Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 132-142 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۱۳۲-۱۴۲ (۱۴۰۲)

تاثیر حفاظتی تجویز صمغ عربی (*Acacia senegal*) در کاهش سمیت کادمیوم در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

نظام آرمند[۱]، رحام آرمند[۲]، مهدی بنایی[۳]*

[۱]مرکز تحقیقات گیاه درمانی و طب مکمل مبتنی بر شواهد، البرز، دانشگاه علوم پزشکی، کرج، ایران.
[۲]دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران.
[۳]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان، بهبهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸**

چکیده

کادمیوم یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی است که ممکن است از طریق زنجیره غذایی وارد بدن ماهیان شود و بر فیزیولوژی آنها تأثیر گذارد. هدف از این مطالعه استفاده از صمغ عربی (*Acacia senegal*) به‌عنوان مکمل غذایی در جهت کاهش سمیت کلراید کادمیوم در ماهی کپور معمولی است. در این مطالعه ماهیان به‌مدت ۲۸ روز با جیره غذایی واجد صمغ عربی در دو غلظت ۵ و ۱۰ گرم و کلراید کادمیوم در دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم تغذیه شدند. سپس فعالیت آنزیم‌های پلاسما و پارامترهای بیوشیمیایی به‌عنوان نشانگرهای زیستی سلامت ماهیان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، لاکتات دهیدروژناز ، آلکالین‌فسفاتاز، کراتین فسفوکیناز و گاما گلوتامیل ترانسفراز در پلاسمای ماهیان گردید. در حالی‌که تجویز صمغ عربی توانست سطح فعالیت این آنزیم‌ها را به سطح نرمال بازگرداند. علاوه بر این، قرار گرفتن در معرض کادمیوم غلظت گلوکز، تری‌گلیسرید، اوره و کراتینین خون را افزایش داد، در حالی که غلظت پروتئین کل و آلبومین کاهش یافت. تغذیه ماهیان با مکمل صمغ عربی توانست سطح این پارامترها را تنظیم کند. هر چند که تأثیر آن بر پارامترهای بیوشیمیایی وابسته به دوز بود. بنابراین تجویز صمغ عربی می‌تواند واجد اثر محافظتی در برابر سمیت کادمیوم در ماهی کپور باشد.

کلید واژگان: فلزات سنگین، صمغ عربی، نشانگرهای زیستی، اثر حفاظتی، پارامترهای بیوشیمیایی

*نویسنده مسئول mahdibanaee@yahoo.com

مقدمه

کادمیوم (Cd) به‌عنوان یک فلز سنگین برای ماهی‌ها و سایر موجودات آبزی حتی در غلظت‌های کم بسیار سمی است. سمیت کادمیوم معمولاً به پتانسیل آن در ایجاد اختلال در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی، استرس اکسیداتیو و عملکردهای سلولی نسبت داده می‌شود. کادمیوم ممکن است از طریق آبشش‌ها و سیستم گوارشی وارد بدن ماهیان شود (Zahedi *et al*., 2013). با این وجود، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب، pH ، دما، سختی آب و حضور دیگر یون‌ها نقش مهمی در تعیین قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم برای آبزیان دارند (Eissa *et al*., 2010). کادمیوم ممکن است از طریق اتصال به پروتئین‌های خون از جمله آلبومین به بافت‌های مختلف بدن ماهیان نفوذ می‌کنند و عمدتاً از طریق صفرا از بدن ماهیان دفع می‌شود و قسمت کمی از طریق کلیه‌ها، پوست و آبشش دفع شوند. با این حال، میزان دفع کادمیوم از بدن ماهیان می‌تواند بسته به عواملی مانند گونه، اندازه، سن و شرایط محیطی متفاوت باشد (Banaee *et al*., 2015; Liu *et al*., 2022; Banaee *et al*., 2023).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که قرار گرفتن ماهیان در معرض کادمیوم می‌تواند پیامدها و مخاطرات زیستی متعددی در پی داشته باشد. مطالعات نشان می‌دهد که کادمیوم می‌تواند به گروه‌های تیول در پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و سایر مولکول‌های زیستی متصل شود و بر ساختار و عملکرد آنها تأثیر منفی بگذارد. بدین‌ترتیب کادمیوم می‌تواند در فرآیندهای ضروری سلولی مانند فعالیت آنزیم، سنتز پروتئین، همانندسازی DNA و ترمیم جهش‌های ژنتیکی در DNA اختلال ایجاد کند. کادمیوم همچنین می‌تواند از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌ها زمینه را برای بروز استرس اکسیداتیو و ایجاد آسیب به لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA، اختلال در عملکرد فیزیولوژیک غشای سلولی و همچنین غیرفعال شدن آنزیم‌ها و جهش‌های ژنتیکی را فراهم کند (Wen *et al*., 2018; Banaee *et al*., 2019; Ibrahim *et al*., 2021; Banaee *et al*., 2022). علاوه بر این، کادمیوم ممکن است از طریق ایجاد تداخل در مکانیسم انتقال یونی توسط کانال‌های انتقال یون‌های ضروری مانند کلسیم، منیزیم و روی بر مکانیسم جذب و تعادل آنها اثر گذارد. این اختلال می‌تواند بر سیگنال‌دهی سلولی، تنظیم اسمزی و عملکرد عصبی عضلانی ماهیان تأثیر بگذارد. قرار گرفتن در معرض کادمیوم می‌تواند باعث مرگ سلولی آپوپتوز در بافت‌ها و اندام‌های مختلف ماهیان شود که در نهایت ممکن است منجر به آسیب بافتی و اختلال در عملکرد اندام‌های حیاتی می‌شود (Lee *et al*., 2023; Banaee *et al*., 2024). با این وجود، ماهیان می‌توانند از طریق بیوسنتز متالوتیونئین‌ها (MTs) بخشی از کادمیوم را سم‌زدایی و دفع آن را تسهیل کنند (Kovarova *et al*., 2019). در سم‌زدایی کادمیوم، گلوتاتیون نیز می‌تواند نقش مؤثری ایفا کند. کونژوگه شدن گلوتاتیون (GSH) به کادمیوم نه تنها اثر ترکیبات واکنش‌گر فعال اکسیژنی (ROS) را خنثی می‌کند، بلکه به دفع و کاهش سمیت کادمیوم نیز کمک می‌کند. کمپلکس‌های تشکیل شده کادمیوم و گلوتاتیون سمیت کادمیوم را کاهش می‌دهد. سیستم آنزیم و غیرآنزیم دفاع آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPx)، گلوتاتیون رودکتاز (GR)، گلوتاتیون اس ترانسفراز (GST)، ویتامین C و E، گلوتاتیون نیز نقش مهمی در خنثی کردن ROS های تولید شده در طی مراحل سم‌زدایی کادمیوم ایفا می‌کنند (Zhang *et al*., 2017; Banaee *et al*., 2019). بنابراین بالا بودن کارایی سیستم سم‌زدایی ممکن است اثرات سمیت کادمیوم در ماهیان را کاهش دهد. علاوه بر این، قابلیت دسترسی زیستی به کادمیوم نیز می‌تواند در تعیین سمیت آن در ماهیان بسیار تأثیرگذار باشد.

