اکولوژی و اثرات متقابل زیست محیطی در آبزی پروری

مطالعه تجمع فلزات سنگین بر ماهی واثر آن بر سلامت انسان

مینا احمدی[1]، علی اصغر خانی پور[1]

۱-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران

چکیده:

در حال حاضر محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی برتری غذایی این فرآورده ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز به مصرف آنها افزوده میشود. ماهی علاوه بر اینکه یک ماده غذایی لذیذ و زود هضم می باشد ، حاوی مواد پروتئینی، مواد معدنی، ویتامین ها و اسیدهای چرب امگا ۳ است که در سلامت جسمی و روانی تأثیر مثبت زیادی دارد. ورود آلاینده ها (ازجمله فلزات سنگین) و تجمع آنها در بافت خوراکی آبزیان بواسطه خطراتی که برای انسان و دیگر موجودات ایجاد می کنند اهمیت ویژه ای دارند.این آلاینده ها در آبزیان ممکن است یا در شکل قابل دسترس متابولیکی باقی بمانند و یا بتدریج به وسیله تجمع در اندامهای مختلف آبزی ،خاصیت سمی پیدا کنند. متاسفانه افزایش جمعیت، توسعه شهر نشینی، صنایع و کشاورزی طی سالهای اخیر به دلایل مختلف نظیر تخلیه فزآینده ونامحدود پسابهای صنعتی و شهری و روانابهای تولیدی ناشی از فعالیتهای کشاورزی، ترکیبات مختلف فلزات را به همراه دارد که مستقیما ویا از طریق رودخانه ها به دریاها میریزند. فلزات سنگین آلاینده های پایداری بوده که برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی شوند و پس از ورود به بوم سامانه های آبی در بافت ها و اندام های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع یافته و سرانجام وارد زنجیره غذایی می شوند. میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبزیان و به خصوص ماهیان تابعی از شرایط بوم شناختی، فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی آب، نوع عنصر، آبزی و فیزیولوژی بدن جاندار است .این فلزات سنگین می توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان شود و سلامت و بهداشت مصرف کنندگان را به مخاطره انداخته و سبب بروز انواع بیماریهای خونی ، عصبی و حتی ژنتیکی گردد.

کلمات کلیدی: ماهی ، فلزات سنگین، زنجیره غذایی

[1] نویسنده مسئول Ahmadimina64@yahoo.com

مقدمه:

درجدول تناوبی به آن تعدادازعناصرکه وزن اتمی بالائی داشته و دردرجه حرارت اتاق خاصیت فلزی دارند فلزسنگین اطلاق میشود. علاوه بر کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها برخی از فلزات سنگین برای فعالیت بیولوژیکی سلول‌ها ضروری می‌باشند. برخی از فلزات مانند آهن برای زندگی جنبه حیاتی داشته و گروهی دیگر مانند مس و روی به مقدار جزئی برای فعالیت آنزیم‌ها ضروری هستندچنانچه میزان ورود این فلزات ضروری به بدن بیش از حد مورد نیاز باشد باعث ایجاد مسمومیت می‌شوند. (روحانی،۱۳۷۴). فلزات سنگین غیر ضروری و یا فلزات سمی در بدن آثار سمی‌تولید می‌نمایند ، حتی به مقدار کم بمدت طولانی مصرف شوندسمی هستند. فلزات با ترکیبات ضروری بدن از قبیل اکسیژن، گوگرد و ازت به صورت گروههایی از قبیل S-S، SH، OH، COO و COOH پیوند برقرار می‌نمایند. بیشتر ترکیبات ضروری بدن از جمله آنزیم‌ها و پروتئین‌ها دارای چنین گروههایی می‌باشند به همین دلیل به عنوان سموم آنزیمی عمل می کنند در نتیجه موجب وقفه فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در سنتز ترکیبات ضروری بدن می‌شوند استفاده از منابع خوراکی آبزی به ویژه ماهیان از گذشته به عنوان یکی از غذاهای بسیار مهم از نظر ارزش غذایی(پروتئین های با کیفیت بالا، چربی های اشباع نشده، ویتامین و مواد معدنی) و دارویی مطرح بوده است، به همین دلیل تحقیقات در زمینه بهداشت و سلامت آن از اهمیت ویژه ای بر خوردار است(حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). متأسفانه رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی سبب شده تا زباله ها و فاضلابهای شهری، صنعتی و کشاورزی سال به سال افزایش یافته و موجب آلودگی محیط زیست انسان و موجودات آبزی گردد. از نکات قابل توجه، آلودگی آبزیان به فلزات سنگین است، زیرا فلزات سنگین، آلاینده های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی شوند (Wen-Xiong, 2011) . فلزات سنگین از طریق تنفس، همراه غذا یا جذب از طریق پوست وارد بدن می شوند که اگر با سرعتی بیش از راه های سم زدایی بدن، در بافتها تجمع یابند، به تدریج سمیت خود را آشکار میکنند. مسیر غالب برای جذب فلزات سنگین، با توجه به ارگان های هدف و حساسیت ارگانیسم، بسیار متغیر میباشد و به عواملی مانند غلظت فلز، سن، اندازه، وضعیت فیزیولوژیکی، زیستگاه، رفتار تغذیه و سرعت رشد ماهی وابسته است (Demirezen et al, 2006) متاسفانه افزایش جمعیت ، توسعه شهر نشینی ، صنایع و کشاورزی طی سالهای اخیر به دلایل مختلف نظیر تخلیه فزآینده و نامحدود پسابهای صنعتی و شهری و روانابهای تولیدی ناشی از فعالیتهای کشاورزی ، ترکیبات مختلف فلزات را به همراه دارد که مستقیما ویا از طریق رودخانه های منتهی به دریاها میریزند، ورود این آلاینده ها سبب بهم خوردن سیستم طبیعی دریا شده و در دراز مدت باعث تجمع زیستی (Bioaccomulation) عناصر آلاینده و فوق سمی در بافت آبزیان به خصوص ماهیان شده و به دلیل وارد

