

## ارتباط تجمع زیستی جیوه، کادمیوم و آرسنیک با ترکیبات شیمیایی پروتئین، چربی و خاکستر عضله ماهی کفال طلایی (*Liza auratus*) تالاب انزلی

شیمیا جنت مکان<sup>۱</sup>، ابوالفضل عسکری ساری<sup>۲</sup>، مهران جواهری بابلی<sup>۳</sup>، محمد ولایت زاده<sup>۴\*</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانش آموخته کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، اهواز، ایران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، دانشیار گروه شیلات، اهواز، ایران.

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، استادیار گروه شیلات، اهواز، ایران.

۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اهواز، ایران.

\*نویسنده مسئول مکاتبات: mv.5908@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۱۰ پذیرش نهایی: ۹۴/۲/۱۳)

### چکیده

هدف این تحقیق تعیین میزان پروتئین، چربی، خاکستر و فلزات آرسنیک، جیوه و کادمیوم در عضله ماهی کفال طلایی (*Liza auratus*) تالاب انزلی بود. تعداد ۱۸ نمونه ماهی کفال طلایی به کمک تور گوشگیر صید شدند. هضم شیمیایی نمونه‌ها به روش مرطوب و سنجش فلزات به روش جذب اتمی صورت پذیرفت. میانگین میزان جیوه، آرسنیک و کادمیوم در عضله ماهی کفال طلایی به ترتیب  $0.57 \pm 0.20$ ،  $97.29 \pm 13.27$  و  $20.08 \pm 31.39$  میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بود. همچنین میزان پروتئین، چربی، خاکستر در عضله این ماهی به ترتیب  $17.69 \pm 0.42$ ،  $0.74 \pm 0.08$  و  $1.37 \pm 0.12$  درصد محاسبه شد. بین غلظت جیوه، آرسنیک و کادمیوم در عضله ماهی کفال طلایی ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد ( $p < 0.05$ ). بالاترین ضریب همبستگی در عضله ماهی کفال طلایی بین فلزات جیوه و آرسنیک مشاهده گردید ( $R = 0.982$ ،  $p < 0.05$ ). نتایج نشان دهنده ارتباط مثبت و معنی‌داری بین غلظت جیوه، آرسنیک و کادمیوم با میزان ترکیبات شیمیایی در عضله ماهی کفال طلایی وجود داشت ( $p < 0.05$ ).

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، عضله، ترکیبات شیمیایی، ماهی، بندر انزلی

## مقدمه

یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های سمی در محیط زیست موجودات زنده فلزات سنگین هستند که سبب بروز مسمومیت و بیماری‌های حاد و مزمن در انسان می‌شوند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۰). فلزات سنگین به عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های محیط‌های آبی در اثر فعالیت‌های طبیعی و نیز بطور عمدۀ در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe et al., 2007). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل، مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل‌دهنده فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی هستند (Sekhar et al., 2003; Askary Sary and Velayatzadeh, 2012). فلزات سنگین ممکن است در بدن موجودات آبی از جمله ماهی تجمع یابند و خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب گردند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۲). زباله‌های صنعتی، ساختار ژئوشیمیایی زمین و معدن کاوی فلزات از منابع بالقوه آلودگی فلزات سنگین در محیط آبی به شمار می‌روند (Turkmen and Ciminli, 2007).

آرسنیک در اکوسیستم‌های آبی از منابع کشاورزی (علف‌کش‌های آلی) و یا از طریق سوخت‌های فسیلی و صنعتی ناشی می‌شود (ولایت‌زاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱). آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته شده است اما میزان سمیت این عنصر به فرم شیمیایی آن بستگی دارد و دارای سمیت ملایم می‌باشد (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹). آرسنیک فلزی است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست

محیطی محسوب می‌گردد. همچنین این عنصر نقشی در فعل و انفعالات زیستی در بدن انسان ندارد و بر روی سیستم قلب و عروق، پوست، سیستم عصبی مرکزی و محیطی، کلیه‌ها و سیستم گردش خون بدن تاثیرگذار می‌باشد و سبب سرطان می‌گردد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). جیوه جزء سمی‌ترین فلزات است که به دلیل سمیت بالا و تجمع در موجودات آبی، یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشد (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹). متیل جیوه می‌تواند از راه جذب شدن توسط گیاهان آبی، جلبک‌ها، موجودات ابتدای زنجیره غذایی و ماهی وارد زنجیره غذایی شود و در آن تجمع یابد به طوری که بالاترین غلظت متیل جیوه در ماهیان شکارگر بزرگ مثل کوسه و تون ماهیان اندازه‌گیری شده است (اسماعیلی ساری و همکاران، ۱۳۸۶). کادمیوم از معدود عناصری است که هیچ‌گونه نقش زیستی در بدن انسان ندارد و حتی در مقادیر بسیار کم نیز ایجاد مسمومیت می‌کند و سبب فقر آهن می‌شود (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۸۹). کادمیوم پس از جذب توسط بدن در فعالیت‌های متابولیسمی و آنزیمی شرکت نموده و سبب اختلال در آنها می‌گردد. سمیت کادمیوم و ذخیره آن با کمبود روی افزایش می‌یابد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

