مطالعه اثر روش‌های پخت بر غلظت عناصر ضروری نیکل، روی، مس و آهن در ماهی کپور معمولی پرورشی (*Cyprinus carpio*)

ابوالفضل عسکری‌ساری[۱]، سمیرا حسینی‌نژاد[۲]، مژده چله‌مال دزفول‌نژاد[۳]، محمد ولایت‌زاده[٤*]

۱. دانشیار گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۳. استادیار گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
٤. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
* نویسنده مسئول مکاتبات: mv.5908@gmail.com
(دریافت مقاله: ۹٤/٤/۱۲ پذیرش نهایی: ۹٦/۳/۳۱)

چکیده

این پژوهش به‌منظور تعیین و برر سی اثر روش‌های مختلف پخت بر روی غلظت عنا صر ضروری آهن، مس، روی و نیکل در بافت ع ضله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شـــد. تعداد ۷۵ نمونه ماهی از مجتمع پرورش ماهی آزادگان شـــهر اهواز تهیه شـــدند. برای اندازه‌گیری عنا صر ضروری نمونه‌ها ابتدا با روش مرطوب، هضم شیمیایی شدند و سپس تو سط د ستگاه جذب اتمی میزان آن‌ها م شخص گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین غلظت آهن در روش سرخ شده و بخارپز ۳/۳۱±۰/۵٤ و ۱/٦٤±۰/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود. بالاترین و پایین‌ترین میزان روی نیز متعلق به روش ســرخ شــده و بخارپز ۱/۷٤±۰/۰۹ و ۱/۲٤±۰/۰۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود. بالاترین و پایین‌ترین غلظت مس در نمونه‌های مایکروویو و بخارپز ۰/۱۲±۰/۰۹ و ۰/۰۷±۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر به‌د ست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل در نمونه‌های سرخ شده و کباب‌پز ۰/۰۲۳±۰/۰۰۱ و ۰/۰۱٦±۰/۰۰۰۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در مقایسه غلظت عناصر ضروری ٤ روش پخت، در تمامی روش‌ها بیشترین میزان متعلق به آهن و کمترین میزان متعلق به نیکل بود. میزان آهن در تمامی نمونه‌ها از ا ستاندارد FDA پایین‌تر به‌د ست آمد. میزان نیکل، روی و مس در تمامی نمونه‌ها از میزان حداکثر استاندارد جهانی WHO، MAFF، NHMRC و FAO پایین‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: کپور معمولی، روش‌های پخت، عناصر ضروری، عضله، ماهی

مقدمه

ماهی و دیگر غذاهای دریایی، از بزرگ‌ترین منابع پروتئین جانوری می‌باشند (Gokoglu *et al*., 2004). ارزش غذایی مصرف ماهی به‌دلیل وجود پروتئین باارزش زیستی بالا، مواد معدنی (نظیر کلسیم، آهن، سلنیم، روی)، ویتامین‌ها (A, B_3, B_6, B_{12}, E, D) و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری در بافت ماهی می‌باشد (Sidhu, 2003). بر اساس توصیه مؤسسه قلب آمریکا، از آن‌جا که ماهی اصلی‌ترین منبع امگا-۳ برای غذای انسانی به‌شمار می‌رود، مقدار مصرف آن باید حداقل دو بار در هفته باشد تا تأثیرات خود را نشان دهد (Ozogul *et al*., 2007).

مقادیر برخی از فلزات سنگین مانند مس، روی و آهن در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری می‌باشند (Canli and Atli, 2003) و در سیستم‌های زیستی و زندگی انسان نقش مثبت و منفی مهمی دارند (Ghaedi *et al*., 2009). افزایش غلظت عناصر ضروری در بافت‌های زنده سمیت ایجاد می‌کند (Turkmen and Ciminli, 2007; Turkmen *et al*., 2009). به‌طور کلی فلزات سنگین به سه گروه فلزات ضروری مانند مس، روی، آهن، فلزات احتمالاً ضروری مانند کبالت، وانادیوم و فلزات غیرضروری یا سمی مانند جیوه، سرب، کادمیوم، تقسیم می‌شوند (Tuzen, 2009). آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) فلزات آلومینیوم، برلیوم، آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، سلنیوم و آنتیموان را به‌عنوان فلزات بالقوه سمی (Mckinny and Ron, 1992) و فلزات نقره، باریوم، کبالت، منگنز، مولیبدن، سدیم، تالیوم، آهن، روی را به‌عنوان فلزات با سمیت پایین‌تر دسته‌بندی کرده است (Birungi *et al*., 2007).

روی از عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشد که به‌صورت هموستاتیک تنظیم می‌شود و غذاهای دریایی منبع اصلی این عنصر هستند (WHO, 1995). مس جزء عناصر ضروری بدن ماهی می‌باشد (Jalali Jafari and Aghazadeh Meshgi, 2007). اهمیت مس در تغذیه ماهیان به خوبی مشخص نشده است (Van-Duijn, 2000)، اما میزان پایین مس در یک رژیم غذایی باعث انتقال مس از مهره به ماهیچه می‌شود تا نیاز ماهیچه به مس تأمین گردد (Sadeghi Rad *et al*., 2005). فلز آهن یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده هموگلوبین خون در ماهیان می‌باشد. میزان آهن مورد نیاز در جیره غذایی ماهیان حداقل ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا توصیه شده است (Jalali Jafari, 2007). کمبود آهن در جیره غذایی ماهیان منجر به کاهش رشد، کاهش کارایی غذا، کاهش هموگلوبین و هماتوکریت، کاهش آهن پلاسما، ترانسفرین و تعداد گویچه‌های سرخ خون می‌گردد (Jalali Jafari and Aghazadeh Meshgi, 2007).

شیوه‌های معمول پخت ماهی شامل سرخ کردن (Frying)، آب‌پز کردن (Boiling)، کباب کردن (Baking)، پخت در مایکروویو (Microwave) (Gokoglu *et al*., 2004) و بخارپز کردن (Steaming) می‌باشند (Puwastien *et al*., 1999). در فرآیند پخت استفاده حرارت هر چند سبب بهبود کیفیت خوراکی و کاهش یا توقف فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و باکتریایی می‌شود، اما به‌دلیل بروز تغییرات کیفی احتمالی در محصول، معمولاً محدودیت‌هایی را به‌همراه دارد، لذا استفاده از حرارتی که همه اهداف فوق را تأمین نموده و

ارزش غذایی ماهی را حفظ کند، ضرورت دارد (Razavi-Shirazi, 2007).

