Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 36-46 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۳۶-۴۶ (۱۴۰۲)

تأثیرجیره غذایی حاوی پودر سیر (*Allium sativum*) بر میزان انباشت زیستی جیوه و زمان ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

حسین بختیاری[۱]، ابراهیم علیزاده‌دوغیکلایی[۱]، محسن شهریاری‌مقدم[۲*]، احسان احمدی‌فر[۱]

[۱]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
[۲]گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹**

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر جیره غذایی حاوی پودر سیر بر میزان جذب کلرید جیوه در فیله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و زمان ماندگاری آن در یخچال انجام شد. بدین‌منظور ماهیان با جیره حاوی ۲٪ پودر سیر، جیره حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه و جیره حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه به‌مدت ۵۶ روز تغذیه شدند. در پایان دوره پرورش شاخص‌های رشد (افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه) و میزان تجمع جیوه در فیله اندازه‌گیری شدند. همچنین سنجش فراسنجه‌های شیمیایی (شاخص تیوباربیتوریک اسید) و میکروبی (تعداد کل باکتری‌های مزوفیل و تعداد کل باکتری‌های سرمادوست) ماهیان پس از فیله شدن طی نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. نتایج شاخص‌های رشد نشان داد که افزایش وزن (۱۵/۰۶±۰/۸۰) و نرخ رشد ویژه (۰/۸۸±۰/۰۴) ماهیان تغذیه شده با کلرید جیوه کاهش ولی ضریب تبدیل غذایی (۴/۰۱±۰/۲۳) افزایش یافت ($P<0/05$). بیش‌ترین میزان تجمع جیوه در فیله ماهیان تغذیه شده با کلرید جیوه (۵۰۶/۱۲±۱۹/۶۷ نانوگرم بر گرم) وکمترین میزان تجمع جیوه در فیله ماهیان تغذیه‌شده با کلرید جیوه به‌همراه پودر سیر (۲۵۵۹/۳۰±۲۶/۱۳ نانوگرم بر گرم) مشاهده گردید ($P<0/05$) و جیره‌های غذایی مختلف تأثیرمعنی‌داری بر فراسنجه‌های شیمیایی و میکروبی فیله نگهداری شده در یخچال نداشت ($P>0/05$). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از پودر سیر در جیره غذایی روش کارآمدی در کاهش تجمع جیوه در فیله ماهی کپور معمولی بوده اما با توجه به آنکه تأثیر معنی‌داری ($P<0/05$) بر میزان زمان ماندگاری فیله طی نگهداری در یخچال نداشته است (۶ روز) بنابراین استفاده از این روش برای افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی توصیه نمی‌شود.

کلید واژگان: سیر، کلرید جیوه، ماهی کپور معمولی، زمان نگهداری، فیله

*نویسنده مسئول mohsen.shahriari@uoz.ac.ir

مقدمه

امروزه با رشد جمعیت انسانی، صنعت آبزی‌پروری و تولید گونه‌های آبزی در ایران و جهان توسعه و پیشرفت داشته است. براساس آمار سازمان خواروبار جهانی (FAO) میزان تولید ماهی از طریق آبزی‌پروری در ایران از ۶۲۵۵۰ در سال ۲۰۰۱ به ۴۷۸۷۳۷ تن در سال ۲۰۲۱ رسیده است. ماهی به‌عنوان منبع غنی از پروتئین برای مصرف‌کنندگان بوده و همچنین غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع و مواد معدنی می‌باشد. جیوه به دو روش انسانی و طبیعی وارد محیط‌زیست می‌شود. از روش‌های طبیعی ورود جیوه به محیط‌زیست می‌توان به فعالیت‌های آتشفشانی و فرسایش سنگ و خاک اشاره کرد. همچنین کودهای شیمیایی، معدن‌کاری و سوخت‌های فسیلی از منابع انسانی ورود این فلز به محیط‌زیست عنوان شده است (Chen and Evers, 2023).

به‌طور کلی، فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، صنعت و پساب های شهری، به‌عنوان منابع اصلی ورود فلزات سنگین به سیستم‌های آبی در نظر گرفته می‌شوند (Firmino *et al*., 2021). فلزات سنگین به‌طور طبیعی در محیط‌زیست وجود دارند، اما ورود بیش از حد آن‌ها موجب بر هم خوردن تعادل اکوسیستم و همچنین تنوع زیستی ارگانیسم‌های آبزی می‌شود (Jennings *et al*., 2016). همچنین اثر مخربی بر زیستمندان؛ به ویژه ماهی‌ها داشته و بر کیفیت فرآورده‌های آبزی‌پروری نیز تأثیرگذار است (Abd El-Gawad and Ramzy, 2013). برخی فلزات سنگین در غلظت‌های کم در بدن موجودات زنده نقش‌های کلیدی ایفا می‌کنند. با این وجود، زمانی که غلظت آن‌ها در محیط افزایش پیدا کند، با توجه به آنکه در مقابل تجزیه زیستی مقاوم هستند در بافت‌های مختلف انباشته و وارد زنجیره غذایی می‌شوند و بر سلامت ارگانیسم‌ها و انسان اثرات منفی دارند (خسروی و همکاران، ۱۳۹۹).