ماهی کفال طلائی (*Liza auratus*) از خانواده کفال ماهیان یکی از گونه‌های ماهیان استخوانی و تجاری دریای خزر است که بخشی از تغذیه پروتئینی مردم منطقه شمال کشور را شامل می‌گردد (ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). این گونه دارای ارزش اقتصادی

مواد مصرفی شامل اسید سولفوریک (۲۵ میلی لیتر)، اسید نیتریک (۲۰ میلی لیتر)، مولیبدات سدیم (۱ میلی لیتر)، سنگ جوش، اسید پرکلریک، آب مقطر.

#### آماده سازی نمونه ها

ابتدا زیست سنجی ماهیان شامل طول کل، طول استاندارد و وزن انجام و ثبت گردید. توزین نمونه ها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و خصوصیات طولی ماهیان به وسیله خط کش انجام شد. سپس قسمتی از عضله پشتی ماهیان کفال طلایی به وسیله تیغه سترون از جنس استیل جدا گردید. نمونه های به دست آمده پس از توزین در پلیت شیشه ای قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک کردن در آن قرار گیرند. نمونه های به دست آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آن با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آن خارج شدند. برای هضم نمونه ها از روش مرطوب استفاده گردید که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۲۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد (تولیدی شرکت مرک آلمان) اضافه شد و چند عدد سنگ جوش برای اینکه جوش به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخار سفید رنگ اسید به طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می شد ۱۰ میلی لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول

بالایی است و در آب های حوزه جنوبی دریای خزر یافت می شود (ستاری و همکاران، ۱۳۸۲).

در ایران مطالعات محدودی در زمینه ارتباط تجمع فلزات سنگین با ترکیبات پروتئین، چربی و خاکستر انجام شده است. در مطالعاتی ارتباط میزان تجمع آرسنیک و روی در عضله هشت گونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، کپور سررگنده (*Aristichthys nobilis*)، کپور نقره ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، ششبر (*Scomberomorus commerson*)، قباد (*Scomberomorus guttatus*) و شوریده (*Otolithes ruber*) با ترکیبات پروتئین، چربی و خاکستر گزارش شده است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۱؛ عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۱).

هدف از انجام این تحقیق سنجش ترکیبات تقریبی پروتئین، چربی و خاکستر و فلزات سنگین آرسنیک، جیوه و کادمیوم در عضله ماهی کفال طلایی و بررسی ارتباط میزان ترکیبات شیمیایی با تجمع فلزات سنگین در عضله این ماهی بود.

#### مواد و روش ها

##### نمونه برداری

تعداد ۱۸ قطعه ماهی کفال طلایی در تابستان ۱۳۹۰ از سواحل بندر انزلی به کمک تور گوشگیر صید شد. بندر انزلی در جنوب غرب دریای خزر در استان گیلان قرار دارد. نمونه های ماهی به وسیله جعبه یونولیتی حاوی یخ خرد شده به آزمایشگاه انتقال یافتند.

##### مواد آزمایشگاهی

دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. صحت داده‌های به دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول، آنالیز می‌شود، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه می‌شود و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم می‌کنند. در نهایت با استفاده از روابط موجود می‌توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه‌ها می‌شود در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت ( Matrix Interference) نمونه از بین برده می‌شود ( Rouessac and Rouessac, 2007).

#### اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی

جهت اندازه‌گیری پروتئین از روش کلدال با دستگاه مدل PDU-VB500 ساخت ایران استفاده شد. در این روش در حضور اسید سولفوریک و کاتالیزور نمونه ماهی هضم سپس اتم نیتروژن به وسیله یک واسطه قلیایی ترکیبات آلی نیتروژن‌دار به سولفات آمونیم تبدیل و سپس در اسید کلریدریک یا اسید بوریک جذب شده و به وسیله تیتراسیون با یک اسید مقدار آن تعیین گردید. بنابراین تعیین مقدار پروتئین در سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون انجام شد و میزان پروتئین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (AOAC, 1995):

$$\text{نرمالیده اسید} \times \text{میزان اسید مصرفی برای تیتراسیون} \times 0.14 / 100 = \text{درصد ازت (نیتروژن)}$$

وزن نمونه (گرم)

$$\text{درصد ازت} \times 6.25 = \text{درصد پروتئین}$$

کاملاً شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و به حجم رسانده شد ( Eboh et al., 2006; Kalay et al., 2003).

