

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

مژگان پورمقیم^۱، خدیجه خوش طینت^۲، انوشه صادقی مکی^۳، رزیتا کمیلی فنود^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، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، پست الکترونیکی: 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، انستیتو 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 دریافت: ۸۸/۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: بیش از ۸۰٪ نیترات دریافتی انسان از طریق سبزیجات تامین می‌شود. نیترات تجمع یافته در سبزیجات به نیتريت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروز آمین‌ها تولید می‌شوند که مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است. از آنجا که در آخرین بررسی مصرف مواد غذایی کاهو، گوجه فرنگی و سیبزمینی 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 سیبزمینی 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 غیرخوراکی، شست و شو با آب، یکنواخت کردن و خشک کردن به روش انجمادی بود. نمونه‌ها تا انجام آزمون در دمای °C ۱۸- 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، سیبزمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب ppm ۱۱۲۳/۴۶، ۱۸۸/۴۱ 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 (۱۲۲۳/۵۷ ppm) بیشتر از نمونه‌های زمستان (۱۰۴۶/۸۲ ppm) بود، ولی اثر فصل در مورد نمونه‌های گوجه فرنگی و سیبزمینی برعکس بود (به ترتیب ppm ۲۱۰/۲۵ و ۲۶۴/۲۴ 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 سیبزمینی 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 وارپته و سن گیاه، شرایط کشت عوامل محیطی و شرایط نگهداری پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: کاهو، گوجه‌فرنگی، سیبزمینی، نیترات، نیتريت

• مقدمه

مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است (۱). عوامل مؤثر بر میزان تجمع نیترات در سبزیجات گوناگون عبارتند از: نوع، وارپته و سن گیاه، میزان نیترات و pH خاک، تنش 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 نیتريت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروز آمین‌ها تولید می‌شوند که

(سنتی 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 ۱۴ نوع سبزی و میوه کشت شده در مزارع اسلوونی بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ نشان دادند که کاهو بالاترین مقدار نیترات را در بین سبزیجات مورد بررسی دارد و میانگین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو ۱۰۷۴، گوجه‌فرنگی کمتر از ۶ و سیب‌زمینی ۱۵۸ ppm گزارش شد (۵). در مطالعات انجام شده در سال ۱۹۲۹ به منظور اندازه‌گیری نیترات به روش تیتراسیون، میزان نیترات کاهو ۰/۲٪ و گوجه‌فرنگی ۰/۱٪ گزارش شد (۶). در مطالعه انجام شده در بلژیک روی ۱۹ نوع سبزی و میوه در دو فصل تابستان و زمستان ۲۰۰۸ به روش HPLC اثر فصل و فرایند بر میزان تجمع نیترات بررسی و نشان داده شد که در بین سبزیجات مورد بررسی، کاهو بیشترین (۳۱۹۹ ppm) و گوجه‌فرنگی کمترین (۳۶ ppm) میانگین تجمع نیترات را داشته‌اند (۷). /ردکانی و همکاران در سال ۱۳۸۴ میزان نیترات کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی را به ترتیب ۱۴۰۳۲۸ و ۳۰ ppm گزارش کردند (۸). میزان نیترات در کاهوی عرضه شده در بازارهای انگلستان در فصول 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 ۳۰۷۳-۲۴۴ و ۴۴۲۵-۶۷۰) (۹، ۱۰). Pavlou و همکاران در سال ۲۰۰۷ میزان تجمع نیترات در کاهو در فصول مختلف (بهار، پاییز و زمستان) را در محدوده ۵۲۷ تا ۶۶۴ ppm تعیین کردند (۴). Muramoto در سال ۱۹۹۹ با تعیین میزان نیترات در انواع کاهوی کشت شده به دو روش سنتی 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 سیب‌زمینی کمتر از ۲۰۰ ppm گزارش و نشان داده شد که واریته، نوع و میزان کود ازته و زمان برداشت بر میزان این ترکیب موثر هستند (۱۲). بررسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان - غربی برای تعیین میزان نیترات و نیتريت گوجه‌فرنگی با روش اسپکتروفتومتری نشان داد که میانگین نیترات