جیوه یک آلاینده فلزی با تأثیرات منفی فراوان بر سلامت انسان است. سازمان بهداشت جهانی، جیوه را به‌عنوان یکی از ۱۰ ماده شیمیایی مضر برای سلامت عموم اعلام کرده است (WHO, 2020). میزان جیوه در محصولات آبزیان، مواد غذایی و محیط‌های شغلی می‌تواند به حدی برسد که برای سلامت انسان نگرانی‌هایی به‌همراه داشته باشد (UNEP and WHO 2008). مسیر اصلی ورود جیوه به بدن انسان از طریق مصرف ماهی‌ها و فراوردهای آبزی است. جیوه اثرات منفی سلولی، قلبی، هماتولوژیک، ریوی، کلیوی، ایمنی‌شناختی، عصبی، اندوکرینی، تولید مثلی و اثرات منفی بر جنین دارد (Rice *et al*., 2014). اگر چه در بسیاری از موارد استفاده از مواد و داروهای شیمیایی آسان‌تر است، اما امروزه با توجه به تمایل بیشتر مردم به استفاده از ترکیبات طبیعی به جای مواد شیمیایی، استفاده از گیاهان و فراورده‌های آن‌ها در صنعت آبزی‌پروری نیز با استقبال زیادی روبه‌رو شده است. سیر (*Allium sativum*) گیاهی از راسته مارچوبه‌ای‌ها (Asparagales) و متعلق به خانواده Liliaceae است. سیر نه تنها به‌عنوان چاشنی، بلکه به‌دلیل داشتن خواص زیستی متنوع، از دیرباز مورد استفاده بوده است. سیر دارای ترکیبات سولفوردار فراوانی است که عمدتاً به‌صورت مشتقات سیستئین وجود دارد. آلسین یک ترکیب دارای سولفور است که از سیر استخراج می‌شود و دارای خواص آنتی‌اکسیدان و ضد باکتریایی قوی است و سهم مهمی در خواص دارویی این گیاه دارا است (Yousefi *et al*., 2020)، همچنین از دیگر ترکیبات موجود در سیر می‌توان به ساپونین‌ها، ترکیبات فنولی و پلی‌ساکاریدی اشاره کرد (Verma *et al*., 2023). مطالعات نشان داده‌اند سیر می تواند بر رشد ماهی *Lateolabrax japonicas* و قزل‌آلای رنگین کمان دارای اثرات مثبت باشد (Büyükdeveci *et al*., 2018, Xu *et al*., 2020). با این وجود برخی محققین عدم تأثیر مثبت این گیاه را بر رشد *Lates calarifer* (Talpur *et al*., 2012) و *Labeo rohita* (Sahu *et al*., 2007) گزارش کرده‌اند. این گیاه موجب مقاومت ماهی‌ها در برابر استرس آمونیاک (Esmaeili *et al*., 2017) و همچنین افزایش ایمونوگلوبولین‌ها در ماهی *Dicentrarchus labrax* (Abdel-Tawwab *et al*., 2021) شده است. استفاده از عصاره سیر در پوشش‌هایی در مقیاس نانو نیز در بهبود پارامترهای بیوشیمیایی و ایمونوهماتولوژیکی در ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان (Adineh *et al*., 2020) مؤثر بوده است. با توجه به اینکه صنعت آبزی‌پروری تأمین‌کننده بخشی مهمی از نیاز غذایی جوامع است، انتقال آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی به

بدن انسان می‌تواند سلامت جامعه را تهدید کند (رادخواه و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد که تغذیه و یا تفاوت‌های متابولیک ممکن است در جذب و یا دفع فلزات سنگین تأثیرگذار باشد (Canuel *et al.*, 2006). ترکیباتی که دارای توان تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین هستند، می‌توانند در دفع فلزات سنگین از بدن است مؤثر باشند. این ترکیبات با تشکیل کمپلکس حرکت و دفع کاتیون‌های فلزی را افزایش می‌دهد (Howard *et al.*, 2023). گزارش شده است که برخی ترکیبات موجود در سیر از قبیل پلی‌ساکاریدها بر دسترسی بیوشیمیایی و انتقال فلزات سنگین به اعضای هدف تأثیر می‌گذارند و پاسخ‌های ایمونولوژیک، بیوشیمیایی یا سیتولوژیکی به فلزات سنگین را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Bai *et al.*, 2022). در نتیجه به نظر می‌رسد استفاده از سیر در جیره غذایی بتواند موجب کاهش انباشتگی جیوه در بدن ماهی شود. با توجه به مطالب ذکر شده، مطالعه حاضر با هدف اصلی بررسی تأثیر جیره غذایی حاوی پودر سیر بر میزان جذب کلرید جیوه و زمان ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی و تیمارها: ۱۲۰ عدد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزنی ۱/۶۲±۲۳/۸۰ گرم و طول کل ۰/۷±۱۱/۳۵ سانتی‌متر از مرکز تکثیر و پروش ماهیان شهرستان زهک خریداری و به‌مدت یک هفته در آزمایشگاه آبزیان دانشگاه زابل سازگار شدند. در طول این مدت، ماهیان به‌صورت روزانه ۳ نوبت در روز با غذای تجاری فرادانه به میزان ۴ درصد وزن بدن تغذیه شدند. پس از طی دوره سازگاری (۷ روز) ماهیان به آکواریوم ها منتقل و آزمایش‌ها با ۴ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر)، تیمار ۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه)، تیمار ۴ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه). ماهی‌ها در آکواریوم‌های با حجم آبگیری ۱۰۰ لیتر به‌طور تصادفی ذخیره‌سازی شد. ماهیان با ۴ درصد وزن بدن در چهار وعده به‌مدت ۵۶ روز غذادهی شدند. ماهیان در انتهای دوره پرورش با استفاده از عصاره پورد گل میخک بیهوش شدند و شاخص‌های رشد (نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی) اندازه‌گیری شدند.

(میانگین وزن اولیه–میانگین وزن نهایی)/مقدار غذای مصرف شده =ضریب تبدیل غذایی

۱۰۰×تعداد روز های پرورش/ (Ln وزن اولیه–Ln وزن نهایی) =ضریب رشد ویژه

پس از بیهوشی، ماهی‌ها سرزنی، خالی کردن امعا و احشا و پوست‌کنی انجام و فیله تهیه شد. سپس فیله‌ها به‌صورت جداگانه در بسته‌بندی پلی‌اتیلنی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹ روز نگهداری شدند. به‌منظور سنجش میزان جیوه در فیله‌ها، ۱ گرم نمونه خشک به‌همراه ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط غلیظ اسید (۸ میلی لیتر HNO_3، ۱۰ میلی‌لیتر H_2SO_4 و ۲ میلی‌لیتر $HCLO_4$) به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که رنگ مخلوط هضم از زرد به محلول بی‌رنگ تغییر کند، ادامه پیدا کرد (Endo *et al.*, 2002). در پایان، سنجش میزان جیوه در نمونه‌های هضم شده با استفاده از دستگاه جذب-اتمی (YOUNGLIN مدل ASS 8020) و روش بخار سرد انجام گردید. همچنین فراسنجه‌های شیمیایی و میکروبی فیله‌ها در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹ طی نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شدند.