#### اندازه‌گیری عناصر

جهت سنجش عناصر از دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۴۱۰۰ (Perkin Elmer 4100) ساخت کشور آمریکا مجهز به سیستم‌های کوره گرافیتی (آرسنیک و کادمیوم) و سیستم هیدرید (جیوه) به عنوان منبع اتمیزه کننده عناصر در محلول می‌باشد استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری جیوه در این روش یون‌های جیوه موجود در محلول به وسیله کلرید قلع ( $\text{SnCl}_2$ ) به جیوه فلزی کاهیده شد. جیوه با گاز حامل آرگون به داخل لوله جذبی شیشه‌ای با مسیر طولانی برده و در آنجا جذب اتمی اتم‌های جیوه در ۲۳۵/۷ نانومتر اندازه‌گیری گردید. سپس سیستم هیدرید بر روی دستگاه جذب اتمی نصب و تنظیم شد و دستگاه به کمک محلول‌های استاندارد به حالت اپتیمم تنظیم گردید. منحنی کالیبراسیون جیوه به روش افزایش استاندارد برای هریک از عناصر به کمک نرم افزار winlab 32 دستگاه ترسیم و مقدار جیوه در ۵ میلی‌لیتر از محلول آماده شده قرائت و در مقدار یک گرم نمونه محاسبه و گزارش گردید. آرسنیک و کادمیوم به کمک سیستم کوره سنجش شدند ( Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu et al., 2010).

حد تشخیص آرسنیک، جیوه و کادمیوم توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb بود که

میزان گلوکز آزاد شده را پس از اضافه کردن نمک مس دو ظرفیتی و تیتراسیون مقدار مس احیاء نشده محاسبه و در نهایت مقدار کربوهیدرات به دست آمد (AOAC, 1995).

### تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق آزمایش‌ها به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS18 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین داده‌ها به منظور مقایسه اختلاف معنی‌دار بین میزان فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی در عضله ماهیان با ضریب اطمینان ۹۵ درصد ( $p=0/05$ ) با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) انجام شد. همچنین جهت تعیین میزان همبستگی میان غلظت فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی بافت عضله ماهیان مورد مطالعه از آنالیز همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده گردید. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید.

### یافته‌ها

در این تحقیق میانگین ( $Mean \pm SD$ ) طول کل، طول استاندارد و وزن ماهیان نمونه‌برداری شده به ترتیب  $35/32 \pm 2/78$  سانتیمتر،  $32/05 \pm 1/17$  سانتیمتر و  $432/72 \pm 21/64$  گرم اندازه‌گیری شد. میانگین میزان جیوه، آرسنیک و کادمیوم در عضله ماهی کفال طلایی به ترتیب  $0/56 \pm 7/20$ ،  $0/27 \pm 13/27$  و  $20/80 \pm 31/39$  میکروگرم در کیلوگرم وزن مرطوب بود. همچنین میزان پروتئین، چربی، خاکستر در عضله این ماهی به ترتیب  $0/42 \pm 17/69$ ،  $0/08 \pm 0/74$  و  $1/37 \pm 0/12$  درصد محاسبه شد.

چربی به کمک دستگاه سوکسله اتوماتیک Foss مدل Soxtec 2050 ساخت کشور سوئیس و حلال هگزان نرمال (مرک آلمان) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان خاکستر از دستگاه کوره الکتریکی Finetech مدل SEF 202 ساخت کشور کره استفاده شد. روش کار بر مبنای از بین بردن مواد آلی و باقی‌مانده مواد معدنی تا حصول روشن شدن در دمای  $500-550$  درجه سلسیوس می‌باشد. تعیین درصد رطوبت، بر اساس خشک نمودن ماده غذایی در اثر حرارت  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت به کمک آون فن دار مدل UFB 400 ساخت شرکت ممرت آلمان و به روش غیرمستقیم می‌باشد (AOAC, 1995).

برای اندازه‌گیری فیبر، نمونه را به یک بشر نیم لیتری منتقل کرده و یک گرم پنبه نسوز به آن اضافه نموده و ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوریک جوشان به آن اضافه کرده و همراه با سیستم سرد کننده مبرد آن را به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده، پس از این مدت محتویات بشر را با قیف بوختر صاف کرده و اسید باقی‌مانده را با آب جوشانده، سپس مواد باقی‌مانده را همراه با ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم جوشان به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده و در نهایت صاف نموده و با آب جوش ظرف را شستشو، بعد از این مرحله تمامی مواد باقی‌مانده را به بوتله منتقل کرده و با اتانول شسته و در دمای  $110-100$  درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت خشک کرده، در دمای  $600$  درجه سلسیوس سوزانده و در نهایت مقدار فیبر به دست آمد. جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات ۱۰ گرم از نمونه همگن شده را برداشته و توسط حرارت به مدت ۹۰ دقیقه با اسید کلریدریک ۱۰ درصد وزنی هیدرولیز نموده و

کشاورزی انگلستان بالاتر به دست آمد. میزان جیوه در مقایسه با حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا، سازمان غذا و داروی امریکا، استاندارد موسسه ملی ایران و وزات شیلات و کشاورزی انگلستان پایین تر بود (جدول ۱).

