/۴۶±۴۶۰/۳۱	۱۱۲۶/۳۵	-
گوجه فرنگی	تابستان	۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۵	۶۳/۴۴	P=۰/۰۰۳
	زمستان	۲۶	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۱۰/۶۵	
	کل	۵۳	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۵/۱۲	-
سیب زمینی	تابستان	۲۴	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۰۴/۸۳	P=۰/۰۵۸
	زمستان	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۳۰/۶۱	
	کل	۵۳	۱۸۸/۴۱±۳۳۵/۵۳	۸۷/۰۷	-

*سطح معنی داری در آزمون ناپارامتریک Mann-Whitney به روش دقیق ۰/۰۵ می باشد.

جدول ۵- مقایسه میزان تجمع نیترات در محصولات به تفکیک فصل در سال ۱۳۸۶

فصل	نوع محصول	تعداد	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه	نتیجه آزمون	نتیجه آزمون	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه	نتیجه آزمون	بون فروندی (α = ۰/۰۵)
کاهو	کاهو	۲۵	۱۲۲۳/۵۷±۵۱۶/۵۷	۱۲۶۲/۹۰	P < ۰/۰۰۱	کاهو با سیب زمینی	۱۲۶۲/۹۰	۱۲۲۳/۵۷±۵۱۶/۵۷	۱۲۶۲/۹۰	کاهو با سیب زمینی
	گوجه فرنگی	۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۴	۶۳/۴۴		کاهو با گوجه فرنگی	۶۳/۴۴	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۴	۶۳/۴۴	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب زمینی	۲۴	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۰۴/۸۳		کاهو با سیب زمینی	۱۰۸۴/۰۷	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۰۸۴/۰۷	کاهو با سیب زمینی
زمستان	گوجه فرنگی	۲۶	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۱۰/۶۵	P < ۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی	۱۱۰/۶۵	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۱۰/۶۵	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب زمینی	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۳۰/۶۱		کاهو با سیب زمینی	۳۰/۶۱	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۳۰/۶۱	کاهو با سیب زمینی
	کل	۵۳	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۵/۱۲		کاهو با سیب زمینی	۸۵/۱۲	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۵/۱۲	کاهو با سیب زمینی
سیب زمینی	کاهو	۵۱	۱۱۲۳/۴۶±۴۶۰/۳۱	۱۱۲۶/۳۵	P < ۰/۰۰۱	کاهو با سیب زمینی	۱۱۲۶/۳۵	۱۱۲۳/۴۶±۴۶۰/۳۱	۱۱۲۶/۳۵	کاهو با سیب زمینی
	گوجه فرنگی	۵۳	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۷/۰۷		کاهو با گوجه فرنگی	۸۷/۰۷	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۷/۰۷	کاهو با گوجه فرنگی
	کل	۵۳	۱۸۸/۴۱±۳۳۵/۵۳	۸۷/۰۷		کاهو با سیب زمینی	۸۷/۰۷	۱۸۸/۴۱±۳۳۵/۵۳	۸۷/۰۷	کاهو با سیب زمینی

۰ بحث

اتحادیه اروپا و WHO ۲۵۰۰ ppm برای فصل تابستان و ۴۵۰۰ ppm برای فصل زمستان) است. (۲۱، ۲۲). در تحقیقات انجام شده به منظور تعیین میزان نیترات کاهو و بررسی اثر فصل در این خصوص، نتایج متفاوتی نشان داده شده است. به طوری که در برخی تحقیقات، نمونه های زمستان در مقایسه با تابستان دارای مقدار بیشتری نیترات بوده اند و در برخی بر عکس. در تحقیق Pavlou Fصل برداشت، بر میزان تجمع نیترات تأثیری نداشته است. تأثیر فصل بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون به علت تفاوت درجه حرارت محیط، طول دوره نوری و تابش خورشید در فصول مختلف است (۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵).

میانگین نیترات در نمونه های گوجه فرنگی برداشت شده در فصل تابستان کمتر از فصل زمستان بود؛ در حالی که در تحقیق Karaman و Brohi با هدف تعیین عوامل مؤثر بر

مقایسه میانگین کل میزان رطوبت اندازه گیری شده نمونه های کاهو، گوجه فرنگی و سیب زمینی با مقادیر ارائه شده در جدول ترکیبات مواد غذایی (کاهو ۹۵/۱٪، گوجه فرنگی ۹۳/۱٪ و سیب زمینی ۸۱/۷٪) نتایج تقریباً یکسانی را نشان می دهد (۲۰) بنابراین، میزان رطوبت نمونه ها تأثیری بر مقایسه میزان نیترات نمونه ها با سایر تحقیقات انجام شده ندارد. بدیهی است عواملی مانند شرایط جغرافیایی، نوع، واریته سبزی و شرایط کشت (میزان آبیاری و نوع خاک) می توانند بر میزان رطوبت نمونه ها تاثیر داشته باشند.

