(مقاله پژوهشی)

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

لیلا روفه‌گری نژاد [۱]، آرزو علی‌اصل 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 دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۱/۱۹

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه شرایط مختلف فرآوری بر میزان نیترات و نیتریت سیب‌زمینی بود. برای این منظور انواع روش‌های فرآوری شامل آنزیم‌بری، آب‌پز کردن، بخارپز کردن، ترکیب فراصوت و آب‌پز کردن، مایکروویو و سرخ کردن (۱۰۵ نمونه) روی سیب‌زمینی انجام شد و میزان نیترات و نیتریت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد در همه روش‌های فرآوری میزان نیتریت و نیترات به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد (نمونه خام) کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). نمونه‌های آنزیم‌بری شده، پخت با مایکروویو، بخارپز شده، آب‌پز شده، و فرآوری شده با فراصوت در ترکیب با فرآیند آب‌پز کردن به‌ترتیب دارای بیشترین تا کمترین میزان نیتریت و نیترات بودند؛ به طوریکه کاهش ۸۵ درصدی نیتریت با فرآیند سرخ کردن و کاهش ۵۷ درصدی نیترات با ترکیب آب‌پز کردن و فراصوت به دست آمد. همچنین مشاهده گردید که روش آب‌پز کردن و ترکیب آن با فراصوت بر میزان نیتریت و نیترات معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). در کل با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد روش آب‌پز کردن بدون هیچ گونه فرآوری ترکیبی، روشی مؤثر برای کاهش میزان این دو ماده مضر موجود در سبزیجاتی مانند سیب‌زمینی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: روش‌های فرآوری، سیب‌زمینی، نیتریت، نیترات، فراصوت

[*] مسؤول مکاتبات: Sepidarmansoor@ymail.com

۱- مقدمه

سیب‌زمینی گیاهی علفی و چند ساله از خانواده *سولاناسه*[1]، با نام علمی *سولانوم توبروزوم*[2] 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؛ به‌طوریکه 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 نیتریت 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 نیتریت و نیتروز اسید تبدیل شده و در ترکیب با آمین‌های نوع اول و دوم باعث تشکیل نیتروزآمین، عامل ایجاد انواع سرطان‌ها (معده، 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 نیتریت بالاتر است که سبب بروز بیماری‌ها مت‌هموگلوبینی[3] و باعث مرگ آن‌ها می‌شود (۱۲). استانداردهای مختلفی در رابطه با حداکثر مجاز نیتریت 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 نیتریت سبزیجات، به ویژه در طول زمان نگهداری در دمای محیط، تاثیرگذار است. به طوریکه سطوح نیترات با نگهداری در دمای محیط به طور قابل توجهی کاهش، ولی سطوح نیتریت 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 نیتریت 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 شورکردن 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 نیتریت و نیترات محصول می‌شود (۲۰). لذا با توجه به اهمیت این فرآورده‌ها در زمینه بررسی مقدار نیترات و نیتریت 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 نیتریت را دارا بودند که بالا بودن میزان نیترات در سیب‌زمینی و

