مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، صفحات ۷۰- ۶۳

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 صادقی‌مکی[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 نیتریت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های 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 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 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 اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های کاهو، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۱۲۳/۴۶ ppm، 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 (۱۰۴۶/۸۲ppm) بود، ولی اثر فصل در مورد نمونه‌های گوجه فرنگی و سیب‌زمینی برعکس بود (به ترتیب ۲۱۰/۲۵ ppm 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 واریته و سن گیاه، شرایط کشت عوامل محیطی و شرایط نگهداری پیشنهاد می‌شود.

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

• مقدمه

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 آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروزآمین‌ها تولید می‌شوند که 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، تنش رطوبتی، نوع کود، دفعات و میزان کوددهی، نحوه کشت

Archive of SID
www.SID.ir

(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 گوجه فرنگی 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). *اردکانی* و همکاران در سال ۱۳۸۴ میزان نیترات کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی را به ترتیب ۱۴، ۳۲۸ 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 ppm ۳۰۷۳-۲۴۴ و ppm 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 ۲۰۰ppm گزارش و نشان داده شد که واریته، نوع و میزان‌کود ازته و زمان برداشت بر میزان این ترکیب موثر هستند(۱۲). بررسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان - غربی برای تعیین میزان نیترات و نیتریت گوجه‌فرنگی با روش اسپکتروفتومتری نشان داد که میانگین نیترات گوجه‌فرنگی رقم کورال ۳۸۰ppm 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 گوجه فرنگی (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 آماده سازی نمونه‌ها ابتدا قسمت‌های غیرخوراکی جدا و پس از شست و شو، نمونه‌ها خشک، خرد و همگن شد. حدود ۲ ± ۲۰۰ 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

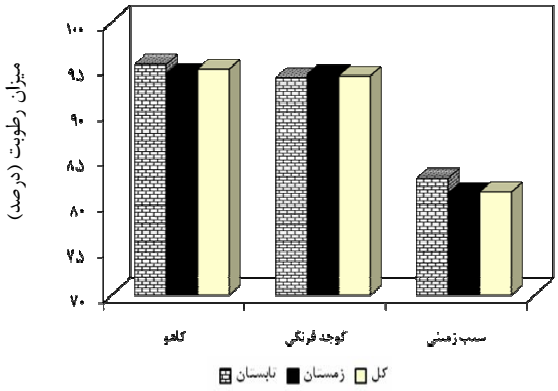
Archive of SID
www.SID.ir

طولانی‌تر، تا زمان انجام آزمایش در فریزر $-18^{\circ}C$ نگهداری شدند(۱۷). برای اندازه‌گیری نیترات ازHPLC مدل ۱۵۲۵Waters باستون Lichrosorb-NH2 و روش EC12014-2 استفاده شد(۱۸). به منظور تهیه استاندارد کاری ۱/۶۳۰۷گرم از پودر پتاسیم نیترات بدون آب با آب دیونیزه به حجم ۱ لیتر رسانده و محلول ppm ۱۰۰۰ 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 به۱۰ گرم دی‌پتاسیم هیدروژن فسفات، ۵۰ میلی‌لیتر استونیتریل اضافه و پس از رساندن pH محلول به ۳ (به کمک اسیدفسفریک) محلول فیلتر شد. به منظور استخراج نیترات نمونه‌ها ۰/۰۵±۰/۷۰۰۰گرم نمونه خشک‌شده به بالون حجمی ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب داغ دیونیزه حل و در بالون حجمی به مدت۱۵دقیقه 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 نمونه ها، ۱۰۰-۲۵ میکرولیتر از محلول صاف شده به دستگاه HPLC تزریق شد. حد تشخیص دستگاهی روش (Detection Limit) ۱ ng/ml و درصد بازیافت (Recovery) ۱۰۶/۳ بوده است.

میزان رطوبت نمونه‌ها به روش آون خلأ ($70 \pm 3^{\circ}C$) 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 گوجه فرنگی و ۵۳ نمونه سیب‌زمینی در دو فصل‌تابستان و زمستان به ترتیب ۹۴/۸۵، ۹۴/۱ و ۸۱/۳۴ درصد بود. بیشترین و کمترین میانگین میزان رطوبت نمونه‌ها به ترتیب در کاهوی کشت شده در فصل تابستان(۰/۴۸±۹۵/۳۸ درصد) و سیب‌زمینی کشت شده در فصل زمستان (۲/۹۶±۸۱/۲۲ 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).

