Archive of SID

مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۱ شماره ۴/ سال ۱۴۰۰/ صفحات ۱۸۷ تا ۲۰۰

DOI: 10.22034/FR.2021.42720.1772

تأثیر فرآیند پخت بر باقی مانده‌ی فلزات سنگین در گوشت تعدادی از گونه‌های ماهی دریای خزر

جعفر محمدزاده میلانی[1*]، عبدالخالق گل‌کار[2] و پریسا فلاح نیم چاهی[1]

تاریخ دریافت: ۹۹/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲

[1] به‌ترتیب استاد و کارشناس گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری

[2] دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری

* مسئول مکاتبه: Email: jmilany@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: محتوای فلزات در بافت و اندام‌های ماهی نشان دهنده‌ی غلظت فلزات در آب و تجمع آن‌ها در زنجیره‌های غذایی است. در این میان بافت ماهی‌های مختلف به دلیل ترکیب شیمیایی مختلف آن‌ها، قابلیت متفاوتی در تجمع این عناصر فلزی دارند. از سوی دیگر روش پخت بر روی میزان دسترسی این عناصر تأثیرگذار است. **هدف:** هدف از این پژوهش بررسی تأثیر چهار روش پخت شامل مایکروویو، گریل کردن، کباب کردن و سرخ کردن بر روی میزان هفت عنصر فلزی سمی شامل سرب، کادمیوم، روی، مس، نیکل، کروم و منگنز در بافت عضله سه گونه از ماهی‌های پرمصرف دریای خزر همچون، ماهی سفید (*Rutilus kutum*)، کپور معمولی(*Common carp*) و کفال (*Liza aurata*) بود. **روش کار:** برای این منظور ابتدا از هر ماهی نمونه‌ای به وزن ۱۰۰ گرم از بافت داخلی فیله آن برداشته شد و در مرحله بعد هر نمونه به مدت زمان لازم برای مصرف بهینه طبخ گردید. این شرایط برای مایکروویو ۱۰ دقیقه در ۹۰۰ وات، گریل کردن به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۸۰ درجه سانتی گراد، کباب کردن به مدت۲۰ دقیقه در ۱۸۰ درجه و سرخ کردن به مدت ٤ دقیقه در ۱۸۰ درجه بود. سپس مرحله هضم اسیدی با کمک اسید نیتریک یک مولار صورت گرفت. عناصر مورد نظر توسط دستگاه نشر القای پلاسما قرائت شد. **نتایج:** در ارتباط با اثر فرآیند پخت بر فلز کادمیم، در ماهی سفید کادمیوم در همه تیمارها کاهش یافته بود و کمترین میزان کادمیوم در ماهی سفید کباب شده مشاهده شد. در ماهی سفید فقط روش کباب کردن باعث کاهش معنی دار مس گردید. در ماهی کفال همه تیمارها باعث کاهش معنی دار این عنصر شدند؛ اما در سرخ کردن کمترین میزان این عنصر مشاهده شد. مقدار روی در دو ماهی کفال و کپور نسبت به سایر عناصر چشمگیر بود. فرآیند کباب کردن منجر به کاهش این عنصر گردید. کباب کردن و گریل کردن باعث کاهش معنی‌دار منگنز شد. در ماهی سفید کمترین میزان مربوط به روش سرخ کردن بود. در ماهی کفال و کپور بیشترین افت مربوط به نمونه‌های سرخ شده بود. در مجموع ماهی سفید سالم ترین گونه و ماهی کپور ناسالم ترین ماهی از بین سه گونه مذکور بودند. در مقایسه بین فرآیندهای مختلف پخت نیز کباب کردن و پس از آن گریل کردن باعث بیشترین کاهش در مجموع فلزات سنگین سه ماهی و هفت عنصر شده بود و در مقابل، مایکروویو در اکثر موارد باعث حفظ این عناصر در ماهی پخته شده گردید.

واژگان کلیدی: ماهی، فلزات سنگین، مایکروویو، گریل کردن، کباب کردن، سرخ کردن

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فلزات سنگین به طور بالقوه در محیط‌های دریایی از جمله آب، رسوبات و ماهی انباشته شده و پس از آن از طریق زنجیره‌ی غذایی به انسان منتقل می‌شوند. آلودگی ماهی با فلزات سنگین باعث خسارت غیر قابل جبران در انسان می‌شود، زیرا ماهی‌ها یکی از منابع مهم تغذیه برای انسان هستند.

این فلزات به صورت طبیعی از راههای متفاوت وارد دریاها می شو ند اما مسلما رشد و توسعه شهرهای ساحلی دریای خزر، روند افزایش این فلزات در اثر فعالیت های صنعتی مانند افزایش پسابها و ضایعات صنعتی کارخانجات، آلودگیهای نفتی، سموم دفع آفات و غیره شده است. دریای خزر به دلیل فرآیندهای تکنولوژیک صنایع فعال در پهنه آبی و ساحلی، تخلیه آب توازن کشتی، عدم کنترل ورود پسابهای صنعتی، کشاورزی و شهری و پیشروی غیر اصولی خشکی در دریا، در معرض آلودگی شدید می باشد (امینی رنجبر و ستوده نیا ۲۰۰۵). فلزات سنگین نه تنها کاربرد زیستی ندارند، حتی به میزان بسیار اندک قادرند در عملکرد طبیعی بدن آبزیان اختلال ایجاد کنند. ماهی برای سوخت وساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوبات جذب می کند اما فلزات غیر ضروری نیز مانند فلزات ضروری توسط ماهی جذب می شوند. این فلزات پتانسیل بالایی برای تغلیظ زیستی و انبا شت در ا ندام های گو ناگون ماهی دار ند (اوزپارلاک و همکاران ۲۰۱۲).

آلودگی اکوسیستمهای دریایی درحال تشدید شدن است و ماهیان به طور مداوم در معرض فلزات سنگین موجود در آبهای آلوده قرار دارند. مطالعات فلزات سنگین از نقطه نظر سلامتی و بهداشت و تعیین محدوده مجاز غلظت این عناصر برای انسان حائز اهمیت است.

در حال حاضر محصولات دریایی، نقش قابل توجهی در تامین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن ها افزوده می شود بطوریکه که انواع ماهی بخش عمده ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می دهند. این فلزات سنگین می توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان شوند. خطر ایجاد شده توسط انباشت این فلزات سنگین به عنوان یکی از نگرانی-های اصلی در سلامت انسان شناخته می‌شود.

این فلزات با ترکیبات ضروری بدن مانند اکسیژن، گوگرد و نیتروژن تشکیل گروه‌هایی مانند COOH، COO، OH، SH و S-S را می‌دهند. با توجه به این واقعیت که بسیاری از ترکیبات ضروری بدن مانند آنزیم‌ها و پروتئین‌ها شامل چنین گروه‌هایی می‌شوند، فلزات سنگین می‌توانند باعث تأخیر فعالیت‌های آنزیم‌ها و اختلالات در ترکیب ترکیبات ضروری بدن شوند. هنگامی که فلزات سنگین وارد بدن می‌شوند، دفع نشده و در بدن تجمع پیدا می‌کنند و باعث مشکلات سلامتی می‌شوند (عسکری ساری و همکاران ۱۳۹۲).