در سال‌های اخیر محققین تلاش کرده‌اند تا راهکارهای متعددی جهت کاهش سمیت فلزات سنگین و تسریع روند دفع آن از بدن ماهیان ارائه دهند تا علاوه بر بهبود و افزایش سطح سلامت ماهیان،

امنیت غذایی مصرف‌کنندگان انسانی را تضمین کنند. استفاده از مکمل‌های غذایی از جمله عصاره‌های گیاهی یکی از این راهکارها است که می‌تواند علاوه بر تقویت مکانیسم سم‌زدایی و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهیان، میزان دسترسی زیستی به فلزات سنگین را در سیستم گوارشی ماهیان کاهش دهد (Mohiseni *et al*., 2017; Banaee *et al*., 2022).

اقاقیای سنگالی (*Acacia senegal*) که به نام درخت صمغ عربی یا صمغ اقاقیا نیز شناخته می‌شود، گونه‌ای از درختان بومی مناطق خشک آفریقا، به‌ویژه سواحل سنگال تا سودان است. این گیاه متعلق به خانواده Fabaceae است و به‌دلیل تولید صمغ طبیعی در پوست خود، مشهور است. این گیاه غالباً در استان‌های جنوبی و نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان مانند استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بندرعباس یافت می‌شود. صمغ عربی مخلوط پیچیده‌ای از پلی ساکاریدها و گلیکوپروتئین‌ها است که به‌طور گسترده در صنایع مختلف غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی و صنعتی استفاده می‌شود (Gamal el-din *et al*., 2003; Elderbi *et al*., 2014). صمغ عربی حاوی کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم مانند اولیگوساکاریدها است که می‌توانند به‌عنوان پری‌بیوتیک عمل کنند. این ترکیبات ممکن است نقش مؤثری در رشد و فعالیت باکتری‌های مفید روده مانند بیفیدوباکتری‌ها و لاکتوباسیل‌ها و بهبود میکروبیوم روده ایفا کند. بنابراین مصرف مکمل صمغ عربی ممکن است به تغییراتی در ترکیب میکروبیوتای روده، افزایش فراوانی برخی از باکتری‌های مفید، کاهش التهاب مزمن در روده و ایجاد یک سد دفاعی در روده منجر شود (Al-Asmakh *et al*., 2020; Al-Baadani *et al*., 2021). بنابراین تجویز مکمل اقاقیا سنگال ممکن است با فراهم‌سازی شرایط برای شکل‌گیری میکروبیوم سالم در روده، خطر کلونیزاسیون پاتوژن و التهاب روده *Cyprinus carpio* را کاهش دهد. علاوه بر این، صمغ عربی ممکن است بر قابلیت دسترسی آلاینده‌های موجود در رژیم غذایی و افزایش نرخ دفع آنها از بدن ماهیان مؤثر باشد. از صمغ عربی در جیره غذایی ماهی کفال *Mugil cephalus* به‌عنوان محرک سیستم ایمنی نیز استفاده شده است (Faggio *et al*., 2015). بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر حفاظتی تجویز صمغ عربی در کاهش سمیت کادمیوم در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۲۷۰ عدد ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی ۵/۵±۲۴/۵ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید ملکی اهواز تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه در ۲۷ مخزن ۸۰ لیتری مجهز به هواده توزیع گردید. ماهیان در طی ۱۴ روز با شرایط آزمایشگاهی (دمای ۲±۲۴ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن ۶ میلی‌گرم در لیتر، pH ۷/۴، دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ تاریکی) سازگار شدند. در طی دوره سازگاری با جیره غذای تجاری کپور (بیضا شیراز) در دو وعده و به مقدار ۳ درصد حجم زی‌توده تغذیه شدند. نرخ تعویض آب در طی دوره سازگاری و همچنین دوره آزمایش نیز ۵۰ درصد به‌طور روزانه در نظر گرفته شد.

