

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^{۱*}، عبدالخالق گل‌کار^۲ و پریسا فلاح نیم چاهی^۱

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

^۱ به‌ترتیب استاد و کارشناس گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

^۲ دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع 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 میکروویو، 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 میکروویو ۱۰ دقیقه در ۹۰۰ وات، گریل کردن به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۸۰ درجه سانتی گراد، کباب کردن به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۸۰ درجه و سرخ کردن به مدت ۴ 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 معنی دار 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، میکروویو در اکثر موارد باعث حفظ این عناصر در ماهی پخته شده گردید.

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

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 می‌شوند اما مسلماً رشد و توسعه شهرهای ساحلی دریای خزر، روند افزایش این فلزات در اثر فعالیت‌های 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 می‌باشد (امینی رنجبر و ستوده نیا ۲۰۰۵). فلزات سنگین نه تنها کاربرد زیستی ندارند، حتی به میزان بسیار اندک قادرند در عملکرد طبیعی بدن آبریزان اختلال ایجاد کنند. ماهی برای سوخت و ساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوبات جذب می‌کند اما فلزات غیر ضروری نیز مانند فلزات ضروری توسط ماهی جذب می‌شوند. این فلزات پتانسیل بالایی برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندام‌های گوشت‌ناگون ماهی دارند (اوزپارلاک و همکاران ۲۰۱۲).

آلودگی اکوسیستم‌های دریایی در حال 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 فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آن‌ها افزوده می‌شود بطوریکه که

انواع ماهی بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند. این فلزات سنگین می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان شوند. خطر ایجاد شده توسط انباشت این فلزات سنگین به عنوان یکی از نگرانی‌های 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 ۴۰۰ تا ۵۰۰ گرم) در آذر ماه سال ۱۳۹۶ از بازار ماهی شهر ساری به صورت تازه خریداری شدند و پس از تخلیه امعاء و احشا و فلس‌گیری 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 میکروویو (مدل سولارد، 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 مدت ۲۰ دقیقه

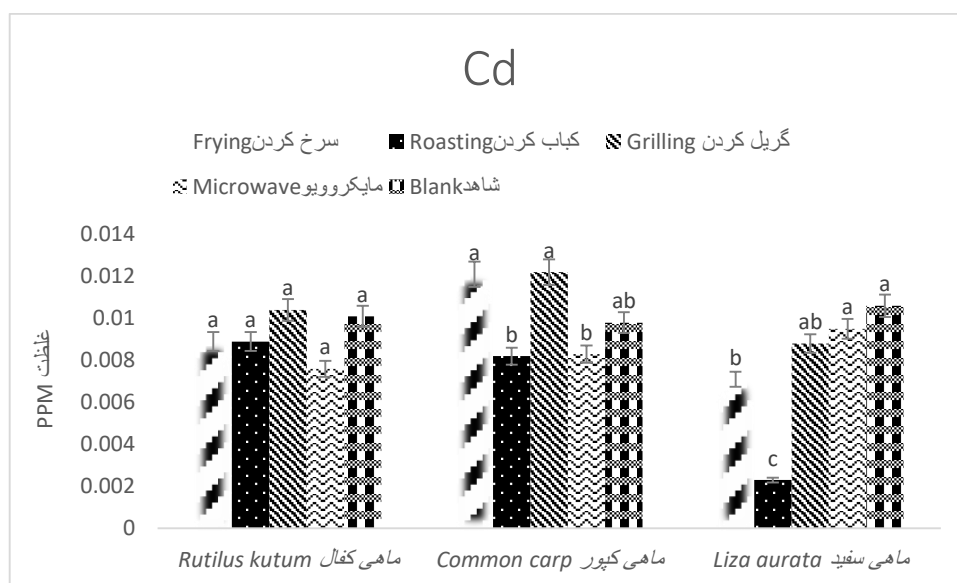
نتایج و بحث

کادمیوم: در ماهی کفال غلظت کادمیوم 0.00095 ± 0.00010 میکروگرم بر گرم بود. غلظت این عنصر در دو ماهی دیگر نیز بسیار کمتر (به ترتیب 0.00105 ± 0.00010 و 0.00106 ± 0.00011 میکروگرم بر گرم) بود. این مقادیر از حداکثر میزان مجاز دریافت روزانه این فلز یعنی 0.2 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).