ساخت و آماده‌سازی جیره‌های غذایی: جهت آماده‌سازی جیره غذایی ابتدا سیر مورد نیاز برای انجام پروژه از بازار شهرستان زابل خریداری شد. پس از جداکردن پیازچه‌ها به‌صورت دستی، پیازچه‌ها پوست‌کنی، شستشو و ضدعفونی شدند. سپس خشک کردن پیازچه‌ها در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون انجام شد. سپس توسط آسیاب برقی پودر و الک (۲۵۰ میکرومتر) گردید. پودر سیر (۲٪) و کلرید جیوه (۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا) بر اساس تیمارهای آزمایشی با غذای نرم‌شده مخلوط و سپس با استفاده از دستگاه اکسترودر به‌صورت پلت فشرده و در نهایت در دمای محیط خشک شد. پس از آن غذای ساخته‌شده در کیسه‌های نایلونی استریل زیپ‌دار بسته‌بندی و درون فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و با توجه به میانگین وزنی ماهیان غذادهی شدند.

بررسی‌های میکروبی: ۱۰ گرم نمونه فیله در شرایط استریل با ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط و به‌مدت ۶۰ ثانیه با استفاده از دستگاه هموژنایزر (IKA T10 basic

Germany,) همگن گردید. پس از تهیه رقت سریالی (10^{-9})، ۱۰۰ میکرولیتر از هر رقت بر روی محیط کشت نوترینت آگار در شرایط استریل ریخته و سپس توسط میله شیشه‌ایی استریل به‌طور سطحی پخش و کشت داده شدند. سپس پلیت‌ها پس از ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای تعداد کل باکتری‌ها (Li *et al*., 2012) و پس از ۷ روز گرمخانه‌گذاری (Velp FTC 90 I) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای باکتری‌های سرمادوست (Smaoui *et al*., 2016) شمارش شدند.

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید: مقدار TBA به روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. ۲۰۰ میلی‌گرم فیله به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتر انتقال یافت و سپس با ۱- بوتانل به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشک درب‌دار وارد شده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA اضافه گردید (معرف TBA به‌وسیله حل شدن ۲۰۰ میلی‌گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال بوتانل پس از فیلتر شدن تهیه شد). لوله‌های درب‌دار در حمام آب‌گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت دو ساعت قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس مقدار جذب (As) در طول موج ۵۳۰ نانومتر (Unico UV-2100) در برابر آب مقطر قرائت شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم گوشت‌ماهی) براساس رابطه زیر محاسبه گردید (Li *et al*., 2012).

TBA= ۲۰۰/۵۰× (جذب بلانک-جذب نمونه)

تجزیه و تحلیل آماری: پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، برای بررسی تأثیر تیمارها و زمان نگهداری از طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

نتایج

شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی: اثر پودر سیر خام بر برخی شاخص‌های رشد ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در جدول ۱ ارائه شده است. در ابتدای دوره پرورش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر وزن وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). بررسی شاخص‌های رشد در انتهای دوره نشان داد که وزن بدن ماهی در هر ۴ تیمار مورد آزمایش افزایش یافته است و افزایش معنی‌داری در وزن ماهی‌های تیمارهای مختلف مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). به‌طوری که بیشترین افزایش وزن به‌ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر (تیمار ۲) و تیمار شاهد (تیمار ۱) با مقادیر۱/۹۰±۲۲/۵۶ و ۱/۵۰±۲۰/۸۹و کمترین افزایش وزن مربوط به تیماره ۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا) ۰/۸۰±۱۵/۰۶ اندازه‌گیری شد. در این میان تیمارهای شاهد و جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر بهترین وضعیت را از نظر افزایش وزن نسبت به سایر تیمارها دارا بودند.

نتایج ارزیابی آماری داده‌های مربوط به نرخ رشد ویژه و وزن نهایی ماهی کپور مورد بررسی در جدول ۱ گزارش شده است. در مطالعه حاضر کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی به‌ترتیب در تیمار ۲ (۰/۲۱±۲/۶۹) و تیمار شاهد (۰/۲۰±۲/۹۰) و بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در تیمارهای تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلو گرم غذا (تیمار ۳) (۰/۲۳±۴/۰۱) و تیمارجیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا (تیمار ۴) (۰/۰۸±۳/۳۶) مشاهده شد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشته است ($P<۰/۰۵$). مقایسه میانگین مقادیر نرخ رشد ویژه نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P>۰/۰۵$). مقدار نرخ رشد ویژه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد (۰/۰۷±۱/۱۲)، جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر (۰/۰۸±۱/۱۷)، جیره غذایی حاوی ۱۰میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا (۰/۰۴±۰/۸۸) و جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا (۰/۰۲±۱/۰۰) اندازه‌گیری شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت جیوه در بافت عضله در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مقایسه میانگین غلظت فلز جیوه در بافت عضله ماهی کپور بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان جیوه به‌دست آمده در بافت عضله ماهی مربوط به تیمار ۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) و کمترین آن

جدول ۱- تأثیر جیره حاوی مقادیر مختلف پودر گیاه سیر و کلرید جیوه بر شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی (داده‌ها نشان‌دهنده میانگین±انحراف معیار سه تکرار می‌باشد (n=۳). حروف کوچک یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای مختلف می‌باشد. تیمار ۱ (شاهد)، تیمار۲ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر)، تیمار۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) و تیمار ٤ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه)

