

(مقاله پژوهشی)

بررسی تاثیر انواع روش های فرآوری بر میزان نیتريت و نیترات موجود در سیب زمینی

لیلا روفه گری نژاد^۱، آرزو علی اصل خیابانی^۲، سپیدار سیدی منصور^{۲*}

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۴

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه شرایط مختلف فرآوری بر میزان نیترات و نیتريت سیب زمینی بود. برای این منظور انواع روش های فرآوری شامل آنزیم پزی، آب پز کردن، بخارپز کردن، ترکیب فراصوت و آب پز کردن، مایکروویو و سرخ کردن (۱۰۵ نمونه) روی سیب زمینی انجام شد و میزان نیترات و نیتريت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد در همه روش های فرآوری میزان نیتريت و نیترات به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد (نمونه خام) کاهش یافت ($P < 0/05$). نمونه های آنزیم پزی شده، پخت با مایکروویو، بخارپز شده، آب پز شده، و فرآوری شده با فراصوت در ترکیب با فرآیند آب پز کردن به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین میزان نیتريت و نیترات بودند؛ به طوریکه کاهش ۸۵ درصدی نیتريت با فرآیند سرخ کردن و کاهش ۵۷ درصدی نیترات با ترکیب آب پز کردن و فراصوت به دست آمد. همچنین مشاهده گردید که روش آب پز کردن و ترکیب آن با فراصوت بر میزان نیتريت و نیترات معنی دار نبود ($P > 0/05$). در کل با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می رسد روش آب پز کردن بدون هیچ گونه فرآوری ترکیبی، روشی مؤثر برای کاهش میزان این دو ماده مضر موجود در سبزیجاتی مانند سیب زمینی می باشد.

واژه های کلیدی: روش های فرآوری، سیب زمینی، نیتريت، نیترات، فراصوت

*مسئول مکاتبات: Sepidarmansoor@gmail.com

۱- مقدمه

سیب‌زمینی گیاهی علفی و چند ساله از خانواده سولاناسه^۱، با نام علمی سولانوم توبروزوم^۲ است که به عنوان یک غذای سالم و تجاری در سطح جهانی مصرف فراوانی دارد (۱۹). به علت قدرت تولید بالا و سازگاری با دامنه‌ی وسیعی از اقلیم‌ها، تولید آن رو به افزایش بوده و اهمیت برجسته‌ای از نظر کشاورزی دارد، به طوری که بعد از غلات منبع اصلی کربوهیدرات را تشکیل می‌دهد. سیب‌زمینی با مجموع تولید حدود ۳۳۰ میلیون تن از سطحی حدود ۱/۱۹ میلیون هکتار، در حال حاضر پس از گندم، برنج و ذرت در مرتبه چهارم جهانی قرار دارد (۴). تولید سالانه بیش از ۵/۳ میلیون تن در کشور، این محصول را در ردیف مهمترین مواد غذایی قابل مصرف قرار داده است؛ به طوری که از میان ۱۴۰ کشور که هر ساله اقدام به تولید این محصول می‌کنند، ایران رتبه‌ی سیزدهم را دارد (۱، ۱۵، ۱۸). کمبود مواد آلی در خاک‌های زراعی و به تبع آن کمی نیتروژن قابل جذب و همچنین توقع بالای سیب‌زمینی به کودهای نیتروژن‌دار موجب ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر از نیاز واقعی این کود می‌شود. این عمل علاوه بر خسارت‌های زیادی که ایجاد می‌کند موجب تجمع نیتريت و نیترات در غده‌های سیب‌زمینی می‌شود (۴). با وجود اینکه نیترات یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود ولی در شرایط به خصوص نیترات تجمع یافته در سبزی‌ها، طی یکسری واکنش‌های شیمیایی در دستگاه گوارش انسان به نیتريت و نیتروز اسید تبدیل شده و در ترکیب با آمین‌های نوع اول و دوم باعث تشکیل نیتروز آمین، عامل ایجاد انواع سرطان‌ها (معدده، روده، مثانه، دهان)، می‌شود (۱۳). به علاوه در انسان نیترات به سرعت از معده و ابتدای روده کوچک جذب شده و حداقل ۲۵ درصد آن به بزاق منتقل می‌شود، در افراد بزرگسال آنزیم مت‌هموگلوبین ردوکتاز تولید می‌شود که این ترکیب را به اکسی‌هموگلوبین تبدیل می‌کند و خطرات آن را تا حدی کاهش می‌دهد (۸)، ولی در افراد خردسال و افرادی با سیستم ایمنی ضعیف، بدلیل پایین‌تر بودن میزان pH و