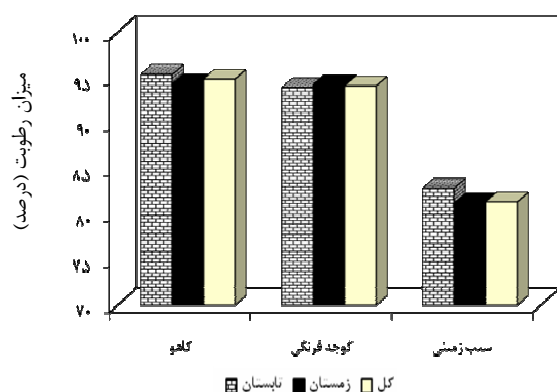
گوجه‌فرنگی رقم کورال ۳۸۰ ppm است (۱۳). در ارزیابی میزان نیترات موجود در سبزیجات کشت شده در اهواز در دو فصل بهار و زمستان نشان داده شد که فصل بر میزان - تجمع نیترات تأثیری ندارد و کمترین میزان نیترات در سیب‌زمینی ۱۸۴/۴ ppm گزارش شد. در مجموع، نتایج بیانگر پایین‌تر بودن میزان تجمع نیترات در سبزیجات - برگی نسبت به سبزیجات غده‌ای بود (۱۴). طباطبایی و همکاران نیز با تعیین میزان نیترات در انواع سبزیجات شهرستان تبریز به روش اسپکتروفتومتری 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 (۲۸ گرم در روز)، سیب‌زمینی (۵۹ گرم در روز) و گوجه‌فرنگی (۵۲ 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 انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور طراحی شد، میزان نیترات سبزیجات عمده مصرفی (کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی) در دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۸۶ در شهر تهران با روش HPLC تعیین شد.

• 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 بارنامه محموله سبزیجات و نظارت و نمونه‌گیری نماینده سازمان) در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۸۶ حداقل ۲۵ نوبت نمونه‌گیری (در مجموع ۱۵۷ نمونه) و در هر نوبت، حدود ۳ کیلوگرم از اقلام کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی نمونه برداشت شد. به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا قسمت‌های غیرخوراکی جدا و پس از شست و شو، نمونه‌ها خشک، خرد و همگن شد. حدود 2 ± 200 گرم از نمونه آماده‌سازی شده به وسیله دستگاه خشک‌کن انجمادی (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

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 گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی قرار دارند (شکل ۱).



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

نتایج تعیین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو، گوجه‌فرنگی 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 ($516/57 \pm 1223/57$ ppm) و گوجه‌فرنگی ($138/55 \pm 101/11$ ppm) در فصل تابستان اندازه‌گیری شده است. در مجموع، بالاترین میانگین تجمع نیترات در نمونه‌های کاهو ($1123/46$ ppm) مشاهده شد و پس از آن به ترتیب سیب‌زمینی ($188/41$ ppm) و گوجه‌فرنگی ($155/65$ ppm) قرار دارند (شکل ۲). بر اساس شاخص میانه، نمونه‌های کاهوی کشت شده در تابستان ($1358/85$ 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 با ستون Lichrosorb-NH₂ و روش EC12014-2 استفاده شد (۱۸). به منظور تهیه استاندارد کاری $1/6307$ گرم از پودر پتاسیم نیترات بدون آب با آب دیونیزه به حجم ۱ لیتر رسانده و محلول ۱۰۰۰ 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 ۱۰ گرم دی‌پتاسیم هیدروژن فسفات، ۵۰ میلی‌لیتر استونیتریل اضافه و پس از رساندن pH محلول به ۳ (به کمک اسید فسفریک) محلول فیلتر شد. به منظور استخراج نیترات نمونه‌ها $0/700 \pm 0/05$ گرم نمونه خشک‌شده به بالون حجمی ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب داغ دیونیزه حل و در بالون حجمی به مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری جوش قرار داده شد. پس از خنک‌کردن در دمای محیط با استفاده از کاغذ صافی معمولی و سپس با استفاده از filter syringe صاف شد. بسته به میزان نیترات موجود در نمونه‌ها، ۱۰۰-۲۵ میکرولیتر از محلول صاف شده به دستگاه HPLC تزریق شد. حد تشخیص دستگاهی روش (Detection Limit) 1 ng/ml و درصد بازیافت (Recovery) $106/3$ بوده است.