در این پژوهش، روش‌های معمول پخت ماهی و روند تغییرات حاصل از آن‌ها به همراه اثرات نامطلوب آن بر غذا بررسی شد. اهداف تحقیق شامل تعیین مناسب‌ترین شیوه برای پخت ماهی کپور معمولی از نظر تأثیر بر تغییر غلظت میزان عناصر ضروری نیکل، روی، مس و آهن و مقایسه غلظت عناصر مورد مطالعه در عضله ماهی کپور معمولی با استانداردهای جهانی بود.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌برداری

جهت انجام این تحقیق ۷۵ قطعه ماهی کپور معمولی به‌صورت تازه از مجتمع پرورش ماهی آزادگان شهر اهواز تهیه شده و پس از توزین و بیومتری در دمای ۳۰- درجه سلسیوس منجمد و با رعایت شرایط حمل و نقل به آزمایشگاه کیمیا پژوه در شهرکرد منتقل گردید. ماهیان تخلیه شکمی و شستشو شدند، ۱۵ قطعه ماهی خام انتخاب و قسمت‌های مختلف عضله آن‌ها جدا شده و با چرخ گوشت، هموژن شده و در قوطی‌های جداگانه قرار داده شد. سپس میزان عناصر ضروری مس، روی، نیکل، آهن مورد سنجش قرار گرفت. این کار امکان مطالعه روند تغییرات ترکیبات عناصر ضروری را در شیوه‌های متفاوت پخت، میسر می‌سازد.

- روش‌های پخت

پس از آماده‌سازی اولیه، نمونه‌ها با شیوه‌های متفاوت سرخ کردن، آب پز، کباب کردن و استفاده از مایکروویو طبخ شدند (Puwastien *et al.*, 1999; Gokoglu *et al.*, 2004). برای هر روش پخت تعداد ۱۵ نمونه عضله مورد استفاده قرار گرفت.

- کباب کردن

تعداد ۱۵ قطعه ۱۰۰ گرمی از عضله پشتی ماهی در داخل دستگاه کباب‌پز روماک مدل C6-600 ساخت ایران به‌مدت ۱۱ تا ۱۳ دقیقه قرار گرفت. پس از انجام فرآیند پخت، نمونه‌ها به ۳ گروه ۵ تایی تقسیم شده، هر ۵ قطعه (یک گروه) با هم هموژن شده و مخلوط شدند و مقداری از مخلوط آن‌ها در داخل قوطی‌هایی که قبلاً برچسب زده شده بود، قرار گرفت و به‌عنوان یک نمونه جهت انجام آنالیزهای شیمیایی آزمایشگاه، آماده شد. این کار برای ۱۰ قطعه (۲ گروه) دیگر به‌همین صورت تکرار شد. برای روش کباب‌پز ۳ قوطی نمونه وجود داشت که هریک از آن‌ها شامل مخلوط هموژن شده ۵ نمونه ماهی بود.

- سرخ کردن

تعداد ۱۵ قطعه عضله ماهی به‌طور جداگانه در درون دستگاه سرخ‌کن (مولینکس، فرانسه) قرار گرفت. فرآیند سرخ کردن در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس و به‌مدت ۱۰ تا ۱۲ دقیقه انجام پذیرفت. سپس به ۳ گروه ۵تایی تقسیم شده، ۵ قطعه عضله (یک گروه) در چرخ گوشت همگن شده و مخلوط آن‌ها به‌عنوان یک نمونه در قوطی‌های مورد نظر ریخته شدند؛ این‌کار برای ۱۰ قطعه عضله (۲ گروه) دیگر به‌همین صورت انجام شد. برای سرخ کردن از روغن مایع آفتابگردان و بدون کلسترول شرکت نینا استفاده شد.

- پخت با مایکروویو

تعداد ۱۵ قطعه عضله ماهی به‌طور جداگانه در دستگاه ماکروویو (LG, South Korea) با قدرت ۶۰ درصد به‌مدت ۸ تا ۱۰ دقیقه مورد پخت قرار گرفت، نمونه‌های

پخته شده به ۳ گروه ۵ تایی تقسیم شده سپس هر گروه آن‌ها با چرخ گوشت هموژن شده و مخلوط هموژن شده ۵ قطعه عضله (یک گروه) به‌عنوان یک نمونه در یک قوطی جداگانه جهت انجام آنالیزهای شیمیایی قرار داده شد. این کار برای ۱۰ نمونه (۲ گروه) دیگر نیز به همین صورت انجام شد.

- بخارپز

تعداد ۱۵ نمونه عضله ماهی به‌طور جداگانه در دستگاه بخارپز (Brown, Germany) به‌مدت ۱۸ تا ۲۰ دقیقه مورد پخت قرار گرفت، قطعات عضله پخته شده به ۳ گروه ۵ تایی تقسیم شده، هر گروه با هم هموژن شده و مخلوط هموژن شده ۵ قطعه (یک گروه) به‌عنوان یک نمونه در یک قوطی جهت انجام آنالیزهای شیمیایی قرار داده شد، این کار برای ۱۰ قطعه (۲ گروه) دیگر نیز به همین صورت انجام شد.

- اندازه‌گیری آهن و روی

ابتدا مقدار ۲ گرم از نمونه‌ها را وزن کرده و در کوره الکتریکی (FTMF-701, Korea) در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس سوزانده و سپس خاکستر به‌دست آمده را با اسید نیتریک ۲۵٪ بر روی هات پلیت حرارت داده و سپس در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری به حجم رسانده شد. دستگاه جذب اتمی (Perkine Elmer, USA) مجهز به سیستم شعله با استفاده از محلول استاندارد به حالت اپتیمم تنظیم گردیده و منحنی کالیبراسیون به روش افزایش استاندارد برای هر یک از عناصر به کمک نرم‌افزار Winlab32 ترسیم گردید و مقدار عناصر مورد نظر برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al.*, 2010).

- اندازه‌گیری مس و نیکل

ابتدا یک گرم از نمونه‌ها وزن شد و با ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۲۵٪ در ظرف‌های دارای پوشش تفلونی به‌مدت ۵ دقیقه با قدرت ۳۰۰ وات درون ماکروویو حرارت داده و نمونه‌ها هضم شدند. پس از هضم نمونه‌ها در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری به حجم رسانده شدند. جهت اندازه‌گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردیدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی مدل منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مودیفایر پلادیم توسط نرم‌افزار Winlab32 رسم شد و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al.*, 2010). در این پژوهش صحت داده‌ها و غلظت‌های به‌دست آمده با استفاده از روش استاندارد مرجع (Standard Reference Material; SRM) انجام شد. برای این کار ابتدا غلظت‌های مختلف فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و روی به تعداد ۵ استاندارد ساخته شد و پس از تزریق به دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون عناصر رسم گردید. پس از آن نمونه‌های آماده شده به دستگاه تزریق شد و غلظت مورد نظر قرائت گردید (Rouessac and Rouessac, 2007).

حد تشخیص (Limit of Detection) دستگاه جذب اتمی برای عناصر آهن و روی به‌روش شعله ppm ۲ و برای عناصر نیکل و مس به روش کوره گرافیتی ppb ۱ بود. درصد حذف یا میزان بازیافت (Recovery) عناصر مورد مطالعه به‌ترتیب از فرمول ذیل محاسبه شد. میزان بازیافت یا درصد حذف عناصر در جدول (۱) آمده است.