بطور کلی در این تحقیق میزان آرسنیک در عضله ماهی کفال طلایی در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و International Standard Medium پایین تر بود. میزان کادمیوم در عضله این گونه در مقایسه با حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا، موسسه ملی استاندارد ایران و وزات شیلات و

جدول ۱- مقایسه میزان فلزات سنگین اعمال شده با استانداردهای بین المللی فلزات سنگین در عضله ماهیان (میلی گرم در کیلوگرم)

فلزات			استانداردها
آرسنیک	کادمیوم	جیوه	
۲	۰/۲	۰/۵	سازمان بهداشت جهانی (WHO)
-	۱	۵	سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)
-	۰/۰۲	۲	وزات شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)
-	۰/۰۵	۱/۵	مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)
۱/۴	-	-	International Standard Medium
-	۰/۱	۰/۵	موسسه ملی استاندارد ایران
۰/۰۹۷	۰/۲	۰/۰۵۷	عضله ماهی کفال طلایی

نتایج مربوط به ارزیابی همبستگی بین فلزات سنگین در عضله ماهی کفال طلایی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- ضریب همبستگی فلزات سنگین در عضله ماهی کفال طلایی (*Liza auratus*) بندر انزلی (تابستان ۱۳۹۰)

کادمیوم	جیوه	آرسنیک		
۰/۹۷۶	۰/۹۸۲		ضریب همبستگی (R)	آرسنیک
۰/۹۳۵	۰/۹۵۲		R <sup>2</sup> Squar	
p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵		سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	
۰/۹۵۶		۰/۹۸۲	ضریب همبستگی (R)	جیوه
۰/۹۱۵		۰/۹۵۲	R <sup>2</sup> Squar	
p< ۰/۰۵		p< ۰/۰۵	سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	
	۰/۹۵۶	۰/۹۷۶	ضریب همبستگی (R)	کادمیوم
	۰/۹۱۵	۰/۹۳۵	R <sup>2</sup> Squar	
	p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	

نتایج مربوط به ارزیابی همبستگی بین فلزات سنگین - ترکیبات شیمیایی در عضله ماهی کفال طلایی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ضریب همبستگی فلزات سنگین با ترکیبات شیمیایی در عضله ماهی کفال طلایی (*Liza auratus*) بندر انزلی (تابستان ۱۳۹۰)

پروتئین	چربی	خاکستر		
۰/۹۵۴	۰/۹۸۱	۰/۹۴۳	ضریب همبستگی (R)	آرسنیک
۰/۹۱۱	۰/۹۶۳	۰/۸۸۹	R <sup>2</sup> Squar	
p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	
۰/۹۳۷	۰/۹۶۶	۰/۹۰۴	ضریب همبستگی (R)	جیوه
۰/۸۷۸	۰/۹۳۴	۰/۸۱۷	R <sup>2</sup> Squar	
p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	
۰/۹۶۰	۰/۹۸۰	۰/۹۶۲	ضریب همبستگی (R)	کادمیوم
۰/۹۲۱	۰/۹۵۹	۰/۹۲۵	R <sup>2</sup> Squar	
p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	p< ۰/۰۵	سطح اطمینان (p=۰/۰۵)	

## بحث و نتیجه گیری

بالایی تجمع می یابد (Heath, 1987). مطالعات جیوه بر روی ماهی کفشک زبان گاوی (۰/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم) و گل خورک (۰/۶۸ میلی گرم در کیلوگرم) (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹) و کفال خاکستری (۰/۰۱ میکروگرم بر گرم) (Ubalua et al., 2007) در مقایسه با مقادیر جیوه این تحقیق بالاتر بود و هم خوانی نداشت. رومئو و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که غلظت جیوه در بافت های خوراکی ماهیان پلاژیک (۰/۰۹-۰/۳) میکروگرم بر گرم) کمتر از ماهیان کفزی (۰/۱۲-۰/۴۲ میکروگرم بر گرم) می باشد. متیل جیوه ترجیحا در بافت ماهیچه جایی که سیستم پروتئینی وجود دارد، پخش می شود. تجمع متیل جیوه در ماهیچه تجمع جیوه کل را به دنبال دارد و معمولا نسبت متیل جیوه به جیوه کل در ماهیچه بیشتر از ۸۰٪ است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۶)، بنابراین جیوه در ماهیچه اکثرا به شکل آلی خود وجود دارد بر خلاف کبد که تجمع جیوه در آن بیشتر به شکل معدنی است و این امر بالا بودن جیوه را در

میزان فلزات سنگین در عضله ماهی کفال طلایی به ترتیب عبارت است از: کادمیوم < آرسنیک < جیوه. پایین بودن تجمع فلزات سنگین در عضله، ممکن است به دلیل پایین بودن میزان پروتئین های باند شونده با فلزات سنگین باشد (Allen-Gill and Martynov, 1995). به نظر می رسد، عضله به عنوان محل اصلی تجمع فلزات سنگین قلمداد نمی شود (Romeo et al., 1999). مسیر جذب و مکانیسم انتقال آنها به بدن ماهی به عوامل مختلف وابسته است که شکل شیمیایی فلز (یونی یا نمک های آنها) در تعیین این مسیر بسیار مهم است (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۸۹).