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها: نمونه‌های ماهی سفید (*Rutilus kutum*)، کپور(*Common carp*)، کفال (*Liza aurata*) هر کدام به تعداد سه عدد در اندازه‌های یکسان (متوسط با وزن تقریبی ٤٠٠ تا ٥٠٠ گرم) در آذر ماه سال ۱۳۹٦از بازار ماهی شهر ساری به صورت تازه خریداری شدند و پس از تخلیه امعا و احشا و فلس گیری سریعاً به آزمایشگاه گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی ساری منتقل و در یخچال نگهداری شدند. نمونه‌های ماهی با چهار روش مختلف پخت آماده شدند. به این منظور از هر ماهی نمونه‌ای به وزن ۱۰۰ گرم از بافت داخلی فیله آن برداشته شد و در مرحله بعد هر نمونه به مدت زمان لازم برای مصرف بهینه طبخ گردید. این شرایط برای مایکروویو (مدل سولاردم، ساخت شرکت LG) ۱۰ دقیقه در ۹۰۰ وات، گریل کردن (در فر برقی یک طبقه ساخت شرکت صنایع پخت، مشهد) به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۸۰ درجه سانتی گراد، کباب کردن (در فر برقی یک طبقه ساخت شرکت صنایع پخت مشهد) به مدت۲۰ دقیقه

www.SID.ir

Archive of SID

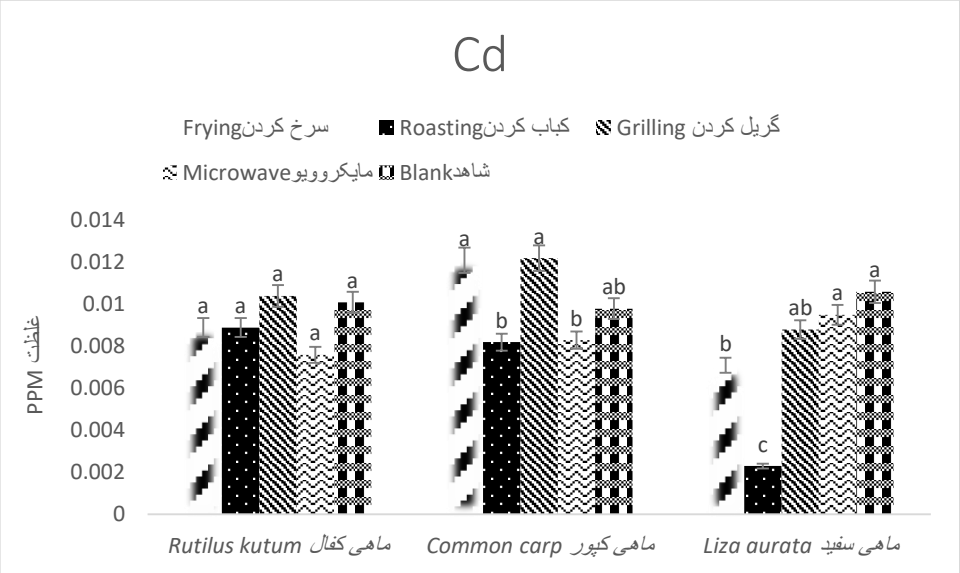
در ۱۸۰ درجه و سرخ کردن (ساخت شرکت پارس خزر)به مدت ٤ دقیقه در ۱۸۰ درجه بود.

اندازه گیری فلزات سنگین: برای این منظور ابتدا مرحله هضم اسیدی با کمک اسیدنیتریک صورت گرفت. برای هضم نمونه‌ها ابتدا یک گرم از هر نمونه در ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ مولار حل شده، سپس تا هضم کامل جوشانده شد. در مرحله بعد عمل صاف کردن صورت گرفته و رسوب حاصل با اسید نیتریک یک مولار شستشو داده شده و به یک لوله آزمایش ۲۵ میلی لیتری منتقل شده و باقی مانده با آب مقطر به حجم رسانده شد. عناصر مورد نظر (سرب، کادمیوم، آرسنیک، روی، مس، یکل، کروم و منگنز) توسط دستگاه نشر القای پلاسما(ICP_AES model 4100) قرائت شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تمامی آزمون‌ها در حداقل سه تکرار صورت گرفت و نتایج در قالب طرح کاملا تصادفی و آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ($P<0.05$) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزیابی داده‌ها توسط نرم افزار SPSS انجام و جدول‌ها در محیط نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

کادمیوم: در ماهی کفال غلظت کادمیوم ۰/۰۱۰۱±۰/۰۰۰۹۵ میکروگرم بر گرم بود. غلظت این عنصر در دو ماهی دیگر نیز بسیار کمتر (به ترتیب ۰۰۱۰۵ /۰±۰/۰۱۰۶ و ۰/۰۰۹۸±۰/۰۰۱۱ میکروگرم بر گرم) بود. این مقادیر از حداکثر میزان مجاز دریافت روزانه این فلز یعنی ۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بود (MAFF ۱۹۹۵).در ارتباط با اثر فرآیند پخت بر فلز کادمیم، در ماهی سفید کادمیوم در همه تیمارها کاهش یافته بود؛ اما این کاهش فقط در سرخ کردن و کباب کردن معنی دار ($P<0.05$) بود. دلیل این کاهش در فرآیند گریل کردن می تواند بحث چکه کردن فلز بصورت نمک های آزاد ، متصل به آمینواسیدهای محلول و پروتئین های کواگوله نشده باشد (بلا و همکاران ۲۰۱۸). کمترین میزان کادمیوم در ماهی سفید کباب شده مشاهده شد. در ماهی کفال و کپور علیرغم کاهش کادمیوم؛ اما در هیچ کدام معنی دار نبود (شکل شماره ۱).