درصد حذف = غلظت عنصر در روش پخت مورد نظر – غلظت اولیه عنصر در عضله خام × ۱۰۰

جدول (۱)- درصد حذف عناصر مورد مطالعه در روش‌های مختلف پخت عضله ماهی کپور معمولی

روش پخت	آهن	روی	مس	نیکل
سرخ شده	۲۱۹	۸۹	٦	۰/٤
مایکروویو	۱۸۷	۷٤	۷	۰/۳
بخارپز	۳۸	۳۹	۰	۰/۱
کباب‌پز	۳۱۳	٦۳	٤	-۰/۳

- روش آماری

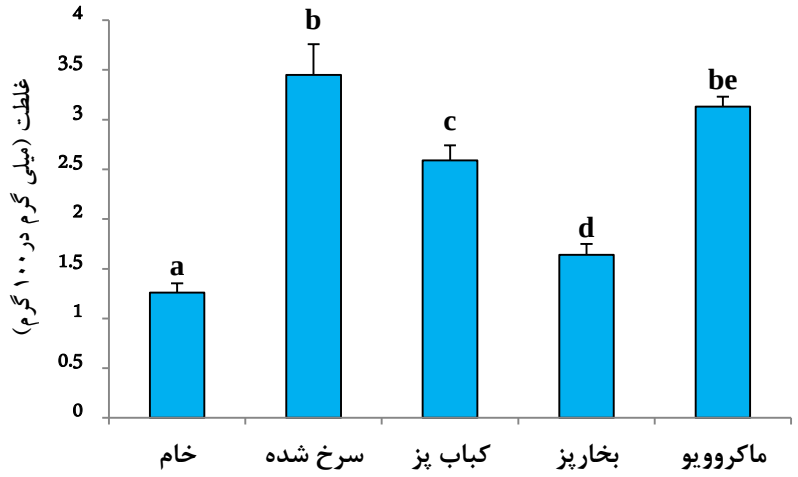
در این تحقیق آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش با کمک نرم‌افزار SPSS 19 و به‌روش آزمون آماری t مستقل و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) تعیین شد. بررسی نرمال بودن و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف ـ اسمیرنف صورت پذیرفت. برای اطمینان از روش کار سنجش فلزات سنگین از مواد و روش‌های استاندارد (CRMs) استفاده گردید. برای رسم جدول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

یافته‌ها

نتایج مربوط به بیومتری ماهیان کپور معمولی شامل طول کل، طول استاندارد و طول چنگالی به‌ترتیب ۳۱/۳۵۳±۱/۷۰۷، ۲۵/۷۲±۱/۸۱۸ و ۲۸/۲۸٦±۱/٦۲۵ سانتی‌متر و وزن ٤۳٤/۹۰٦±٦۹/۱۵۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

مقایسه میزان آهن به صورت خام و پخته شده به ٤ روش کباب‌پز، بخارپز، مایکروویو، سرخ‌شده در بافت عضله ماهی کپور معمولی نشان داد، بیشترین میزان آهن مربوط به نمونه‌های ماهی سرخ‌شده (۳/٤۵±۰/۳۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کمترین میزان این فلز مربوط به نمونه‌های ماهی خام (۱/۲٦±۰/۰۹۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و بعد از آن متعلق به نمونه‌های بخارپز (۱/٦٤±۰/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود. میزان آهن در نمونه‌های کباب‌پز ۲/۵۹±۰/۱۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم و در نمونه‌های مایکروویو ۳/۱۳±۰/۱۰۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم سنجش شد. میزان فلز آهن در نمونه‌های خام با کباب‌پز، بخارپز، مایکروویو و سرخ‌شده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین میزان آهن در نمونه‌های کباب‌پز با نمونه‌های بخارپز، مایکروویو، سرخ شده اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). غلظت

این عنصر در نمونه‌های بخارپز با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). آهن در نمونه‌های سرخ‌شده با سایر نمونه‌ها به‌جز مایکروویو اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵)، اما بین نمونه‌های سرخ‌شده با مایکروویو این اختلاف معنی‌داری نبود (نمودار ۱).

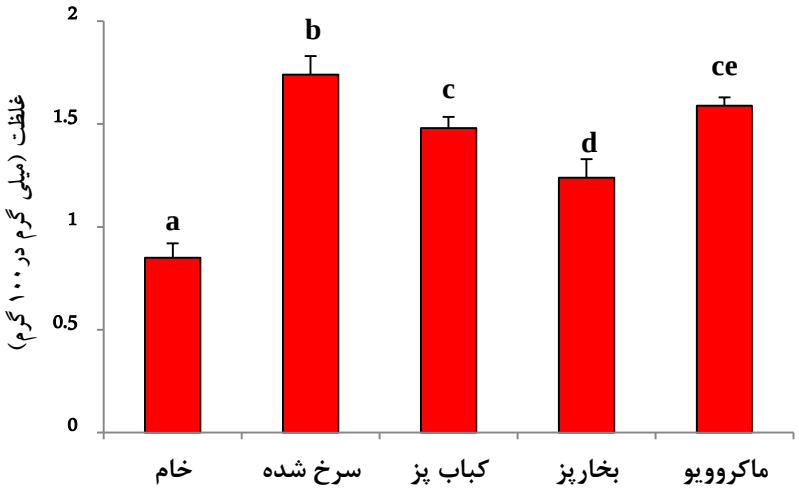


نمودار (۱)- مقایسه میانگین غلظت عنصر آهن (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) در بافت عضله ماهی کپور معمولی خام و پخته شده به ٤ روش پخت (حروف غیرهمنام نشان دهنده تفاوت معنی‌دار نسبت به هم در سطح ۰/۰۵ می‌باشد)

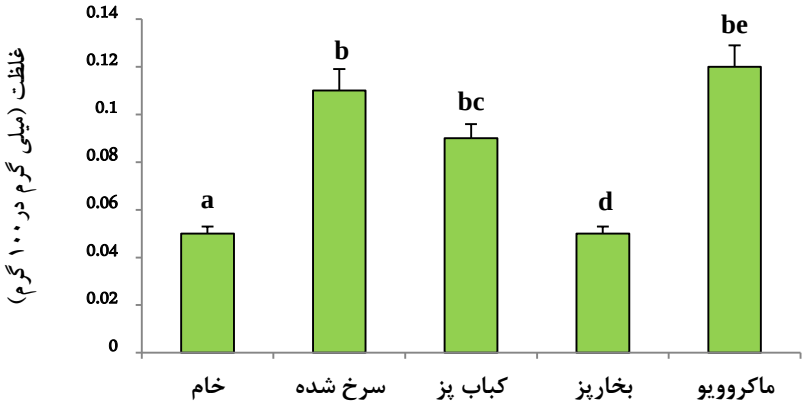
مقایسه میزان عنصر روی در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته‌شده به ٤ روش کباب‌پز، بخارپز، مایکروویو، سرخ‌شده در بافت عضله ماهی کپور معمولی نشان داد، بیش‌ترین میزان روی در نمونه‌های ماهی سرخ شده (۰/۰۹±۱/۷٤ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان آن در نمونه ماهی خام (۰/۰۷±۰/۸۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و بعد از آن در نمونه‌های بخارپز (۰/۰۹±۱/۲٤ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بود. میزان روی در نمونه‌های کباب‌پز ۰/۰۵۵±۱/٤۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم و در نمونه‌های مایکروویو ۰/۰٤±۱/۵۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد. بین میزان روی در نمونه‌های خام با نمونه‌های بخارپز، کباب‌پز، سرخ‌شده و ماکروویو اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین بین میزان این عنصر در نمونه‌های کباب‌پز با بخارپز و سرخ‌شده، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵)، اما بین کباب‌پز با مایکروویو اختلاف معنی‌داری نبود. هم‌چنین بین نمونه‌های بخارپز با نمونه‌های مایکروویو، سرخ شده و نمونه‌های مایکروویو با سرخ‌شده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵) (نمودار ۲).