در اواخر فصل پاییز که گیاهان آکاسیا (در استان بوشهر) وارد فصل خواب زمستانی گردیدند، با ایجاد یک برش سطحی در پوست درختان، جمع‌آوری گردیدند. سپس به نسبت‌های ۵ و ۱۰ گرم (معادل ۵٪ و ۱۰٪ وزنی) به جیره فرموله پودر شده افزوده شد. سپس، با افزودن مقدار کافی آب مقطر به پودر جیره، خمیر غذایی تهیه و با چرخ گوشتی به صورت رشته‌ای درآورده شد. در نهایت رشته‌های غذایی در دمای ۵۰ درجه خشک گردید و به قطعات متناسب با سایز دهان ماهیان شکسته شد. کلراید کادمیوم نیز به روشی مشابه به جیره غذایی افزوده گردید. به‌همین ترتیب جیره غذایی گروه کنترل نیز در طی مراحلی مشابه و بدون افزودن صمغ عربی یا کلراید کادمیوم آماده گردید (Banaee *et al*., 2023d).

ماهیان در قالب یک طرح فاکتوریل در ۹ گروه آزمایشی با ۳ تکرار در ۲۷ مخزن ۸۰ لیتری توزیع و با

جیره غذایی واجد صفر میلی‌گرم کادمیوم و صفر گرم صمغ عربی (گروه کنترل)، ۵ گرم صمغ عربی (گروه ۲)، ۱۰ گرم صمغ عربی (گروه ۳) به‌ازای هر کیلوگرم غذا و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۴)، ۲۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۵) به‌ازای هر کیلوگرم غذا، ۵ گرم صمغ عربی و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۶)، ۵ گرم صمغ عربی و ۲۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۷)، ۱۰ گرم صمغ عربی و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۸) و ۱۰ گرم صمغ عربی و ۲۰۰ میلی‌گرم کادمیوم (گروه ۹) به‌ازای هر کیلوگرم غذا به‌مدت ۲۸ روز تغذیه شدند. غلظت صمغ عربی و کادمیوم به‌ترتیب براساس مطالعه صورت گرفته بر ماهی تیلاپیا (Naiel *et al.*, 2022) و ماهی کپور تعیین گردید (Mohiseni *et al.*, 2017). در پایان آزمایش، ماهیان با دم کرده گل میخک (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش شدند. پیش از خونگیری با فشار ملایم به حفره شکمی، از محتویات روده و مدفوع ماهیان جهت سنجش میزان کادمیوم دفعی نمونه‌برداری شد. خونگیری از ورید ساقه دم انجام شد. پس از سانتریفیوژ نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۶ هزار دور در دقیقه، سرم جداسازی و تا زمان انجام آنالیزهای بیوشیمیایی در فریز ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

فعالیت آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، لاکتات دهیدروزناز، آلکالین فسفاتاز و همچنین غلظت گلوکز، پروتئین تام، آلبومین، گلبولین، کلسترول، تری‌گلیسرید و کراتینین با استفاده از کیت‌های بیوشمیایی تشخیص طبی بیورکس فارس (شیراز، ایران) و به‌وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر UV/VIS یونیکو ۲۱۰۰ براساس دستورالعمل و بروشور کیت‌ها سنجش شد (Banaee *et al.*, 2023a; 2023c). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز پس از ارزیابی نرمال بودن داده‌ها، به روش تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون توکی در سطح اطمینان ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج

تغییرات در فعالیت آنزیم‌های پلاسمای ماهیان تحت تیمار صمغ عربی (گرم در هر کیلوگرم غذا) و کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) در جدول ۱ نشان داده شده است. تغذیه ماهیان با مکمل صمغ عربی در غلظت‌های ۵ و ۱۰ گرم به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی تغییر معنی‌داری در فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز ایجاد نکرد ($P>0/05$). در حالی که نتایج به‌دست آمده نشان دادکه فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در ماهیان تحت تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کلراید به‌صورت خوراکی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است ($P<0/05$). تغذیه ماهیان تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم کلراید کادمیوم و ۵ گرم به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی منجر به تنظیم فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در دامنه نرمال گردید؛ در حالی که در سایر گروه‌های آزمایشی سطح فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز همچنان به‌طور معنی‌داری بالا است.

تجویز صمغ عربی به‌صورت مکمل خوراکی در غلظت‌های ۵ و ۱۰ گرم تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز در پی نداشت ($P>0/05$). اگرچه تغذیه ماهیان با جیره غذایی حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم بر کیلوگرم غذا فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز را تغییر نداد، اما فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز در ماهیان تحت تیمار جیره غذایی حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است ($P<0/05$). تجویز صمغ عربی به ماهیان تحت تیمار غلظت‌های کلرید کادمیوم نیز منجر به بازگشت سطح فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز به سطح نرمال و مشابه گروه کنترل گردید.

نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در خون ماهیان تحت تیمار صمغ عربی به‌صورت مکمل خوراکی در غلظت‌های ۵ و ۱۰ گرم، اختلاف معنی‌داری با گروه کنترل ندارد. علاوه بر این، اگرچه تغییری در فعالیت آلکالین فسفاتاز در پلاسمای ماهیان

تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم مشاهده نشد. در حالی‌که فعالیت آلکالین فسفاتاز در پلاسمای ماهیان تحت تیمار جیره غذایی حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت. تجویز صمغ عربی به ماهیان تحت تیمار غلظت‌های کلرید کادمیوم نیز منجر به بازگشت سطح فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز به سطح نرمال و مشابه گروه کنترل گردید. اگرچه تجویز صمغ عربی به‌صورت مکمل خوراکی در غلظت‌های ۵ و ۱۰ گرم به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم کراتین فسفوکیناز نداشت ($P>0/05$)، اما تغذیه ماهیان با جیره آلوده به کلراید کادمیوم به‌تنهایی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کراتین فسفوکیناز گردید. نتایج نشان داد که تجویز صمغ عربی به ماهیان تحت تیمار غلظت‌های کلرید کادمیوم تأثیر معنی‌داری در تنظیم فعالیت آنزیم کراتین فسفوکیناز و بازگرداندن آن به سطح نرمال و مشابه گروه کنترل داشت.

براساس نتایج به‌دست آمده، تغذیه ماهیان با مکمل خوراکی صمغ عربی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم گاما گلوتامیل تری‌پپتیداز نداشت. همچنین تغذیه ماهیان با جیره غذایی حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم تغییر معنی‌داری در سطح فعالیت آنزیم گاما گلوتامیل تری‌پپتیداز ایجاد نکرد. در حالی که افزایش غلظت کلرید کادمیوم تا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم غذا منجر به افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم گاما گلوتامیل تری‌پپتیداز در پلاسما گردید. بازگشت فعالیت آنزیم گاما گلوتامیل تری‌پپتیداز به سطح نرمال در ماهیان تغذیه شده با صمغ عربی و کلراید کادمیوم نیز نشان‌دهنده تأثیر حفاظتی صمغ عربی است.

تغییرات در سطح پارامترهای بیوشیمیایی پلاسمای ماهیان تحت تیمار صمغ عربی (گرم در هر کیلوگرم غذا) و کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) در جدول ۲ نشان داده شده است. سطح گلوکز در خون ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است. در حالی که اختلاف معنی‌داری بین گروه تحت تیمار صمغ عربی و کنترل مشاهده نشد. تنظیم سطح گلوکز در ماهیان تحت تیمار صمغ عربی و کلراید کادمیوم نیز وابسته به دوز است.سطح پروتئین کل پلاسما پس از تغذیه ماهیان با جیره حاوی کلراید کادمیوم به‌طور معنی‌داری کاهش داشت. در حالی که تجویز صمغ عربی به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر سطح پروتئین کل پلاسمای ماهیان نداشت. تجویز همزمان صمغ عربی و کلراید کادمیوم نیز تأثیر معنی‌داری در تنظیم سطح پروتئین کل نداشت. تغذیه ماهیان با کلراید کادمیوم موجب کاهش معنی‌دار سطح آلبومین پلاسما گردید. در حالی که اختلاف معنی‌داری بین سطح آلبومین پلاسمای ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی صمغ عربی و گروه کنترل مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که تجویز صمغ عربی می‌تواند سطح آلبومین در ماهیان تحت تیمار کلراید کادمیوم را به سطح نرمال بازگرداند.

براساس یافته های حاصل، که هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در سطح کلسترول در همه گروه‌های آزمایشی با گروه کنترل وجود ندارد. در حالی‌که، قرار گرفتن ماهیان در معرض کلراید کادمیوم به‌صورت خوراکی موجب افزایش سطح تری‌گلیسرید در پلاسما گردید. تجویز صمغ عربی به‌تنهایی و توأم با کلراید کادمیوم سطح تری‌گلیسرید را از نظر آماری در سطح مشابه با گروه کنترل نگاه داشت.

سطح اوره و کراتینین در پلاسمای ماهیان در معرض کلراید کادمیوم به‌صورت خوراکی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است. در حالی که اختلاف معنی‌داری در سطح اوره و کراتینین در پلاسمای ماهیان تحت تیمار صمغ عربی و گروه کنترل مشاهده نشد. تأثیر حفاظتی صمغ عربی در تنظیم سطح اوره و کراتینین در پلاسمای ماهیان تحت تیمار کلراید کادمیوم نیز وابسته به دوز صمغ و کادمیوم است.