در ۱۸۰ درجه و سرخ کردن (ساخت شرکت پارس خزر) به مدت ۴ 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 کاملاً 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.



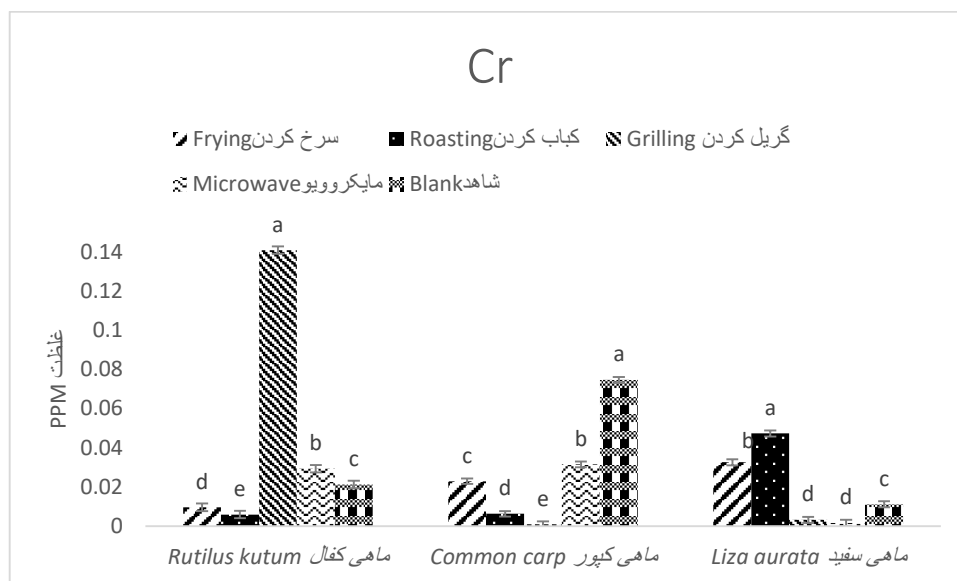
شکل ۱- تأثیر روش های مختلف پخت بر باقی مانده کادمیوم در سه گونه ماهی

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

در بررسی آمینی رنجبر و ستوده نیا (۱۳۸۴) در ماهی کفال طلایی میزان کادمیوم $0.37 \pm$ 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 (۲۰۰۶) 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 (۲۰۱۶) 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 $0.13 \pm$ میکروگرم بر گرم بود. در روش مایکروویو غلظت کادمیوم بطور معنی داری افزایش یافت که می‌تواند 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 و نمک سود کردن بر روی عناصر فلزی در ماهی تیلاپپای معمولی، تیلاپپای 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 نورالنایا 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 0.111 ± 0.0095 ، 0.212 ± 0.0095 و 0.0747 ± 0.0011 میکروگرم بر گرم بود که از حداکثر میزان مجاز دریافت روزانه یعنی ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم بسیار کمتر بود (FDA ۲۰۰۱). در ماهی سفید کباب کردن

و سرخ کردن افزایش معنی دار ($P < 0.05$) در کروم را باعث شدند؛ اما گریل کردن و مایکروویو باعث 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 می‌تواند تغییر ساختار پروتئین و در نتیجه تشکیل کمپلکس‌های نامحلولی باشد که در مرحله هضم به آسانی به حالت محلول در نمی‌آیند (حاجب و همکاران ۲۰۱۴). در ماهی کپور گریل شده کمترین میزان این عنصر مشاهده شد.