1- Solanaceae
2- Solanum Tubersum
3 -Methemoglobinemia

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، سیب‌زمینی، هویج و گوجه‌فرنگی توسط Vahed و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد به‌ترتیب هویج، پیاز، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی 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 پختن 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 درصد۵۴ درصد در کلم، ۳۶ درصد در سیب‌زمینی، 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 آب‌گیری چیپس سیب‌زمینی نشان داد کاهش محتوای نیترات بعد از برش و شست وشو با آب ۱۳ درصد و آنزیم‌بری ۲۳ درصد اتفاق افتاد (۲۱). Leszczynska و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأثیر فرایندهای آنزیم‌بری، پخت، انجماد را بر روی نیترات و نیتریت انواع کلم‌ها مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد هر دو فرآیند پخت و آنزیم‌بری باعث کاهش قابل توجه نیترات و نیتریت در انواع کلم‌ها شد (۱۴). Prasad و Chetty (۲۰۰۸) نیز نشان دادند جوشاندن باعث کاهش ۴۷ تا ۵۶ درصدی محتوای نیترات شد در حالی که سرخ کردن در روغن سویا باعث افزایش محتوای نیترات از ۱۵۹ تا ۳۰۷ درصد نسبت به مقدار اولیه می‌شود (۲۰) که صادقی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی در مورد تاثیر فرآیندهای خشک کردن و سرخ کردن بر میزان نیترات و نیتریت 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 سیب‌زمینی در کشور، فرآیندهای مختلفی به صورت خانگی و صنعتی بر روی سیب‌زمینی انجام می‌گیرد که موجب تغییراتی در ترکیب شیمیایی و محتوی نیتریت و نیترات محصول می‌شود، به نظر می‌رسد امکان کاهش محتوای نیترات و نیتریت در نتیجه این فرآیندها وجود داشته باشد. لذا براساس تحقیقات انجام شده و با آگاهی از مضرات نیتریت، هدف اصلی از تحقیق حاضر بررسی و مطالعه تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیب‌زمینی بر میزان نیتریت و نیترات موجود در محصول بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

نمونه‌های سیب‌زمینی (رقم میلوا) از مزارع روستاهای شهرستان عجب‌شیر 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 سیب‌زمینی‌ها 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 سیب‌زمینی و فرآوری آن

از ۲۰ مزرعه سیب‌زمینی بطور تصادفی ۱ کیلوگرم نمونه برداری شده و در آزمایشگاه با نیترات‌سنج (مدل LAQUAtwin NO_3، Horiba، ژاپن) مقدار تقریبی نیترات ارزیابی و سپس از مزرعه‌ای که مقدار نیترات در سیب‌زمینی آن بیشتر بود اقدام به تهیه ۱۲۰ کیلوگرمی سیب‌زمینی نموده و به آزمایشگاه تجزیه مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انتقال داده شد. پس از شستشوی اولیه و پوست‌گیری، نمونه‌ها به قطعات مکعب مستطیل شکل با ابعاد ۱۰×۱۰×۲۰ میلی‌متر برش داده شده و پس از شستشوی مجدد و آب‌کشی به منظور اعمال فرآیندهای مختلف به هفت قسمت مساوی تقسیم شد. فرآیندهای مختلف مطابق جدول ۱ اعمال گردید:

جدول ۱- نحوه آماده سازی تیمارها برای اندازه‌گیری نیتریت و نیترات

شماره	نوع تیمار	نحوه آزمایش
۱	شاهد	-
۲	آنزیم‌بری	قرار دادن سیب‌زمینی‌ها در آب آشامیدنی با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۱ دقیقه
۳	آب‌پز کردن*	قرار دادن سیب‌زمینی به مدت ۲۵ دقیقه در آب جوش
٤	بخار پز کردن**	پختن به وسیله بخار به مدت ۲۰ دقیقه
٥	روش تلفیقی فراصوت همراه با آب‌پز کردن**	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 سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه، سپس آب‌پز کردن به مدت ۱۰ دقیقه
٦	مایکروویو**	افزودن آب به میزان غوطه وری کامل، دربندی با فیلم پلاستیکی (پارافیلم) سوراخ‌دار و اعمال مایکروویو (ال جی سری سولاردام مدل MS92، چین) با قدرت ۹۰۰ وات به مدت ۲۰ دقیقه
۷	سرخ کردن**	سرخ کردن خلال‌های سیب‌زمینی به روش غوطه‌وری در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه

*در این روش پس از آب‌کشی نمونه‌ها تا رسیدن به دمای اتاق خنک شدند.