جدول ۱- تغییر در فعالیت آنزیم‌های پلاسمای ماهیان تحت تیمار صمغ عربی (گرم در هر کیلوگرم غذا) و کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا)

تیمارهای آزمایشی	گاما گلوتامیل تری‌پپتیداز (U/L)	کراتین فسفوکیناز (U/L)	لاکتات دهیدروژناز (U/L)	آلکالین فسفاتاز (U/L)	آسپارتات آمینوترانسفراز (U/L)	آلانین آمینوترانسفراز (U/L)
۱	۱۴/۳±۱/۱^{a}	۱۰۰/۳±۵/۵^{a}	۱۵۰/۹±۵/۲^{a}	۸۴/۴±۱۷/۸^{ab}	۲۷/۵±۳/۵^{a}	۲۵/۴±۴/۶^{ab}
۲	۱۳/۷±۱/۷^{a}	۱۰۲/۴±۹/۸^{ab}	۱۵۰/۵±۶/۴^{a}	۷۶/۸±۱۲/۴^{a}	۲۸/۵±۳/۴^{a}	۲۵/۶±۱/۴^{ab}
۳	۱۳/۵±۱/۵^{a}	۱۰۲/۶±۱۰/۷^{ab}	۱۴۹/۷±۱۲/۶^{a}	۷۴/۵±۷۴/۳^{a}	۳۰/۱±۳/۷^{a}	۲۴/۷±۳/۴^{a}
۴	۱۶/۶±۱/۲^{ab}	۱۲۹/۲±۱۳/۷^{bc}	۱۷۸/۵±۱۳/۱^{abc}	۱۱۷/۷±۱۹/۴^{bc}	۳۵/۸±۳/۴^{ab}	۳۵/۲±۰/۲^{c}
۵	۱۸/۸±۳/۶^{b}	۱۴۹/۶±۲۶/۶^{c}	۱۹۹/۹±۳۱/۷^{c}	۱۳۸/۹±۳۸/۸^{c}	۴۳/۸±۱۰/۰^{b}	۴۱/۸±۵/۵^{d}
۶	۱۵/۷±۱/۸^{ab}	۱۱۵/۸±۸/۹^{ab}	۱۶۴/۳±۹/۴^{ab}	۹۷/۵±۴/۳^{ab}	۳۲/۲±۱/۷^{a}	۳۰/۲±۰/۵^{bc}
۷	۱۶/۶±۱/۷^{ab}	۱۲۶/۰±۱۰/۱^{abc}	۱۷۵/۸±۱۱/۱^{abc}	۱۰۶/۹±۲۰/۶^{abc}	۳۶/۹±۳/۵^{ab}	۳۴/۷±۲/۳^{c}
۸	۱۵/۶±۱/۹^{ab}	۱۲۵/۶±۱۱/۲^{abc}	۱۷۶/۷±۱۰/۱^{abc}	۱۰۷/۷±۲۱/۵^{abc}	۳۸/۹±۴/۵^{ab}	۳۵/۰±۲/۷^{c}
۹	۱۶/۲±۱/۵^{ab}	۱۲۲/۵±۱۲/۰^{ab}	۱۷۱/۴±۱۱/۵^{abc}	۱۰۷/۳±۱۲/۲^{abc}	۳۴/۱±۲/۷^{ab}	۳۲/۸±۰/۴^{c}

جدول ۲- تغییر در پارامترهای بیوشیمیایی خون ماهیان تحت تیمار صمغ عربی (گرم در هر کیلوگرم غذا) و کلرید کادمیوم (میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا)

تیمارهای آزمایشی	کراتینین (mg/dL)	اوره (mg/dL)	تری‌گلیسرید (mg/dL)	کلسترول (mg/dL)	آلبومین (g/dL)	پروتئین کل (g/dL)	گلوکز (mg/dL)
۱	۰/۸۵±۰/۰۸^{a}	۱۵/۰±۰/۰^{a}	۹۷/۳±۲۰/۱^{ab}	۱۶۳/۳±۱۹/۵^{a}	۲/۹۰±۰/۲۰^{c}	۴/۸۴±۰/۷۶^{d}	۳۷/۵±۵/۰^{a}
۲	۰/۸۸±۰/۰۳^{ab}	۱۵/۵±۱/۴^{ab}	۸۸/۷±۱۸/۷^{a}	۱۶۲/۴±۱۳/۸^{a}	۲/۹۲±۰/۱۴^{c}	۴/۶۴±۰/۴۶^{cd}	۳۸/۵±۲/۴^{a}
۳	۰/۸۸±۰/۰۷^{ab}	۱۵/۸±۲/۳^{ab}	۸۴/۵±۱۷/۵^{a}	۱۵۶/۶±۱۰/۷^{a}	۲/۹۷±۰/۲۶^{c}	۴/۴۷±۰/۴۸^{cd}	۳۸/۱±۱/۷^{a}
۴	۱/۰۰±۰/۰۳^{c}	۲۰/۰±۰/۰c	۱۱۴/۶±۳/۳^{bc}	۱۴۹/۲±۶/۷^{a}	۲/۵۵±۰/۱۷^{ab}	۳/۸۲±۰/۲۵^{ab}	۴۵/۸±۵/۴^{b}
۵	۱/۰۵±۰/۱۰^{c}	۲۳/۳±۲/۱^{d}	۱۲۴/۸±۹/۶^{c}	۱۵۴/۶±۱۶/۶ ^{a}	۲/۳۹±۰/۲۴^{a}	۳/۶۸±۰/۱۵^{a}	۵۳/۸±۴/۰^{c}
۶	۰/۹۱±۰/۰۲^{ab}	۱۷/۷±۰/۷^{bc}	۱۰۱/۷±۷/۸^{abc}	۱۵۵/۸±۴/۹^{a}	۲/۷۳±۰/۱۴^{bc}	۴/۲۳±۰/۱۷^{abcd}	۴۲/۲±۲/۷^{ab}
۷	۱/۰۰±۰/۰۷^{c}	۱۹/۵±۱/۶^{c}	۱۰۵/۶±۱۱/۷^{abc}	۱۵۶/۰±۱۵/۱^{a}	۲/۶۸±۰/۱۰^{abc}	۴/۰۷±۰/۲۳^{abc}	۴۵/۹±۲/۵^{b}
۸	۰/۹۷±۰/۰۴^{bc}	۲۰/۵±۲/۰^{c}	۱۰۶/۶±۱۰/۹^{abc}	۱۵۵/۶±۱۶/۲^{a}	۲/۷۰±۰/۱۱^{abc}	۴/۰۷±۰/۲۷^{abc}	۴۵/۲±۲/۵^{b}
۹	۰/۹۳±۰/۰۳^{ab}	۱۸/۹±۰/۳^{c}	۱۰۸/۲±۲/۵^{abc}	۱۵۲/۵±۲/۰^{a}	۲/۶۴±۰/۱۵^{abc}	۴/۰۲±۰/۱۴^{abc}	۴۴/۱±۴/۰^{ab}