شکل ۱- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده کادمیوم در سه گونه ماهی

Figure 1- The effect of different cooking methods on cadmium residues in three fish species

www.SID.ir

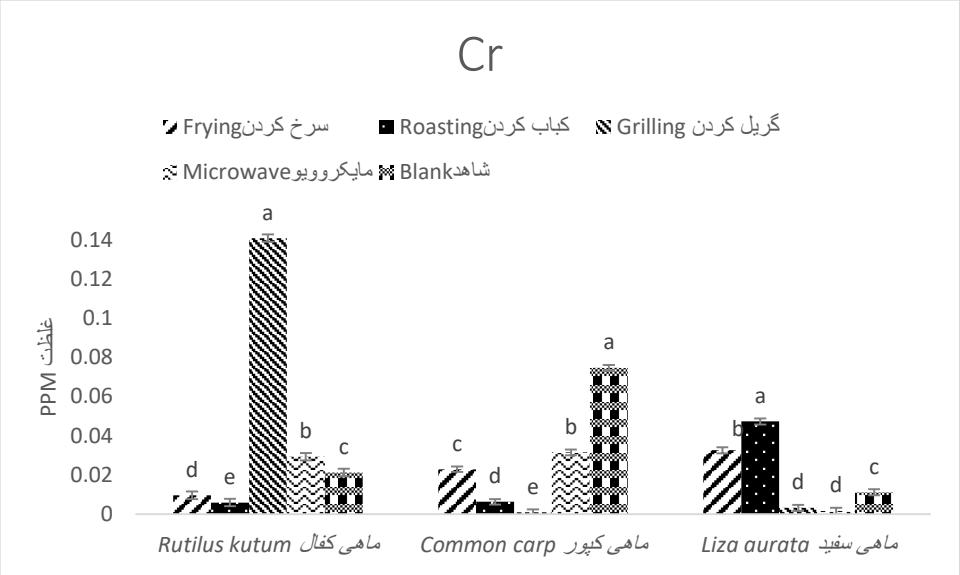
Archive of SID

در بررسی امینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸٤) در ماهی کفال طلایی میزان کادمیوم ۰/۳۷ میکروگرم بر گرم برآورد شده بود. همچنین از مقدار شناسایی شده در بررسی حسن پور و همکاران (۱۳۹۳) بسیار کمتر بود. در مورد کادمیوم در مجموع سه ماهی بیشترین کاهش در اثر کباب کردن مشاهده شد. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰٦) میزان کادمیوم فقط در نمونه‌های مایکروویو شده تشخیص داده شد و به عبارتی دیگر باعث افزایش آن شده بود. در بررسی کالگروپولوس و همکاران (۲۰۱۲) میزان کادمیوم هم در اثر سرخ کردن و هم کباب کردن افزایش یافته بود. در بررسی قیصری و همکاران (۲۰۱٦) میزان کادمیوم در اثر جوشاندن و بخارپز کردن کاهش یافت؛ اما در اثر سرخ کردن کمی افزایش یافته بود. در بررسی قلی پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز کادمیوم در اثر مایکروویو افزایش یافته بود. میانگین غلظت کادمیوم در فیله‌های پخته شده به روش مایکروویو ۰/۱۳ میکروگرم بر گرم بود. در روش مایکروویو غلظت کادمیوم بطور معنی داری افزایش یافت که می تواند به دلیل تجزیه نمکهای آن و رهاسازی آن در اثر پرتوهای مایکروویو باشد. در بررسی بلا و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با تاثیر فرایندهای خشک کردن ونمک سود کردن بر روی عناصر فلزی در ماهی تیلاپیای معمولی، تیلاپیای شکم سرخ و گربه ماهی کلاریان، میزان کادمیوم در هر سه نوع ماهی پس از فرایند کاهش یافته بود. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی باراماندی بخار پز شده در میزان کادمیوم تغییر معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده نشد. در بررسی نورالنادیا و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت کادمیوم مشاهده نشد.

کروم: میزان کروم در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۱۱۱±۰/۰۰۱۰۵، ۰/۰۲۱۲±۰/۰۰۰۹۵ و ۰/۰۷٤۷±۰/۰۰۱۱ میکروگرم بر گرم بود که از حداکثر میزان مجاز دریافت روزانه یعنی۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم بسیار کمتر بود (FDA۲۰۰۱). در ماهی سفید کباب کردن و سرخ کردن افزایش معنی دار ($P<0.05$) در کروم را باعث شدند؛ اما گریل کردن و مایکروویو باعش کاهش آن شدند که این کاهش معنی دار بود. کمترین میزان این عنصر در تیمارهای گریل شده و مایکروویو شده، مشاهده شد و بیشترین میزان در نمونه‌های کباب شده مشاهده شد. در ماهی کفال، گریل کردن و مایکروویو باعث افزایش و کباب کردن و سرخ کردن باعث کاهش معنی دار این عنصر شدند. کمترین میزان کروم در ماهی کفال کباب شده مشاهده شد. در ماهی کپور مایکروویو تأثیر معنی داری نگذاشته بود. در مقابل سایر تیمارها باعث کاهش معنی داری شده بودند (شکل شماره ۲) دلایل این کاهش می تواند تغییر ساختار پروتئین و در نتیجه تشکیل کمپلکس های نامحلولی باشد که در مرحله هضم به آسانی به حالت محلول در نمی آیند (حاجب و همکاران ۲۰۱٤). در ماهی کپور گریل شده کمترین میزان این عنصر مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده کروم در سه گونه ماهی

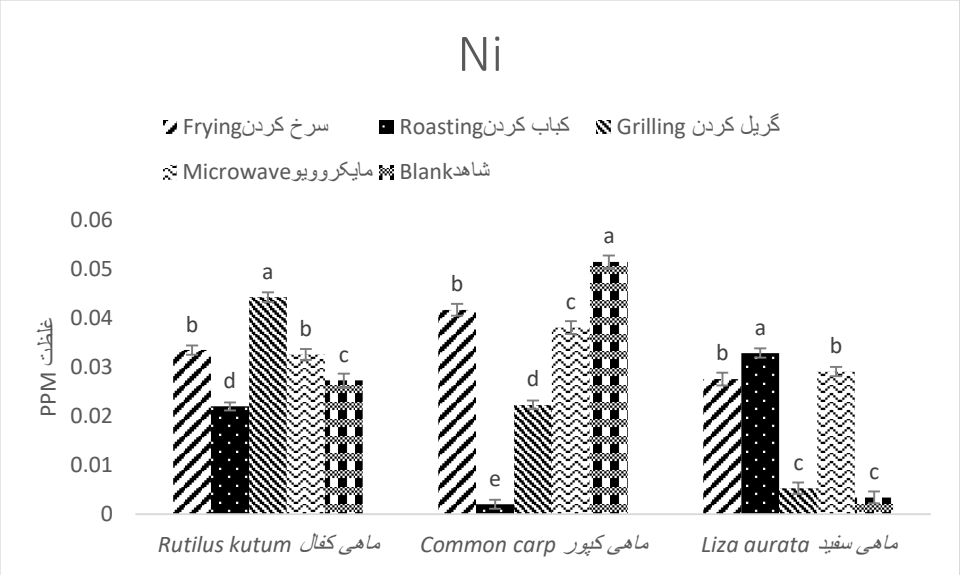
Figure 2- The effect of different cooking methods on chromium residues in three fish species

میزان کروم در تمامی ماهی ها در مقایسه با مطالعات قبلی کمتر بود (گلگلی پور و همکاران ۲۰۱۷). در رابطه با کروم گریل کردن بیشترین تأثیر را در کاهش آن در مجموع سه ماهی داشت. مومن زاده و همکاران (۱۳۹۵) تغییر محسوسی را در اثر پخت ماهی هامور در روش‌های مختلف آب پز کردن، بخارپزکردن، سرخ کردن و مایکروویو مشاهده نکردند. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۶) به جز سرخ کردن که باعث کاهش شده بود سایر روش‌ها باعث افزایش کروم در ماهی خاردار شده بودند. این روش‌ها شامل کباب کردن، مایکروویو و فر پزی بودند. اما در بررسی کالاگروپولوس و همکاران (۲۰۱۲) میزان کروم در اثر سرخ کردن و کباب کردن افزایش یافته بود. غلظت کروم در نمونه‌های خام ۰/۲۱ میکروگرم بر گرم بود. غلظت کروم در نمونه‌های خام و پخته تفاوت معنی داری نشان نداد. میانگین غلظت کروم فیله‌ها در روش سرخ کردن عمیق دارای کمترین مقدار بود (گاگلی پور و همکاران ۲۰۱۷).