میانگین کل نیترات اندازه گیری شده در نمونه های کاهوی برداشت شده در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان و در مجموع در محدوده تعیین شده از سوی

بیش از حد مجاز تعیین شده بوده‌اند (منطقه همدان در تابستان و مناطق جیرفت، دماوند و همدان در زمستان). به طور کلی در میان سبزیجات مورد بررسی، بیشترین میزان نیترات در کاهو مشاهده شده است و سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. نتیجه به دست آمده با تحقیق *Thomson* در نیوزلند و سبhan اردکانی در اصفهان مطابقت دارد (۲۷، ۸). سایر محققان که سبزیجات را از نظر تجمع نیترات به سه نوع برگی، غده‌ای و بوته‌ای طبقه‌بندی کردند، هم نشان دادند که میزان نیترات در انواع برگی بیشتر از غده‌ای و غده‌ای بیشتر از بوته‌ای است (۲۴، ۱۵). به عبارت دیگر، می‌توان نتیجه گیری کرد که یکی از عوامل مؤثر بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون، نوع آن است. مقایسه نتایج با طبقه‌بندی سبزیجات براساس میزان تجمع نیترات نشان می‌دهد که گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در گروه خیلی کم (کمتر از ۲۰۰ ppm) و کاهو در گروه خیلی زیاد (بیشتر از ۲۵۰۰ ppm) قرار دارند (۲۸).

وسعی بودن محدوده میزان تجمع نیترات در هر سه نوع سبزی مورد بررسی (کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی) را می‌توان به این عوامل نسبت داد: نوع، واریته و سن گیاه، میزان نیترات و pH خاک، تنش رطوبتی، نوع کود، دفعات و میزان کوددهی، نحوه کشت (سننی و 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 (۲۹، ۲۵، ۲۳، ۲۶، ۲۴، ۲۰).

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 کود دهی، نحوه کشت، زمان برداشت و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت نسبت داد. (۲۵، ۲۳-۲۴). هرچند میانگین مقادیر به دست آمده برای نمونه‌های تابستان در حد تعیین شده از سوی مجامع بین‌المللی (کمتر از ۲۰۰ ppm) و در زمستان اندکی بیشتر از حد مجاز بوده است (۲۲، ۲۱). درصد نمونه‌های تابستان (مناطق ورامین و قزوین) و ۳۴/۶ درصد نمونه‌های زمستان (مناطق بوشهر، دزفول و جیرفت) حاوی مقادیر بالاتر از حد تعیین شده هستند. به این ترتیب، نقش عوامل محیطی مانند: منطقه و نحوه کشت در میزان تجمع نیترات و بالا بودن میزان انحراف معیار نمونه‌ها مشخص می‌شود.

در مورد نمونه‌های سیب‌زمینی هم میانگین کل نیترات نمونه‌های تابستان کمتر از زمستان است. اگرچه در سایر تحقیقات انجام شده به منظور بررسی اثر فصل بر میزان تجمع نیترات، نتایج متفاوتی نشان داده شده است. به طوری که در برخی تحقیقات، نمونه‌های تابستان در مقایسه با زمستان حاوی مقادیر بیشتری نیترات بوده‌اند و در برخی دیگر، فصل برداشت تأثیری نداشته است (۲۶، ۱۴). مقادیر به دست آمده در مورد نمونه‌های برداشت شده در زمستان بالاتر و در تابستان پایین‌تر از حد تعیین شده از سوی اتحادیه اروپا و WHO (کمتر از ۲۰۰ ppm) است (۲۱، ۲۲). تجمع نیترات در ۴/۲ و ۲۰/۷ درصد نمونه‌های برداشت شده به ترتیب در تابستان و زمستان

• References

- Thorup – Krisensen K. Root growth and Soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Hort* 2001; 563: 201-6.
- Rahmani HR. Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in some agricultural fields in Baraan (Esfahan Prevalence). *Env. Sci.* 2006; (11): 23-34. [in Persian].
- Borojerdnia M. Ansari Alemzade N. Sedighie Dehkordi F. Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in Romaine lettuce. *Asian J. Plant Sci.* 2007; 6(3):550-3.
- Pavlou GC, Ehaliotis C. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop season on growth and nitrite accumulation in lettuce. *Scientia. Horticulturae* 2007; 111(4):319-325.
- Susin J, Kmec V, Gregoric A. A survey of nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. *Food Add. & Contam.* 2006; 23(4):385-90.
- Emmert E.M.The determination of nitrate in green tomato and lettuce tissues. *Plant Physio* 1929;4:519-528.