مقایسه میزان عنصر مس، در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته‌شده به ٤ روش کباب‌پز، بخارپز، مایکروویو، سرخ‌شده، در بافت عضله ماهی کپور معمولی نشان داد،

بیش‌ترین میزان مس در نمونه‌های مایکروویو (۰/۰۰۹±۰/۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان این عنصر در نمونه های ماهی خام (۰/۰۰۳±۰/۰۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و بعد از آن در نمونه‌های بخارپز (۰/۰۰۳±۰/۰۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مشاهده شد. هم‌چنین میزان مس در نمونه‌های کباب‌پز ۰/۰۰۶±۰/۰۹ و در نمونه‌های سرخ‌شده ۰/۰۰۹±۰/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد. عنصر مس در نمونه‌های خام با سایر نمونه های پخته شده به ٤ روش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). اختلاف بین نمونه‌های کباب‌پز با نمونه‌های سرخ شده معنی‌دار نبود، اما بین نمونه های کباب‌پز با نمونه های بخارپز، مایکروویو و بین نمونه های بخارپز با نمونه های سرخ شده و مایکروویو اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). بین نمونه های مایکروویو و سرخ‌شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

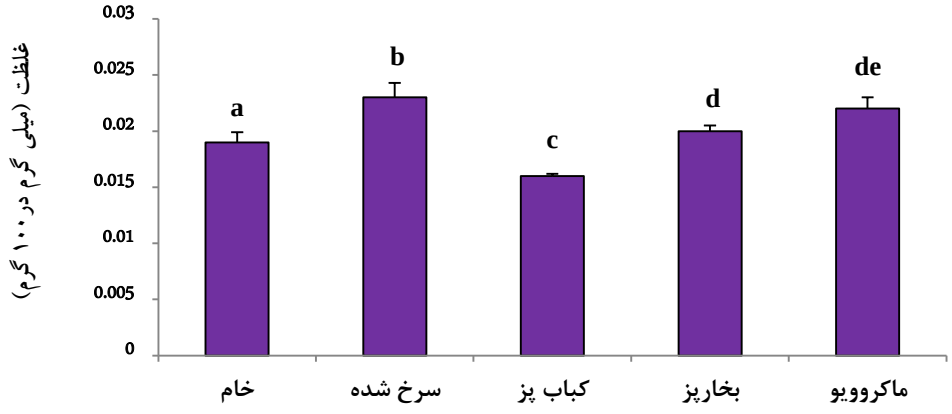


نمودار (۲)- مقایسه میانگین غلظت عنصر روی (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) در بافت عضله ماهی کپور معمولی خام و پخته شده به ٤ روش پخت (حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار نسبت به هم در سطح ۰/۰۵ می‌باشد).



نمودار (۳)- مقایسه میانگین غلظت عنصر مس (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) در بافت عضله ماهی کپور معمولی خام و پخته شده به ٤ روش پخت (حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار نسبت به هم در سطح ۰/۰۵ می‌باشد).

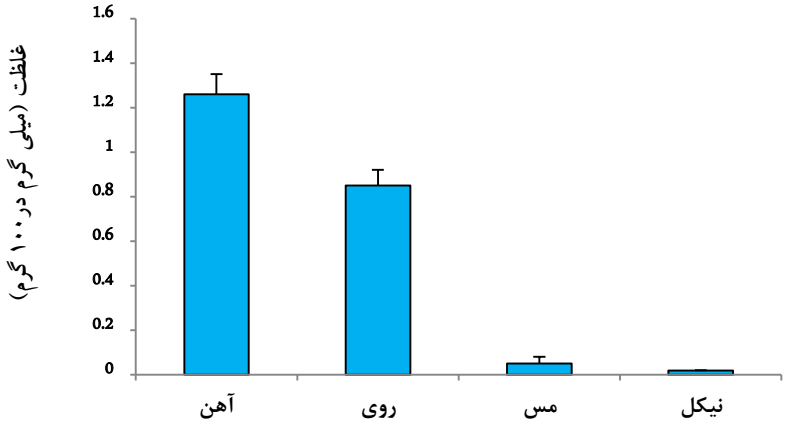
در مقایسه عنصر نیکل، در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته شده به ٤ روش کباب‌پز، بخارپز، مایکروویو و سرخ شده در بافت عضله ماهی کپور معمولی نشان داد، بیشترین میزان نیکل در نمونه‌های سرخ شده (۰/۰۰۱۳±۰/۰۲۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کمترین آن در نمونه‌های کباب‌پز (۰/۰۰۰۲±۰/۰۱٦ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان نیکل در نمونه‌های خام، بخارپز و مایکروویو به‌ترتیب، ۰/۰۰۰۹±۰/۰۱۹، ۰/۰۰۰۵±۰/۰۲ و ۰/۰۰۱±۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد. بین نمونه‌های خام با نمونه‌های پخته شده به ٤ روش پخت، اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). هم‌چنین بین نمونه‌های کباب‌پز با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). اختلاف بین نمونه‌های بخارپز با مایکروویو معنی‌دار نبود، اما بین نمونه‌های بخارپز با سرخ‌شده و نمونه‌های مایکروویو با سرخ‌شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).



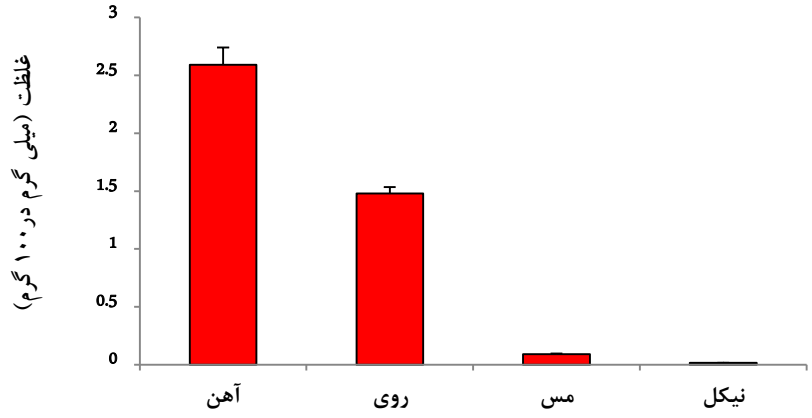
نمودار (٤)- مقایسه میانگین غلظت عنصر نیکل (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) در بافت عضله ماهی کپور معمولی خام و پخته شده به ٤ روش پخت (حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار نسبت به هم در سطح ۰/۰۵ می‌باشد).