**در این روش‌ها نمونه‌ها بعد از اتمام فرآیند و آبکشی داخل یخچال تا دمای ٤ درجه سانتی‌گراد خنک شده، داخل کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری نیتریت و نیترات نمونه‌های سیب‌زمینی

۲-۲-۲-۱- آماده سازی نمونه برای آزمایش

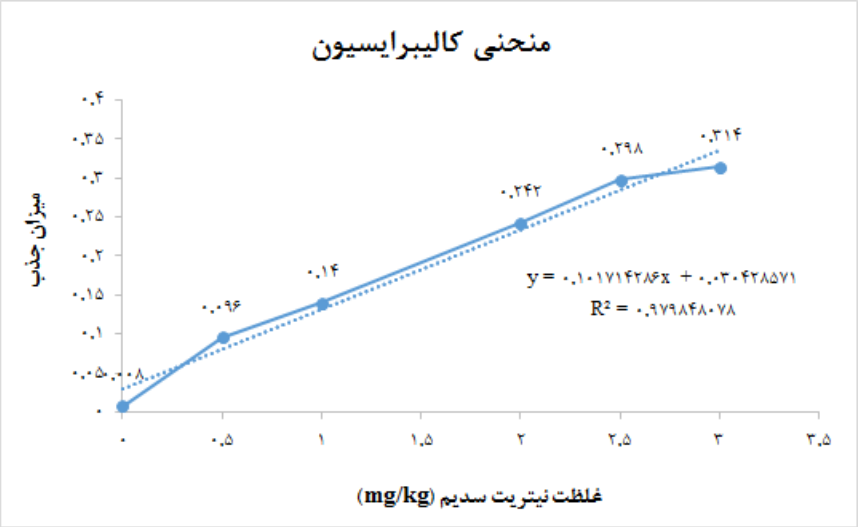
اندازه‌گیری میزان نیتریت به روش بیناب‌سنجی (اسپکتروفتومتری) انجام شد (استاندارد ملی ایران، شماره ۴۱۰۶) (۷). برای این کار بعد از رفع انجماد نمونه‌ها، جهت همگن کردن محتویات بسته از مخلوط کن (Moulinex، فرانسه) استفاده شد. سپس مقدار ۱۰ گرم از نمونه همگن شده جهت آماده سازی و انجام آزمایش توزین شد. ۵ میلی‌لیتر محلول تترابرات دو سدیم و۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد به نمونه افزوده شد. بشر به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب جوش حرارت گرفت. آن گاه به طور متوالی ۲ میلی‌لیتر محلول فروسیانور پتاسیم و ۲ میلی‌لیتر 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 میلی‌لیتری ریخته و به حجم رسانده شد. محلول حاصله پس از صاف شدن با کاغذ صافی برای اندازه‌گیری استفاده شد.

۲-۲-۲-۲- اندازه‌گیری نیتریت سدیم

۱۰ میلی‌لیتر از مایع صاف شده (محلول حاصل از بخش ۲-۲-۲-۱) 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 نیتریت در طول موج ۵۳۸ نانومتر به روش بیناب سنجی اندازه‌گیری شد و میزان نیتریت سدیم آزمونه از روی منحنی استاندارد محاسبه گردید.

۲-۲-۲-۲-۱- تهیه منحنی استاندارد

در یک دسته شش تائی بالن‌های اندازه‌دار ۵۰ میلی‌لیتری به ترتیب مقادیر صفر، ۰/۵، ۱، ۲، ۲/۵ و ۳ میلی‌لیتر محلول استاندارد نیتریت سدیم و ۳۰، ۲۹/۵، ۲۹، 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 نیتریت 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 نیتریت سدیم

۲-۲-۲-۳-روش محاسبه نیتریت

مقدار نیتریت به میلی‌گرم (یون نیتریت (NO_2^{-2}) در یک کیلوگرم فرآورده با معادله ۱ محاسبه گردید:

معادله ۱

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

که در آن: m_0 جرم نمونه آزمایش به گرم؛ M_1 جرم یون نیتریت (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- 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 نیتریت کل از روی منحنی استاندارد خوانده شد.