تیمارها	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن	ضریب تبدیل غذایی	نرخ رشد ویژه
۱	۲۳/۷۱±۰/۳۹	۴۴/۶۱±۱/۲۱^{ab}	۲۰/۸۹±۱/۵۰^{ab}	۲/۹۰±۰/۲۰^{a}	۱/۱۲±۰/۰۷^{ab}
۲	۲۳/۹۱±۰/۷۷	۴۶/۴۸±۲/۱۱^{b}	۲۲/۵۶±۱/۹۰^{b}	۲/۶۹±۰/۲۱^{a}	۱/۱۷±۰/۰۸^{b}
۳	۲۳/۶۶±۰/۴۱	۳۸/۷۲±۱/۰۶^{a}	۱۵/۰۶±۰/۸۰^{a}	۴/۰۱±۰/۲۳^{b}	۰/۸۸±۰/۰۴^{a}
۴	۲۳/۹۴±۰/۳۴	۴۱/۸۴±۰/۶۱^{ab}	۱۷/۸۹±۰/۴۳^{ab}	۳/۳۶±۰/۰۸^{ab}	۱/۰۰±۰/۰۲^{ab}

جدول ۲- انباشت جیوه در بافت عضله ماهی کپور معمولی تغذیه شده با جیره حاوی پودر سیر و کلرید جیوه (داده‌ها نشان‌دهنده میانگین±انحراف معیار سه تکرار می‌باشد (n= ۳). حروف کوچک یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای مختلف می‌باشد. تیمار ۱ (شاهد)، تیمار۲ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر)، تیمار۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه)، تیمار ٤ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه)

تیمارها	جیوه (نانوگرم بر گرم)
۱ (شاهد)	۲۶۶/۹۵±۲۰/۱۳^{a}
۲	۲۵۵/۳۰±۲۶/۰۹^{a}
۳	۵۰۶/۱۲±۱۹/۶۷^{c}
۴	۳۸۴/۷۸±۲۳/۴۰^{b}

جدول ۳- تأثیر جیره حاوی مقادیر مختلف پودر گیاه سیر و کلرید جیوه برمیزان شاخص TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم گوشت ماهی) فیله کپور معمولی طی نگهداری در یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) (داده‌ها نشان‌دهنده میانگین±انحراف معیار سه تکرار می باشد (n= ۳). حروف کوچک یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصدبین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف بزرگ یکسان در هر سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ در زمان‌های مختلف می‌باشد. تیمار ۱ (شاهد)، تیمار۲ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر)، تیمار۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) و تیمار ٤ (جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه)

تیمارها	زمان نگهداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
۱ (شاهد)	۰/۴۱±۰/۰۲^{Aa}	۰/۵۶±۰/۰۳^{Aa}	۱/۵۰±۰/۰۶^{Ba}	۲/۳۱±۰/۰۶^{Ca}
۲	۰/۴۰±۰/۰۳^{Aa}	۰/۴۵±۰/۰۲^{Aa}	۱/۳۶±۰/۱۳^{Ba}	۲/۰۱±۰/۰۷^{Ca}
۳	۰/۳۶±۰/۰۳^{Aa}	۰/۵۷±۰/۰۳^{Aa}	۱/۷۰±۰/۰۵^{Ba}	۲/۳۳±۰/۱۰^{Ca}
۴	۰/۳۵±۰/۰۴^{Aa}	۰/۵۲±۰/۰۶^{Aa}	۱/۴۹±۰/۰۵^{Ba}	۲/۱۸±۰/۱۱^{Ca}

مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که تجمع جیوه در بافت عضله تیمار شاهد و ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر سیر نسبت به تیمارهای جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا و جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا کمتر بود.

در ابتدای آزمایش، شاخص TBA تمامی تیمارها مقدار پایین را نشان داد که بیانگر تازه بودن نمونه‌ها است. مقدار TBA همه تیمارها طی نگهداری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳؛ $P<0/05$). بیشترین میزان TBA در روز ۹ نگهداری به‌ترتیب در تیمارهای جیره حاوی ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا (۲/۳۳±۰/۱)، شاهد (۲/۳۱±۰/۰۶) و جیره حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰میلی‌گرم کلرید جیوه بر گیلو گرم غذا (۲/۱۸±۰/۱۱) و کمترین میزان TBA مربوط به تیمار جیره حاوی ۲٪ پودر سیر (۲/۰۱±۰/۰۷) مشاهده شد. در روز نهم نگهداری بین تیمار شاهد با تمام تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P>0/05$)، همچنین بین تیمارهای جیره غذایی+۲٪ پودر سیر ،جیره حاوی ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا و جیره حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول‌های ۴ و ۵ نتایج تغییرات TVC و PTC در

جدول ٤- تأثیر جیره حاوی مقادیر مختلف پودر گیاه سیر و کلرید جیوه بر بار باکتریایی کل (TVC) (Log10 CFU/g) فیله ماهی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) (داده‌ها نشان‌دهنده میانگین‌انحراف معیار سه تکرار می باشد (n= ٣). حروف کوچک یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٠/٠٥ بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف بزرگ یکسان در هر سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٠/٠٥ درصد در زمان‌های مختلف می‌باشد. تیمار ١ (شاهد)، تیمار٢ (جیره غذایی حاوی ٢٪ پودر سیر)، تیمار٣ (جیره غذایی حاوی ١٠میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) و تیمار ٤ (جیره غذایی حاوی ٢٪ پودر سیر + ١٠ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه)

تیمارها	زمان نگهداری (روز)			
	٠	٣	٦	٩
١ (شاهد)	٢/٦٦±٠/١٦^{Aa}	٤/٤٦±٠/١٥^{Ba}	٥/٧٤±٠/١٢^{Ca}	٧/٧٣±٠/٠٨^{Da}
٢	٢/٧٦±٠/٠٥^{Aa}	٤/١٤±٠/٠٤^{Ba}	٥/٢٤±٠/١٣^{Ca}	٧/٣٦±٠/٠٤^{Da}
٣	٢/٨٤±٠/٢١^{Aa}	٤/٤٥±٠/١٢^{Ba}	٥/٧٠±٠/١٣^{Ca}	٧/٧١±٠/١٣^{Da}
٤	٢/٧٩±٠/١٦^{Aa}	٤/٠٩±٠/١٠^{Ba}	٥/٧٢±٠/١٢^{Ca}	٧/٥٤±٠/١٥^{Da}