7. Dejon CW, Stekbaut W. Nitrate in food commodities vegetable origin and the total diet in Belgium, University of Ghent, FLTBW; 1995.
8. Sobhan- e- Ardashani S, Shayesteh K, Afifi M, Mahbobi Sofiani N. Nitrate concentration in some of plants products. J Envir Studies 2005; 31(37): 69-76. [in Persian].
9. MAFF (Food Standard Agency), UK monitoring programme for nitrate in lettuce and spinach. Food Surveillance Information Sheet, 2001; No 16.01.
10. MAFF(Food Standard Agency), UK Survey of nitrate in lettuce and Spinach. Food Surveillance Information Sheet, 1999; No 177.
11. Muramoto J. Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California, University of California; California. 1999;1645
12. Serio F, Elia A, Santamaria P, Signore A. Nitrate content in early potato, Coltura Protette, 2002;31:33-37.
13. Zomorodi S, Khosroshahi AA. Nitrate and nitrite concentration changes during storage and processing of tomato (Coral variety) J Agr Eng Res 2003; (15): 45-56. [in Persian].
14. Shahlaei A, Ansari N, Sedighi Dehkordi F. Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. Asian J plant sci 2007; 6(8):1197-1203.
15. Tabatabaei J, Nazari-e- Deljo MJ, Rostami R, Azarmi F, Fazilat F, Pahnaei S et al. Nitrate concentration evaluation of leafy, fruit bearing and tuberous vegetables in Tabriz. Proceeding of 4th Conference of Farming Sciences(Sep. 2005); Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad; 2005 [in Persian].
16. National Nutrition and Food Technology Research Institute. National comprehensive study on household food consumption pattern and nutritional status IR Iran, 2001-2003 Tehran: National Nutrition and Food Technology Research Institute. 2005 [in Persian].
17. Farrington D, Damant AP, Powell K, Ridsdale J, Walker M, Wood R. A comparison of the extraction methods used in the UK nitrate residues monitoring program. J Asso Public Anal 2006; 34: 1-11.
18. Foodstuffs- Determination of nitrate and / or nitrite content. Part 2. HPLC/IC method for the determination of nitrate content of vegetables and vegetable products. BS EN 12014-2: 1997.
19. Moisture in dried fruits. AOAC official method 934.06. Vol 2, Ed 16, AOAC international; 2005.
20. Krebs J, Church S. McCane and Widdowson's the composition of foods. 6th ed. London. The Royal Society of Chemistry Cambridge and Food Standard Agency. 2004.
21. Maximum levels for nitrate in lettuce and spinach. European Commission Regulation (EC) No. 194/97.Dec.2002.
22. World Health Organization. Food Additives (JECFA) Series 50: Nitrate and nitrite. Available in <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je07.htm>. 15. 05.2009.
23. Malakouti MJ. Study of nitrogen fertilizer effect on vegetables nitrate accumulation in Iran fields. [Final reports] Tehran: Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; 2002[in Persian].
24. Irena A. Influence of harvest date on nitrate contents of three potato varieties for off-season production. J food comp. anal. 2009 (in press).
25. Peksa A, Golubowska G, Aniolowski K, Lisinska J, Rytel E. Changes glycoalkaloids and nitrate contents in potatoes during chip processing. Food chem 2006; 97:151-156.
26. Serio F, Elia A, Signore A, Santamaria P. Influence of nitrogen form on yield and nitrate content of subirrigated early potato. J Sci Food Agri. 2004;84(11):1428-32.
27. Institute of Environmental Science & Research Limited Christchurch Science Center. Nitrates and nitrites dietary exposure and risk assessment. [Final report] New Zealand Food Safety Authority Report .2004:1-36.
28. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity content intake and EC regulation. J Sci Food Agri. 2006;86:10-17.
29. Reports of the scientific committee for food (thirty- eight series): Opinions of the scientific committee for food on nitrates and nitrite. European commission 1997:15.