۲-۲-۳-۱- روش محاسبه نیترات

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

معادله ۲

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

که در آن: m_1 مقدار یون نیتریت کل (NO_3) موجود به میکروگرم در حجم v_1 محلول صاف شده برداشتی (تعیین شده با منحنی استاندارد)؛ m_2 مقدار یون نیتریت 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 میلی‌لیتر؛ v_2 میلی‌لیتر محلول آزمونه برداشتی برای اندازه‌گیری بیناب سنجی؛ v_3 میلی‌لیتر محلول صاف شده برداشتی جهت تهیه محلول آزمونه؛ و ۱/۳۴۸ نسبت بین جرم‌های مولکولی یون نیترات (NO_3) به یون نیتریت (NO_2) می‌باشد.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

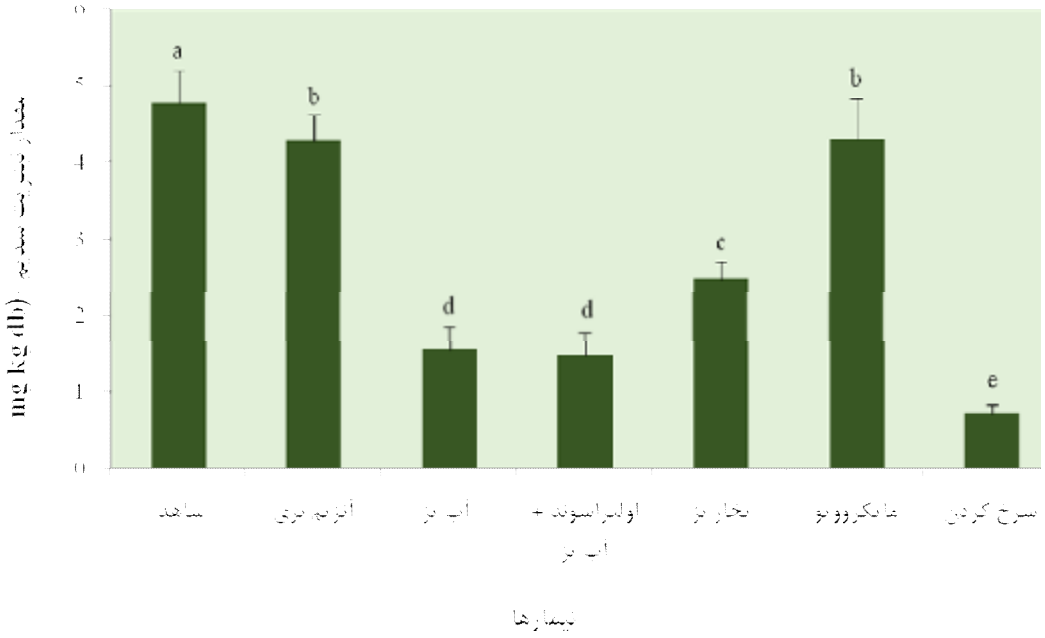
در این مطالعه تاثیر شش نوع فرآوری بر محتویات نیتریت و نیترات سیب‌زمینی بررسی گردید. جامعه آماری این بررسی هفت تیمار (مطابق جدول ۱) بود که روش پیش تیمار برای هر فرآوری ۱۵ بار تکرار شد. به عبارتی در ۱۰۵ کیسه پلاستیکی نمونه تهیه گردید. آزمایشات بر روی ۱۰گرم نمونه همگن شده از این کیسه‌ها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح کاملا تصادفی (CRD) برای تیمارهای مختلف فرآوری سیب‌زمینی با استفاده از روش ANOVA یکطرفه در سطح احتمال ۵ درصد (بازه اطمینان ۹۵) با استفاده از نرم افزار Minitab 16 انجام شد. معنی‌داری بین میانگین‌ها 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 اندازه‌گیری میزان نیتریت در نمونه‌های سیب‌زمینی