جدول ٥- تاثیر جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف پودر سیر و کلرید جیوه بر بار باکتری‌های سرمادوست (PTC) (Log10 CFU/g) فیله ماهی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد). (داده‌ها نشان‌دهنده میانگین‌انحراف معیار سه تکرار می باشد (n= ٣). حروف کوچک یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٠/٠٥ بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف بزرگ یکسان در هر سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٠/٠٥ درصد در زمان‌های مختلف می‌باشد. تیمار ١ (شاهد)، تیمار٢ (جیره غذایی حاوی ٢٪ پودر سیر)، تیمار٣ (جیره غذایی حاوی ١٠میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) و تیمار ٤ (جیره غذایی حاوی ٢٪ پودر سیر + ١٠ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه)

تیمارها	زمان نگهداری (روز)			
	٠	٣	٦	٩
١ (شاهد)	٢/٣٧±٠/١٨^{Aa}	٣/٩٧±٠/١٢^{Ba}	٥/٢٩±٠/٠٧^{Ca}	٧/٤١±٠/٠٧^{Da}
٢	٢/٢٠±٠/٠٦^{Aa}	٣/٩٥±٠/١٤^{Ba}	٤/٩٥±٠/١٨^{Ca}	٧/٢٧±٠/٠٩^{Da}
٣	٢/٢٦±٠/١٢^{Aa}	٤/٣١±٠/١٢^{Ba}	٥/٢٥±٠/١١^{Ca}	٧/٥٧±٠/٠٧^{Da}
٤	٢/٢٧±٠/٠٩^{Aa}	٣/٩٩±٠/١٣^{Ba}	٤/٨٧±٠/١٩^{Ca}	٧/٣٣±٠/٠٨^{Da}

تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. به‌طور کلی با گذشت زمان اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف مشاهده نگردید با گذشت زمان مقدار این فاکتورها آن در تمامی تیمارها افزایش یافت. در پایان دوره میزان باکتری‌ها در تیمار حاوی ٢٪ پودر سیر کمتر از سایر تیمارها بود. که نشان‌دهنده تاثیر مثبت سیر در جیره غذایی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، میزان انباشتگی جیوه در ماهیان شاهد ٢۶۶/٩۵ نانوگرم بر گرم و در ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی پودر سیر ٢۵۵/٣٠ نانوگرم بر گرم در وزن خشک بود. همچنین حد استاندارد جیوه در عضله ماهی براساس استاندارد ارائه شده توسط آژانس حفاظت از محیط‌زیست امریکا ١٠٠ نانو گرم بر گرم در وزن تر می باشد (US EPA, 2013). بنابراین داده‌های این تحقیق کمتر از استاندارد ملی امریکا بوده و به‌ترتیب ٩٣/۶۶ نانوگرم بر گرم براساس وزن تر در فیله شاهد و ٨٩/۵٧ نانوگرم بر گرم براساس وزن تر در فیله ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی پودر سیر می‌باشد. همچنین با توجه به آنکه میزان جیوه تجمع‌یافته در ماهیانی که با جیره حاوی پودر سیر و جیوه تغذیه شدند (تیمار ۴) نسبت به ماهیانی که جیره آن‌ها فاقد پودر سیر بود (تیمار شماره ٣) به‌صورت معنی داری کمتر بود، نشان‌دهنده نقش مؤثر سیر خوارکی در کاهش انباشت جیوه در عضله ماهی است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین افزایش وزن به‌ترتیب مربوط به تیمار حاوی جیره غذایی حاوی ٢٪ پودر سیر و کمترین افزایش وزن مربوط به تیماره تغذیه شده با جیره غذایی حاوی١٠ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا بوده است. نکته قابل توجه آن است که در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی پودر سیر و کلرید جیوه (تیمار ۴) میزان رشد به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار ٣ (تیمار تغذیه شده با جیره حاوی کلرید جیوه) بیشتر بود، که نشان‌دهنده نقش مؤثر پودر سیر در کاهش اثرات منفی جیوه خوراکی بوده است. در تحقیقی که Lee و همکاران (٢٠١٢) بر روی

ماهی خاویاری استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) انجام دادند گزارش کردند که درصد افزایش رشد بدن در تیمارهای حاوی سیر، نسبت به تیمار شاهد بیشتر بوده است که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در تحقیقی هم که توسط غیاثوند و همکاران (۱۳۹۶) بر روی ماهی سفید پرورشی (*Rutilus frisii*) انجام شد، دریافتند که تیمارهای تغذیه شده با ۱۰ گرم پودر سیر در کیلوگرم غذا، بالاترین افزایش وزن را نشان دادند. در مطالعه‌ایی دیگر نیز مشاهده شد که افزودن اسانس سیر به جیره غذایی، منجر به بهبود شاخص وزن نهایی و درصد افزایش وزن بدن نسبت به سایر تیمارها می شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه حاضر کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی به‌ترتیب در تیمار ۲ و بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی به در تیمار تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا مشاهده شد. علی‌رغم آنکه میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ نسبت به تیمار ۱ و ۲ بیشتر بود با این وجود اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد، که نشان‌دهنده نقش مؤثر پودر سیر خوراکی در کاهش اثرات سمی کلرید جیوه است. در مطالعه صورت گرفته توسط گل آقایی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی میگوی *Litopenaeus vannamei* دریافتند ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی سیر در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در مطالعات صورت گرفته دیگر افزودن گیاه سیر به جیره قزل آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Nya and Austin, 2009)، ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Setijaningsih *et al*., 2021) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Khodadadi et al., 2013) منجر به کاهش ضریب تبدیل غذایی شده است که با مطالعه حاضر همسو است. در کل، بهبود شاخص‌های رشد ممکن است ناشی از مصرف گیاه سیر به‌دلیل حضور ترکیب زیست فعال آلیسین باشد که دارای خواص ضد میکروبی وسیع و اثرات تحریک کنندگی ایمنی بوده و با بهبود هضم مواد مغذی جیره و افزایش عملکرد روده‌ای، سبب استفاده بهتر از منابع انرژی جیره و نیز مهار و کاهش رشد باکتری‌های مضر دستگاه گوارش و در نهایت منجر به بهبود شاخص‌های رشد و ایمنی خواهد شد (گل آقایی و همکاران، ۱۳۹۵).