فقدان آنزیم، تبدیل به نیتريت بالاتر است که سبب بروز بیماری‌ها مت‌هموگلوبینی^۳ و باعث مرگ آن‌ها می‌شود (۱۲). استانداردهای مختلفی در رابطه با حداکثر مجاز نیتريت و نیترات در سبزی‌ها وجود دارد. در ایران حد مجاز نیترات در سبزی‌های مختلف ارائه نشده، اما به طور میانگین حداکثر میزان نیتراتی که روزانه وارد بدن می‌شود بایستی کمتر از ۳/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن باشد. بر این اساس یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، روزانه نباید بیشتر از ۲۵۵ میلی‌گرم نیترات مصرف نماید (۱۰). حرارت بر تغییرات نیترات و نیتريت سبزیجات، به ویژه در طول زمان نگهداری در دمای محیط، تاثیر گذار است. به طوری که سطوح نیترات با نگهداری در دمای محیط به طور قابل توجهی کاهش، ولی سطوح نیتريت به طور چشمگیری افزایش نشان می‌دهد. در حالی که با نگهداری سبزیجات در یخچال تا یک هفته و به طور منجمد تا ۱۲ هفته میزان نیترات و نیتريت بدون تغییر باقی می‌ماند (۱۱). مقدار نیترات در سیب‌زمینی بعد از فرآوری‌های اولیه (شستن، پوست‌گیری و آب‌کشی) ۱۸ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۶). فرآیندهای حرارتی مختلف سیب‌زمینی نیز بسته به نوع فرآیند و میزان حرارت ۱۶ تا ۶۲ درصد نیترات موجود را کاهش می‌دهد. به طور کلی، ۴۵ درصد از کل نیترات سبزیجات با شور کردن و ۷۵ درصد با پختن می‌تواند کاهش یابد (۹). در واقع پختن و دیگر فرآیندهای حرارتی از جمله روش‌های نگهداری سبزیجات به شمار می‌آید که موجب تغییراتی در ترکیب شیمیایی و محتوی نیتريت و نیترات محصول می‌شود (۲۰). لذا با توجه به اهمیت این فرآورده‌ها در زمینه بررسی مقدار نیترات و نیتريت در سبزیجات و صیفی‌جات تحقیقات مختلفی انجام شده است. در همین راستا پیرصاحب و همکاران (۱۳۹۱) غلظت نیترات در سیب‌زمینی توزیع شده در شهر کرمانشاه را بیش از غلظت مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی گزارش کردند. بر اساس تحقیق آن‌ها سبزیجات غده‌ای، و سبزیجات برگی، کم‌ترین مقادیر غلظت نیتريت را دارا بودند که بالا بودن میزان نیترات در سیب‌زمینی و

1- Solanaceae
2- Solanum Tuberosum

و صنعتی بر روی سیب زمینی انجام می‌گیرد که موجب تغییراتی در ترکیب شیمیایی و محتوی نیتريت و نیترات محصول می‌شود، به نظر می‌رسد امکان کاهش محتوی نیترات و نیتريت در نتیجه این فرآیندها وجود داشته باشد. لذا براساس تحقیقات انجام شده و با آگاهی از مضرات نیتريت، هدف اصلی از تحقیق حاضر بررسی و مطالعه تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیب زمینی بر میزان نیتريت و نیترات موجود در محصول بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

نمونه‌های سیب زمینی (رقم میلو) از مزارع روستاهای شهرستان عجب شیر تهیه و تا زمان آزمایش در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شد. برای سرخ کردن از روغن مایع مخصوص سرخ کردنی بهار (مخلوطی از روغن‌های آفتابگردان، سویا و پنبه دانه، کلزا) استفاده شد. آب شهری برای شستشوی سیب زمینی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده از نوع آزمایشگاهی شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده سازی سیب زمینی و فرآوری آن

از ۲۰ مزرعه سیب زمینی بطور تصادفی ۱ کیلوگرم نمونه برداری شده و در آزمایشگاه با نیترات سنج (مدل LAQUAtwin NO₃، Horiba، ژاپن) مقدار تقریبی نیترات ارزیابی و سپس از مزرعه‌ای که مقدار نیترات در سیب زمینی آن بیشتر بود اقدام به تهیه ۱۲۰ کیلوگرمی سیب زمینی نموده و به آزمایشگاه تجزیه مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انتقال داده شد. پس از شستشوی اولیه و پوست گیری، نمونه‌ها به قطعات مکعب مستطیل شکل با ابعاد ۱۰×۱۰×۲۰ میلی‌متر برش داده شده و پس از شستشوی مجدد و آب کشی به منظور اعمال فرآیندهای مختلف به هفت قسمت مساوی تقسیم شد. فرآیندهای مختلف مطابق جدول ۱ اعمال گردید:

سبزیجات را به مصرف زیاد کودهای ازته، عوامل زراعی و غیره مکانیزه بودن کشاورزی نسبت دادند (۲). بررسی تأثیر فرآیندهای پخت معمولی، پخت با مایکروویو و سرخ کردن روی میزان نیترات سبزیجات پیاز، سیب زمینی، هویج و گوجه فرنگی توسط Vahed و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد به ترتیب هویج، پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی بالاترین میزان نیترات را دارا بودند که میزان نیترات سبزیجات فوق با پخت معمولی ۳۸/۷۹ تا ۷۴/۰۳ درصد کاهش یافت و در مورد فرآیند پخت با مایکروویو این کاهش در مقایسه با پخت معمولی کمتر بود. درحالی که فرآیند سرخ کردن با روغن سویا میزان نیترات را از ۸۱/۳۳ به ۱۵۹/۱۰ درصد افزایش داد (۲۲). Ziarati و Arbabi-Bidgoli (۲۰۱۴) نشان دادند جوشاندن باعث کاهش میزان نیترات سبزیجات به میزان درصد ۵۴ درصد در کلم، ۳۶ درصد در سیب زمینی، ۴۳ درصد در گل کلم، ۱۹ درصد در پیاز، ۳۹ درصد در کرفس و ۱۱ درصد در هویج می‌شود (۲۳). نتایج تحقیق Rytel (۲۰۱۲) طی فرآیند آب گیری چیس سیب زمینی نشان داد کاهش محتوی نیترات بعد از برش و شست و شو با آب ۱۳ درصد و آنزیم‌بری ۲۳ درصد اتفاق افتاد (۲۱). Leszczynska و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأثیر فرآیندهای آنزیم‌بری، پخت، انجماد را بر روی نیترات و نیتريت انواع کلم‌ها مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد هر دو فرآیند پخت و آنزیم‌بری باعث کاهش قابل توجه نیترات و نیتريت در انواع کلم‌ها شد (۱۴). Prasad و Chetty (۲۰۰۸) نیز نشان دادند جوشاندن باعث کاهش ۴۷ تا ۵۶ درصدی محتوی نیترات شد در حالی که سرخ کردن در روغن سویا باعث افزایش محتوی نیترات از ۱۵۹ تا ۳۰۷ درصد نسبت به مقدار اولیه می‌شود (۲۰) که صادقی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی در مورد تأثیر فرآیندهای خشک کردن و سرخ کردن بر میزان نیترات و نیتريت سبزیجات گزارش کردند (۶). بنابراین از آن جایی که منبع عمده ورود نیترات به بدن از طریق سبزیجات می‌باشد و با توجه به مصرف بالای سیب زمینی در کشور، فرآیندهای مختلفی به صورت خانگی