شدن در زنجیره غذایی می تواند سلامت و بهداشت مصرف کنندگان را به مخاطره انداخته و سبب بروز انواع بیماریهای خونی ، عصبی و حتی ژنتیکی گردد (فتح الهی دهکردی،۱۳۸۲).

منابع آلودگی دریاها:

۱-نوسانات سطح آب دریا

۲-مشکلات بوم شناختی

۳-مسائل زیست شناختی

۴-فعالیت های نفتی و صنعتی

تغییرات کمی و کیفی در تجمع زیستی آلاینده ها در آبزیان به چند عامل بستگی دارد:

۱- فاکتورهای حیاتی(زیستگاه، آلودگی نسبی در زنجیره غذایی، بلوغ جنسی)

۲- فاکتورهای فیزیولوژیکی(جنس، میزان جربی، رفتار تغذیه، ترکیب بافت و ظرفیت متابولیکی)

۳- غیر حیاتی(ویژگیهای زیست محیطی مانند:pH ؛ دما؛ شوری، غلظت اکسیژن محلول و...)

میزان تاثیر شرایط اکولوژیکی بر خط سیر آلاینده ها در طول زنجیره های غذایی :

در این خصوص احتمالا دو عامل دخیل می باشد :

۱- میزان آلودگی مواد غذایی ماهی ها به آلاینده ها:

تحقیقات متعدد نشان داده اند که آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی بیشتر با بررسی رسوبات ماکروفیت ها و جانداران کفزی آشکار خواهد شد تا با اندازه گیری مقادیر فلزات در آب . الگوی پراکنش مذبور معمولا در مورد آلودگی های شدید و جزئی قابل تعمیم میباشد. ماهی ها بسته به شرایط زیستگاه و رژیم غذایی ممکن است در چنین موقعیت هایی در معرض خطر واقع شوند. به عنوان مثال مشخص گردیده است که در ماهیان کفزی تجمع فلزات سنگین بیشتر بواسطه ارتباط مستقیم آنها با رسوبات حاوی فلزات می باشد. بلع رسوبات و بی مهرگان کفزی احتمالا عامل عمده جذب فلزات در این ماهی ها میباشد. (Noga. 2000)

۲- کاهش تنوع گونه ای :

برخی از دانشمندان در تحقیقات خود بدین نتیجه رسیده اند که آلودگی فلزات سنگین ممکن است منجر به حذف گونه های حساس گردد و از اینرو گونه های مقاوم تر و فرصت طلب افزایش می یابند. در نتیجه روابط غذایی ساده تر و زنجیره های غذایی کوتاه تر شده و ماهیان طعمه خوار ناچار به تغذیه از انواعی محدود یا حتی یک گونه از جانداران مقاوم تر (در قبال آلودگی به فلزات) می گردند. مقاومت موجودات زنده مورد تغذیه این ماهی ها ناشی از دو اثر متضاد می باشد: از یک سو سم زدایی بواسطه وارد کردن این مواد در سلولها و از سوی دیگر دفع فلزات . در میان آبزیان واجد توان سم زدایی مواد غذایی ، جاندارانی همچون جور پایان ، حلزونها و کرم های لجن قادر به ذخیره سازی مقادیر متنابهی از فلزات سنگین میباشد. انتخاب چنین گونه های مقاوم در زیستگاههای آلوده ، مبین یک مکانیسم پس خور مثبت است که بواسطه آن انتقال آلاینده ها در زنجیره های غذایی تشدید می گردد .(احمدی؛۱۳۸۷)