نیکل: میزان نیکل در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۰۱۲±۰/۰۰۳٤، ۰/۰۰۱٤۱±۰/۰۲۷۳ و ۰/۰۰۱۳۰±۰/۰۵۱۵ میکروگرم بر گرم بود که از حداکثر مجاز مصرف روزانه یعنی ۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بود (حشمتی و همکاران ۲۰۱۷). فرآیندهای مایکروویو، کباب کردن و سرخ کردن باعث افزایش این عنصر در ماهی سفید شدند؛ اما گریل کردن تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشت (شکل ۳). غلظت نیکل در روش بخار پز و مایکروویو با نمونه خام تفاوت معنی داری نداشت. بیشترین میزان نیکل در ماهی سفید در نوع کباب شده آن مشاهده شد و نمونه گریل شده کمترین میزان را داشت. در ماهی کفال نیز سه تیمار مایکروویو، گریل کردن و سرخ کردن باعث افزایش این عنصر شدند که دلیل آن تبخیر آب و در نتیجه افزایش غلظت عنصر می تواند باشد (ارسوی و همکاران ۲۰۰٦)، اما کباب کردن باعث کاهش معنی دار ($P<0.05$) این عنصر گردید. بطوریکه کمترین میزان در نمونه کباب شده این ماهی مشاهده شد. در ماهی کپور تمامی تیمارها باعث کاهش معنی دار محتوای نیکل نسبت به نمونه شاهد شدند و کمترین میزان در نمونه کباب شده مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



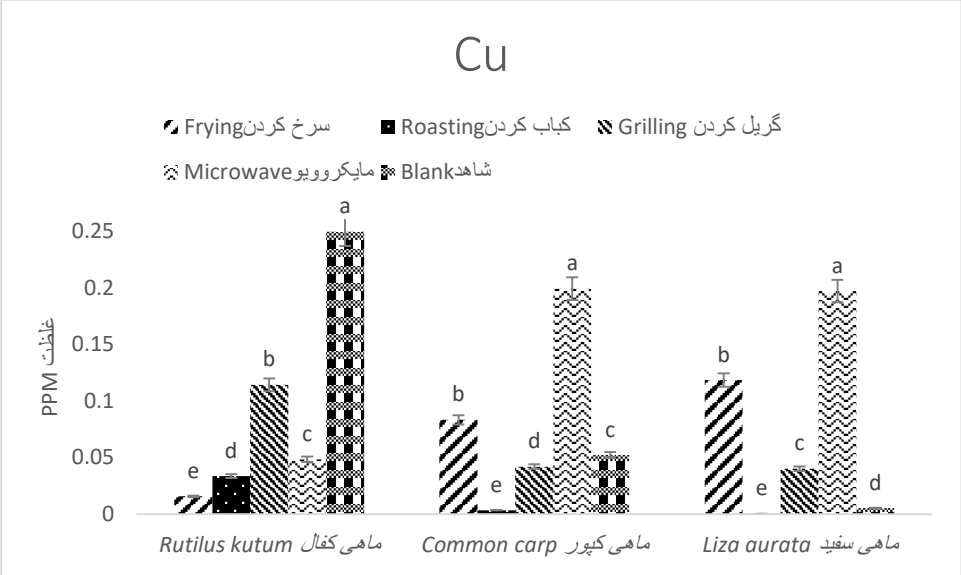
شکل۳- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده نیکل در سه گونه ماهی

Figure 3- The effect of different cooking methods on nickel residues in three fish species

میزان نیکل گزارش شده در تحقیق بیشتر از میزان نیکل در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۶) بود که بسیار جزئی و غیرقابل تشخیص بود. در بررسی قلی پور و همکاران (۱۳۹۵) غلظت نیکل در فیله ماهی آمور ۰/۰۷ میکروگرم بر گرم بود. کباب کردن باعث بیشترین کاهش و سرخ کردن و مایکروویو باعث افزایش میزان اندازه گیری شده نیکل شدند. کالگروپولوس و همکاران (۲۰۱۲) اثر سرخ کردن و کباب کردن را بر محتوای نیکل ماهی های کولی، بوگو، هیک، پیکارل، ساردین، آزاد ماهی ماسه-ای و کفال راه راه به خصوص در مورد سرخ کردن فزاینده یافتند. در بررسی بلا و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با تاثیر فرایندهای خشک کردن ونمک سود کردن بر روی عناصر فلزی در ماهی تیلاپیای معمولی، تیلاپیای شکم سرخ و گربه ماهی کلاریان، میزان نیکل در هر سه نوع ماهی پس از هردو فرایند در تمام تیمارها کاهش یافته بود. **مس**: میزان عنصر مس در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۰۱۱۵±۰/۰۰۵٤، ۰/۰۰۱۱۵±۰/۰۲٤۹۷ و ۰/۰۰۱۱±۰/۰۵۲۳ میکروگرم بر گرم بود که از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده (MAFF ۱۹۹۵) و همانطور که مشاهده می‌شود در ماهی کفال با اختلاف بیشتری نسبت به دو ماهی دیگر قرار دارد. در ماهی سفید فقط روش کباب کردن باعث کاهش معنی دار این فلز گردید و بقیه روش‌ها باعث افزایش معنی دار این عنصر گردیدند. کمترین میزان در نمونه کباب شده و بیشترین میزان آن در نمونه مایکروویو شده مشاهده شد. در ماهی کفال همه تیمارها باعث کاهش معنی دار این عنصر شدند چرا که حرارت باعث تخریب پروتئین و کاهش این فلز شده است (حاجب و همکاران ۲۰۱٤)؛ اما در سرخ کردن کمترین میزان این عنصر مشاهده شد. در ماهی کپور روش‌های مایکروویو و سرخ کردن باعث افزایش معنی دار این عنصر شدند به ویژه در روش مایکروویو این افزایش مشهود تر بود (شکل شماره ٤). در مقابل گریل کردن و کباب کردن باعث کاهش معنی دار این عنصر در ماهی کپور شدند که البته در کباب کردن این کاهش مهم تر بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده مس در سه گونه ماهی