میزان جیوه در این تحقیق در دامنه ۶۹-۴۷ میکروگرم در کیلوگرم وزن مرطوب عضله ماهی کفال طلایی به دست آمد. معمولا میزان جیوه در عضله پایین می باشد (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۸۹). به عنوان مثال جیوه در عدم حضور روی و مس در کبد با مقادیر

میزان کادمیوم در این تحقیق در دامنه ۲۵۴-۱۵۸ میکروگرم در کیلوگرم وزن مرطوب عضله ماهی کفال طلایی به دست آمد. میزان کادمیوم در سایر مطالعات به خصوص عضله کفال طلایی دریای خزر ۰/۳۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم (امینی رنجبر و ستوده نیا، ۱۳۸۴)، عضله کفال خاکستری دریای مدیترانه ۰/۸±۰/۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم (Canli and Atli, 2003)، ۱۵ گونه ماهی دریاچه چینی در کشور مالزی ۰/۲۰±۰/۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010) و چهار گونه ماهیان خلیج فارس (Agah et al., 2009) ۰/۰۰۰۴-۰/۰۴۶۹ میکروگرم بر گرم (Tuzen 2009) گزارش شده است. همچنین در بررسی (Tuzen 2009) بالاترین میزان کادمیوم در ماهیان دریای سیاه ۰/۰۷±۰/۸۷ میکروگرم بر گرم بود. مقدار کادمیوم قابل ذخیره بستگی به فاکتور هایی از قبیل شیمی آب، پیچیدگی زنجیره غذایی، نوع گونه، سن، اندازه و جایگاه موجود در زنجیره غذایی دارد (عسکری ساری و ولایتزاده، ۱۳۸۹).

در این تحقیق دامنه میزان پروتئین، چربی و خاکستر در عضله ماهی کفال طلایی به ترتیب ۱۸/۴-۱۶/۹، ۰/۹۱-۰/۶۲، ۱/۶۰-۱/۱۸ درصد محاسبه شد. در مطالعات متعددی میزان پروتئین در گونه های مختلف ماهیان متفاوت بود به طوری که میزان پروتئین در عضله گربه ماهی ۲۰/۲۶ درصد، ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) ۱۸/۴۵ درصد، ماهی ماکرل (*Scomber scombrus*) ۲۰/۲۰ درصد و در ماهی تیلپیا ۱۸/۸۰ درصد (Olagunju et al., 2012)، در سه گونه تون ماهی پهن (*Orcynopsis unicolor*)، تون زرده (*Euthynnus affinis*)، کفال پشت سبز (*Liza*

این دو اندام محسوس تر می نماید (عسکری ساری و ولایتزاده، ۱۳۸۹؛ عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹). میزان آرسنیک در عضله ماهی کفال طلایی ۱۲۳-۸۲ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بود. میزان آرسنیک در این تحقیق در مقایسه با ماهیان شوریده (*Otolithes rubber*)، سنگسر (*Pomadasys sp.*)، زمین کن (*Platycephalus sp.*)، هامور (*Epinephelus tauvina*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) خلیج فارس (Agah et al., 2009) *Mugil mullus barbatus*، *Clupea sprattus*، *Sarda sarda cephalus* دریای سیاه (Tuzen, 2009) پایین تر بود. میزان آرسنیک در عضله ماهی لوتک (*Cyprinion macrostomus*)، شلیج (*Aspius vorax*) و حمری (*Barbus luteus*) رودخانه کارون به ترتیب ۷۳/۹، ۷۷/۳۶ و ۷۹/۹۱ میکروگرم در کیلوگرم و در عضله دو گونه کفال خلیج فارس، مید (*Liza klunzingeri*) و بیا (*Liza macrolepis*) ۹۷/۶۶ و ۸۶ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده است (ولایتزاده و عسکری ساری، ۱۳۹۱). تفاوت در عادات غذایی آبزیان می تواند منجر به سطوح متفاوت فلزات سنگین در بافت هایشان شود. همچنین تفاوت در تجمع عناصر گونه های مختلف به رفتارهای غذایی (Mormedo and Davies, 2001; Watanabe et al., 2003)، سن، اندازه و طول ماهی (Linde et al., 1998؛ Al-Yousuf et al., 2000) و محل زندگی و شرایط زیست محیطی (Canli and Atli, 2003) و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی محیط از قبیل سختی آب، pH، درجه حرارت، مواد مغذی و زمان رشد ماهی بستگی دارد (Dixon et al., 1996; Fuhrer et al., 1996).