جدول ۱- نحوه آماده سازی تیمارها برای اندازه گیری نیتريت و نترات

شماره	نوع تیمار	نحوه آزمایش
۱	شاهد	-
۲	آنزیم پری	قرار دادن سیب زمینی ها در آب آشامیدنی با دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۱ دقیقه
۳	آب پز کردن*	قرار دادن سیب زمینی به مدت ۲۵ دقیقه در آب جوش
۴	بخار پز کردن**	پختن به وسیله بخار به مدت ۲۰ دقیقه
۵	کودن**	اعمال فراصوت برای نمونه های غوطه ور شده در آب با استفاده از حمام فراصوت (Elasonic (Elma, آلمان) با فرکانس ۳۷ KHz و در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه، سپس آب پز کردن به مدت ۱۰ دقیقه
۶	مایکروویو**	افزودن آب به میزان غوطه وری کامل، دربندی با فیلم پلاستیکی (پارافیلیم) سوراخ دار و اعمال مایکروویو (ال جی سری سولاردام مدل MS92، چین) با قدرت ۹۰۰ وات به مدت ۲۰ دقیقه
۷	سرخ کردن**	سرخ کردن خلال های سیب زمینی به روش غوطه وری در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه

* در این روش پس از آب کشی نمونه ها تا رسیدن به دمای اتاق خنک شدند.

** در این روش ها نمونه ها بعد از اتمام فرآیند و آب کشی داخل یخچال تا دمای ۴ درجه سانتی گراد خنک شده، داخل کیسه های پلاستیکی بسته بندی و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

۲-۲-۲- اندازه گیری نیتريت و نترات نمونه های

سیب زمینی

۲-۲-۲-۱- آماده سازی نمونه برای آزمایش

اندازه گیری میزان نیتريت به روش بیناب سنجی (اسپکتروفوتومتری) انجام شد (استاندارد ملی ایران، شماره (۴۱۰۶) (۷). برای این کار بعد از رفع انجماد نمونه ها، جهت همگن کردن محتویات بسته از مخلوط کن (Moulinex)، فرانسه) استفاده شد. سپس مقدار ۱۰ گرم از نمونه همگن شده جهت آماده سازی و انجام آزمایش توزین شد. ۵ میلی لیتر

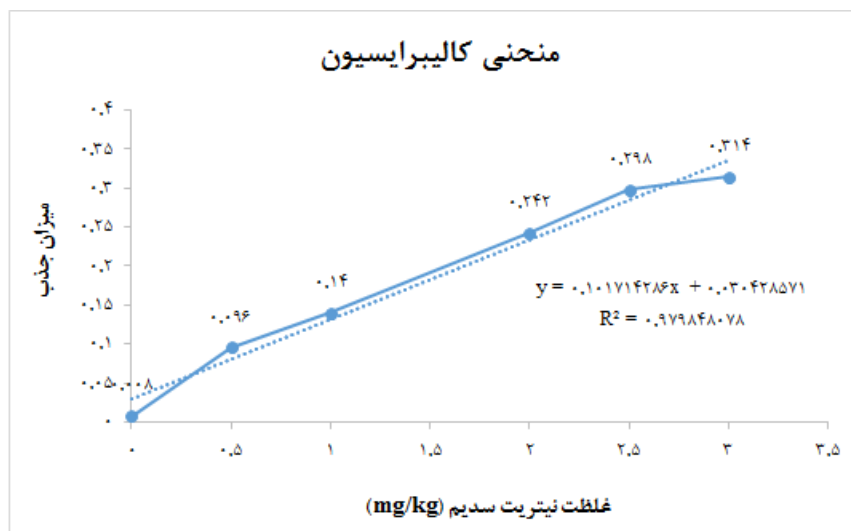
محلول تترابرات دو سدیم و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر با دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد به نمونه افزوده شد. بشر به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب جوش حرارت گرفت. آن گاه به طور متوالی ۲ میلی لیتر محلول فروسیانور پتاسیم و ۲ میلی لیتر محلول استات روی افزوده شده و پس از هر افزایش به هم زده شد. بشر را سرد کرده و محتویات آن به کمک آب مقطر با شست شوی مکرر به بالن ۲۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده شد. محلول حاصله پس از صاف شدن با کاغذ صافی برای اندازه گیری استفاده شد.

۲-۲-۲-۲-۲ اندازه‌گیری نیتريت سدیم

۱۰ میلی‌لیتر از مایع صاف شده (محلول حاصل از بخش ۲-۲-۲-۲) در بالن نشانه‌دار ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد و کلرور سولفانیل آمید و ان- (۱ نفتیل) اتیلین دی آمین دی هیدروکلرید به آن افزودن شده و بخوبی مخلوط گردید. محلول در جای تاریک و در حرارت معمولی قرار داده شد. در طول مدت ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها در اثر تشکیل کمپلکس پیچیده قرمز رنگ ایجاد شده توسط نیتريت در طول موج ۵۳۸ نانومتر به روش یناب سنجی اندازه‌گیری شد و میزان نیتريت سدیم آزمون از روی منحنی استاندارد محاسبه گردید.