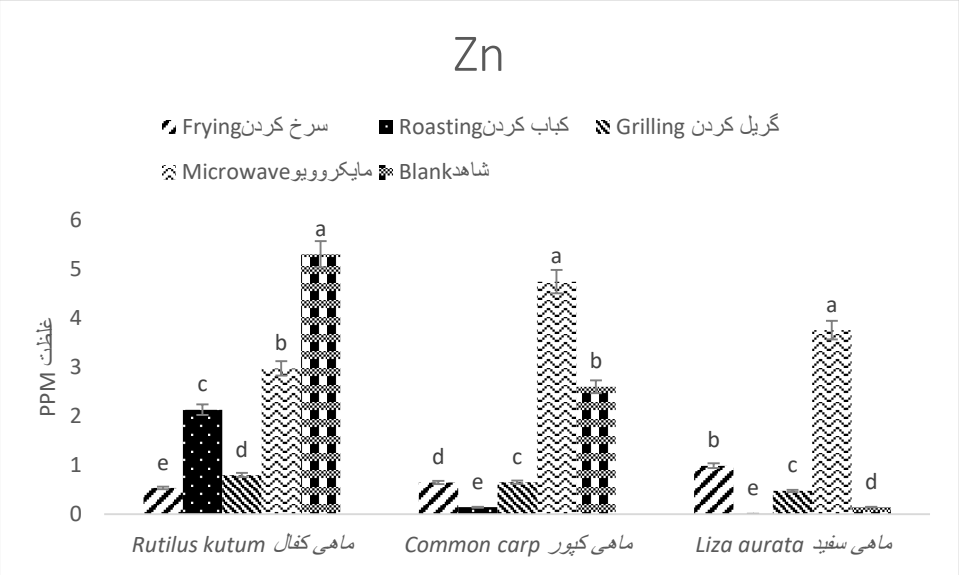
Figure 4- The effect of different cooking methods on copper residues in three fish species

میزان مس در ماهی سفید و کپور به ترتیب ۹/٤٥±۰/۰۹ و۹/۱٤±۰/۰۷ میکروگرم بر گرم در مطالعه الصاق (۲۰۱٦) گزارش شده است که بسیار بیشتر از تحقیق حاضر است. در بررسی دیگری توسط منصفی فرد و همکاران (۱۳۹۰) میزان مس در ماهی سفید بین ۷/۲٦۱-۰/۷۲۹ میکروگرم بر گرم متغیر بود. همچنین از میزان آن در بررسی‌های حسن پور و همکاران (۱۳۹۵) و صالحی بوربان و همکاران (۱۳۹۵) کمتر بود. در مجموع آنالیز سه ماهی نشان داد کباب کردن باعث بیشترین افت مس و مایکروویو باعث افزایش آن شده است. در بررسی گوکلو و همکاران (۲۰۰٤) مس فقط در سرخ کردن افزایش معنی داری نسبت به ماهی خام داشت. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰٦) تمام مواد معدنی به جز مس تحت تاثیر روش پخت قرار گرفتند. در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱٤) سرخ کردن و کباب کردن باعث افزایش این عنصر در ماهی سفید شده بودند. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱٤) در رابطه با اثر سه روش پخت با حرارت خشک، جوشاندن و سرخ کردن بر میزان عناصر باقی مانده در ماهی سی باس آسیایی، مقدار مس در روش سرخ کردن کاهش یافت. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی باراماندی بخار پز شده در میزان مس تغییر معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده نشد. در بررسی نورالنادیا و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت مس مشاهده نشد.

روی: میزان عنصر روی در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۱٤٤٤±۰/۰۰۱۲۰، ۵/۳۰۷۳±۰/۰۰۱۳ و ۲/٦۰۲٤±۰/۰۰۱۲۵ میکروگرم بر گرم بود که از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده است (MAFF ۱۹۹۵). مقدار روی در دو ماهی کفال و کپور نسبت به سایر عناصر چشمگیر بود. در ماهی سفید سرخ کردن، گریل کردن و مایکروویو باعث افزایش معنی دار این عنصر شدند. افزایش در اثر تیمار مایکروویو بیشتر بود. در مقابل فرآیند کباب کردن منجر به کاهش این عنصر گردید (شکل شماره ۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده روی در سه گونه ماهی

Figure 5- The effect of different cooking methods on zinc residues in three fish species

در ماهی کفال تمام تیمارها باعث کاهش معنی دار این عنصر شدند؛ اما کمترین میزان در روش سرخ کردن مشاهده شد. در ماهی کپور مایکروویو و سرخ کردن باعث افزایش معنی دار این عنصر شدند. به ویژه اثر مایکروویو در افزایش این عنصر بارزتر بود. تیمارهای گریل کردن و کباب کردن باعث کاهش معنی دار این فلز گردیدند.

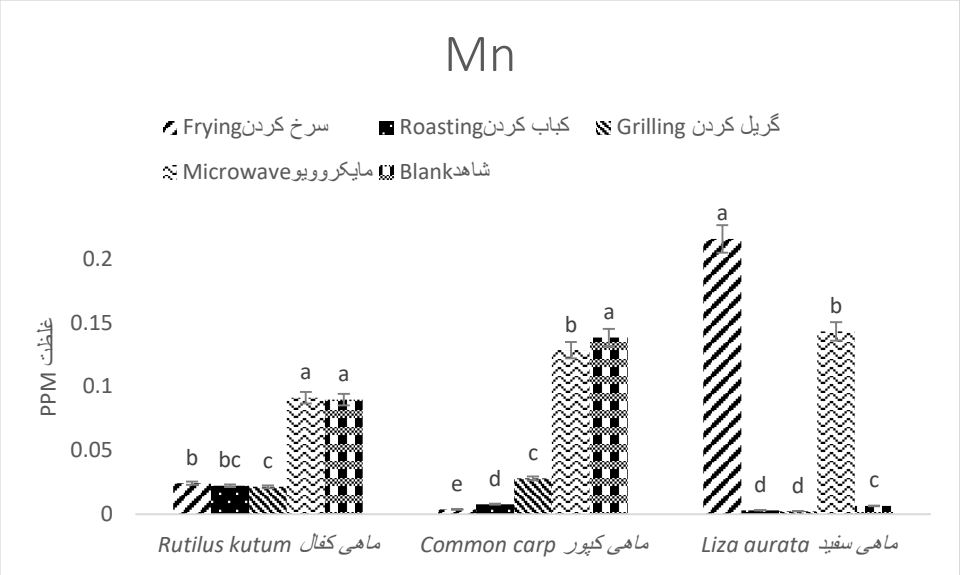
مقدار روی در نمونه های این تحقیق کمتر از محتوی روی ماهی کپور در بررسی عسکری ساری و ولایت زاده (۱۳۹۲) (۱۰/۸۰±۱/۵۰) که کمترین میزان بین سه ماهی کپور، کفال و سفید دریای خزر بود. همچنین میزان روی گزارش شده در ماهی سفید و کپور دریای خزر در بررسی الصاق (۱۳۹۰) به ترتیب ۲۹/۹۷±۰/۵۷ و ۳۰/۲۰±۰/۱٤ بود که بسیار بیشتر از بررسی این تحقیق بود. در رابطه با روی کباب کردن باعث بیشترین کاهش و در مقابل مایکروویو باعث بیشترین افزایش گردید. در بررسی گوکلو و همکاران (۲۰۰٤) روی در تمام روش‌های پخت نسبت به ماهی قزل آلای خام کاهش یافته بود. اما در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱٤) در ماهی سفید تفاوت معنی داری بین تیمارها در میزان روی آن ها مشاهده نشد. میزان روی در اثر مایکروویو در مطالعه ارسوی و همکاران (۲۰۰۹) و سرخ کردن در بررسی کالگروپولس و همکاران (۲۰۱۲) افزایش یافته است. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱٤) در رابطه با اثر سه روش پخت با حرارت خشک، جوشاندن و سرخ کردن بر میزان عناصر باقی مانده در ماهی سی باس آسیایی، میزان روی در هرسه روش پخت کاهش یافت. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی بارامانده‌ی بخار پز شده در میزان روی تغییر معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده نشد. در بررسی نورالنادیا و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت روی مشاهده نشد.