جذب فلزات در ماهیها:

در ماهیها سه راه برای ورود فلزات بداخل بدن محتمل می باشد. سطح بدن، برانشی ها و دستگاه گوارش (Flick et al,1985). دو مکانیزم فعال و غیر فعال برای جذب و انتقال فلزات وجود دارد و این مکانیزمها وابسته به کیفیت آب ، رژیم غذایی ، فعال بودن متابولیسم، مراحل رشد و تکامل، تماس قبلی ماهیان با این فلزات و تکرار تماس و مجاورت با سایر فلزات متفاوت است. همچنین مسیرهای جذب به تأثیر متقابل بین فلزات سنگین و انتقال پروتئین هایی که جذب سایر یونها را تنظیم می کند وابسته است. کادمیوم و روی به عنوان عناصری که باعث تغییر در متابولیسم کلسیم در ماهی می شوند، شناخته شده اند. بین انتقال کلسیم و کادمیوم و روی در ماهیان آب شیرین یک هماهنگی وجود دارد و گزارش شده است که انتقال یونهای فلزی به داخل بدن ماهی از طریق سلولهای کلراید آبشش رخ می دهد. این موضوع پذیرفته شده است که شکل یونی عناصر به سهولت بیشتری بوسیله ماهی جذب می شوند. در ماهیان آب شیرین بدلیل ورود آب از طریق آبشش به بدن ماهی به منظور حفظ تعادل اسمزی ممکن است برخی مواد شیمیایی به عنوان واسطه کمک به سهولت این عمل را تسهیل نمایند. (Goyer.1992)

۱- جذب سطحی :

تنها شواهد اندکی مبنی بر جذب فلزات سنگین از طریق پوست موجود می باشد بلکه معمولا چنین پنداشته می شود که سطح بدن ماهیها کم و بیش مانع ورود مواد زیانبار موجود در آب بداخل بدن می گردد. حتی برخی از دانشمندان بر این عقیده اند که ترشح مواد مخاطی بر روی پوست بدن ماهیها از ورود به داخل بدن ممانعت می کند. (احمدی،۱۳۸۷)

۲- جذب از طریق برانش ها:

تعبیر مذکور در خصوص حائز اهمیت نبودن نقش پوست در ورود فلزات سنگین بداخل بدن ماهیها در مورد برانشی ها مصداق ندارد. برانشی ها نه تنها اندامهای اصلی تبادل گازها می باشند، بلکه نقش قابل ملاحظه ای را در جذب یونها ی فلزی ضروری و غیر ضروری از آب بر عهده دارند بعنوان مثال در یک تحقیق پس از قرار دادن ماهیها در آبی حاوی فلزات روی و کادمیوم ، فلزات مذکور در برانشی های آنها یافت می شدند، مدارکی دال بر انتقال فعال عناصر فلزی آلوده کننده به داخل بدن ماهی از طریق آبشش وجود ندارد. اما ممکن است انتقال دهنده های واسطه ای برای این منظور وجود داشته باشند. این انتقال دهنده ها بطور معمول موادی هستند که باعث سهولت انتقال موادی مانند کلسیم می شوند. فلزات موجود در آب توسط بافت آبششی جذب می شوند و میزان این جذب در کمانهای آبششی مختلف متفاوت است . ثابت شده است که اولین ۲ کمان آبششی ۱/۵ تا۳ برابر بیشتر از ۲ کمان آبشی آخری سرب،کادمیوم و کرومیوم را جذب می کنند . سرعت جذب فلزات داخل بافت آبششی نسبت به میزان متابولیسم به وزن ماهی متفاوت است بنابراین ماهیان کوچک فلزات سنگین را با سرعت بیشتری نسبت به ماهیان بزرگتر جذب می کنند. زیرا آب در میان آبشش ماهیان کوچک با سرعت بیشتری جریان می یابد. کم اکسیژنی سبب تجمع بیشتر کادمیوم،کرومیوم یا سرب توسط آبشش می شود. به هر حال محققین در یافته اند که سرعت جذب روی از طریق آبشش هنگامیکه آب به کمبود اکسیژن دچار است ، کمتر یا آرامتر است ولی علت آن مشخص نیست(Olsson,1998) تحقیقات انجام شده و نتایج بدست آمده نشان می دهد که روی با سرعت خیلی بیشتری از جیوه در ماهیان آب شیرین جذب می شود و چنین تفاوتهای هم ممکن است از نظر میزان جذب بین فلزات وجود داشته باشد پس از جذب فلزات سنگین توسط برانشی ها ،این فلزات در تمامی بدن پراکنده شده و در اندامهای بخصوصی تجمع می یابند . (Heath.1987) علاوه بر این در برخی مطالعات مشخص گردیده است که فلزات سنگین موجب بروز تغییرات زیانباری در سیمای ظاهری برانشی ها می گردند بر اساس بررسی های انجام شده در ماهیان مختلف تنها ۱۰ تا ۵۰ درصد جیوه تجمع یافته در بدن ماهیها بواسطه غذا می باشد و ۵۰ تا ۹۰ درصد آن به علت جذب از طریق آب می باشد . کادمیوم و سرب نیز بیشتر به شکل محلول جذب بدن ماهیها می شونددر مجموع می توان چنین اظهار نظر نمود که ظاهرا برانشی ها گذرگاه مناسبی برای ورود فلزات سنگین محلول در آب ، بداخل بدن ماهیها می باشند (احمدی،۱۳۸۷) .