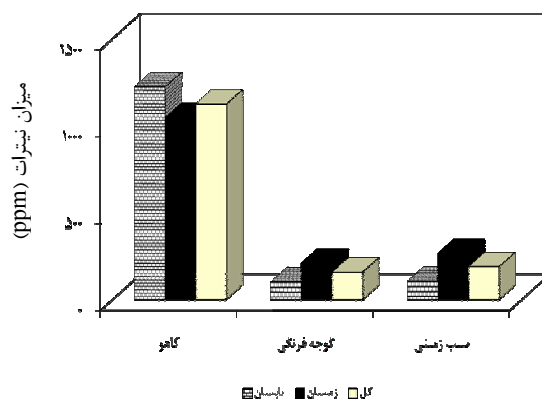
میزان رطوبت نمونه‌ها به روش آن خلأ ($3^{\circ}\text{C} \pm 70$) و در سه تکرار تعیین شد (۱۹). همه مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند. با توجه به توزیع غیر نرمال متغیر نیترات، از آزمون‌های آماری ناپارامتریک استفاده شد. برای هر یک از محصولات، مقایسه میزان نیترات در دو فصل زمستان و تابستان توسط آزمون Mann-Whitney و مقایسه این صفت بین سه محصول توسط آنالیز واریانس یک طرفه Kruskal-Wallis انجام گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، از مقایسه چندگانه Bon-Ferroni استفاده شد.

• یافته‌ها

میانگین کل میزان رطوبت اندازه‌گیری شده در ۵۱ نمونه کاهو، ۵۳ نمونه گوجه‌فرنگی و ۵۳ 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 $3/6 \pm 6/2$ ppm و نمونه‌های قزوین با $228/7 \pm 206/4$). در فصل تابستان، نمونه‌های کشت شده در منطقه قزوین بیشترین میانگین تجمع نیترات ($228/7 \pm 206/4$ 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 ($114/77$ ppm). در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در دزفول حاوی بیشترین میزان نیترات ($376/2$ 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 ($451/06 \pm 264/24$ ppm) از تابستان ($104/45 \pm 43/18$ ppm) بود. بالا بودن انحراف معیار نتایج مربوط به فصل زمستان به علت بالا بودن اختلاف مقادیر به دست آمده در نمونه‌های برداشت شده از اراک و جیرفت بود. در فصل تابستان، در منطقه گرگان بیشترین تجمع نیترات ($141/1$ ppm) اندازه‌گیری شده است و مناطق کرج، همدان، اصفهان و زنجان در مرحله بعد قرار داشتند. در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در جیرفت ($792/6$ ppm) بیشترین تجمع نیترات را داشتند و سپس مناطق همدان، اصفهان، دماوند، قروه، 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 ($1223/57$ ppm) بیشتر از زمستان ($1046/82$ ppm) بود. در فصل تابستان، منطقه ورامین بیشترین میانگین تجمع نیترات ($387/8 \pm 1409/3$ ppm) را داشت و مناطق کرج و اسماعیل‌آباد در مرحله بعد قرار داشتند. اما بر اساس شاخص میانه، در نمونه‌های کاهوی منطقه کرج، بیشترین میزان نیترات اندازه‌گیری شد ($1465/79$ ppm). در فصل زمستان، بیشترین تجمع نیترات در نمونه‌های کشت شده در کرج ($1656/2$ 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 ($248/25 \pm 210/20$ ppm) بیشتر از فصل تابستان ($138/55 \pm 101/11$ 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	میانگین و انحراف معیار نیترات (ppm)	میان (ppm)
تابستان	کرج	۱۲	$1332/3 \pm 565/6$	۱۴۶۵/۷۹
	اسماعیل‌آباد	۱۱	$1109/6 \pm 494/4$	۹۶۶/۲۵
	ورامین	۲	$1409/3 \pm 387/8$	۱۴۰۹/۲۹
	کل	۲۵	$1223/57 \pm 516/57$	۱۳۵۸/۸۵
زمستان	دزفول	۱۸	$972/1 \pm 395/9$	۱۰۷۴/۳۵
	جیرفت	۳	$1067/1 \pm 378/61$	۱۲۴۴/۷۷
	اهواز	۲	$1444/9 \pm 179/4$	۱۴۴۴/۸۵
	بندر عباس	۱	۹۱۰/۳	-
	کرج	۱	۱۶۵۶/۲	-
	اندیمشک	۱	۱۰۶۹/۹۶	-
	کل	۲۶	$1046/82 \pm 389/07$	۱۰۸۴/۰۷