منگنز: میزان عنصر منگنز در این بررسی در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۰۱۱۰±۰/۰۰٦٥، ۰/۰۰۱۲±۰/۸۹۷ و ۰/۰۰۱۳۰±۰/۱۳۸۳ میکروگرم بر گرم بود. این مقادیر از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی ۲/٥ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده است (FDA ۲۰۰۱). در ماهی سفید روش‌های سرخ کردن و مایکروویو باعث افزایش این عنصر شدند (شکل ٦). تأثیر سرخ کردن در این میان بیشتر بود. کباب کردن و به خصوص گریل کردن باعث کاهش معنی دار این عنصرشد دلیل این کاهش در فرآیند گریل کردن می تواند بحث چکه کردن فلز

www.SID.ir

Archive of SID

بصورت نمک های آزاد ، متصل به آمینواسیدهای محلول و پروتئین های کواگوله نشده باشد (بلا و همکاران ۲۰۱۸). در ماهی کفال اثر مایکروویو معنی دار نبود؛ اما بقیه روش‌ها باعث کاهش معنی دار شدند. کمترین میزان مربوط به نمونه گریل شده بود. در ماهی کپور اثر تمام تیمارها در کاهش این عنصر معنی دار بود و کمترین میزان در نمونه‌های کباب شده مشاهده شد.



شکل ۶- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده منگنز در سه گونه ماهی

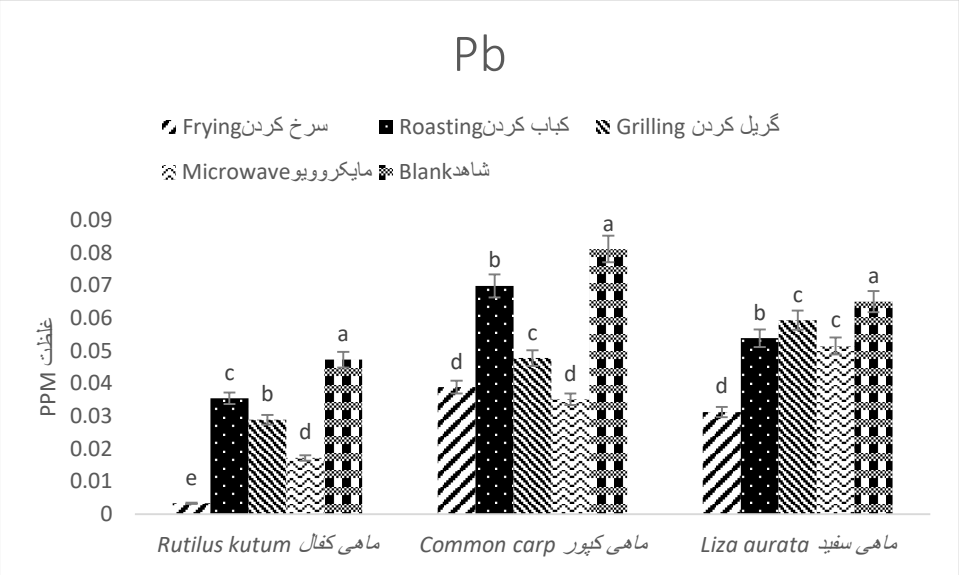
Figure 6- The effect of different cooking methods on manganese residues in three fish species

میزان منگنز در ماهی سفید و کپور به ترتیب ۰/۰۱±۰/۲۰ و ۰/۰۲±۰/۷۱ گزارش شده است که در مقایسه با ماهی های مشابه این تحقیق بیشتر است (الصاق ۲۰۱۲).در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱٤) میزان منگنز ماهی سفید ۰/۰۱±۰/۰۳بود. در مورد منگنز کباب کردن و گریل کردن باعث بیشترین کاهش در این فلز شده بودند؛ در مقابل مایکروویو کردن باعث افزایش این عنصر گردید. در ارتباط با اثر فرآیند بر این عنصر در بررسی گوکلو و همکاران (۲۰۰٤) منگنز در تمام روش‌های پخت نسبت به ماهی قزل آلای خام کاهش یافته بود. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۹) و حسینی و همکاران (۲۰۱٤) میزان منگنز در اثر سرخ کردن و مایکروویو افزایش معنی دار یافته بود. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱٤) در رابطه با اثر سه روش پخت با حرارت خشک، جوشاندن و سرخ کردن بر میزان عناصر باقی مانده در ماهی سی باس آسیایی، میزان منگنز تغییر معنی داری نداشت.

سرب: میزان عنصر سرب در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب ۰/۰۰٤٦۹±۰/۰٦٥۱، ۰/۰۰٦٦٥±۰/۰٤۷۳ و ۰/۰۰٦٦۹±۰/۰۸۱۲ میکروگرم بر گرم بود. این مقادیر از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی ۲ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده است (MAFF ۱۹۹٥). در ارتباط با اثر پخت در ماهی سفید تمام روش‌های پخت باعث کاهش معنی دار عنصر سرب گردیدند که به دلیل تغییر ساختار پروتئین و در نتیجه تشکیل کمپلکس های نامحلولی باشد که در مرحله هضم به آسانی به حالت محلول در نمی آیند (حاجب و همکاران ۲۰۱٤) و در این میان کمترین میزان مربوط به روش سرخ کردن بود (شکل ۷). در ماهی کفال و کپور نیز تمام تیمارها باعث کاهش گردیدند؛ اما بیشترین افت مربوط به نمونه‌های سرخ شده بود. در مجموع سرخ کردن بیشترین اثر را بر کاهش این عنصر داشت و افزایش در قبال هیچ تیماری مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده سرب در سه گونه ماهی

Figure 7- The effect of different cooking methods on lead residues in three fish species

میزان سرب در مطالعه امینی و همکاران (۱۳۸٤) در کفال طلایی ۱/۳۱ میکروگرم بر گرم، در مطالعه الصاق (۱۳۸۹) در ماهی سفید و کپور به ترتیب ۱/۳±۲/۵۷ و ۰/۲۰±۲/٤۹، کفال و کپور دریایی به ترتیب ۰/۱۵±٦/٦۳ و ۰/۱۱±۰/٤۱ گزارش شده است. در مورد سرب نیز سرخ کردن باعث بیشترین کاهش گردیده بود. میزان سرب در روش پخت مایکروویو در ماهی کپور در مطالعه عسکری ساری و همکاران (۱۳۹۲) و ماهی آمور در بررسی گلگلی پور و همکاران (۲۰۱۷) افزایش یافته بود، اما در ماهی هامور و در بررسی مومن زاده و همکاران (۲۰۱۷) بین روش‌های مختلف پخت با نمونه‌های خام هیچ اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی باراماندی بخار پز شده تنها در میزان سرب کاهش معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده شد. در بررسی نورالنادیا و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت سرب مشاهده نشد.