۱-۲-۲-۲-۲ تهیه منحنی استاندارد

در یک دسته شش تایی بالن‌های اندازه‌دار ۵۰ میلی‌لیتری به ترتیب مقادیر صفر، ۰/۵، ۱، ۲، ۲/۵ و ۳ میلی‌لیتر محلول استاندارد نیتريت سدیم و ۳۰، ۲۹/۵، ۲۸، ۲۷/۵ و ۲۷ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد. سپس روش اعمال شده روی نمونه عینا روی این نمونه‌های استاندارد نیز انجام و مقادیر جذب قرائت شد. با قرار دادن جرم نیتريت به میکروگرم در محلول‌های سنجائی روی محور طولی و مقادیر جذب آنها روی محور عرضی (قائم) منحنی استاندارد رسم گردید (شکل ۱) و معادله مربوطه توسط نرم‌افزار محاسبه گردید.



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون دستگاه اسپکتروفتومتر برای محلول‌های استاندارد نیتريت سدیم

۲-۲-۲-۳ روش محاسبه نیتريت

مقدار نیتريت به میلی‌گرم (یون نیتريت NO_2^-) در یک کیلوگرم فرآورده با معادله ۱ محاسبه گردید:

معادله ۱

$$M_1 \times (200/v_1 m_0) = \text{مقدار نیتريت (میلی‌گرم)}$$

که در آن: m_0 جرم نمونه آزمایش به گرم؛ M_1 جرم یون نیتريت (NO_2^-) به میکروگرم در حجم محلول صاف شده برداشتی (تعیین شده با منحنی استاندارد)؛ و v_1 حجم محلول صاف شده برداشتی به میلی‌لیتر می‌باشد.

۲-۲-۳-۳ اندازه‌گیری نیترات سدیم

مقداری از محلول صاف شده که بین ۳۰ تا ۱۲۰ میکروگرم یون نیترات (NO_3^-) داشت (۱۰ میلی‌لیتر) برداشته و به یک ارلن مایر ۲۵ میلی‌لیتری که قبلا در آن حدود ۲ گرم کادمیوم و ۵ میلی‌لیتر محلول بافر آمونیاک ریخته شده است انتقال داده شد و بعد از دربندی به مدت ۵ دقیقه بهم زده شد با کاغذ صافی صاف گردید. محلول صاف شده در یک بالن ۵۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری گردید و با آب مقطر به حجم رسانده شد. مقدار نیتريت کل از روی منحنی استاندارد خوانده شد.

۲-۳-۱- روش محاسبه نیترات

مقدار یون نیترات به میلی گرم (NO_3^-) در یک کیلوگرم فرآورده با معادله ۲ محاسبه گردید:

معادله ۲

$$\left(\frac{m_2 \times 10000}{v_3 \cdot v_2 \cdot v_0} - \frac{m_1 \times 200}{v_1 \cdot v_2} \right) \cdot 1/348 = \text{یون نیترات (میلی گرم)}$$

که در آن: m_1 مقدار یون نیتريت کل (NO_3) موجود به میکروگرم در حجم v_1 محلول صاف شده برداشتی (تعیین شده با منحنی استاندارد)؛ m_2 مقدار یون نیتريت کل (NO_3) موجود به میکروگرم در حجم v_2 محلول صاف شده برداشتی (تعیین شده با منحنی استاندارد)؛ v_1 حجم محلول صاف شده برداشتی به میلی لیتر؛ v_2 میلی لیتر محلول آزمون برداشتی برای اندازه گیری بیناب سنجی؛ v_3 میلی لیتر محلول صاف شده برداشتی جهت تهیه محلول آزمون؛ و $1/348$ نسبت بین جرم های مولکولی یون نیترات (NO_3) به یون نیتريت (NO_2) می باشد.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه تاثیر شش نوع فرآوری بر محتویات نیتريت و نیترات سیب زمینی بررسی گردید. جامعه آماری این بررسی هفت تیمار (مطابق جدول ۱) بود که روش پیش تیمار برای هر فرآوری ۱۵ بار تکرار شد. به عبارتی در ۱۰۵ کیسه پلاستیکی نمونه تهیه گردید. آزمایشات بر روی ۱۰ گرم نمونه همگن شده از این کیسه ها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها بر اساس طرح کاملا تصادفی (CRD) برای تیمارهای مختلف فرآوری سیب زمینی با استفاده از روش ANOVA یکطرفه در سطح احتمال ۵ درصد (بازه اطمینان ۹۵) با استفاده از نرم افزار Minitab 16 انجام شد. معنی داری بین میانگین ها بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شده و با حروف غیر مشابه نشان داده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد.