نتایج آماری حاصل از آنالیز واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد تاثیر تیمارهای مختلف (روش‌های فرآوری) بر میزان نیتریت اندازه‌گیری شده در نمونه‌های سیب‌زمینی معنی‌دار بود ($P<0/05$). مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده در سطح احتمال ۵ درصد (شکل ۲) نشان دهنده این تفاوت معنی‌دار در بین روش‌های مختلف فرآوری نمونه‌ها بود. همان طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان نیتریت سدیم مربوط به نمونه شاهد بود. در همه روش‌های پخت میزان نیتریت سدیم به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد (نمونه خام) کاهش یافت ($P<0/05$). ترتیب کاهشی میزان نیتریت سدیم به صورت زیر بوده است: آنزیم‌بری> مایکروویو> بخارپز > آب‌پز> فراصوت +آب‌پز> سرخ کردن؛ یعنی آنزیم بری کمترین و سرخ کردن بیشترین تاثیر را در کاهش میزان نیتریت نمونه‌های سیب‌زمینی داشت. افزایش مقدار نیتریت در نمونه‌های آنزیم بری شده را میتوان به مقدار نیتریت آب مورد استفاده برای جوشاندن نمونه ها، نفوذ نیتریت به داخل سیب زمینی، عدم فرصت کافی برای حل شدن دوباره در آب مانند روش آب پز کردن و در نتیجه افزایش مقدار اندازه‌گیری شده در آن نسبت داد. با توجه به این که نیتریت و نیترات در آب محلول هستند، کاهش مقدار نیتریت 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 درنتیجه کاهش میزان اندازه گیری شده آن بوده است. در دو روش آب‌پز کردن و فرآیند ترکیبی فراصوت و آب‌پز کردن، گرچه اعمال فراصوت قبل از آب‌پز کردن باعث کاهش بیشتر مقدار نیتریت سدیم نسبت به حالت آب‌پز کردن به تنهایی شده است، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P>0/05$). کاهش مقدار نیتریت

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 کاهشی در میزان نیتریت سبزیجات به وجود نمی‌آید بلکه این میزان افزایش نیز یافت (۶). این یافته‌ها با نتایج Ziarati وArbabi-Bidgoli (۲۰۱۴)، Prasad و Chetty (۲۰۰۸) و صادقی و همکاران (۱۳۹۲) که کاهش مقدار نیتریت آب‌پز شده را گزارش کردند مطابقت داشت (۵، ۲۰، ۲۳).

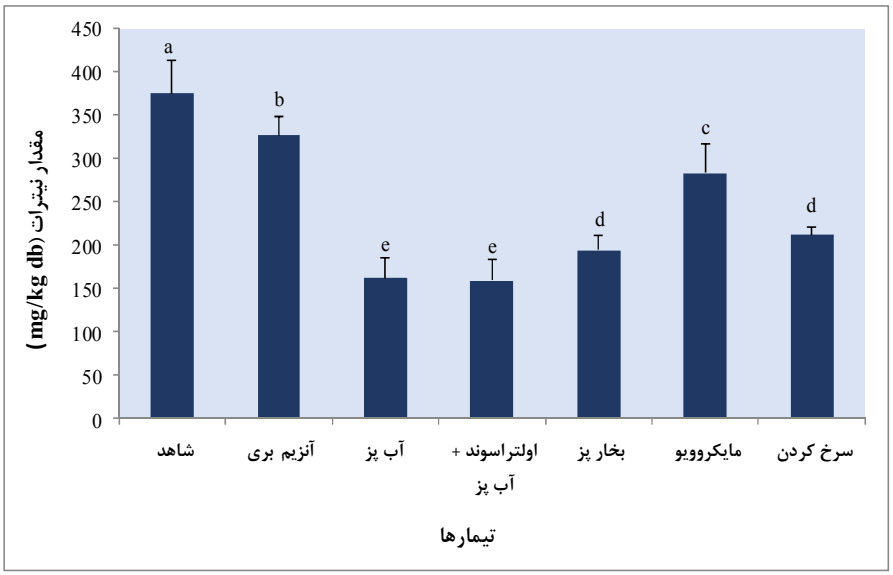


شکل ۲- میزان نیتریت اندازه‌گیری شده (بر پایه وزن خشک) در روش‌های مختلف فرآوری نمونه‌های سیب‌زمینی

(حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.)