گروه ۱: کنترل؛ گروه ۲ و ۳: به‌ترتیب ماهیان تحت تیمار ۵ و ۱۰ گرم صمغ عربی به‌ازای هر کیلوگرم غذا؛ گروه ۴ و ۵: به‌ترتیب ماهیان تحت تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا؛ گروه ۶ : ماهیان تحت تیمار ۵ گرم صمغ عربی و ۱۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا؛ گروه ۷: ماهیان تحت تیمار ۵ گرم صمغ عربی و ۲۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا؛ گروه ۸: ماهیان تحت تیمار ۱۰ گرم صمغ عربی و ۱۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا؛ گروه ۹: ماهیان تحت تیمار ۱۰ گرم صمغ عربی و ۲۰۰ میلی‌گرم کلرید کادمیوم به‌ازای هر کیلوگرم غذا

بحث

آسپارتات آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، لاکتات دهیدروژناز (LDH)، آلکالین‌فسفاتاز (ALP)، کراتین فسفوکیناز (CPK) و گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT) از مهم‌ترین نشانگرهای بیوشیمیایی برای ارزیابی عملکرد و سلامت کبد و سایر اندام‌های حیاتی ماهیان محسوب می‌شوند (Banaee *et al*., 2019a). نتایج این مطالعه نشان داد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم منجر به تغییرات قابل توجهی در نشانگرهای بیوشیمیایی مختلف از جمله AST، ALT، LDH، ALP، CPK و GGT شده است. این نشانگرها نشان‌دهنده عملکرد کبد و ماهیچه و همچنین آسیب سلولی هستند. افزایش فعالیت این آنزیم‌ها نشان دهنده سمیت کبدی، آسیب عضلانی و استرس سلولی ناشی از قرار گرفتن در معرض کادمیوم است. نتایج این مطالعه با تحقیقات قبلی که اثرات سمی کادمیوم را بر موجودات آبزی، به‌ویژه ماهی‌هایی مانند کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان را مورد بررسی قرار داده‌اند، مطابقت دارد (Banaee *et al*., 2019 a, b; Banaee *et al*., 2022). به‌نظر می‌رسد تجویز صمغ عربی در کنار قرار گرفتن در معرض کادمیوم اثرات سمی مشاهده شده در نشانگرهای بیوشیمیایی را کاهش داده است. تنظیم سطح فعالیت آنزیم‌های AST، ALT، LDH، ALP، CPK و GGT

در گروهی که با صمغ عربی درمان شدند، نشان‌دهنده اثر محافظتی در برابر سمیت کادمیوم است. صمغ عربی می‌تواند از طریق مهار رادیکال‌های آزاد از جمله گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و گونه‌های نیتروژن فعال (RNS) مانند رادیکال‌های آنیون سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و رادیکال‌های اکسید نیتریک، از بروز استرس اکسیداتیو و آسیب به غشای سلولی جلوگیری کند (Babiker *et al*., 2017). در نتیجه از اجزای سلولی مانند لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند. ویژگی آنتی‌اکسیدانی صمغ عربی در بسیاری از گونه-های آزمایشگاهی مورد تأیید قرار گرفته است (Fedail *et al*., 2016; Ayaz *et al*., 2017; Gouda *et al*., 2022). نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم باعث ایجاد تغییرات در نشانگرهای بیوشیمیایی کلیدی مانند گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، تری‌گلیسیرید، اوره و کراتینین در ماهی کپور معمولی شد. این نشانگرها نقش مهمی در عملکردهای متابولیک، کلیوی و کبدی دارند. افزایش سطح گلوکز، تری‌گلیسیرید، اوره و کراتینین، همراه با کاهش سطح پروتئین تام و آلبومین، نشان‌دهنده اختلال در متابولیسم گلوکز، متابولیسم لیپیدها، عملکرد کلیه و سنتز پروتئین ناشی از سمیت کادمیوم است (Wen *et al*., 2019; Banaee *et al*., 2019 a). این یافته‌ها با تحقیقات قبلی که اثرات نامطلوب قرار گرفتن در معرض کادمیوم بر سیستم‌های متابولیک و کلیوی موجودات آبزی را مورد ارزیابی قرار دادند، همسو است (Remyla *et al*., 2008; Al-Asgah *et al*., 2015; Khalesi *et al*., 2017).