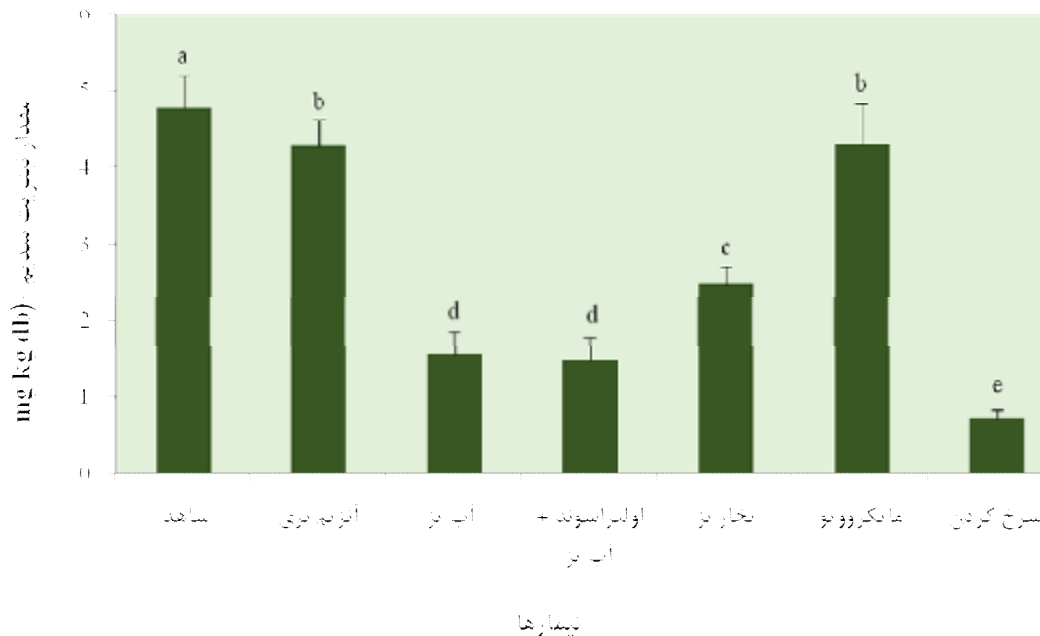
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج اندازه گیری میزان نیتريت در نمونه های سیب زمینی

نتایج آماری حاصل از آنالیز واریانس داده های به دست آمده نشان داد تاثیر تیمارهای مختلف (روش های فرآوری) بر میزان نیتريت اندازه گیری شده در نمونه های سیب زمینی معنی دار بود ($P < 0.05$). مقایسه میانگین داده های به دست آمده در سطح احتمال ۵ درصد (شکل ۲) نشان دهنده این تفاوت معنی دار در بین روش های مختلف فرآوری نمونه ها بود. همان طور که مشاهده می شود بیشترین میزان نیتريت سدیم مربوط به نمونه شاهد بود. در همه روش های پخت میزان نیتريت سدیم به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد (نمونه خام) کاهش یافت ($P < 0.05$). ترتیب کاهش میزان نیتريت سدیم به صورت زیر بوده است: آنزیم بری < مایکروویو < بخارپز < آب پز < فراصوت + آب پز < سرخ کردن؛ یعنی آنزیم بری کمترین و سرخ کردن بیشترین تاثیر را در کاهش میزان نیتريت نمونه های سیب زمینی داشت. افزایش مقدار نیتريت در نمونه های آنزیم بری شده را میتوان به مقدار نیتريت آب مورد استفاده برای جوشاندن نمونه ها، نفوذ نیتريت به داخل سیب زمینی، عدم فرصت کافی برای حل شدن دوباره در آب مانند روش آب پز کردن و در نتیجه افزایش مقدار اندازه گیری شده در آن نسبت داد. با توجه به این که نیتريت و نیترات در آب محلول هستند، کاهش مقدار نیتريت در روش سرخ کردن احتمالا به دلیل فرآیند جابه جایی روغن با آب در طول سرخ کردن و بنابراین خروج بخشی از نیترات توسط آب و در نتیجه کاهش میزان اندازه گیری شده آن بوده است. در دو روش آب پز کردن و فرآیند ترکیبی فراصوت و آب پز کردن، گرچه اعمال فراصوت قبل از آب پز کردن باعث کاهش بیشتر مقدار نیتريت سدیم نسبت به حالت آب پز کردن به تنهایی شده است، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی دار نبود ($P > 0.05$). کاهش مقدار نیتريت

یافته‌ها با نتایج Ziarati و Arbabi-Bidgoli (۲۰۱۴)، Prasad و Chetty (۲۰۰۸) و صادقی و همکاران (۱۳۹۲) که کاهش مقدار نیتريت آب‌پز شده را گزارش کردند مطابقت داشت (۵، ۲۰، ۲۳).

سدیم در روش سرخ کردن با نتایج صادقی و همکاران (۱۳۹۳) مغایرت داشت چرا که بر اساس گزارش آنها در اثر فرآیند سرخ کردن نه تنها کاهش در میزان نیتريت سبزیجات به وجود نمی‌آید بلکه این میزان افزایش نیز یافت (۶). این

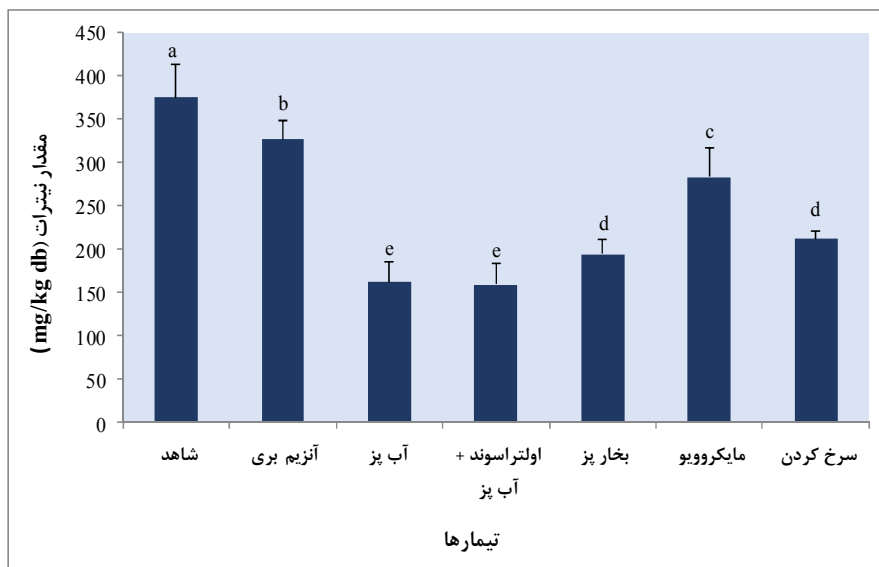


شکل ۲- میزان نیتريت اندازه‌گیری شده (بر پایه وزن خشک) در روش‌های مختلف فرآوری نمونه‌های سیب‌زمینی (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد).