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

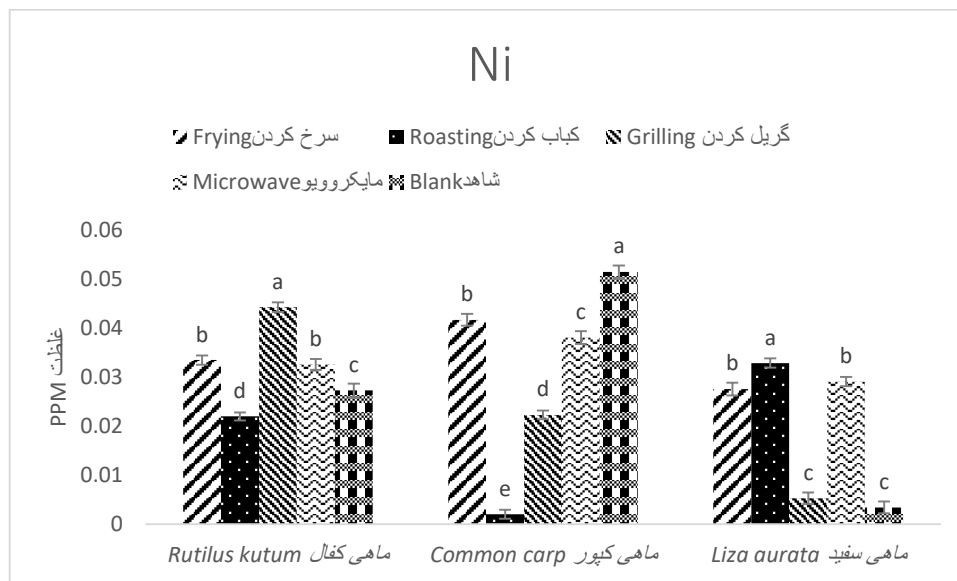
Figure 2- The effect of different cooking methods on chromium residues in three fish species

میزان کروم در تمامی ماهی ها در مقایسه با مطالعات قبلی کمتر بود (گلگی 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 روش های مختلف آب پز کردن، بخارپز کردن، سرخ کردن و مایکروویو مشاهده نکردند. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۶) به جز سرخ کردن که باعث کاهش شده بود سایر روش ها باعث افزایش کروم در ماهی خاردار شده بودند. این روش ها 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 نمونه های خام ۰/۲۱ میکروگرم بر گرم بود. غلظت کروم در نمونه های خام و پخته تفاوت معنی داری نشان نداد. میانگین غلظت کروم فیله ها 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

۰/۰۱۳۰±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 ۲۰۰۶)، 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.

۰/۰۰۳۴±۰/۰۰۱۲ و ۰/۰۲۷۳±۰/۰۰۱۴۱ و

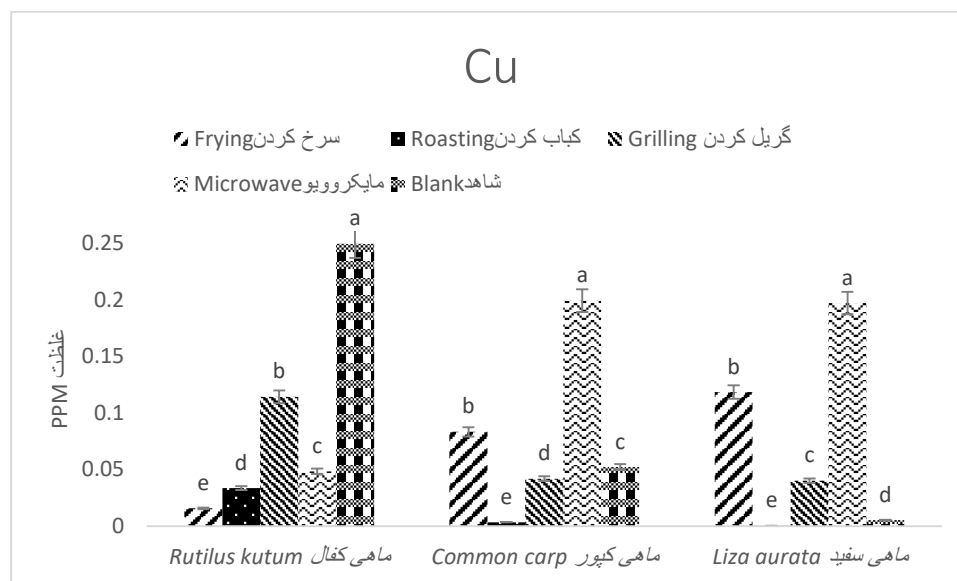


شکل ۳- تأثیر روش‌های مختلف پخت بر باقی مانده نیکل در سه گونه ماهی

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 0.07 ± 0.011 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 ۲۰۱۴)؛ 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 ۴). 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.