شرایط زیستگاه و از همه مهم‌تر نوع روش سنجش و اندازه‌گیری این ترکیبات می‌باشد.

بالاترین ضریب همبستگی (R) در عضله ماهی کفال طلایی بین فلزات جیوه و آرسنیک مشاهده گردید ( $R = 0/964, p < 0/05$ ). بالاترین ضریب همبستگی در عضله ماهی کفال طلایی بین فلزات جیوه و آرسنیک مشاهده گردید ( $R = 0/982, p < 0/05$ ). بالاترین ضریب همبستگی در عضله ماهی کفال طلایی بین آرسنیک و چربی مشاهده گردید ( $R = 0/981, p < 0/05$ ). همچنین پایین‌ترین ضریب همبستگی در عضله ماهی کفال طلایی بین جیوه و خاکستر مشاهده گردید ( $p < 0/05$ ). در تحقیقی ارتباط و همبستگی مثبت و معنی‌داری غلظت آرسنیک و روی با میزان ترکیبات شیمیایی پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت در عضله هشت گونه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*)، کپور علفخوار (*Hypophthalmichthys molitrix*)، شش‌سیر (*Ctenopharyngodon idella*)، قباد (*Scomberomorus commerson*)، شوریده (*Scomberomorus guttatus*) و ساری (*ruber*) گزارش شده است (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۱).  
(۱۳۹۱).

با توجه به نتایج به دست آمده تجمع فلزات جیوه، آرسنیک و کادمیوم با میزان ترکیبات پروتئین، چربی و خاکستر موجود در عضله ماهی کفال طلایی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. باید توجه داشت که هنگامی که فلزات وارد بدن ماهی می‌شوند، ترکیبات آلی و مواد

به ترتیب ۲۲، ۲۴ و ۱۰/۱۳ درصد (Aberoumand, 2012)، ۱۸/۲۵ درصد در ماهی ماکرل (*Scomber scombrus*) (Makanjuola, 2012)، در ماهی کاد ۱۵/۷ درصد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶) و باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) ۵۰ درصد گزارش نموده‌اند (Bhourri et al., 2010). میزان چربی در ماهیان تون پهن (*Orcynopsis unicolor*)، تون زرده (*Liza affinis*)، کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*)، ۱۶، ۱۴ و ۰/۲۵ درصد (Aberoumand, 2012)، در ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) و ماکرل (*Scomber scombrus*) ۱۱/۱۴ و ۱۲/۳۳ درصد (Olagunju et al., 2012)، در کوسه ماهی نوک تیز (*Carcharhinus macroti*) ۶/۶۹ درصد (Al Ghabshi et al., 2012) و در ماهی هامور معمولی ۳/۰۳ درصد (Makanjuola, 2012)، در تون زردباله و ماهی کاد ۸ و ۰/۴ درصد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶)، در باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) ۲۱ درصد گزارش شده است (Bhourri et al., 2010). میزان خاکستر در باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) ۱۱/۵ درصد (Bhourri et al., 2010)، در سه گونه تون ماهی پهن (*Orcynopsis unicolor*)، تون زرده (*Euthynnus affinis*)، کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) به ترتیب ۳/۲۷ و ۱/۳۶ درصد (Aberoumand, 2012)، در هرینگ اقیانوس اطلس (*Clupea harengus*)، ماکرل (*Scomber scombrus*) ۱/۵۱ و ۱/۷۹ درصد گزارش شده است (Olagunju et al., 2012). علت تفاوت میزان پروتئین، چربی و خاکستر در تحقیقات ارائه شده احتمالاً به علت گونه ماهی، نوع تغذیه، جنسیت، سن،

سنگین متصل شوند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۸۹).

### سپاسگزاری

مقاله حاضر از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان استخراج شده است. نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از ریاست محترم واحد و معاونین محترم پژوهشی و آموزشی آن دانشگاه جهت همکاری‌های لازم در پیشبرد اهداف پژوهشی این تحقیق اعلام می‌دارند.

آنزیمی واکنش نشان داده و پس از اتصال به پروتئین‌ها به کمک گردش خون جابجا می‌شوند. عمده‌ترین پروتئینی که در سلول به فلزات سنگین اتصال می‌یابد متالوتیونین است. فلزات سنگین توانایی وادار کردن سلول‌ها به رونویسی ژن‌های متالوتیونین را دارند. به نظر می‌رسد که مسئولیت اصلی سمیت‌زدایی ماهیان از فلزات سنگین به عهده این پروتئین باشد، گرچه پروتئین‌های با وزن مولکولی کم نیز می‌توانند به فلزات