مقایسه میانگین غلظت عناصر ضروری (آهن، روی، مس، نیکل) در بافت عضله ماهی خام نشان داد که در نمونه‌های خام بیش‌ترین میزان عنصر مربوط به آهن (۰/۰۹±۱/۲۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان مربوط به عنصر نیکل (۰/۰۰۰۹±۰/۰۱۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان روی و مس به‌ترتیب ۰/۰۷±۰/۸۵ و ۰/۰۰۳±۰/۰۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه-گیری شد (نمودار ۵).

پس از پخت نمونه‌ها به روش کباب‌پز، در مقایسه میانگین غلظت عناصر ضروری (آهن، روی، مس، نیکل) بیش‌ترین میزان عنصر مشاهده شده متعلق به آهن (۰/۱۵±۲/۵۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان آن متعلق به نیکل (۰/۰۰۰۲±۰/۰۱۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان روی و مس به‌ترتیب ۰/۰۵۵±۱/۴۸ و ۰/۰۰۶±۰/۰۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد (نمودار ٦).

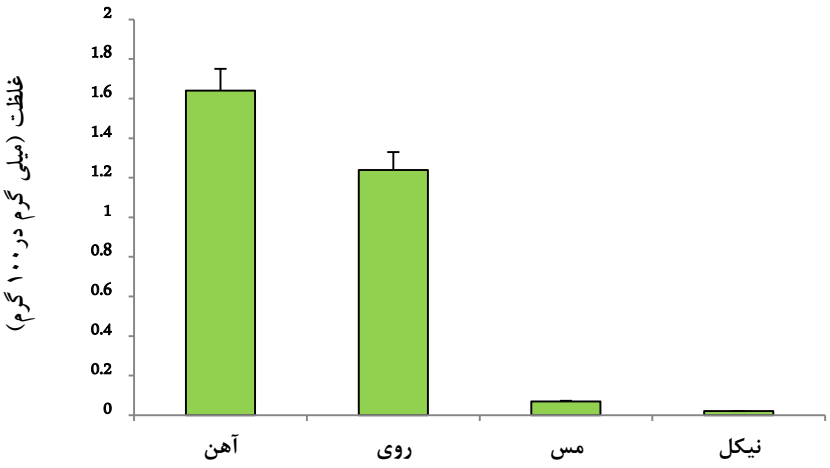


نمودار (۵)- مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، روی، آهن و نیکل در بافت عضله ماهی خام (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)



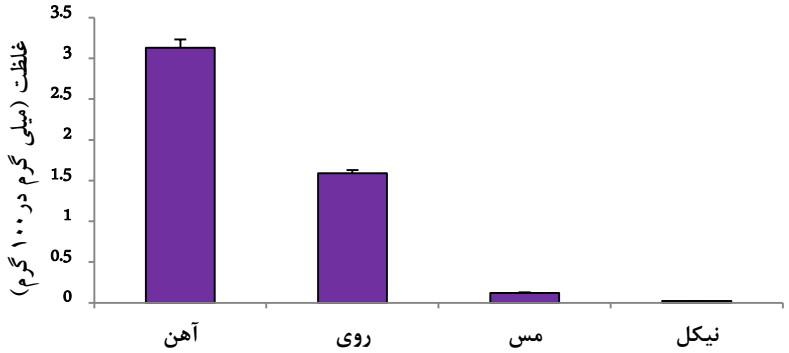
نمودار (٦)- مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، روی، آهن و نیکل در روش پخت کباب‌پز (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)

در پخت نمونه‌ها به روش بخارپز، در مقایسه میانگین غلظت عناصر ضروری (آهن، روی، مس، نیکل)، بیشترین میزان عنصر مشاهده شده متعلق به آهن (۰/۱۱±۱/٦٤ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کمترین میزان آن متعلق به نیکل (۰/۰۰۰۵±۰/۰۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان روی و مس به‌ترتیب ۰/۰۹±۱/۲٤ و ۰/۰۰۳±۰/۰۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد (نمودار ۷).



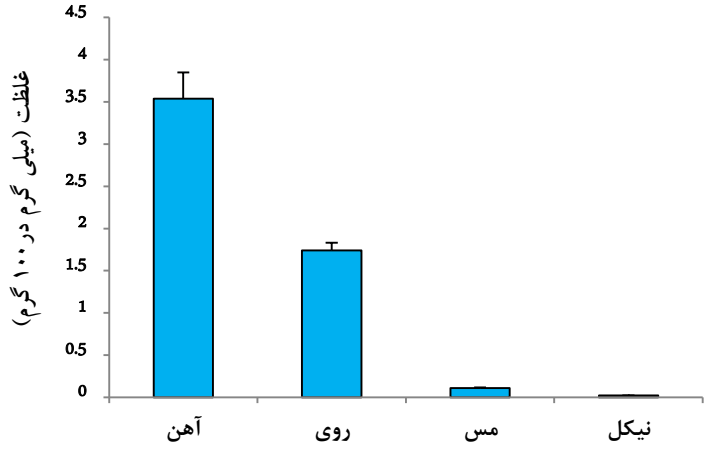
نمودار (۷)- مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، روی، آهن و نیکل در روش پخت بخارپز (میلی-گرم بر ۱۰۰ گرم)

در پخت نمونه‌ها به روش مایکروویو در مقایسه میانگین غلظت عناصر ضروری (آهن، روی، مس، نیکل)، بیش‌ترین میزان عنصر مشاهده شده مربوط به آهن (۰/۱۰۱±۳/۱۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان متعلق به نیکل (۰/۰۰۱±۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان روی و مس به‌ترتیب ۰/۰٤±۱/۵۹ و ۰/۰۰۹±۰/۱۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد (نمودار ۸).



نمودار (۸)- مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، روی، آهن و نیکل در روش پخت ماکروویو (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)

پس از پخت نمونه‌ها به روش سرخ‌شده، در مقایسه میانگین غلظت عناصر ضروری (آهن، روی، مس، نیکل)، بیش‌ترین عنصر مشاهده شده متعلق به آهن (۳/۵٤±۰/۳۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و کم‌ترین میزان عنصر متعلق به نیکل (۰/۰۰۱±۰/۰۲۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود. هم‌چنین میزان روی و مس به‌ترتیب ۱/۷٤±۰/۰۹ و ۰/۱۱±۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد (نمودار ۹).