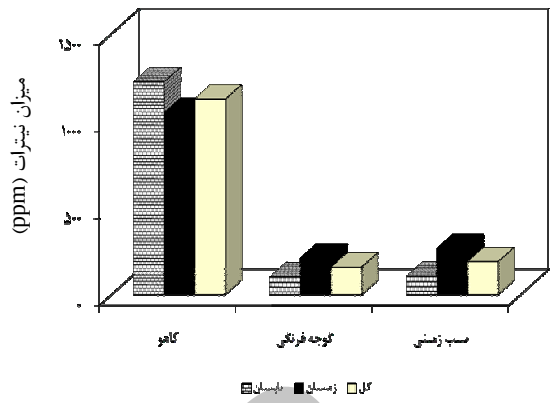


شکل۱ - میزان رطوبت در نمونه‌های کاهو،گوجه فرنگی و سیب‌زمینی در سال۱۳۸۶

نتایج تعیین میزان نیترات در نمونه‌های کاهو، گوجه فرنگی و سیب‌زمینی در دو فصل تابستان و زمستان، به تفکیک مناطق کشت در جداول۱، ۲ و ۳ و شکل۲ 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 (۵۱۶/۵۷ppm ± ۱۲۲۳/۵۷) و گوجه‌فرنگی (۱۳۸/۵۵ppm± ۱۰۱/۱۱) در فصل تابستان اندازه‌گیری شده است. در مجموع، بالاترین میانگین تجمع نیترات در نمونه‌های کاهو (۱۱۲۳/۴۶ ppm) مشاهده شد و پس از آن به ترتیب سیب‌زمینی (۱۸۸/۴۱ ppm) و گوجه‌فرنگی (۱۵۵/۶۵ppm) قرار دارند(شکل ۲). بر اساس شاخص میانه، نمونه‌های کاهوی کشت شده در تابستان (۱۳۵۸/۸۵ ppm) و سیب‌زمینی کشت شده در زمستان (۲۶/۲۴ ppm) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع نیترات را داشتند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- میزان نیترات اندازه‌گیری شده درنمونه‌های‌کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در سال ۱۳۸۶

میانگین تجمع نیترات در نمونه‌های کاهوی کشت شده در فصل تابستان (۱۲۲۳/۵۷ ppm) بیشتر از زمستان (۱۰۴۶/۸۲ppm) بود. در فصل تابستان، منطقه ورامین بیشترین میانگین تجمع نیترات (۳۸۷/۸ ± ۱۴۰۹/۳ ppm) را داشت و مناطق کرج و اسماعیل‌آباد در مرحله بعد قرار داشتند. اما براساس شاخص میانه، در نمونه‌های کاهوی منطقه‌کرج، بیشترین میزان نیترات اندازه‌گیری شد (۱۴۶۵/۷۹ppm). در فصل زمستان، بیشترین تجمع نیترات در نمونه‌های کشت شده در کرج (۱۶۵۶/۲ ppm) و بعد از آن در مناطق اهواز، اندیمشک، جیرفت، دزفول و بندر عباس وجود داشت (جدول ۱).

میزان تجمع نیترات در نمونه‌های گوجه فرنگی کشت شده در فصل زمستان(۲۴۸/۲۵ ppm ± ۲۱۰/۲۰) بیشتر از فصل تابستان (۱۳۸/۵۵ ppm ± ۱۰۱/۱۱) بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، انحراف معیار نتایج به دست آمده بسیار زیاد است؛ به طوری که حتی از میانگین محاسبه 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±۶/۲ppm و نمونه‌های قزوین با ۲۲۸/۷± ۲۰۶/۴). در فصل تابستان، نمونه‌های کشت شده در منطقه قزوین بیشترین میانگین تجمع نیترات (۲۲۸/۷ ppm ± ۲۰۶/۴) 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 (۱۱۴/۷۷ppm). در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در دزفول‌حاوی بیشترین میزان نیترات (۳۷۶/۲ppm) 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(۴۵۱/۰۶ ppm ±۲۶۴/۲۴) از تابستان (۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸ppm) 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 (۱۴۱/۱ ppm) اندازه‌گیری شده است و مناطق کرج، همدان، اصفهان و زنجان در مرحله بعد قرار داشتند. در فصل زمستان، نمونه‌های کشت شده در جیرفت (۷۹۲/۶ppm) بیشترین تجمع نیترات را داشتند و سپس مناطق همدان، اصفهان، دماوند، قروه، اردبیل و اراک حاوی بیشترین میزان این ترکیب بودند(جدول ۳).

جدول۱- میزان نیترات نمونه‌های کاهو در دو فصل تابستان و زمستان در سال۱۳۸۶

فصل	منطقه	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه(ppm)
تابستان	کرج	۱۲	۱۳۳۲/۳±۵۶۵/۶	۱۴۶۵/۷۹
	اسماعیل آباد	۱۱	۱۱۰۹/۶±۴۹۴/۴	۹۶۶/۲۵
	ورامین	۲	۱۴۰۹/۳±۳۸۷/۸	۱۴۰۹/۲۹
	کل	۲۵	۱۲۲۳/۵۷ [a]±۵۱۶/۵۷	۱۳۵۸/۸۵
زمستان	دزفول	۱۸	۹۷۲/۱±۳۹۵/۹	۱۰۷۴/۳۵
	جیرفت	۳	۱۰۶۷/۱±۳۷۸/۶۱	۱۲۴۴/۷۷
	اهواز۱	۲	۱۴۴۴/۹±۱۷۹/۴	۱۴۴۴/۸۵
	بندر عباس	۱	۹۱۰/۳	-
	کرج	۱	۱۶۵۶/۲	-
	اندیمشک	۱	۱۰۶۹/۹۶	-
	کل	۲۶	۱۰۴۶/۸۲ [a]±۳۸۹/۰۷	۱۰۸۴/۰۷