### منابع

- اسماعیلی ساری، عباس (۱۳۸۱). آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، صفحه: ۷۶۷.
- اسماعیلی ساری، عباس؛ نوری ساری، حسن و اسماعیلی ساری، ابوذر (۱۳۸۶). جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت، صفحه: ۲۲۶.
- امینی رنجبر، غلامرضا و ستوده‌نیا، فریبا (۱۳۸۴). تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلائی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، دوره ۱۴، شماره ۳، صفحات: ۱۸-۱.
- رضوی شیرازی، حسن (۱۳۸۶). تکنولوژی فرآورده های دریایی (اصول نگهداری و عمل آوری جلد اول). انتشارات پارس نگار، چاپ دوم، تهران، صفحه: ۳۲۵.
- ستاری، مسعود؛ شاهسونی، داور و شفیعی، شهنام (۱۳۸۲). ماهی‌شناسی ۲ (سیستماتیک). انتشارات حق شناس، چاپ اول، تهران، صفحه: ۵۰۲.
- عسکری ساری ابوالفضل و ولایت‌زاده محمد (۱۳۸۹). هیدروشیمی کاربردی در آبریان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، صفحه: ۲۲۴.
- عسکری ساری، ابوالفضل؛ ولایت‌زاده، محمد و محمدی، مریم (۱۳۸۹). میزان جیوه در دو گونه کفشک زبان گوی و گل خورکدر دو منطقه صیادی بندر امام خمینی و بندر عباس. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، دوره ۴، شماره ۲، صفحات: ۵۶-۵۱.

- عسکری ساری ابوالفضل و ولایت‌زاده محمد (۱۳۹۰). بررسی غلظت سرب و روی در بافت‌های کبد و عضله دو گونه ماهی پرورشی کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان. مجله دامپزشکی ایران، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۳۵-۳۰.
- عسکری ساری، ابوالفضل و ولایت‌زاده، محمد (۱۳۹۱). بررسی ارتباط تجمع آرسنیک با میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت در عضله هشت گونه ماهی در ایران. مجله بهداشت مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، دوره ۲، شماره ۳، صفحات: ۵۸-۴۹.
- عسکری ساری، ابوالفضل و ولایت‌زاده، محمد (۱۳۹۱). بررسی ارتباط تجمع فلز روی با میزان ترکیب شیمیایی عضله هشت گونه ماهی ایران. مجله فرآوری و نگه‌داری مواد غذایی، دوره ۴، شماره ۱، صفحات: ۹۹-۱۱۳.
- عسکری ساری، ابوالفضل و ولایت‌زاده، محمد (۱۳۹۲). تجمع زیستی فلزات سرب و روی در کبد و عضله کپور (*Cyprinus carpio*)، ماهی سفید (*Rutilus frisii kuttom*) و کفال طلائی (*Liza auratus*) بازار تهران. مجله بهداشت مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، دوره ۳، شماره ۱، صفحات: ۱۰۷-۸۹.
- ولایت‌زاده، محمد؛ جنت‌مکان، شیما؛ عسکری ساری، ابوالفضل و جواهری بابلی، مهران (۱۳۹۱). مقایسه ارزش غذایی عضله دو گونه ماهی کفال طلائی (*Liza auratus*) و کفشک زبان‌گاو (*Cynoglossus arel*) ایران. اولین همایش ملی علوم آبزیان. بوشهر، صفحه: ۶.
- ولایت‌زاده، محمد و عسکری ساری، ابوالفضل (۱۳۹۱). بررسی و مقایسه تجمع آرسنیک در عضله و کبد پنج گونه ماهی بومی استان خوزستان. نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران)، دوره ۶۵، شماره ۴، صفحات: ۴۶۱-۴۵۷.
- Aberoumand, A. (2012). Proximate composition of less known some processed and fresh fish species for determination of the nutritive values in Iran, *Journal of Agricultural Technology*, 8(3): 917-922.
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R. and Baeyens, W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 157: 499-514.
- 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.
- Al Ghabshi, A., Al-Khadhuri, H., Al-Aboudi, N., Al-Gharabi, S., Al-Khatri, A., Al-Mazrooei, N. and Sudheesh, P.S. (2012). Effect of the Freshness of Starting Material on the Final Product Quality of Dried Salted Shark. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4(2): 60-63.
- Allen-Gill, S.M. and Martynov, V.G. (1995). Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River. Northern Russia. *Sciences Total Environment*, 160-161: 653-659.
- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M. (2000). Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Journal of Science Total Environment*, 256: 87-94.
- AOAC, (1995). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. INC., Arlington, Virginia, USA.
- Askary Sary, A. and Velayatzadeh, M. (2012). Lead and Zinc levels in *Scomberomorus guttatus*, *Scomberomorus commerson* and *Otolithes ruber* from Hendijan, Iran. *Advances in Environmental Biology*, 6(2): 843-848.