نمودار (۹)- مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، روی، آهن و نیکل در روش پخت سرخ‌شده (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)

بحث و نتیجه‌گیری

آهن یکی از عناصر ضروری و بسیار مهم برای انسان است. کمبود آهن باعث کم‌خونی می‌شود. حداقل نیاز بدن به آهن ۷ تا ۱٤ میلی‌گرم بسته به سن تخمین زده می‌شود. زنان باردار ممکن است نیاز به بیش از ۱۵ میلی‌گرم در روز داشته باشند. متوسط نیاز روزانه ۱۰ میلی‌گرم در نظر گرفته می‌شود (Esmaili Sari, 2002). بیش‌ترین میزان آهن یافت شده در نمونه‌های پخته شده به روش سرخ‌شده و کم‌ترین میزان آن در نمونه‌های خام و بعد از آن پخته شده به روش بخارپز بود. افزایش چشم‌گیر میزان آهن در نمونه‌های پخته شده به‌روش سرخ‌شده و مایکروویو می‌تواند به‌دلیل دمای پخت بالا و تأثیر دما روی میزان عنصر و خروج آبچک از عضله باشد (He *et al.*, 2010; Ersoy, 2011a). در نمونه‌های بخارپز، بعد از طبخ کم‌ترین میزان افزایش آهن را نشان داده‌اند که دلیل آن می‌تواند دمای پخت نسبتاً پایین، افزایش زمان پخت و تأثیر احتمالی بخار آب در جلوگیری از افزایش چشم‌گیر میزان آهن باشد. در روش بخارپز کم‌ترین میزان تبخیر وجود دارد. حتی ممکن است میزان رطوبت بالاتر از حالت معمول نیز باشد که احتمالاً دلیل بالاتر نرفتن میزان آهن می‌تواند عدم تبخیر رطوبت عضله باشد (Ersoy, 2011b).

کباب‌پز کردن نمونه‌ها هم میزان آهن را به مقدار نسبتاً زیادی افزایش داده و به ۲/۵۹±۰/۱۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر رسانده است. افزایش میزان آهن در این

روش می‌تواند به‌دلیل خروج آب و کاهش رطوبت باشد. نتایج این پژوهش در مورد افزایش میزان آهن بعد از پخت به روش‌های مختلف با برخی تحقیقات انجام شده هم‌خوانی ندارد (Musaiger and D'Souza, 2008; Ersoy and Ozeren, 2009). در آن پژوهش میزان آهن بعد از پخت با روش‌های مختلف کاهش یافت و بیشترین میزان آهن در نمونه خام مشاهده شد، اما این‌که میزان آهن در نمونه سرخ‌شده نسبت به سایر نمونه‌های پخته شده بیشترین میزان مشاهده شد، با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. مقایسه میزان آهن در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته شده به ٤ روش پخت به‌صورت خام< بخارپز< کباب‌پز< مایکروویو< سرخ‌شده به‌دست آمد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت هرچه در دمای بالا، زمان پخت طولانی‌تر باشد میزان آهن افزایش پیدا خواهد کرد و وجود رطوبت در روش پخت تا حدودی از افزایش آن جلوگیری می‌کند.

نقش فلز روی در بسیاری از فعالیت‌های متابولیکی در انسان شناسایی شده است و کاهش روی منجر به کاهش اشتها، کند شدن رشد، تغییرات پوستی می‌شود. میزان روی مورد نیاز انسان به سن و جنسیت بستگی دارد. نیاز روزانه روی در مردان بالغ ۱۵ میلی‌گرم و در زنان بالغ ۱۲ میلی‌گرم در روز است (Askary Sary and Velayatzadeh, 2014). بیشترین میزان عنصر روی در نمونه‌های ماهی سرخ‌شده و کمترین میزان آن در نمونه ماهی خام و بعد از آن در نمونه‌های بخارپز اندازه‌گیری شد که این نتایج با نتایج برخی پژوهش‌ها هم‌خوانی ندارد (Atta *et al*., 1997)، اما با نتایج پژوهش دیگری هماهنگی دارد (Musaiger *et al*., 2008). افزایش عنصر روی در نمونه‌های سرخ شده می‌تواند نتیجه تأثیر روغن برافزایش دمای پخت و افزایش میزان تبخیر رطوبت از عضله در حال طبخ باشد. هم‌چنین دمای نسبتاً بالا در روش سرخ‌شده و مایکروویو می‌تواند از دلایل افزایش میزان این عنصر بعد از پخت باشد. در روش بخارپز که کم‌ترین میزان این عنصر نسبت به سایر نمونه‌های پخته شده به روش‌های مختلف است، البته نسبت به نمونه‌های خام میزان عنصر روی در نمونه‌های بخارپز افزایش یافته که دلیل آن احتمالاً می‌تواند تأثیر بخار آب بر روی رطوبت عضله است و هم‌چنین دمای پخت نسبتاً پایین نسبت به روش‌های دیگر پخت باشد که مانع افزایش چشم‌گیر عنصر روی این نمونه‌ها نسبت به سایر روش‌ها باشد (Atta *et al*., 1997). در پژوهشی کمترین میزان عنصر روی در نمونه‌های کباب‌پز مشاهده شد و بیان شد که بهترین روش از نظر کاهش عنصر روی روش کباب‌پز و بعد از آن روش بخارپز است (Atta *et al*., 1997) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد، اما در این پژوهش بهترین روش برای کاهش عنصر روی روش بخارپز و بعد از آن کباب‌پز بود. میزان عنصر روی بعد از پختن نسبت به حالت خام کاهش می‌یابد (Musaiger *et al*., 2008) که نتایج آن با پژوهش حاضر مغایرت داشت. در این پژوهش بعد از پخت ماهی به‌تمامی روش‌ها میزان فلز روی در آن‌ها افزایش یافت. مقایسه میزان روی در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته شده به ٤ روش پخت به‌صورت خام< بخارپز< کباب‌پز< مایکروویو< سرخ‌شده به‌دست آمد. با توجه به دمای پخت و زمان پخت می‌توان نتیجه گرفت هرچه دمای پخت بالاتر و زمان در دمای بالا پخت طولانی‌تر باشد احتمالاً میزان رطوبت خروجی از ماده غذایی بیشتر می‌گردد و در نتیجه میزان عناصر معدنی بالاتر خواهد بود.