*حروف یکسان به معنی عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p < ۰/۰۵$ در هر ستون است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۲- میزان نیترات نمونه‌های گوجه‌فرنگی در دو فصل تابستان و زمستان در سال۱۳۸۶

فصل	منطقه	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه(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	۰
	شهریار	۳	۸۷/۶۱±۸۴/۵۷	۹۴/۰۵
	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	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 $p < ۰/۰۵$ در هر ستون است.

جدول۳- میزان نیترات نمونه‌های سیب‌زمینی در دو فصل تابستان و زمستان در سال۱۳۸۶

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
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، گوجه فرنگی و سیب‌زمینی دو فصل تابستان و زمستان در جدول۴ 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 (P2=۰/۰۵۸).

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.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴- مقایسه میزان نیترات هر یک از محصولات در دو فصل سال۱۳۸۶

نوع محصول	فصل	تعداد	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm) *	میانه	نتیجه‌آزمون *
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	-
سیب‌زمینی	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 معنی‌داری در آزمون ناپارامتریکMann-Whitney به روش دقیق ۰/۰۵می باشد.

جدول۵- مقایسه میزان تجمع نیترات در محصولات به تفکیک فصل در سال۱۳۸۶

فصل	نوع محصول	تعداد	میانگین و انحراف معیار نیترات(ppm)	میانه	نتیجه آزمون	نتیجه مقایسه چندگانه بون‌فرونی (α =۰/۰۵)
تابستان	کاهو	۲۵	۱۲۲۳/۵۷±۵۱۶/۵۷	۱۲۶۲/۹۰		کاهو با سیب‌زمینی
	گوجه فرنگی	۲۷	۱۰۱/۱۱±۱۳۸/۵۴	۶۳/۴۴	P <۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب‌زمینی	۲۴	۱۰۴/۴۵±۴۳/۱۸	۱۰۴/۸۳		
زمستان	کاهو	۲۶	۱۰۴۶/۸۲±۳۸۹/۴۴	۱۰۸۴/۰۷		کاهو با سیب‌زمینی
	گوجه فرنگی	۲۶	۲۱۰/۲۰±۲۴۸/۲۵	۱۱۰/۶۵	P <۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب‌زمینی	۲۹	۲۶۴/۲۴±۴۵۱/۰۶	۳۰/۶۱		
کل	کاهو	۵۱	۱۱۳۳/۴۶±۴۶۰/۳۱	۱۱۲۶/۳۵		کاهو با سیب‌زمینی
	گوجه فرنگی	۵۳	۱۵۵/۶۵±۲۰۶/۷۶	۸۵/۱۲	P <۰/۰۰۱	کاهو با گوجه فرنگی
	سیب‌زمینی	۵۳	۱۸۸/۴۱±۳۳۵/۵۳	۸۷/۰۷		

• بحث

مقایسه میانگین کل میزان رطوبت اندازه‌گیری شده نمونه‌های کاهو، گوجه فرنگی و سیب‌زمینی با مقادیر ارائه شده در جدول ترکیبات مواد غذایی (کاهو ۹۵/۱ ٪، گوجه فرنگی ۹۳/۱ ٪ و سیب‌زمینی۸۱/۷٪) نتایج تقریبا 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 تاثیر داشته باشند.

میانگین کل نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های کاهوی برداشت شده در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان و در مجموع در محدوده تعیین شده از سوی اتحادیه اروپا و WHO (۲۵۰۰ppm برای فصل تابستان و ۴۵۰۰ppm برای فصل زمستان) است. (۲۲، ۲۱). 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 گوجه‌فرنگی برداشت شده در فصل تابستان کمتر از فصل زمستان بود؛ در حالی که در تحقیق *Karaman* و *Brohi* با هدف تعیین عوامل مؤثر بر

Archive of SID
www.SID.ir

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 ppm ۲۰۰) 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 ppm ۲۰۰) است (۲۲، ۲۱). تجمع نیترات در ۴/۲ و ۲۰/۷ درصد نمونه‌های برداشت شده به ترتیب در تابستان و زمستان بیش از حد مجازِ 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 *سبحان 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 طبقه بندی سبزیجات براساس میزان تجمع نیترات نشان می‌دهد که گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی در گروه خیلی‌کم (کمتر از ppm۲۰۰) و کاهو در گروه خیلی زیاد (بیشتر از ppm ۲۵۰۰) 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).

• 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 (Esfehan 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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; Califiornia. 1999;1645

12. Serio F, Elia A, Santamaria P, Signore A. Nitrate content in early potato, Colture 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, 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 comparision 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: Nitate 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 Modaress 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.

Archive of SID

www.SID.ir