در تحقیق حاضر، انباشتگی جیوه در عضله ماهی کپور معمولی، به‌دلیل نقش اصلی در تغذیه به‌عنوان بافت هدف سنجیده شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین غلظت جیوه در تیمار های مختلف وجود داشته است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت بیشترین میزان جیوه به‌دست آمده در بافت عضله ماهی مربوط به تیمار ۳ (جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم کلرید جیوه بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه) بود. نتایج تحقیق نشان داد که تجمع جیوه در بافت عضله‌تیمار تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی گرم کلرید جیوه در مقایسه با تیمار ۳ به‌صورت معنی‌داری کمتر بود که نشان‌دهنده نقش مؤثر سیر در جلوگیری از انباشتگی جیوه در بافت عضله ماهی دارد. علاوه بر سولفوکسیدهای آزاد در سیر، پپتیدها و پروتئین‌های گوگردی غیر فراری دیگری نیز وجود دارند که فعالیت‌های متنوعی دارند. مطالعات نشان داده اند این ترکیبات با تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین این فلزات را تحت کنترل قرار داده و عواض زیان‌بار آن‌ها را کاهش می‌دهند (Obioha *et al*., 2009). مطالعات محدودی در مورد نقش سیر خوراکی در کاهش انباشتگی جیوه در بدن جانوران مختلف انجام شده است که از آن‌ها می‌توان به مطالعه مقایسه‌ای در مورد کارایی سیر در کاهش تجمع برخی از فلزات سنگین در کبد موش (Nwokocha *et al*., 2012) اشاره کرد که هم‌راستا با نتایج تحقیق حاضر بر روی کپور معمولی است.

در مطالعه حاضر پس از پایان دوره آزمایش به‌منظور مطالعه میزان تأثیر تیمار های مختلف بر میزان ماندگاری فیله ماهی طی نگه داری در یخچال، شاخص‌های مختلفی اندازه گیری شد. شاخص TBA مربوط به اکسیداسیون چربی است و با اندازه‌گیری محتوی مالون آلدهید به‌دست می‌آید. مالون‌آلوهید از تجزیه هیدروپراکسیدها که محصولات اولیه اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباع با اکسیژن هستند به‌وجود می‌آید (Khalafalla *et al*., 2015). روند افزایشی این شاخص به‌دلیل تولید آلدهیدها از محصولات ثانویه حاصل از شکست هیدروپراکسیدهاست (فرجامی و حسینی، ۱۳۹۳). در ابتدای آزمایش، شاخص TBA تمامی تیمارها مقدار پایین را نشان داد که بیانگر تازه بودن نمونه‌ها است. مقدار TBA همه تیمارها طی نگهداری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت.

در پایان دوره نگهداری (روز ۹ نگهداری) بالاترین میزان این شاخص به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، جیره غذایی حاوی ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا کلرید جیوه و جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر + ۱۰ میلی‌گرم بر گیلوگرم غذا کلرید جیوه و پایین‌ترین در تیمار جیره غذایی حاوی ۲٪ پودر سیر مشاهده شد. بر اساس مطالعات انجام شده، افزایش میزان اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع و دهیدروژنه شدن عضله ماهی طی افزایش زمان نگهداری در یخچال از دلایل افزایش میزان TBA است. حداکثر میزان قابل قبول مقدار TBA در ماهی‌ها ۲-۱ میلی‌گرم مالون دی آلدهید بر کیلوگرم چربی در ماهی‌ها گزارش شده است (Ozogul *et al*., 2017)، در مطالعه حاضر به استثنای تیمار ۲ سایر تیمارها در پایان دوره نگهداری (۹ روز) بیشتر از حد مجاز بود، که نشان‌دهنده غیر قابل قبول بودن این تیمارها است.

به‌طور کلی، تخریب میکروبی یکی از عوامل فساد در ماهی است (Kachele *et al*., 2017). میزان اولیه بار باکتریایی به عوامل متعددی نظیر دستکاری، آلودگی وسایل بکار رفته و بهداشت افراد در محیط کار بستگی دارد. در مطالعه حاضر با گذشت زمان مقدار بار میکروبی در تمامی تیمارها افزایش یافت. به‌طوری‌که در روز ۹ نگهداری مقدار بار باکتریایی کل و تعدادکل باکتری‌های سرمادوست در تمامی تیمارها از Log CFU/g ۷ بالاتر بوده که از حد قابل قبول عبور کردند (Ozogul *et al*., 2017). در مطالعه حاضر بر روی کپور معمولی پودر سیر در جیره ماهی اضافه و ماهی‌ها با آن تغذیه شدند. در مطالعاتی که تاکنون بر روی تأثیر سیر بر افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی انجام شده است اسانس این گیاه به‌صورت مستقیم به فیله‌ها اضافه و زمان ماندگاری فیله‌ها بررسی شده‌اند به‌عنوان مثال فرومندی و خانی (۱۳۹۸) گزارش کرده‌اند استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصاره سیر و اسانس گشنیز موجب افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و کاهش بار باکتریایی کل و باکتری‌های سرمادوست می‌شود. همچنین مطالعات نشان داده است استفاده از عصاره سیر و لیمو موجب افزایش ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کمان بسته‌بندی شده در خلاء طی نگه‌داری در یخچال می‌شود (میرصادقی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه حاضر بر روی کپور معمولی علی‌رغم آنکه سیر به‌طور مستقیم به فیله‌ها اضافه نشده بود در پایان دوره آزمایش بار باکترایی در تیمار حاوی ۲٪ پودر سیر کمتر از سایر تیمارها بود که تا حدی نشان‌دهنده تأثیر مثبت سیر اضافه شده به جیره غذایی بر فیله ماهیان طی نگهداری در یخچال می‌باشد. به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد استفاده از پودر سیر در جیره غذایی روش کارآمدی در کاهش تجمع جیوه در عضله کپور معمولی است. همچنین می‌توان با استفاده از جیره حاوی پودر سیر تا حدی شاخص‌های رشد ماهی و کیفیت فیله را بهبود بخشید. اما با توجه به آنکه اضافه کردن پودر سیر به جبره غذایی تأثیر معنی‌داری زمان ماندگاری فیله طی نگهداری در یخچال نداشت، بنابراین استفاده از این روش برای افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی کپور معمولی توصیه نمی‌شود.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های مالی دانشگاه زابل گرنت شماره: UOZ.GR.5120 تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیمی ع.، تنگستانی ر.، علیزاده دوغیکلایی ا.، زارع، پ. ۱۳۹۱. اثر سطوح مختلف اسانس سیر بر شاخص های رشد، تغذیه و ترکیب شیمیایی لاشه فیل ماهی (*Huso huso*). *مجله علوم و فنون دریایی*، ۱۱(۴): ۱۲-۱.