به‌نظر می رسد تجویز صمغ عربی در کنار قرار گرفتن در معرض کادمیوم، اثرات سمی مشاهده شده در نشانگرهای بیوشیمیایی را تعدیل و تنظیم می‌کند. احتمالاً تجویز صمغ عربی می‌تواند در عادی‌سازی یا کاهش تغییرات ناشی از سمیت کادمیوم مؤثر باشد. نتایج نشان داد که صمغ عربی می‌تواند به حفظ هموستاز گلوکز، حفظ سنتز پروتئین و عملکرد کلیه، و تعدیل متابولیسم لیپید در ماهی کپور معمولی که در معرض کادمیوم است کمک کرده باشد. این نشان‌دهنده نقش محافظتی صمغ عربی در برابر سمیت متابولیک و کلیوی ناشی از کادمیوم است. تأثیر حفاظتی صمغ عربی در تنظیم پارامترهای بیوشیمیایی خون در دیگر گونه‌های آزمایشی نیز گزارش شده است (Ahmed *et al*., 2015; Al-Majed *et al*., 2003; Hussein and Mohammed, 2021).

اثر محافظتی صمغ عربی را می‌توان به توانایی آن در کلات کردن یون‌های کادمیوم و جلوگیری از جذب از روده و تجمع آنها در بافت‌ها نسبت داد. صمغ عربی ممکن است از طریق کاهش دسترسی زیستی و محدود شدن قابلیت تجمع زیستی کادمیوم از اختلال متابولیسم سلولی جلوگیری کند و پروفایل‌های بیوشیمیایی را در محدوده طبیعی آن حفظ کند. صمغ عربی حاوی گروه‌های عاملی مانند گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل است که می‌توانند یون‌های فلزات واسطه مانند آهن و مس را کلات کنند. همچنین با کیلیت کردن این یون‌های فلزی، از مشارکت آن‌ها در واکنش‌های فنتون مانند، که رادیکال‌های هیدروکسیل بسیار واکنش‌پذیر را از طریق واکنش هابر ویس تولید می‌کنند، جلوگیری می‌کند. این خاصیت کیلاسیون فلزی به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی صمغ عربی نیز کمک می‌کند. علاوه بر این، خواص آنتی‌اکسیدانی آن ممکن است نقش مهمی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد تولید شده در پی قرار گرفتن در معرض کادمیوم ایفا کند و در نتیجه استرس اکسیداتیو و آسیب سلولی را کاهش دهد. مطالعات نشان می‌دهد که صمغ عربی می‌تواند از طریق تنظیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز نقش مهمی در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن و حفظ تعادل ردوکس در سلول‌ها ایفا کند (Babiker *et al*., 2017; Hassanien, 2019). علاوه بر این، صمغ عربی ممکن است مسیرهای سم‌زدایی در کبد را تقویت کرده و باعث حذف کادمیوم از بدن شود. علاوه بر این، خواص

آنتی‌اکسیدانی صمغ عربی ممکن است به کاهش استرس اکسیداتیو ناشی از قرار گرفتن در معرض کادمیوم کمک کند و در نتیجه یکپارچگی و عملکرد سلولی را حفظ کند (Jaafar, 2019).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که قرار گرفتن در معرض کادمیوم باعث ایجاد اختلالات متابولیک، کلیوی و کبدی در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) می‌شود که منجر به اثرات نامطلوب سلامتی می‌شود. در حالی که تجویز صمغ عربی یک اثر محافظتی در برابر سمیت کادمیوم در ماهی کپور معمولی اعمال می‌کند که با عادی‌سازی یا کاهش تغییرات در نشانگرهای بیوشیمیایی شامل گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسیرید، اوره و کراتینین و فعالیت آنزیم‌هایی نظیر AST، ALT، LDH، ALP، GGT و CPK مشهود است. برآیند تغییرات در فعالیت آنزیم‌ها و دیگر شاخص‌های بیوشیمیایی نشان داد که با افزایش غلظت صمغ عربی و کاهش غلظت کادمیوم، اثر بخشی تجویز صمغ عربی معنی‌دارتر است. تجویز صمغ عربی می‌تواند از طریق کاهش دسترسی زیستی کادمیوم در روده، تقویت سیستم سم‌زدایی و آنتی‌اکسیدانی اثرات سمی کادمیوم را کاهش دهد.

منابع

Ahmed A.A., Fedail J.S., Musa H.H., Kamboh A.A., Sifaldin A.Z., Musa T.H. 2015. Gum Arabic extracts protect against hepatic oxidative stress in alloxan induced diabetes in rats. *Pathophysiology* 22(4), 189-194.

Al-Asgah N.A., Abdel-Warith A.W.A., Younis E.S.M., Allam H.Y. 2015. Haematological and biochemical parameters and tissue accumulations of cadmium in Oreochromis niloticus exposed to various concentrations of cadmium chloride. *Saudi Journal of Biological Sciences* 22(5), 543-550.