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 0.07 ± 0.011 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 ماهی‌های 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 تأثیر فرایندهای خشک کردن و نمک سود کردن بر روی عناصر فلزی در ماهی تیلاپپای معمولی، تیلاپپای 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 0.0054 ± 0.00115 ، 0.02497 ± 0.00115 و



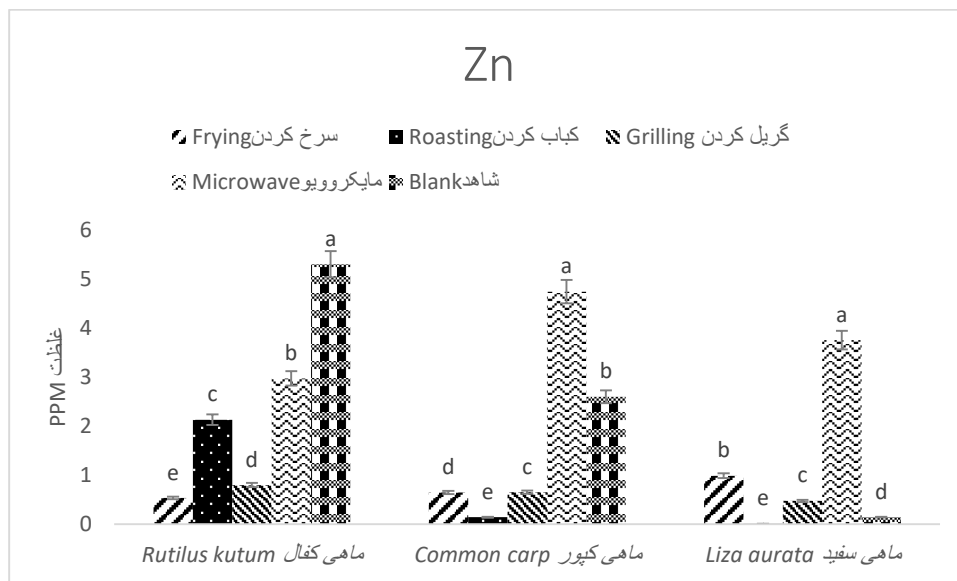
شکل ۴- تأثیر روش‌های مختلف پخت بر باقی مانده مس در سه گونه ماهی

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

میزان مس تغییر معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده نشد. در بررسی نورالنار 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 0.120 ± 0.014 ، 0.13 ± 0.037 و 0.125 ± 0.026 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).

میزان مس در ماهی سفید و کپور به ترتیب 0.09 ± 0.045 و 0.07 ± 0.014 میکروگرم بر گرم در مطالعه الصاق (۲۰۱۶) 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 $7/261 - 0/729$ میکروگرم بر گرم متغیر بود. همچنین از میزان آن در بررسی‌های حسن پور و همکاران (۱۳۹۵) و صالحی بوروبان 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 (۲۰۰۴) مس فقط در سرخ کردن افزایش معنی داری نسبت به ماهی خام داشت. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۶) تمام مواد معدنی به جز مس تحت تأثیر روش پخت قرار گرفتند. در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱۴) سرخ کردن و کباب کردن باعث افزایش این عنصر در ماهی سفید شده بودند. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱۴) 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 بارامندی بخار پز شده در



شکل ۵- تأثیر روش‌های 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

ارسوی و همکاران (۲۰۰۹) و سرخ کردن در بررسی کالگروپولس و همکاران (۲۰۱۲) افزایش یافته است. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱۴) 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 هر سه روش پخت کاهش یافت. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی باراماندی بخار پز شده در میزان روی تغییر معنی داری نسبت به ماهی تازه مشاهده نشد. در بررسی نورالنadia و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت روی مشاهده نشد.