خسروی، م.، بهرامی‌فر ن.، عطاران ا. ۱۳۹۹. سنجش میزان آلودگی فلز جیوه در بافت عضله ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) و اردک ماهی (*Esox lucicus*) تالاب انزلی و همبستگی آن با وزن، سن و رژیم غذایی. *فصلنامه انسان و محیط زیست*، ۵: ۹۳-۸۴.

رادخواه ع.ر.، ایگدری س. و صادقی‌نژاد ماسوله ا. ۱۴۰۰. تجمع فلزات سنگین در ماهیان: تهدیدی جدی برای امنیت غذایی و سلامت جامعه. *مجله طب دریا*، ۳(۴): ۲۴۵-۲۳۶.

غیاثوند ز.، چنگیزی ر.، شاملوفر م.، پارسافر م. ۱۳۹۶. تاثیر پودر سیر (*Allium sativum*) بر عملکرد رشد، بازماندگی، ترکیب لاشه و مقاومت به استرس و شوری در بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*). *مجله علمی ـ پژوهشی زیست شناسی جانوری تجربی*، ۶(۲): ۸۴-۷۵.

فرومندی م.، خانی م.ر. ۱۳۹۸. اثر پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصاره سیر و اسانس گشنیز بر ویژگی‌های میکروبی و حسی فیله قزل‌آلا در طی نگهداری در یخچال. *میکروب شناسی مواد غذایی*، ۶(۱): ۱-۱۴.

فرجامی ب.، حسینی س. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر عصاره آویشن (*Zataria multifora*) بر کیفیت میکروبی و شیمیایی سوریمی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در زمان نگهداری در یخچال (دمای ۱±۴ درجه سانتیگرا د). *بهره برداری و پرورش آبزیان*، ۳(۱): ۵۵-۶۶.

گل آقایی م.، عادل م.، حافظیه م. ۱۳۹۵. تاثیر مصرف پودر سیر (*Allium sativum*) بر شاخص های رشد، بازماندگی و ترکیب بدن میگوی پا سفید (*Litopenaeus vannamei*) پرورش یافته با آب دریای خزر. *مجله علمی شیلات ایران*، ۲۵(۲): ۱۵۱-۱۴۳.

میرصادقی ح.، عالی‌شاهی ع.، شعبانپور ب.، اجاق س.م. ۱۳۹٤. اثرعصاره سیر و لیمو برکیفیت و ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) کمان بسته‌بندی شده در خلاء طی نگه‌داری در یخچال. *بهره برداری و پرورش آبزیان*. ۴(۲): ۹۲-۷۹.

Abd El-Gawad H., Ramzy E.M. 2013. Purification and characterization of toxic waste in the aquatic environment using common carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Natural Resources and Development* 3(8), 27-34.

Abdel-Tawwab M., Khalil R.H., Diab A.M., Khallaf M.A., Abdel-Razek N., Abdel-Latif H.M., Khalifa E. 2021. Dietary garlic and chitosan enhanced the antioxidant capacity, immunity, and modulated the transcription of HSP70 and Cytokine genes in Zearalenone-intoxicated European seabass. *Fish & Shellfish Immunology* 113, 35-41.

Adineh H., Harsij M., Jafaryan H., Asadi M. 2020. The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Journal of Applied Animal Research* 48(1), 372-378.

Bai, X., Qiu, Z., Zheng, Z., Song, S., Zhao, R., Lu, X., & Qiao, X. 2022. Preparation and characterization of garlic polysaccharide-Zn (II) complexes and their bioactivities as a zinc supplement in Zn-deficient mice. *Food Chemistry X* 15, 100361.

Büyükdeveci M.E., Balcázar J. L., Demirkale İ., Dikel S. 2018. Effects of garlic-supplemented diet on growth performance and intestinal microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 486, 170-174.

Canuel R., de Grosbois S.B., Atikesse L., Lucotte M., Arp P., Ritchie C., Mergler D., Chan H.M., Amyot, M., Anderson R. **006.** New evidence on variations of human body burden of methylmercury from fishconsumption. *Environmental Health Perspectives* 114(2), 302–306.

Chen C.Y., Evers D.C. 2023. Global mercury impact synthesis: *Processes in the Southern Hemisphere. Ambio* 52(5), 827-832.

Endo T., Haraguchi K., Sakata M. 2002. Mercury and selenium concentrations in the internal organs of toothed whales and dolphins marketed for human consumption in Japan. *Science of the Total Environment* 300(1-3), 15-22.

Esmaeili M., Kenari, A.A., Rombenso A. 2017. Immunohematological status under acute ammonia stress of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fed garlic (*Allium sativum*) powder-supplemented meat and bone meal-based feeds. *Comparative Clinical Pathology* 26, 853-866.

Firmino J.P., Galindo-Villegas J., Reyes-Lo'pez F.E., Gisbert E. 2021. Phytogenic bioactive compounds shape fish mucosal immunity. *Frontiers in Immunology* 12, 695973.

Jennings S., Stentiford G.D., Leocadio A.M., Jeffery K.R., Metcalfe J.D., Katsiadaki I., Verner-Jeffreys D. W. 2016. Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. *Fish and Fisheries* 17(4), 893-938.