- Mnari Bhouri, A., Bouhleb, I., Chouba, L., Hammami, M., El Cafsi, M. and Chaouch, A. (2010). Total lipid content, fatty acid and mineral compositions of muscles and liver in wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). African Journal of Food Science, 4(8): 522-530.
- 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.
- Dixon, H., Gil, A., Gubala, C., Lasorsa, B., Crecelius, E. and Curtis, L.R. (1996). Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. Environmental Toxicology and Chemistry, 16(4): 733.
- Eboh, L., Mepba, H.D. and Ekpo, M.B. (2006). Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Journal of Food Chemistry, 97(3): 490-497.
- Fuhrer, G.J., Stuart, D.J., Mckenzie, W., Rinella, J.F., Cranford, J.k., Skach, K.A., et al. (1996). Spatial and temporal distribution of trace elements in water, sediment and aquatic biota. U.S. Geological Survey, Portland. 190.
- Heath, A.G. (1987). Water pollution and fish physiology, (2<sup>nd</sup> ed.), CRC, Press, Boston, USA. 245P.
- Humtsoe, N., Davoodi, R., Kulkarni, B.G. and Chavan, B. (2007). Effect of arsenic on the enzymes of the robu carp, Labio rohita, The Raffles Bulletin of Zoology, 14: 17-19.
- Kalay, G. and Bevis, M.J. (2003). Structure and physical property relationships in processed polybutene. Journal of Applied Polymer Science, 88: 814-824.
- Linde, A.R., Sanchez-Galan, S., Izquierdo, J.I., Arribas, P., Maranon, E., Garcy, A., et al. (1998). Brown Trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. Ecotoxicol Environment, 40: 120-125.
- Makanjuola, O.M. (2012). Chemical Analysis of Flesh and Some Body Parts of Different Fresh Fish in South West Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition, 11(1): 14-15.
- Mormedoe, S. and Davies, I.M. (2001). Heavy metal concentration in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. Continental Shelf Research, 21: 899-916 .
- Olagunju, A., Muhammad, A., Mada, S.B., Mohammed, A., Mohammed, H.A. and Mahmoud, K.T. (2012). Nutrient Composition of *Tilapia zilli*, *Hemisyndontis membranacea*, *Clupea harengus* and *Scomber scombrus* Consumed in Zaria. World Journal Life Science and Medical Research, 2: 16-19.
- 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.
- Romeo, M., Siaub, Y., Sidoumou, Z. and Gnassia-Barelli, M. (1999). Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. Sciences Total Environment, 232: 169-75.
- Rouessac, F. and Rouessac, A. (2007). Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Sekhar, K.C., Chary, N.S., Kamala, C.T., Raj, D.S.S. and Rao, A.S. (2003). Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound Heavy Metals in Kolleru Lake by edible fish. Environment International, 29: 1001-1008.
- Turkmen, M. and Ciminli, C. (2007). Determination of metals in fish and mussel species By inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Journal of Food Chemistry, 103: 670-675.
- 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.
- Ubalua, A.O., Chijioke, U.C. and Ezeronye, O.U. (2007). Determination and Assessment Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria. Sciences Technology Journal, 7(1): 16-23.
- Watanabe, K.H., Desimone, F.W., Thiyagarajah, A., Hartley, W.R. and Hindrichs, A.E. (2003). Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. Science Total Environment, 302(1-3): 109 126.

## Association of Mercury, Cadmium and Arsenic bioaccumulation with the chemical compositions of *Liza auratus* muscle in Anzali Wetland

Janatmakan, Sh.<sup>1</sup>, Askary Sary, A.<sup>2</sup>, Javaheri Baboli, M.<sup>3</sup>, Velayatzadeh, M.<sup>4\*</sup>

1- M.Sc Graduate of Aquaculture, Khoozestan Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Associate Professor, Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3- Assistant Professor, Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

4- Young Researchers and Elite Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

\*Corresponding author email: mv.5908@gmail.com

(Received: 2014/1/30 Accepted: 2015/5/3)

### Abstract

This study aimed to evaluate protein, fat and ash contents as well as the concentrations of As, Hg and Cd in muscle tissues of *Liza auratus* cached from Anzali Wetland. Eighteen samples of *Liza auratus* were collected using gill net. Heavy metals were extracted using wet digestion method and the concentrations were measured by Atomic Absorption Spectrophotometer. Concentration of Hg, As and Cd in the muscle of mullet was  $57.20 \pm 7.56$ ,  $97.29 \pm 13.27$  and  $200.80 \pm 31.39$   $\mu\text{g/Kg}$ . Moreover, the percentage (mean $\pm$ SD) of protein, fat and ash in the muscle of the samples were determined as  $17.69 \pm 0.42$ ,  $0.74 \pm 0.08$  and  $1.37 \pm 0.12\%$ , respectively. The positive and significant relationship was observed between the concentration of Hg, As and Cd in the muscle of mullet ( $P < 0.05$ ). Besides, the highest correlation was found between Hg and As ( $R=0.982$ ,  $R^2=0.952$ ,  $P < 0.05$ ). Results also showed a relationship between concentrations of Hg, As and Cd with the chemical compositions of the muscle ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** Heavy metals, Muscle, Chemical compositions, Fish, Anzali Wetland