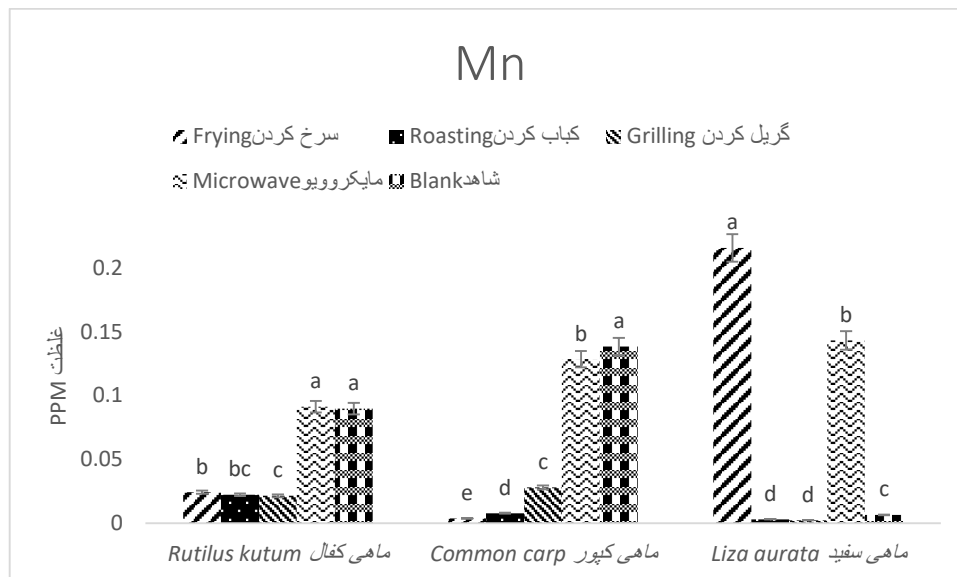
منگنز: میزان عنصر منگنز در این بررسی در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب 0.0065 ± 0.0011 ، 0.0089 ± 0.0012 و 0.0138 ± 0.0013 میکروگرم بر گرم بود. این مقادیر از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی $2/5$ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده است (FDA ۲۰۰۱). در ماهی سفید روش‌های سرخ کردن و میکروویو باعث افزایش این عنصر شدند (شکل ۶). تأثیر سرخ کردن در این میان بیشتر بود. کباب کردن و به خصوص گریل کردن باعث کاهش معنی دار این عنصر شد دلیل این کاهش در فرآیند گریل کردن می تواند بحث چکه کردن فلز

در ماهی کفال تمام تیمارها باعث کاهش معنی دار این عنصر شدند؛ اما کمترین میزان در روش سرخ کردن مشاهده شد. در ماهی کپور میکروویو و سرخ کردن باعث افزایش معنی دار این عنصر شدند. به ویژه اثر میکروویو 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) ($10/80 \pm 1/50$) 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 $29/97 \pm 0/57$ و $30/20 \pm 0/14$ بود که بسیار بیشتر از بررسی این تحقیق بود. در رابطه با روی کباب کردن بیشترین کاهش و در مقابل میکروویو باعث بیشترین افزایش گردید. در بررسی گوکل و همکاران (۲۰۰۴) روی در تمام روش‌های پخت نسبت به ماهی قزل آلا خام کاهش یافته بود. اما در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱۴) در ماهی سفید تفاوت معنی داری بین تیمارها در میزان روی آن ها مشاهده نشد. میزان روی در اثر میکروویو در مطالعه

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.

بصورت نمک‌های آزاد، متصل به آمینواسیدهای محلول و پروتئین‌های 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