*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)	میان (ppm)
تابستان	ورامین	۵	۷۹/۶±۸۷/۴	۴۴/۶۳
	قزوین	۴	۲۰۶/۴±۲۲۸/۷	۱۰۴/۳۴
	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	۹۴/۰۵
	اصفهان	۲	۶۹/۸±۲/۲	۶۹/۷۶
	میانه	۲	۱۱۴/۸±۳۹/۸	۱۱۴/۷۷
زمستان	کل	۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۵	۴۴/۶۳
	بوشهر	۱۵	۲۰۹/۲±۲۷۰/۷	۱۲۹/۰۹
	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)	میان (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
زمستان	همدان	۷	۱۴۸/۲±۱۴۴/۲	۱۶/۶۰
	اردبیل	۶	۲۰/۳۵±۲۲/۳	۱۱/۷۶
	دماوند	۶	۱۱۰/۹±۱۳۱/۱	۵۱/۲۶
	قروه	۴	۳۵/۷±۲۰/۸۲	۳۱/۶۵
	جیرفت	۴	۷۹۲/۶±۳۲۳/۱	۶۸۲/۸۹
	اصفهان	۱	۱۳۶/۱	-
	اراک	۱	۱۶/۸	-
	کل	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۲۶/۲۴

میزان نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کاهو، گوجه‌فرنگی 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 ($P=0.058$).

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 گوجه‌فرنگی مشاهده شد (جدول ۵). ولی این تفاوت بین نمونه‌های سیب‌زمینی با گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، سبزیجات برگی (کاهو) با دو گروه بوته‌ای (گوجه‌فرنگی) و غده‌ای (سیب‌زمینی) از نظر تجمع نیترات تفاوت معنی‌داری را نشان دادند.

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

نوع محصول	فصل	تعداد	میانگین و انحراف معیار نیترات (ppm) *	میان	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±۳۵۵/۵۳	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)	میان	نتیجه آزمون	نتیجه مقایسه چندگانه بون فرونی (α = ۰/۰۵)
تابستان	کاهو	۲۵	۱۲۲۳/۵۷±۵۱۶/۵۷	۱۲۶۲/۹۰		کاهو با سیب زمینی
	گوجه فرنگی	۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۴	۶۳/۴۴	P < ۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب زمینی	۲۴	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۰۴/۸۳		
زمستان	کاهو	۲۶	۱۰۴۶/۸۲±۳۸۹/۴۴	۱۰۸۴/۰۷		کاهو با سیب زمینی
	گوجه فرنگی	۲۶	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۱۰/۶۵	P < ۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب زمینی	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۳۰/۶۱		
کل	کاهو	۵۱	۱۱۲۳/۴۶±۴۶۰/۳۱	۱۱۲۶/۳۵		کاهو با سیب زمینی
	گوجه فرنگی	۵۳	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۵/۱۲	P < ۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب زمینی	۵۳	۱۸۸/۴۱±۳۳۵/۵۳	۸۷/۰۷		

• 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، نمونه‌های زمستان در مقایسه با تابستان دارای مقدار بیشتری نیترات بوده‌اند و در برخی برعکس. در تحقیق Pavlou فصل 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، ۱۰، ۹، ۷، ۴، ۲).

میانگین نیترات در نمونه‌های 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 نمونه‌های 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 می‌دهد (۲۰). بنابراین، میزان رطوبت نمونه‌ها تأثیری بر مقایسه میزان نیترات نمونه‌ها با سایر تحقیقات انجام شده ندارد. بدیهی است عواملی مانند شرایط جغرافیایی، نوع، واریته سبزی و شرایط کشت (میزان آبیاری و نوع خاک) می‌توانند بر میزان رطوبت نمونه‌ها تأثیر داشته باشند.

میانگین کل نیترات اندازه گیری شده در نمونه‌های 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 نیتрат 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 سبحان /ردکانی 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 نتیجه‌گیری 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).

وسیع 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 (سنتی 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، ۴-۲).

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، ۴-۲). 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). ۷/۴ درصد نمونه‌های تابستان (مناطق ورامین و قزوین) و ۳۴/۶ درصد نمونه‌های زمستان (مناطق بوشهر، دزفول و جیرفت) حاوی مقادیری 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، ۷). 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 (۲۲، ۲۱). تجمع نیترات در ۴/۲ و ۲۰/۷ درصد نمونه‌های برداشت شده به ترتیب در تابستان و زمستان

• References

1. Thorup – Krisensen K. Root growth and Soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. Acta Hort 2001; 563: 201-6.
2. 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].
3. 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.
4. 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.
5. Susin J, Kmecl 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.
6. 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- Ardakani S, Shayesteh K, Afiuni 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, *Culture 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. Tabatabaee J, Nazari-e- Deljo MJ, Rostami R, Azarmi F, Fazilat F, Pahnai 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.