مکانیسم جذب :

راهها و روشهای مختلفی برای جذب فلزات وجود دارد که به شکل شیمیایی آنها (یونی ویا ترکیب با مواد معدنی و یا آلی) بستگی دارد . یونهای فلزی اغلب بصورت انتشار غیر فعال یا انتقال بوسیله حمل ونقل کننده های واسطه از طریق آبشش جذب می شوند. اما وقتی فلزات در آب بصورت ترکیب با مواد آلی وجود داشته باشند بلعیده شده و بصورت اندوسیتوز در روده جذب می شوند. در اغلب

مطالعات بهترین مکانیزم شناخته شده در مهره داران پست، روش انتقال فلزات سنگین بوسیله سلولهای کلرایدازاپی تلیال آبشش است (Wichlund. 1990) .به نظر می رسد که یونهای روی و کادمیم از طریق گذرگاههای کلسیم وارد سلولهای کلراید می گردند و زمانیکه فلزات به داخل سلول انتقال یافتند در تداخل با اجزای سیتوپلاسم سلولی مانند آنزیمهای سیتوپلاسمیک که منجر به اثرات سمی می گردد یا متالوتیونین (که فعالیت ضد سمی دارد) قرار گرفته و تا حدی اثرات سمی آنها کاهش می یابد. گر چه متالوتیونین تولید شده در آبشش در حدی نیست که قادر به کنترل اثرات سمی کادمیم باشد زیرا سلولهای کبد بعنوان تولید کنندۀ عمدۀ متالوتیونین مطرح هستند. عقیده بر این است که میل ترکیبی زیاد کادمیوم به محلهای اتصال یون کلسیم در آبشش و همچنین اتصال cd +2 بر روی محلهای فعال، پمپ های کلسیم در سلولهای کلراید مکانیسم اصلی ورود کادمیم به آبشش ماهی است، کادمیم پس از ورود به آبشش از طریق گذرگاههای کلسیم در بخش قدامی سلولهای اپی تلیال ، تحت تأثیر Ca – ATP ases وارد گردش خون می شود . یون جیوه که از لحاظ اندازه از یونهای کادمیم و کلسیم بزرگتر است از نظر فیزیکی ، توانایی نفوذ در غشاء سلولها از طریق گذرگاههای کلسیمی را ندارد و بنظر می رسد که قابلیت انحلال لیپید در کمپلکس جیوه در جذب جیوه آن بسیار مهم باشد و اعتقاد بر این است که برداشت جیوه به کمک انتشار غیر فعال از طریق غشاهای لیپیدی باشد. (Olsson,1998)

- دستگاه گوارش :