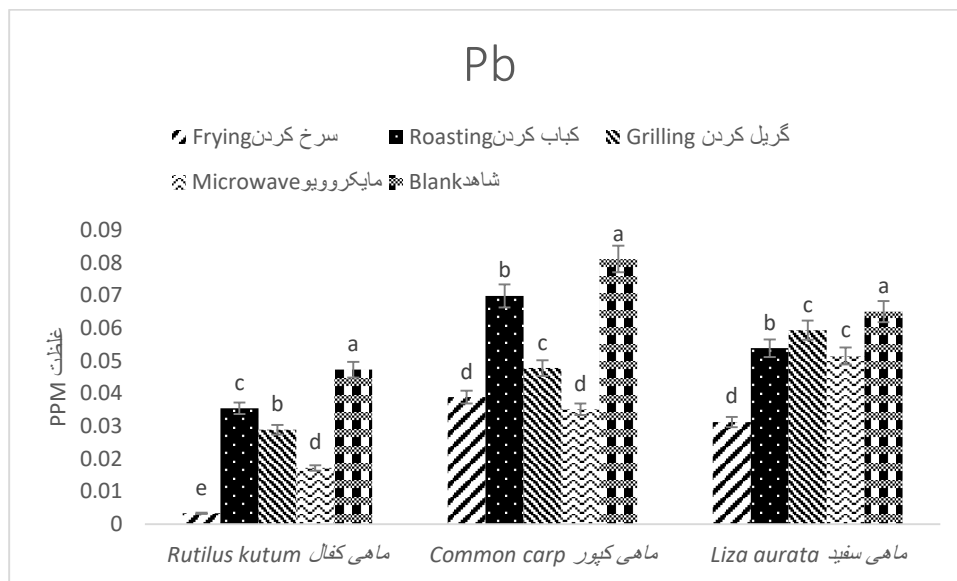


شکل ۶- تأثیر روش‌های مختلف پخت بر باقی مانده منگنز در سه گونه ماهی

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

سرب: میزان عنصر سرب در ماهی سفید، کفال و کپور به ترتیب 0.0651 ± 0.00469 ، 0.073 ± 0.00473 و 0.0812 ± 0.00669 میکروگرم بر گرم بود. این مقادیر از حداکثر مصرف مجاز روزانه یعنی ۲ میلی گرم بر کیلوگرم کمتر بوده است (MAFF ۱۹۹۵). 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 کمپلکس‌های نامحلولی باشد که در مرحله هضم به آسانی به حالت محلول در نمی آیند (حاجب و همکاران ۲۰۱۴) 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.

میزان منگنز در ماهی سفید و کپور به ترتیب 0.01 ± 0.0020 و 0.02 ± 0.0071 گزارش شده است که در مقایسه با ماهی‌های مشابه این تحقیق بیشتر است (الصاق ۲۰۱۲). در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱۴) میزان منگنز ماهی سفید 0.01 ± 0.003 بود. 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 گوکل و همکاران (۲۰۰۴) منگنز در تمام روش‌های پخت نسبت به ماهی قزل آلا خام کاهش یافته بود. در بررسی ارسوی و همکاران (۲۰۰۹) و حسینی و همکاران (۲۰۱۴) میزان منگنز در اثر سرخ کردن و مایکروویو افزایش معنی دار یافته بود. در بررسی ماریموتو و همکاران (۲۰۱۴) 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.



شکل ۷- تأثیر روش‌های 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

نتیجه گیری کلی

در مجموع، مقایسه تمامی عناصر نتایج نشان می‌دهند که ماهی سفید سالم‌ترین گونه و ماهی کپور ناسالم‌ترین ماهی از بین سه گونه مذکور می‌باشند. 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.

میزان سرب در مطالعه امینی و همکاران (۱۳۸۴) در کفال طلایی ۱/۳۱ میکروگرم بر گرم، در مطالعه الصاق (۱۳۸۹) در ماهی سفید و کپور به ترتیب $2/57 \pm 1/3$ و $2/49 \pm 0/20$ ، کفال و کپور دریایی به ترتیب $6/63 \pm 0/15$ و $0/41 \pm 0/11$ 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 گلگی 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 معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی تنگکو نورالیا و همکاران (۲۰۲۰) در ماهی باراماندی بخار پز شده تنها در میزان سرب کاهش معنی‌داری نسبت به ماهی تازه مشاهده شد. در بررسی نورالنادیا و همکاران (۲۰۲۱) تغییر معنی‌داری در اثر نمک سود کردن ماهی آنچوی در غلظت سرب مشاهده نشد.

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 frisii kutum* and *Liza aurats*. Journal of Food Hygiene 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, Ikujeunlola, 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 (*Ctenopharyngodon 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.

- Kalogeropoulos N, Karravoltos S, Sakellari A, Avramidopu S, Dassenakis M, Scoullous 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, Lowestoft.
- 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 (*Lateolabrax japonicus*, 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 Hygiene* 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.

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 Golkar², Parisa Fallah Nimchahi¹

Received: November 11, 2020 Accepted: February 20, 2021

¹Professor and Expert respectively, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

²PhD Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources 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

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