مس یک عنصر ضروری برای سلامت انسان است، اما مقادیر بالای آن می‌تواند منجر به آسیب‌های کبدی و کلیه‌ای شود. برای بزرگسالان با وزن متوسط ٦٠ کیلوگرم میزان نیاز روزانه به مس ۳ میلی‌گرم می‌باشد (Tuzen, 2009). بیش‌ترین میزان مس در نمونه‌های مایکروویو و کم‌ترین میزان این عنصر در نمونه‌های ماهی خام و بعد از آن در نمونه‌های بخارپز مشاهده شده است. افزایش میزان مس در نمونه‌های مایکروویو می‌تواند به‌دلیل دمای پخت بالای آن باشد. هم‌چنین تأثیر روغن در کاهش رطوبت عضله می‌تواند دلیل افزایش چشم‌گیر میزان مس در نمونه‌های سرخ‌شده باشد. کم‌ترین افزایش میزان مس در اثر پختن به‌روش بخارپز بود که دلیل آن می‌تواند کاهش تبخیر و افزایش احتمالی میزان رطوبت در نمونه‌های بخارپز باشد. در پژوهشی بیان شده کم‌ترین میزان مس متعلق به نمونه کباب‌پز شده است و بهترین روش جهت کاهش میزان مس روش کباب‌پز بیان شده (Atta *et al*., 1997) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد، اما در این پژوهش جهت جلوگیری از افزایش چشم‌گیر مس روش بخارپز توصیه می‌گردد. در پژوهشی دیگر بیان شده که میزان عنصر مس بعد از پختن نسبت به حالت خام کاهش می‌یابد، اما در پژوهش حاضر میزان مس بعد از پخت افزایش یافت (Musaiger *et al*., 2008). البته بالاتر بودن میزان مس در نمونه سرخ‌شده نسبت به نمونه کباب‌پز با تحقیق ما هم‌خوانی دارد. مقایسه میزان مس در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته شده به ٤ روش پخت به‌صورت خام< بخارپز< کباب‌پز< سرخ‌شده< مایکروویو به‌دست آمد.

ترکیبات کربونیل نیکل یکی از سمی‌ترین مواد برای انسان است. سردرد، بی‌خوابی، کم‌حوصلگی، تهوع، سرگیجه و استفراغ از علائم مسمومیت با نیکل است، علائم پاتولوژیکی آن شامل خونریزی و اختلالات سلولی می‌باشد. تماس با نیکل ایجاد التهابات پوستی می‌نماید، علاوه بر این در مسمومیت با نیکل علائمی از قبیل تنگی نفس و سیانوز (نرسیدن اکسیژن به بافت‌ها)، تب و اختلال در سیستم مرکزی مغز نیز دیده می‌شود (Askary Sary and Velayatzadeh, 2014). بیش‌ترین میزان نیکل مشاهده شده در نمونه‌های سرخ‌شده و کم‌ترین میزان نیکل یافت شده در نمونه‌های کباب‌پز است که با نتایج تحقیقات انجام شده (Ersoy, 2011a) هم‌خوانی دارد، اما با برخی پژوهش‌های انجام شده هم‌خوانی ندارد (Ersoy *et al*., 2006).

غلظت فلز نیکل در نمونه‌های خام ۰/۰۰۰۹±۰/۰۱۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود که بعد از سرخ شدن و هم‌چنین قرار گرفتن در مایکروویو و بخارپز شدن افزایش یافت اما بعد از کباب‌پز شدن کاهش یافته است. افزایش میزان نیکل در نمونه‌های پخته شده به‌روش سرخ‌شده و مایکروویو می‌تواند به‌دلیل دمای پخت بالا و تأثیر دما بر روی میزان عنصر و خروج آبچک از عضله باشد (Ersoy, 2011a). کاهش میزان نیکل در روش کباب‌پز می‌تواند به این علت باشد که عناصر سنگین احتمالاً با آمینواسیدهای آزاد پیوندهای ضعیفی دارند که فرآیند پخت و طولانی شدن زمان پخت می‌تواند باعث خروج این آمینواسیدها به همراه مایعات خروجی از عضله ماهی شده که در نتیجه آن مقداری عناصر سنگین نیز خارج می‌شود (Atta *et al*., 1997). مقایسه میزان نیکل در نمونه‌های مختلف ماهی خام و پخته شده به ٤ روش پخت به‌صورت کباب‌پز< خام< بخارپز< مایکروویو< سرخ‌شده به دست آمد.

میزان آهن در تمامی نمونه‌ها بین ۰/۱۲٦ تا ۰/۳٥٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری شـــده که از اســـتاندارد FDA پایین‌تر اســـت. میزان روی در تمامی نمونه‌ها بین ۰/۰۸٥ تا ۰/۱۷٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری شده که از میزان حداکثر استاندارد جهانی WHO، MAFF، NHMRC و FAO پایین‌تر بود. میزان مس در تمامی نمونه‌ها بین ۰/۰۰٥ تا ۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر اندازه‌گیری شده که از حداکثر استاندارد جهـانی WHO، MAFF، NHMRC و FAO پـایین‌تر بود. میزان نیکل اندازه‌گیری شـده در تمامی نمونه‌ها بین ۰/۰۰۱٦۸ تا ۰/۰۰۲۲٥ اندازه‌گیری شـــده که از حداکثر استاندارد جهانی WHO و EPA پایین‌تر بود (جدول ۲).

جدول (۲)- حداکثر مقادیر استاندارد عناصر ضروری در عضله ماهیان (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

استانداردها	مس	آهن	نیکل	روی	منابع
WHO[1]	۱۰	–	۰/۰۰٥	۱۰۰۰	WHO, 1985
FDA[2]	–	۰/٥	۰/۰۲	–	Chen and Chen, 2001
MAFF[3]	۲۰	–	–	٥۰	Collings *et al.*, 1996
NHMRC[4]	۱۰	–	–	۱٥۰	Tuzen, 2009
FAO[5]	۳۰	–	–	٤۰	Tuzen, 2009
ماهی کپور	۰/۰۰٥ – ۰/۰۱۲	-۰/۱۲٦ ۰/۳٥٤	-۰/۰۰۱٦۸ ۰/۰۰۲۲٥	-۰/۰۸٥ ۰/۱۷٤	تحقیق حاضر

1-World Health Organization, 2-U.S. Food and Drug Administration, 3-Ministry of Agriculture Fisheries, & Food (UK), 4-National Food Authority, Food Standard, 5-Food and Agriculture Organization