۳-۲-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<۰/۰۵). با توجه به مقدار F-value دو ماده، تاثیر فرآیندهای مختلف بر روی میزان نیترات اندازه‌گیری شده (F-value=۱۵۹/۲۷) کمتر از تاثیر آنها بر روی میزان نیتریت (F-value=۳۳۵/۲۷) نمونه‌ها بود. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در روش‌های پخت مورد آزمایش میزان نیترات به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان داد (P<۰/۰۵)؛ به گونه ای 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 به‌ترتیب 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<۰/۰۵).



شکل ۳- میزان نیترات اندازه‌گیری شده (بر پایه وزن خشک) در روش‌های مختلف فرآوری نمونه‌های سیب‌زمینی

(حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.)

در سال‌های اخیر، افزایش قابل‌توجهی در تعیین سطح نیترات مواد غذایی دیده شده است. اساساً کاهش پتانسیل از نیترات به نیتریت، عامل اثرات زیان‌آور روی انسان و حیوانات شناخته شده است. در حقیقت نیتریت قادر است در واکنش با اسیدهای آمینه به شکل سمی و ترکیبات سرطان‌زای نیتروزآمین تبدیل شود. علاوه بر این نیتریت عامل بیماری مت هموگلوبینمی (کمبود اکسیژن) در اطفال شناخته شده است (۲). همچنین یکی از عوامل محیطی دخیل در ایجاد سرطان‌های دستگاه گوارش فوقانی، میزان نیتریت و نیترات موجود در آب آشامیدنی و مواد غذایی می‌باشد. دخالت انسان در چرخه نیتروژن طبیعت باعث شده که به‌تدریج بر میزان تجمع این ماده در محیط افزوده شود که بر اساس مطالعات کلینیکی و اپیدمیولوژیکی، بالا بودن نیتریت و نیترات در رژیم غذایی، عامل سرطان معده شناخته شده است (۳). با توجه به نتایج به دست آمده میزان نیترات در نمونه سیب‌زمینی خام با مقدار ۳۷۴/۸۷ میلی‌گرم در هر کیلوگرم بر اساس ماده خشک بسیار بیشتر از میزان نیتریت با مقدار ۴/۷۷ میلی‌گرم در هر کیلوگرم بر اساس ماده خشک در این نمونه‌ها بود که مشابه مقادیر متناظر به دست آمده توسط Özdestan و Üren (۲۰۱۱) در نمونه‌های تربه وحشی بود (۱۷). سیب زمینی نوعی سبزی است که می‌تواند به صورت آب‌پز شده، بخارپز شده، آنزیم‌بری شده، پخته شده در فر، سرخ شده، پوره شده یا حرارت دیده با مایکروویو مصرف شود. همان طور که پیش‌تر نیز اشاره شد حرارت بر تغییرات نیترات و نیتریت سبزیجات تاثیرگذار است (۱۱) و فرآیندهای حرارتی مختلف سیب‌زمینی نیز بسته به نوع فرآیند و میزان حرارت، باعث کاهش نیتریت و نیترات موجود در محصول می‌شوند (۹). همچنین فرآیندهایی که در حضور آب انجام می‌شوند باعث کاهش میزان نیتریت و نیترات می‌شوند (۱۷). با توجه به نتایج به دست آمده فرآیند آنزیم‌بری ۱۰/۱۴ درصد، آب‌پز کردن ۶۷/۴۵ درصد، ترکیب آب‌پز 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 نیتریت 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 اندازه‌گیری شده بر پایه وزن خشک نمونه‌های سیب‌زمینی شدند؛ که همگی نوعی فرآیند حرارتی با شرایط دمایی و زمانی مختلف به شمار می‌روند.