نتیجه گیری کلی

در مجموع، مقایسه تمامی عناصر نتایج نشان می دهند که ماهی سفید سالم ترین گونه و ماهی کپور ناسالم ترین ماهی از بین سه گونه مذکور می باشند. در مقایسه بین فرآیندهای مختلف پخت نیز کباب کردن و پس از آن گریل کردن باعث بیشترین کاهش در مجموع سه ماهی و هفت عنصر شده بودند و در مقابل مایکروویو در اکثر موارد باعث حفظ این عناصر در ماهی پخته شده بود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

Amini Ranjbar G H and Sotoudehnia F, 2005. Investigation of heavy metal accumulation in muscle tissue of *Mugil auratus* in relation to standard length, weight, age and sex. Iranian Scientific Fisheries Journal 14: 1-18 [In Persian].

Askary Sary A, Velayatzadeh M, 2013. Bioaccumulation Lead and Zinc metals in the liver and muscle of *Cyprinus carpio*, *Rutilus frissi kuttom* and *Liza aurats*. Journal of Food Hygene 3 (1): 89-107 (Persian).

Atta M B, L A Sabaie, M A Noaman and H E Kassab, 1997. The effect of cooking on the concentration of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). Food Chemistry 58: 1-4.

Bala, FE, Ikujenlola, AV, Omobuwajo, TO, 2018. Effect of processing on the heavy metal contents of *Sarotherodon galilaeus*, *Tilapia zillii*, and *Clarias gariepinus* from two water bodies in Osun State, Nigeri. Journal of Food Processing and Preservation. 42 (2), e13493.

Bassey FI, Oguntunde FC, Iwegbue CM, Osabor VN, Edem CA. 2014. Effects of processing on the proximate and metal contents in three fish species from Nigerian coastal waters. Food Science and Nutrition. 2(3): 272-281.

Copat Ch, Arena G, Fiore M, Ledda C, Fallico R, Sciacca S, Ferrante M, 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. Food Chemical Toxicology 53 (43): 33-37.

Diaconescu C, Fantaneru GL, Urdes L, Vidu B V and S Diaconescu, 2013. Influence of cooking methods over the heavy metal and lipid content of fish meat. Romanian Biotechnological. Letter 18(3): 8279-8283.

Elsagh A, 2011. Determination of some heavy metals in *Rutilus frisii kutum* and *Cyprinus carpio* fillet from south Caspian Sea. Veterinary researches biological products (Pajouhesh & Sazandegi) 89: 33-44 (Persian).

Elsagh A, 2012. Determination of Zinc, Copper, Cobalt, and Manganese intensity in *Rutilus frisii kutum* and *Crprinus carpio* fishes of Caspian sea. Journal of Gorgan University Medical Science 13 (4): 107-113 (Persian).

Ersoy B, Ozeren A, 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chemistry 115 (2): 419-422.

Ersoy B, Yanar Y, Kucukgulmez, A, Celik M, 2006. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax Linne*). Food Chemistry 99 (94): 748-751.

FDA, 2001. Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance, third ed. Center for Food Safety and Applied Nutrition, US Food and Drug Administration, USA.

Gheisari E, Raissy M, Rahimi E, 2016. The Effect of Different Cooking Methods on Lead and Cadmium Contents of Shrimp and Lobster. Journal of Food Biosciencr Technology 6 (2): 53-58.

Gokoglu N, Yerlikaya P, Cengiz E, 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry 84 (1): 19-22.

Golgolipour S, Khodanazary A, Chanemi K, 2017. Effect of different cooking methods on changes of free fatty acids, thiobarbitoric acid, heavy metal (Ni, Cr, Co, Cd, Pb) and sensory properties of grass carp (*Ctenopharyngodoni della*). Iraninan Food Science Technology Research Journal 12 (5): 630-638 (Persian).

Hajeb P, Sloth JJ, Shakibazadeh S, Mahyudin N, Afsah-Hejri L, 2014. Toxic elements in food: occurrence, binding, and reduction approaches. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 13, 457-472.

Heshmati, A., Karami-Momtaz, J., Nili-Ahmadabadi, A., Ghadimi, S., 2017. Dietary exposure to toxic and essential trace elements by consumption of wild and farmed carp (Cyprinus carpio) and Caspian kutum (Rutilus frisii kutum) in Iran. Chemosphere 173, 207-215.

Hassanpour M, Rajaei Gh, Karimi M H S, Ferdosian F, Maghsoudloorad R, 2014. Determination of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) from Miankaleh international wetland and human health risk. Journal of Mazandaran University Medical Science 24 (113): 163-170 (Persian).

Hosseini H, Mahmoudzadeh M, Rezaei M, Mahmoudzadeh L, Khaksar R, Karimian Khosroshahi N, Babakhani A, 2014. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). Food Chemistry 148 (1): 86-91.

www.SID.ir

Archive of SID

Kalogeropoulos N, Karravoltosos S, Sakellari A, Avramidopu S, Dassenakis M, Scoullos M, 2012. Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. Food Chemistry Toxicology 50 (4): 3702-3708.

MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of waste at sea 1993. Aquatic environment Monitoring Report N.O 44. Directorate of fisheries Research, Lowestofr.

Marimuthu, K., Geraldine, A.D., Kathiresan, S., Xavier, R., Arockiaraj, J., Sreeramanan, S, 2014. Effect of three different cooking methods on proximate and mineral composition of Asian sea bass (Latescalcarifer, Bloch). Journal of Aquatic Food Product Technology 23 (5),468-474.

Momenzadeh Z, Hodanazary A, Chanemi K, 2017. Effect of different methods of cooking on changes of oxidation lipid, heavy metal composition and sensory properties of *Epinephelus coioides*. Iranian food science and technology research journal 61 (13): 45-54 (Persian).

Monsefifard F, Imanpour Namin J, Heidary S, 2012. Concentration of heavy and toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb and Hg in liver and muscles of *Rutilus frisii kutum* during spawning season with respect to growth parameters. IJFS 11 (4): 825-839.