پخت مورد آزمایش میزان نیترات به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان داد ($P < 0.05$)؛ به گونه‌ای که نمونه‌های آنزیم‌بری شده، پخت با مایکروویو، نمونه سرخ شده، نمونه بخارپز شده، نمونه آب‌پز شده و فرآوری فراصوت در ترکیب با فرآیند آب‌پز کردن به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین میزان نیترات اندازه‌گیری شده بودند. بیشترین میزان نیترات (بر اساس ماده مرطوب) مربوط به نمونه سرخ شده بود که این میزان حتی از نمونه شاهد (نمونه بدون فرآوری) نیز به طور معنی‌داری بیشتر بود ($P < 0.05$).

۲-۳- نتایج اندازه‌گیری میزان نیترات در نمونه‌های سیب‌زمینی

آنالیز واریانس نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان نیترات نشان داد نقش روش‌های مختلف فرآوری بر میزان نیترات نمونه‌های سیب‌زمینی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). با توجه به مقدار F-value دو ماده، تاثیر فرآیندهای مختلف بر روی میزان نیترات اندازه‌گیری شده ($F\text{-value} = 159/27$) کمتر از تاثیر آنها بر روی میزان نیتريت ($F\text{-value} = 335/27$) نمونه‌ها بود. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در روش‌های



شکل ۳- میزان نیترات اندازه گیری شده (بر پایه وزن خشک) در روش های مختلف فرآوری نمونه های سیب زمینی

(حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین ها می باشد.)

نمونه های تر به وحشی بود (۱۷). سیب زمینی نوعی سبزی است که می تواند به صورت آب پز شده، بخارپز شده، آنزیم بری شده، پخته شده در فر، سرخ شده، پوره شده یا حرارت دیده با مایکروویو مصرف شود. همان طور که پیش تر نیز اشاره شد حرارت بر تغییرات نیترات و نیتريت سبزیجات تاثیرگذار است (۱۱) و فرآیندهای حرارتی مختلف سیب زمینی نیز بسته به نوع فرآیند و میزان حرارت، باعث کاهش نیتريت و نیترات موجود در محصول می شوند (۹). همچنین فرآیندهایی که در حضور آب انجام می شوند باعث کاهش میزان نیتريت و نیترات می شوند (۱۷). با توجه به نتایج به دست آمده فرآیند آنزیم بری ۱۰/۱۴ درصد، آب پز کردن ۶۷/۴۵ درصد، ترکیب آب پز کردن با فراصوت ۶۹/۳۳ درصد، بخارپز کردن ۴۸/۳۲ درصد، پخت با مایکروویو ۱۰/۰۵ درصد و سرخ کردن ۸۵/۰۵ درصد باعث کاهش نیتريت بر اساس وزن خشک و همین فرآیندها به ترتیب باعث کاهش ۱۲/۸۰ درصد، ۵۶/۷۵ درصد، ۵۷/۳۷ درصد، ۴۸/۱۷ درصد، ۲۴/۴۱ درصد و ۴۳/۴۹ درصد میزان نیترات اندازه گیری شده بر پایه وزن خشک نمونه های سیب زمینی شدند؛ که همگی نوعی فرآیند حرارتی با شرایط دمایی و زمانی مختلف به شمار می روند.

در سال های اخیر، افزایش قابل توجهی در تعیین سطح نیترات مواد غذایی دیده شده است. اساساً کاهش پتانسیل از نیترات به نیتريت، عامل اثرات زیان آور روی انسان و حیوانات شناخته شده است. در حقیقت نیتريت قادر است در واکنش با اسیدهای آمینه به شکل سمی و ترکیبات سرطانزای نیتروزآمین تبدیل شود. علاوه بر این نیتريت عامل بیماری مت هموگلوبینمی (کمبود اکسیژن) در اطفال شناخته شده است (۲). همچنین یکی از عوامل محیطی دخیل در ایجاد سرطان های دستگاه گوارش فوقانی، میزان نیتريت و نیترات موجود در آب آشامیدنی و مواد غذایی می باشد. دخالت انسان در چرخه نیتروژن طبیعت باعث شده که به تدریج بر میزان تجمع این ماده در محیط افزوده شود که بر اساس مطالعات کلینیکی و اپیدمیولوژیکی، بالا بودن نیتريت و نیترات در رژیم غذایی، عامل سرطان معده شناخته شده است (۳). با توجه به نتایج به دست آمده میزان نیترات در نمونه سیب زمینی خام با مقدار ۳۷۴/۸۷ میلی گرم در هر کیلوگرم بر اساس ماده خشک بسیار بیشتر از میزان نیتريت با مقدار ۴/۷۷ میلی گرم در هر کیلوگرم بر اساس ماده خشک در این نمونه ها بود که مشابه مقادیر متناظر به دست آمده توسط Üren و Özdestan (۲۰۱۱) در