جذب ذرات فلزی غیر محلول توسط ماهیها تنها از طریق دستگاه گوارشی میسر است. در بسیاری از اکوسیستم های آبی ، آلودگی ماهیها بواسطه استفاده غذایی از موجودات زنده حاوی فلزات بوده است. غذاهای آلوده به فلزات به عنوان یک منبع بسیار آلوده تر از آب مطرح می باشند. زیرا حتی در آبهای بسیار آلوده معمولا غلظت فلزات کمتر از مواد غذایی مورد استفاده ماهی ها می باشد. بطور کلی می توان گفت لوله گوارشی و برانشی ها هر دو واجد نقشی قابل ملاحظه ای در جذب فلزات توسط ماهی ها می باشند. فلزات محلول در آب ترجیحا از طریق برانشی ها و ترکیبات فلزی غیر محلول توسط دستگاه گوارشی جذب بدن می گردند. (احمدی،۱۳۸۷)

- چگونگی انتشار فلزات سنگین در بافتها :

فلزات سنگین پس از ورود به گردش خون در نهایت در اندامهای مختلف بدن توزیع می شوند میزان این انتشار در اندامهای مختلف به عواملی مانند نیاز غذای بدن ماهی به عنصر مورد نظر (مس و روی) تمایل سیستم به دفع فلز (کادمیم) و تغییراتی که در سلولها بر روی فلز وارد شده رخ می دهد وابسته است . فلزات سنگین وارد شده به خون یا به صورت آزاد و در غیر اینصورت بصورت اتصال یافته با پروتئین حمل می شوند. می توان عنوان نمود که فلزات محلول توسط آبشش ها (در ماهیان آب شیرین) و توسط روده (در ماهیان آب شور) جذب می شوند . گر چه این مسیرهای جذب در هر دو گروه ماهیان آب شیرین و شور مطلق نمی باشد. این عناصر در اندامها و

بافتهای مختلف بدن تجمع می یابند و سپس از طریق ترشحات صفراوی به روده و به دنبال آن به همراهی مدفوع به داخل آب رها می شوند. ادرار و آبشش مسیرهای بعدی دفع فلزات سنگین در ماهیان محسوب می شوند. (Olsson,1998)

معیارهای آلایندگی :

غلظت آلاینده ها در موجودات بر حسب قسمت در میلیون و یا قسمت در بیلیون تعیین و بیان می شود. غلظت مواد را می توان بر اساس وزن تازه و یا وزن خشک بافت موجود محاسبه نمود . وزن تر عبارت از وزن نمونه ای از کل بافت بدن حیوان است که در زمان صید برداشت می شود. وزن تازه یعنی پس از اینکه جانور از محیط آبی خارج شده و تقریبا آب آزاد بدن آن خشک گردیده باشد. وزن خشک عبارت از وزن بافت پس از خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و حذف آبهای میان بافتی و غیر متصل می باشد. میزان آب بافتها در اندامهای مختلف جانوران متفاوت است. تعیین غلظت آلاینده ها در رسوبات بستر محیط آبی همیشه بر مبنای وزن خشک نمونه است. (جلالی،۱۳۸۶)

مخاطرات:

در مبحث حفاظت محیط زیست، بهداشت و سلامت انسانها فلزاتی مانند سرب، جیوه، مس، کادمیوم، نیکل،کروم و.. به لحاظ اثرات سوء و زیانبارشان بر سلامت انسان و محیط زیست از سموم پرخطر پیرامون ما محسوب می گردند (صفوی، ۱۳۷۸). این سموم در هوای تنفسی، آب آشامیدنی، مصالح ساختمانی، لوازم آشپزخانه و حتی البسه موجود می باشند. یکی از اساس ترین مسئله در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آنها در بدن می باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده بلکه در بافتهائی مثل چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می گردند که همین امر موجب بروز بیماریها و عوارض متعددی در بدن می شود. فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می گردند. مثلاً در صورت کمبود روی در مواد غذایی کادمیوم جایگزین آن می گردد. (کریم و همکاران ، ۱۳۹۱) به طور کلی اختلالات عصبی (پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی) – انواع سرطان ها – فقر مواد مغذی – بر هم خوردن تعادل هورمونها – چاقی – سقط جنین – اختلالات تنفسی و قلبی، عروقی – آسیب به کبد، کلیه ها و مغز – آلرژی و آسم – احتلالات غدد درونریز–عفونتهای ویروسی مزمن – کاهش آستانه تحمل بدن – اختلال در عملکرد آنزیمها – تغییر در سوخت و ساز – ناباروری – کم خونی – خستگی – تهوع و استفراغ – سردرد و سرگیجه – تحریک پذیری – تضعیف سیستم ایمنی بدن – تخریب ژنها – پیری زودرس–اختلالات پوستی – کاهش حافظه – بی اشتهایی – التهاب مفاصل – ریزش مو – پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ از نتایج اثرات ورود فلزات سنگین به بدن انسان می باشد (احمدی؛۱۳۸۷). از طرفی خاصیت تجمع پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آنها به زنجیره غذائی خطرات ناشی از آنها را دو چندان می کند.با رشد صنعت و افزایش

مصرف مواد شیمیائی ورود آنها در آب ، خاک و هوا و آلوده شدن محیط احتمال رویاروئی انسان با خطرات ناشی از آنها بیشتر شده است (امینی رنجبر و همکاران؛۱۳۸۴).