Nurulnadia, MY, Nik-Nurasyikin, NMA, Ling, KH, Zahid, BM, Adiana, GH, Nurlemsha, BI. 2021. Metal concentrations in fresh and salt-dried anchovy, *Encrasicholina devisi*, and estimation of target hazard quotient for consumers in Kuala Terengganu. Regional Studies in Marine Science 41 101595.

Özparlak H, Arslan G and Arslan E, 2012. Determination of some metal levels in muscle tissue of nine fish species from Beyşehir Lake Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 761-770.

Salehi Borban S, Gharachorloo M, Zamani F, 2017. Check amount of heavy metals in muscle and fish oil *Rutilus frissi kuttom*, *Clupeonella cultriventris* and *Liza aurats*. Journal of Food Hygene 6 (24): 75-104 (Persian).

Shokrzadeh M, Saeedi Saravi S S, 2009. The study of heavy metals (lead, cadmium, and chromium) in three species of most consumed fish sampled from Gorgan coast (Iran). Toxicol Environment Chemistry 92 (1): 71-73.

Tengku Nur Alia TKA, Hing LS, Sim SF, Pradit S, Ahmad A, Ong MC. 2020. Comparative study of raw and cooked farmed sea bass (*Lates calcarifer*) in relation to metal content and its estimated human health risk. Marine Pollution Bulletin 153:111009.

USEPA (1977). United State Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. Office of Water and Hazardous Materials, Washington, DC, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Researches/vol.31 No.4 2021/pp 187-200
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22034/FR.2021.42720.1772

The effect of cooking on the heavy metal residues in some fish species of Caspian sea

Jafar Mohammadzadeh Milani[1*], Abdolkhalegh Golkar[2], Parisa Fallah Nimchahi[1]

Received: November 11, 2020 Accepted: February 20, 2021
[1]Professor and Expert respectivly, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[2]PhD Graduated Studen, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and NaturalResources University, Sari, Iran
[*]Corresponding author: Email: jmilany@yahoo.com

Introduction: Environmental pollution characterizes a chief problem in both developed and underdeveloped countries. Increased population with the progress of technology and production can lead to an absence of attention to environmental safety. Industrial waste, public and agricultural sewage, mining of metals, means of transportation emissions via shipping traffic, all caused the heavy metals as non-biodegradable poisonous materials to enter marine environments and bioaccumulation by aquatic populations, particularly over the last few decades. Heavy metals present in the environment can be absorbed into living organisms from the surrounding water, sediment, and diet. Consequently, population exposure to toxic metals through seafood consumption is unavoidable and may pose a threat to human health. Unfortunately, heavy metal pollution's effect on marine ecosystems and humans is intense and very extensive. These metals are lethal to aquatic life at low concentrations, mainly in soft water. Such metals may be collected from water to higher levels in fish (USEPA, 1977).

Metals are found all over the earth including the atmosphere, earth, water bodies, and can also accumulate in biological organisms including plants and animals. These metals generally termed heavy metals include: antimony, tellurium, bismuth, tin, thallium, gold, arsenic, cerium, gallium, cadmium, chromium, cobalt, copper, iron, lead, mercury, manganese, nickel, platinum, silver, uranium, vanadium, and zinc. This category of metals named heavy metals has not only been recognized for their high density but the most significant for their adversative effects on the ecosystem and living organisms.

Fish is considered an important part of a healthy, well-balanced diet owing to its excellent nutritional properties (excellent proteins, vitamins, essential omega-3 fatty acids). Fish and seafood are unique dietary sources of cardioprotective docosahexaenoic (DHA) and eicosapentaenoic (EPA) fatty acids. Therefore, numerous public health authorities recommend regular fish consumption equivalent to at least 1-2 servings per week to prevent diet-related chronic diseases. Fish can accumulate heavy metals in their tissues by absorption along the gill surface and kidney, liver, and gut tract wall to higher levels than environmental concentration. The content of metals in fish tissues and organs shows the concentration of metals in the water and their food. Thus, the problem of heavy metal contamination in fish is increasing worldwide attention. Meanwhile, different fish tissues have different abilities to accumulate these metal elements due to the different chemical compositions. The heavy metals concentrations of fish fillets can be affected by processing or cooking methods and therefore, it is important to determine the concentrations of heavy metals in raw and cooked fish fillets and it is possible to reduce the heavy metal concentration in fish fillets by choosing a suitable method of cooking (Atta et al., 1997; Ersoy et al., 2006; Diaconescu et al., 2013).

Material and methods: Specimens of white fish (*Rutilus kutum*), carp (*Common carp*), mullet (*Liza aurata*) each in three numbers in equal sizes were purchased freshly from Sari fish market in December 2017 and after unloading the viscera and scales were immediately transferred to the

www.SID.ir

Archive of SID

laboratory of the Department of Food Science and Engineering of SANRU and stored in the refrigerator. Fish samples were prepared by four different cooking methods. For this purpose, a sample weighing 100 g was removed from the inner tissue of each fillet and in the next step, each sample was cooked for the required time for optimal consumption. These conditions are for microwave (Solardem model, made by LG company) for 10 minutes at 900 watts, grilling (in a one-floor electric oven made by Baking Industries Company, Mashhad) for 20 minutes at 180 °C, roasting (in an electric oven one Construction floor of Mashhad Baking Industries Company) was 180 degrees for 20 minutes and frying (made by Pars Khazar Company) was 180 degrees for 4 minutes. Measurement of heavy metals: For this purpose, the acid digestion step was performed with the help of nitric acid. To digest the samples, the first one gram of each sample was dissolved in 10 ml of 1 M nitric acid, then boiled until complete digestion. In the next step, the filtration operation was performed and the resulting precipitate was washed with 1 M nitric acid and transferred to a 25 ml test tube and the rest was made up to volume with distilled water. The desired elements (lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, and manganese) were read by the plasma induction diffuser (ICP_AES model 4100).

Results: Regarding the effect of the cooking process on the cadmium element, cadmium was decreased in all treatments and the least amount of cadmium was observed in roasted white fish. In the white fish, the lowest chromium content was observed in grill and microwave treatments. Grill and microwave processes were reduced in chrome in the white fish. The highest amount of nickel element in the white fish was observed in the roasted type and the lowest amount of grilled sample. In the white fish, only the roasting method caused a significant decrease in copper. In mullet fish, all treatments reduced this element significantly, but the lowest amount was found in frying. Zinc content in mullet and carp fish was significantly higher than other elements. The roasting process resulted in a decrease in this element. The roasting and grilling process significantly reduced Mn. In the white fish, the least amount was related to the frying method. In mullet and carp fish, the highest decrease was in fried samples.

Conclusion: Overall, whitefish and carp fish were the unhealthiest fish among the three species. In comparison between different cooking processes, roasting and after that grilling resulted in the highest reduction in the sum of three heavy metals and seven elements, in contrast, in most cases microwaves preserved these elements in cooked fish.

Keywords: Fish, Heavy metals, Microwave, Grilling, Roasting, Frying

www.SID.ir