تحقیق Ekart و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شد که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی داشت (۱۱). همچنین منطبق بر گزارش این محققان، یافته‌های Ekart و همکاران (۲۰۱۳) در مورد سیب‌زمینی (۱۱)، Chetty و Prasad (۲۰۰۸) در مورد سبزیجات برگ‌دار (۲۰)، و صادقی و همکاران (۱۳۹۳) در مورد سبزی تره (۶)، فرآیند سرخ کردن با روغن سویا میزان نیترات را به طور چشمگیری افزایش داد. علت مغایرت نتایج این محققان مبنی بر افزایش میزان نیتريت و نیترات در اثر فرآیند سرخ کردن با نتایج به دست آمده در این تحقیق احتمالا به دلیل تفاوت در محاسبات این تحقیق بر پایه وزن خشک می‌باشد، چرا که نتایج همین تحقیق بر پایه مرطوب در راستای یافته‌های مطالعات مذکور بود که نشان‌دهنده افزایش میزان نیترات تا ۲۷ درصد با اعمال فرآیند سرخ کردن می‌باشد (۶). هر چند بر اساس وزن خشک نیز نمونه سرخ شده بعد از نمونه آنزیم بری شده و پخت با مایکروویو دارای بیشترین میزان نیترات بود.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، روش‌های مختلف فرآوری بر میزان نیتريت و نیتريت اندازه‌گیری شده در نمونه‌های سیب‌زمینی به طور معنی‌دار موثر می‌باشند. بیشترین میزان نیتريت و نیترات مربوط به نمونه شاهد بود. در همه روش‌های پخت میزان نیتريت و نیترات به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد (نمونه خام) کاهش یافت. نمونه‌های آنزیم‌بری شده، پخت با مایکروویو، نمونه بخارپز شده، نمونه آب‌پز شده و فرآیند آب‌پز کردن در ترکیب با فرآوری فراصوت به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین میزان نیتريت و نیترات بودند. با توجه به سهم قابل ملاحظه سیب‌زمینی در رژیم غذایی افراد و تأثیر مثبت آن بر سلامت جامعه، کنترل کیفی آن و بررسی تأثیر فرایندهای نگهداری بر میزان نیترات و نیتريت باقی‌مانده در محصول حائز اهمیت بسیاری می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد روش آب‌پز کردن بدون هیچ گونه فرآوری ترکیبی یا جایگزین دیگر روشی موثر برای کاهش میزان

تأثیر روش‌های پخت سیب زمینی بر میزان نیترات نیز مشابه با روند مشاهده شده برای نیتريت اندازه‌گیری شده بود. کاهش ۱۲ درصدی میزان نیترات در اثر آنزیم بری در راستای مطالعات Rytel (۲۰۱۲) و Ekart و همکاران (۲۰۱۳) بود (۱۱، ۲۱)، هرچند Ekart و همکاران (۲۰۱۳) کاهش میزان نیتريت سیب‌زمینی را حدود ۲۱ درصد گزارش کردند. نتایج پژوهش انجام یافته توسط Ziarati و Arbabi-Bidgoli (۲۰۱۴) روی تأثیر پخت روی محتوای نیترات و نیتريت محصولات و سبزیجات (۲۳) با نتایج بدست آمده در این پژوهش در مورد کاهش ۵۷ درصدی نیترات و ۶۸ درصدی نیتريت با روش جوشاندن (آب‌پز کردن) سیب‌زمینی مطابقت دارد. نتایج Ekart و همکاران (۲۰۱۳) در مورد سیب‌زمینی با کاهش ۴۳ درصدی (۱۱) و Chetty و Prasad (۲۰۰۸) در مورد سبزیجات برگ‌ی با کاهش ۴۷ تا ۵۶ درصدی میزان نیترات (۲۰)، و نتایج Leszczynska و همکاران (۲۰۰۹) در مورد کاهش نیترات و نیتريت با فرآیند پخت و آنزیم‌بری در انواع کلم‌ها (۱۴) نیز نتایج این پژوهش را تایید می‌کنند. با توجه به این که نیترات محلول است و به راحتی به محیط مایع مورد استفاده برای پخت یا فرآوری نشت کرده و منتقل می‌شود؛ بنابراین واضح است که مقادیر نیترات در اثر جوشانیدن یا آب‌پز کردن به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. مقایسه دو فرآیند آنزیم بری و آب‌پز کردن نشان می‌دهد که به دلیل مدت زمان زیاد قرارگیری در معرض آب زیاد و همچنین دمای بالا، کاهش میزان نیترات و نیتريت در نمونه‌های آب‌پز شده به طور قابل توجهی بیشتر می‌باشد (۱۷). همچنین نتایج این مطالعه را می‌توان با نتایج پژوهش Vahed و همکاران (۲۰۱۵) مقایسه کرد. در مطالعه این پژوهشگران که تأثیر فرآیندهای پخت معمولی، پخت با مایکروویو و سرخ کردن روی میزان نیترات سبزیجات پیاز، سیب‌زمینی، هویج و گوجه فرنگی مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد کاهش میزان نیترات در فرآیند پخت با مایکروویو کمتر از پخت معمولی (آب‌پز کردن) بود (۲۲). همچنین تأثیر کمتر مایکروویو با کاهش ۱۲ درصدی و بخارپز کردن بدون کاهش بر میزان نیتريت و نیترات در

سلامت و محیط، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره چهارم، دوره هفتم، ۴۹۸-۴۹۱.

۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۷ و ۱۳۹۲. شماره ۴۱۰۶ و ۴۱۰۶-ا، روش آزمون اندازه گیری نیتريت و نیترات در میوه و سبزی و فرآورده های آنها به طریق بیناب سنجی مولکولی.