Howard J.A., Kuznietsova H., Dziubenko N., Aigle A., Natuzzi M., Thomas E., Tillement O. 2023. Combating lead and cadmium exposure with an orally administered chitosan-based chelating polymer. *Scientific Reports* 13(1), 2215.

Kachele R., Zhang M., Gao Z., Adhikari B. 2017. Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 C. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 80, 163-168.

Khalafalla F.A., Ali F.H., Hassan A.R.H. 2015. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. *Beni-Suef University*

Journal of Basic and Applied Sciences 4(1), 33-40.

Khodadadi M., Peyghan R., Hamidavi A. 2013. The evaluation of garlic powder feed additive and its effect on growth rate of common carp, *Cyprinus carpio*. *Iranian Journal of Veterinary and Animal Sciences* 6(2), 17-26.

Lee D.H., Ra C.S., Song Y.H., Sung K.I., Kim J. D. 2012. Effects of dietary garlic extract on growth, feed utilization and whole body composition of juvenile sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25(4), 577-583.

Li T., Hu W., Li J., Zhang X., Zhu J., Li X. 2012. Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control* 25(1), 101-106.

Nwokocha C.R., Owu D.U., Nwokocha M.I., Ufearo C.S., Iwuala M.O. 2012. Comparative study on the efficacy of *Allium sativum* (garlic) in reducing some heavy metal accumulation in liver of wistar rats. *Food and Chemical Toxicology* 50(2), 222-226.

Nya E.J., & Austin B. 2009. Use of garlic, *Allium sativum*, to control *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 32(11), 963-970.

Obioha U.E., Suru S.M., Ola-Mudathir, K.F., Faremi T.Y. 2009. Hepatoprotective potentials of onion and garlic extracts on cadmium-induced oxidative damage in rats. *Biological Trace Element Research* 129(1-3), 143-56.

Ozogul Y., Yuvka İ., Ucar Y., Durmus M., Kösker A.R., Öz M., Ozogul F. 2017. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 75, 677-684.

Rice K.M., Walker Jr E.M., Wu M., Gillette C., Blough E.R. 2014. Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of preventive medicine and public health* 47(2), 74-83.

Sahu S., Das B.K., Mishra B.K., Pradhan J., Sarangi N. 2007. Effect of *Allium sativum* on the immunity and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila. Journal of Applied Ichthyology* 23(1), 80-86.

Setijaningsih L., Setiadi E., Taufik I. 2021. The effect of garlic *Allium sativum* addition in feed to the growth performance and immune response of tilapia *Oreochromis niloticus*. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* 744(1), 012072.

Smaoui S., Hsouna A.B., Lahmar A., Ennouri K., Mtibaa-Chakchouk A., Sellem I., Mellouli L. 2016. Bio-preservative effect of the essential oil of the endemic Mentha piperita used alone and in combination with BacTN635 in stored minced beef meat. *Meat science* 117, 196-204.

Talpur A.D., Ikhwanuddin M.H.D. 2012. Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture* 364, 6-12.

UNEP, & WHO. 2008. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposur .

USEPA. 2013. Fish consumption advisories-general information http://water.epa .gov/scitech/ swguidance
fishshellfish/fishadvisories/general.cfm#tabs-2 accessed online on the 21 Feb 2001.

Verma T., Aggarwal A., Dey P., Chauhan A.K., Rashid S., Chen K.T., Sharma R. 2023. Medicinal and therapeutic properties of garlic, garlic essential oil, and garlic-based snack food: An updated review. *Frontiers in Nutrition* 10, 1120377.

WHO. 2020. 10 chemicals of public health concern.

Xu A., Shang-Guan J., Li Z., Gao Z., Huang Y., Chen Q. 2020. Effects of garlic powder on feeding attraction activity, growth and digestive enzyme activities of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture Nutrition* 26(2), 390-399.

Yousefi M., Vatnikov Y. A., Kulikov E.V., Plushikov V.G., Drukovsky S.G., Hoseinifar S.H., Van Doan H. 2020. The protective effects of dietary garlic on common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient ammonia toxicity. *Aquaculture* 526, 735400.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 36-46
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

The effect of diet containing garlic powder (*Allium sativum*) on mercury bioaccumulation and shelf life of common carp fillet (*Cyprinus carpio*)

Bakhtiari Hossein[1], Alizadeh Doughikollaee Ebrahim[1], Shahriari Moghadam Mohsen[2*], Ahmadifar Ehsan[1]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.
[2]Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.
*Corresponding author: mohsen.shahriari@uoz.ac.ir

Received: 15. Sep.2023 **Accepted: 20. Nov.2023**

Abstract

The present study aimed to assess the impact of a diet containing garlic powder on the absorption of mercury chloride in common carp (*Cyprinus carpio*) fillets and its shelf life in the refrigerator. For this purpose, fish were fed diets containing 2% garlic powder, 10 mg/kg mercury chloride, and 2% garlic powder + 10 mg/kg mercury chloride for 56 days. At the end of the cultivation period, growth index (weight gain, feed conversion ratio, and specific growth rate) and mercury accumulation in fillets were measured. In addition, chemical (thiobarbituric acid reactive substances index) and microbial (total mesophilic bacteria, total psychrophilic bacteria) indices were assessed in the fillets during storage in the refrigerator (4˚C). The results showed that weight gain (0.15±0.06), and specific growth rate (0.88±0.04) of fish-fed mercury chloride decreased, while the feed conversion ratio (4.01±0.01) increased (P<0.05). The highest mercury accumulation was observed in the fillets of fish-fed mercury chloride (506.12±19.67 ng/g) and the lowest in the fillets of fish-fed mercury chloride along with garlic powder (255.30±26.13 ng/g) (P<0.05). Different dietary regimes did not have a significant effect on the chemical and microbial indices of fillets stored in the refrigerator (P>0.05). The results of the present study showed that the use of garlic powder in the diet was an effective method of reducing mercury accumulation in common carp fillets. However, since it did not have a significant effect (P<0.05) on the shelf life of fillets (6 days), using this method is not recommended for increasing the shelf life of common carp fillets.

Keywords: Garlic, Mercury chloride, Common carp, Shelf life, Fillet