بالاترین عنصر اندازه‌گیری شده در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه عنصر آهن بود و بعد از آن عناصر روی، مس، نیکل مقادیر بالایی داشتند. میزان آهن، روی و نیکل با سرخ شدن نمونه بیشترین افزایش را نشان داد، بیشترین میزان مس اندازه‌گیری شده در روش مایکروویو بود. روش پخت بخارپز، باعث کمترین حد افزایش فلزات بعد از طبخ نمونه‌ها شد و به‌ترتیب روش‌های سرخ کردن و مایکروویو بیشترین افزایش میزان فلز را بعد از طبخ در نمونه‌ها نشان دادند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Musaiger, A.O. and D'Souza, R. (2008). The effects of different methods of cooking on proximate, mineral and heavy metal composition of fish and shrimps consumed in the Persian Gulf. Archives Latinoamercianos De Nutricion, 58(1): 103-109.
- Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M. (2010). Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, 10(2): 93-100.
- Atta, M.B., El-Sebaie, L.A., Noaman, M.A. and Kassab, H.E. (1997). The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). Food Chemistry, 58(1-2): 1-4.
- Askary Sary, A. and Velayatzadeh, M. (2014). Heavy metals in aquatics. Islamic Azad University Ahvaz Publication, 1st Edition, pp. 380. [In Persian]
- Birungi, Z., Masola, M., Zaranyika, I. and Naigaga, M. (2007). Active bio monitoring of trace heavy metals using fish *(Oreochromis niloticus)* as bio indicator species. The Case of Nakivubo Wetland along Lake Victoria. Physics and Chemistry of the Earth, 32: 1350-1358.
- Canli, M. and Atli, G. (2003). The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution, 121: 129-136.
- Chen, Y.C. and Chen, M.H. (2001). Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, 9: 107-114.
- Collings, S.E., Johnson, M.S. and Leach, R.T. (1996). Metal contamination of Angler-caught fish from the Mersey estuary. Marine Environmental Research, 41 (3): 281-297.
- Ersoy, B., Yanar, Y., Kucukgulmez, A. and Celik, M. (2006). Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). Food Chemistry, 99: 748–751.
- Ersoy, B. and Ozeren, A. (2009). The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African cat fish. Food Chemistry, 115(2): 419-422.
- Ersoy, B. (2011a). Effect of cooking methods on the heavy metal concentration of the African catfish (*Clarias gariepinus*). Journal of Food Biochemistry, 35(2): 351-356.
- Ersoy, B. (2011b). Effect of cooking method on the proximate, mineral and fatty acid of European eel (*Anguilla Anguilla*). International Journal of Food Science and Technology, 46(3): 522- 527.
- Esmaili Sari, A. (2002). Pollution, Health and Environmental Standards. Naghshmehr Publisher, pp. 767. [In Persian]
- Ghaedi, M., Shokrollahi, A., Kianfar, A.H., Pourfarokhi, A., Khanjari, N., Mirsadeghi, A.S. et al. (2009). Pre concentration and separation of trace amount of heavy metal ions on bis (2-hydroxy acetophenone) ethylendiimine loaded on activated carbon. Journal of Hazardous Materials, 162: 1408–1414.
- Gokoglu, N., Yrlikayan, P. and Cengiz, E. (2004). Effect of cooking methods on the proximate composition and mineral content of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)*. Food Chemistry, 84: 19-22.
- He, M., Ke, C. and Wang, W. (2010). Effect of cooking and sub-cellular distribution on the bio accessibility of trace elements in two marine fish species. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 3517- 3523.
- Jalali Jafari, B. (2007). Environmental diseases and feeding of fishes. Partoo Vagheeh Danesh Negar Publication, 1st Edition, pp. 420. [In Persian]
- Jalali Jafari, B. and Aghazadeh Meshgi, M. (2007). Fish poisoning caused by heavy metals in water and the importance of public heath, Maan Publication, 1st Edition, pp. 134. [In Persian]
- Mckinney, J. and Ron, R. (1992). Metal bioavailability. Environmental Science and Technology, 26: 1298-1299.

- Olowu, R.A., Ayejuyo, O.O., Adewuyi, G.U., Adejoro, I.A., Denloye, A.A.B., Babatunde, A.O. et al. (2010). Determination of heavy metals in fish tissues, water and sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry, 7 (1): 215-221.
- Ozogul, Y., Ozogul, F., Kuley, E., Serhatozkutuk, A., Gokbulut, C. and Kose, S. (2007). Biochemical sensory and microbiological attributes of wied turbot (*Scophthalmus maximus*), from the Black Sea, during chilled storage. Food Chemistry, 99: 752-758.
- Puwastien, P., Judprasong, K., Kettwan, E., Vasanchitt, K., Nakngamanog, Y. and Bhattachayjee, L. (1999). Proximate composition of raw and cooked Thai fresh water and marine fish. Journal of Food Composition and Analysis, 12: 9-16.
- Razavi-Shirazi, H. (2007). Seafood Technology (1). Parse Negar Publication, 2nd Edition, pp. 325. [In Persian]
- Rouessac, F. and Rouessac, A. (2007). Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Sadeghi Rad, M., Amini Ranjbar, Gh., Arshad, A. and Joshiedeh, H. (2005). Assessing heavy metal content of muscle tissue and caviar of *Acipenser persicus* and *Acipenser stellatus* in southern Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal, 14(3): 79-100. [In Persian]
- Sidhu, K.S. (2003). Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 38: 336-344.
- Turkmen, M. and Ciminli, C. (2007). Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Food Chemistry, 103: 670-675.
- Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y. Ates, A. and Gokkus, K. (2009). Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean Seas: twelve fish species. Food Chemistry, 108: 794-800.
- Tuzen, M. (2009). Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. Journal of Food and Chemical Toxicology, 47 (9): 2302-2307.
- World Health Organization (WHO), (1995). Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Implications for Policy Makers. Part 1: 5-8.
- Van- Duijn, J.R.C. (2000). Diseases of fishes. Narendra Publishing House. Dehli, India. pp. 174.

Study on the effects of different cooking methods on concentration of essential elements (Fe, Zn, Cu, Ni) in *Cyprinus Carpio*

Askary Sary, A.[1], Hosseini Nezhad, S.[2], Chelemal Dezfoul Nezhad, M.[3], Velayatzadeh, M.[4*]

1. Associate Professor of Department of Aquaculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. MSc Graduate in Aquaculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
3. Assistant Professor of Department of Aquaculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
4. Young Researchers and Elite Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

[*]Corresponding Author's email: mv.5908@gmail.com
(Received: 2015/7/3 Accepted: 2017/6/21)

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of different cooking methods on the level of iron, copper, zinc, and nickel in the muscle of *Cyprinus carpio*. For this purpose, 75 samples of fish with different sizes were obtained from Azadegan Aquaculture Center in Ahvaz. The samples were digested through the wet-digestion method and the concentrations of the essential elements were measured by Atomic Absorption Spectrophotometer. According to the results, fried and steamed samples had the highest (3.54±0.31 mg/100g wet weight) and lowest (1.64±0.11 mg/100g wet weight) concentration of iron. The highest and lowest concentration of zinc was recorded in the fried (1.74±0.09 mg/100g WW) and steamed (1.24±0.09 mg/100g WW) samples, respectively. In the case of copper, the highest (0.12±0.09 mg/100g WW) and lowest (0.07±0.003 mg/100g WW) concentration were recorded in the micro-waved and steamed specimens, respectively. The results for nickel was determined as 0.023±0.001 mg/100g WW and 0.016±0.0002 mg/100g WW in the fried and grilled fishes Moreover, the highest and the lowest level of essential elements which were recorded among the samples belonged to iron and nickel respectively. In all samples, the level of iron was recorded below the FDA limit. In addition, in all samples, the level of nickel, zinc, and copper was estimated below the maximum acceptable limit of WHO, MAFF, NHMRC, and FAO.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: *Cyprinus carpio*, Methods of Cooking**,** Trace elements, Muscle, Fish