8. Alexander, J. 2008. Nitrate in vegetables: Scientific opinion of the panel on contaminants in food chain. *The EFSA Journal*, 689: 1-79.
9. Du, S. T., Zhang, Y. S., and Lin, X. Y. 2007. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. *Agricultural Sciences in China*, 6(10): 1246-1255.
10. EC No 64, 1999. The Commission of the European communities, Commission regulation (EC) No and 64/1999 of 26 April 1999, amending Regulation (EC) No 197/97 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of Europe commune*, 108(116): 16-8.
11. Ekart, K., Hmelak Gorenjal, A., Madorran, E., Lapajne, S., and Langerholc, T. 2013. Study on the influence of food processing on nitrate levels in vegetables. *EFSA Supporting Publications*, 10(12): 150p.
12. Graun, G.F., Greathous, D.G. and Gundersan, D.H. 1981. Methemoglobin levels in young children consuming high nitrate well water in the U.S. *International Journal of Epidemiology*, 10(4): 309-317.
13. Hord, N.G., Tang, Y. and Bryan, N.S. 2009. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(1): 1-10.
14. Leszczynska, T., Filipiak-Florkiewicz, A., Cieslik, E. and Sikora, P. M. 2009. Effects of some processing methods on nitrate and nitrite changes in cruciferous vegetables. *Journal of*

این دو ماده مضر موجود در سبزیجاتی مانند سیب زمینی می باشد.

۵- منابع

۱. اسکندری، ع، خزائی، ح. ر، نظامی، ا. و کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تاثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب زمینی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی)، جلد ۲۵، شماره ۲، صفحه ۲۴۷-۲۴۰.
۲. پیرصاحب، م، رحیمیان، س. و پاسدار، ی. ۱۳۹۱. مقدار نیترات و نیتريت در سبزیجات و صیفی جات مصرفی شهر کرمانشاه (سال ۱۳۸۹). دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سال شانزدهم، شماره اول، ۸۳-۷۶.
۳. پیرصاحب، م، شرفی، ک. و مرادی، م. ۱۳۹۲. بررسی میزان نیتريت و نیترات در صیفی جات و سبزیجات کشت شده در دشت های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰. بهداشت مواد غذایی، دوره ۳، شماره ۱، پیاپی ۸۹-۷۷.
۴. رحمانی، ح. ر. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه برآآن اصفهان، نشریه علوم محیطی، شماره ۱۱، صفحه ۳۴-۲۳.
۵. صادقی، ا، هاشمیان، ا. ح، محمدی، م، بهلولی اسکویی، س، مسکینی، ح، محمدی، ر. و الماسی، ع. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر فرآیند پخت و انجماد بر میزان نیترات و نیتريت سبزیجات پرمصرف. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره ۸، دوره ۳، صفحه ۲۱۵-۲۰۹.
۶. صادقی، ا، شرفی، ک، الماسی، ع، دیهیم، م، عزیزی، ا. و غایب زاده، م. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر فرآیندهای خشک کردن و سرخ کردن سبزیجات بر میزان نیترات و نیتريت. مجله

- in Potato Chemistry and Technology. Academic Press. USA. 319-337.
20. Prasad, S., and Chetty, A. A. 2008. Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry*, 106(2): 772-780.
21. Rytel, E. 2012. Changes in glycoalkaloid and nitrate content in potatoes during dehydrated dice processing. *Food Control*, 25: 349-354.
22. Vahed, SH., Mosafa, L., Mirmohammadi, M. and Lakzadeh, L. 2015. Effect of some processing methods on nitrate changes in different vegetables. *Food Measure*, 9: 241-247.
23. Ziarati, P. and Arbabi-Bidgoli, S. 2014. Investigation of cooking method on nitrate and nitrite contents in Crops and vegetables and assess the associated health risk. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(2): 46-52.
- Food Composition and Analysis*, 22: 315-321.
15. Lisinska, G. and Golubowska, G. 2005. Structural changes of potato tissue during French fries production. *Food chemistry*, 93: 681-685.
16. Mozolewski, W. and Smoczyński, S. 2004. Effect of culinary processes on the content of nitrates and nitrites in potato. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(6): 375-361.
17. Özdestan, Ö. and Üren, A. 2011. Effects of boiling parameters on the levels of nitrate, nitrite and color values of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *GIDA/The Journal of FOOD*, 36(4): 193-200.
18. Pedreschi, F., Moyano, P., Santis, N. and Pedreschi R. 2007. Physical properties of pre-treated potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79(4): 1474-1482.
19. Pedreschi, F. 2008. *Fried and dehydrated potato products*. Advances

(Original Research Paper)

Study the Effect of Different Processing Methods on Nitrate and Nitrite Content in Potato

Leila Roufegari-nejad¹, Arezou Ali-asl Khiabani², Sepidar Seyyedi Mansoor^{2*}

1-Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2-PhD Student of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received: 05/09/2018 Accepted: 08/04/2019

Abstract

The aim of this study was to evaluate and compare the different processing methods on the amount of nitrate and nitrite in potato. For this purpose, a variety of processing methods including blanching, boiling, steaming, boiling incorporated with ultrasound, microwave and frying were performed on potatoes, and the nitrate and nitrite levels was measured. The results showed that nitrate and nitrite levels were significantly reduced in all processing methods compared to the control sample (raw sample) ($P < 0.05$). The highest nitrite and nitrate levels were observed in the control sample. Blanched, microwaved, steamed, boiled, ultrasonically boiled samples had the lowest nitrite and nitrate levels, respectively, since reducing 85% nitrite by frying and 57% nitrate by boiling plus ultrasound was obtained. Also, the differences observed in the method of boiling and its combination with ultrasound was not significant on nitrite and nitrate contents ($P > 0.05$). Overall according to the results, it seems that the boiling method without any combined or alternative process is an effective way to reduce considerably the amount of these harmful substances in vegetables such as potatoes.

Key words: Processing Methods, Potato, Nitrite, Nitrate, Ultrasound

*Corresponding Author: sepidarmansoor@ymail.com