منابع:

امینی رنجبر.غلامرضا. ستوده نیا، ف .۱۳۸۴.تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن، جنسیت).مجله علمی شیلات ایران ، شماره ۳، سال چهاردهم ، صفحات ۱۸-۱

احمدی.مینا.۱۳۸۷. فلزات سنگین در محیط آبی و تاثیر آن در آبزیان .پایان نامه کارشناسی.دانشگاه آزاد اسلامی واحد تالش

بابائی سیاهکل. هادی. ۱۳۸۳. بررسی جذب فلزات سنگین در صدفهای آنادونت تالاب بین المللی انزلی . پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم و فنون دریایی گروه شیمی دریا

حسینی ، هدایت ؛ قراگوزلو، س ؛ تاج زاده ، م ؛ معینی ،س؛ محمودزاده ، م ؛ خاکسار ،ر؛ ۱۳۸۸؛ بررسی تعیین تغییرات شیمیایی و حسی ایجاد شده در خمیر ماهیان فیتوفاگ و بیگ هد پس از شستشو با آب نمک و فرمولاسیون بهینه آن در طی نگهداری در شرایط انجماد ۱۸- درجه سانتیگراد ؛مجله علمی شیلات ایران ؛ (۳).

جلالی جعفری, بهیار.۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب.انتشارات مانٍ کتاب. ص۲۴

روحانی ، مصطفی .۱۳۷۴. تشخیص ، پیشگیری، درمان بیماریها و مسمومیت های ماهی (ترجمه) انتشارات اداره کل آموزش و ترویج . معاونت تکثیر و پرورش شیلات ایران صفحه ۲۵۶-۱.

صفوی،ا،۱۳۷۸، مطالعات آلودگی آب دشت شیراز و دریاچه مهارلو به فلزات سنگین طرح پزوهشی،سازمان حفاظت محیط زیست استان فارس

فتح الهی دهکردی ،فرزاد،۱۳۸۲ . بررسی عمکرد سیستم تالاب انزلی در کاهش و حذف آلاینده های شهری،صنعتی،کشاورزی-دانشگاه اصفهان-پایان نامه کارشناسی ارشد ،مهندسی محیط زیست

کریم،گیتی .کیایی.م.رکنی،ن.روحانی،م. مطلبی.ع.۱۳۹۱. وضعیت آلودگی مواد غذایی با منشا دامی و آبزیان به فلزات سنگین درکشور. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره ۳۴ ، دوره ۹

نظامی بلوچی. شعبانعلی. ۱۳۸۵. مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب تالاب انزلی و رودخانه های ورودی و خروجی آن. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی

Demirezen, D. and Uruc, K. (2006). Comparative study trace elements in certain fish meat and meat products. Journal of Meat Science. 74, PP. 255-260.

Goyer, R.A.(1992) .Toxic effects of metals. In.Amdue, M.O,Doull,J.Klassen,C.D.(eds)Cassarett and Doulls Toxicology. The Basic Science of Poisons.Perymon Press,pp,623-680

Heath, A.G.(1997). Water pollution and fish physiology.(2nded).CRC.Press.Boston, USA.2545pp.

MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G. and Berger, T. A., (2000), Development and evaluation of consensusbased sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol, 39. 20-31.

Noga, E.J.(2000).Fish disease , diagnosis and treatment .Iowa State University press.Iowa, USA.367pp.

Olsson ,p.e. (1998):disorders associated with heavy metal pollution .In:Fish diseases and disorders.(Vol 2).Non infectious disorders.leather land J.F,Woo P.T.K(eds).CAB International Publishing .Oxford,Egland,386pp.

Wichlund.A(.1990).Metabolism of cadmium and zinc in fish.Ph.D.Thesis. University of Uppsala.Sweden.

Wen-Xiong, W., Ke, P. (2011). Trace metal contamination in estuarine and coastal environments in China. Science of the Total Environment STOTEN-12537, PP. 1- 14.