تاثیر روش‌های پخت سیب زمینی بر میزان نیترات نیز مشابه با روند مشاهده شده برای نیتریت 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 نیتریت سیب‌زمینی را حدود ۲۱ درصد گزارش کردند. نتایج پژوهش انجام یافته توسط Ziarati و Arbabi-Bidgoli (۲۰۱۴) روی تاثیر پخت روی محتوای نیترات و نیتریت محصولات و سبزیجات (۲۳) با نتایج بدست آمده در این پژوهش در مورد کاهش ۵۷ درصدی نیترات و ۶۸ درصدی نیتریت با روش جوشاندن (آب‌پز کردن) سیب‌زمینی مطابقت دارد. نتایج Ekart و همکاران (۲۰۱۳) در مورد سیب‌زمینی با کاهش ۴۳ درصدی (۱۱) و Prasad و Chetty (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 نیتریت 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 می یابد. 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 نیتریت در نمونه‌های آب‌پز شده به طور قابل توجهی بیشتر می باشد (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 تاثیر کمتر مایکروویو با کاهش ۱۲ درصدی و بخارپزکردن بدون کاهش بر میزان نیتریت و نیترات 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)، Prasad و Chetty (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 نیتریت و نیترات در اثر فرآیند سرح 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.

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، روش‌های مختلف فرآوری بر میزان نیتریت و نیتریت اندازه‌گیری شده در نمونه‌های سیب‌زمینی به طور معنی‌دار موثر می‌باشند. بیشترین میزان نیتریت و نیترات مربوط به نمونه شاهد بود. در همه روش‌های پخت میزان نیتریت 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 نیتریت 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 نیتریت 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

این دو ماده مضر موجود در سبزیجاتی مانند سیب‌زمینی می‌باشد.

۵- منابع

۱. اسکندری، ع.، خزائی، ح. ر.، نظامی، ا. و کافی، م. ۱۳۹۰. مطالعه تاثیر رژیم آبیاری برعملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب‌زمینی. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع غذایی)*، جلد ۲۵، شماره۲، صفحه ۲۴۷-۲۴۰.

۲. پیرصاحب، م.، رحیمیان، س. و پاسدار، ی. ۱۳۹۱. مقدار نیترات و نیتریت در سبزیجات و صیفی‌جات 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 نیتریت و نیترات در صیفی‌جات و سبزیجات کشت شده در دشت‌های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰. *بهداشت مواد غذایی*، دوره ۳، شماره ۱، پیاپی ۹، ۸۹-۷۷.

٤. رحمانی، ح. ر. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه برآآن اصفهان، نشریه *علوم محیطی*، شماره ۱۱، صفحه ۳٤-۲۳.

۵. صادقی، ا.، هاشمیان، ا. ح.، محمدی، م.، بهلولی اسکویی، س.، مسکینی، ح.، محمدی، ر. و الماسی، ع. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر فرآیند پخت و انجماد بر میزان نیترات و نیتریت سبزیجات پرمصرف. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، شماره ۸، دوره ۳، صفحه ۲۱۵-۲۰۹.

٦. صادقی، ا.، شرفی، ک.، الماسی، ع.، دیهیم، م.، عزیزی، ا. و غایب زاده، م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر فرآیندهای خشک کردن و سرخ کردن سبزیجات بر میزان نیترات و نیتریت. *مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی‌پژوهشی انجمن علمی‌بهداشت محیط ایران*، شماره چهارم، دوره هفتم، ٤٩٨-٤٩١.

۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۷ و ۱۳۹۲. شماره ٤١٠٦ و ٤١٠٦-a، روش آزمون اندازه‌گیری نیتریت و نیترات در میوه و سبزی و فرآورده‌های 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*

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 Smoczyñski, 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 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.

(Original Research Paper)

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

Leila Roufegari-nejad [1], Arezou Ali-asl Khiabani [2], 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 nitrate 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