Al-Asmakh M., Sohail M.U., Al-Jamal O., Shoair B.M., Al-Baniali A.Y., Bouabidi S., Nasr, S., Bawadi H. 2020. The effects of gum acacia on the composition of the gut microbiome and plasma levels of short-chain fatty acids in a rat model of chronic kidney disease. *Frontiers in Pharmacology* 11, 569402.

Al-Baadani H.H., Al-Mufarrej S.I., Al-Garadi M.A., Alhidary I.A., Al-Sagan A.A., Azzam M.M., 2021. The use of gum Arabic as a natural prebiotic in animals: A review. *Animal Feed Science and Technology* 274, 114894.

Al- Majed A.A., AbdAllah A.R., Al- Rikabi A.C., AlShabanah O.A., Mostafa A.M. 2003. Effect of oral administration of Arabic gum on cisplatin- induced nephrotoxicity in rats. *Journal of biochemical and Molecular Toxicology* 17(3), 146-153.

Al-Majed A.A., Mostafa A.M., Al-Rikabi A.C., Al-Shabanah O.A. 2002. Protective effects of oral Arabic gum administration on gentamicin-induced nephrotoxicity in rats. *Pharmacological Research* 46(5), 445-451.

Ayaz N.O., Ramadan K.S., Farid H.E., Alnahdi H.S. 2017. Protective role and antioxidant activity of Arabic gum against trichloroacetate-induced toxicity in liver of male rats. *Indian Journal of Animal Research* 51(2), 303-309.

Babiker M., Abbas T., Mohammed M.E.A. 2017. Effect of gum arabic on liver function and antioxidant enzymes of sprague-dawley rats. *IOSRJPBS* 12(2), 29-33.

Banaee M., Badr A.A., Multisanti C.R., Haghi B.N., Faggio C. 2023a. The toxicity effects of the individual and combined exposure of methyl tert-butyl ether (MTBE) and tire rubber powder (RP) on Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 274, 109759.

Banaee M., Beitsayah A., Prokić M.D., Petrović T.G., Zeidi A., Faggio C. 2023. Effects of cadmium chloride and biofertilizer (Bacilar) on biochemical parameters of freshwater fish, *Alburnus mossulensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 268, p.109614.

Banaee M., Faraji J., Amini M., Multisanti C.R., Faggio C. 2023c. Rainbow trout (*Oncorhynchus*

mykiss) physiological response to microplastics and enrofloxacin: Novel pathways to investigate microplastic synergistic effects on pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology* 261, 106627.

Banaee M., Impellitteri F., Evaz-Zadeh Samani H., Piccione G., Faggio, C. 2022. Dietary arthrospira platensis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a means to reduce threats caused by CdCl2 exposure? *Toxics* 10(12), 731.

Banaee M., Impellitteri F., Multisanti C.R., Sureda A., Arfuso F., Piccione G., Faggio, C. 2023d. Evaluating silymarin extract as a potent antioxidant supplement in diazinon-exposed rainbow trout: oxidative stress and biochemical parameter analysis. *Toxics* 11(9), 737.

Banaee M., Mohammadipour S., Madhani S. 2015. Effects of sublethal concentrations of permethrin on bioaccumulation of cadmium in zebra cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*). *Toxicological & Environmental Chemistry* 97(2), 200-207.

Banaee M., Soltanian S., Sureda A., Gholamhosseini A., Haghi B.N., Akhlaghi M., Derikvandy A. 2019a. Evaluation of single and combined effects of cadmium and micro-plastic particles on biochemical and immunological parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere* 236, 124335.

Banaee M., Sureda A., Taheri, S., Hedayatzadeh F. 2019b. Sub-lethal effects of dimethoate alone and in combination with cadmium on biochemical parameters in freshwater snail, *Galba truncatula*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 220, 62-70.

Banaee M., Zeidi A., Mikušková N., Faggio C. 2024. Assessing Metal Toxicity on Crustaceans in Aquatic Ecosystems: A Comprehensive Review. *Biological Trace Element Research* pp.1-19.

E**issa B.L., Ossana N.A., Ferrari L., Salibián A. 2010.** Quantitative behavioral parameters as toxicity biomarkers: fish responses to waterborne cadmium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 58, 1032-1039.

Elderbi M.A., Mohamed A.W.H., Hadi A.H.A., Dabobash M.D. 2014. Potential protective effect of gum Arabic against doxorubicin-induced Cardiotoxicity in Wistar albino rats. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 5(3), 1023.

Faggio C., Fazio F., Marafioti S., Arfuso F., Piccione, G. 2015. Oral administration of Gum Arabic: effects on haematological parameters and oxidative stress markers in *Mugil cephalus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(1)*, pp. 60-72.

Fedail J.S., Ahmed A.A., Musa H.H., Ismail E., Sifaldin A.Z., Musa T.H. 2016. Gum arabic improves semen quality and oxidative stress capacity in alloxan induced diabetes rats. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 5(5), 434-441.

Gamal el-din A.M., Mostafa A.M., Al-Shabanah O.A., Al-Bekairi A.M., Nagi M.N. 2003. Protective effect of arabic gum against acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice. *Pharmacological Research* 48(6), 631-635.

Gouda E., Babiker F. 2022. Gum Arabic protects the rat heart from ischemia/reperfusion injury through anti-inflammatory and antioxidant pathways. *Scientific Reports* 12(1), 17235.

Hassanien M.A. 2019. The protective and antioxidant effects of gum arabic: A review of recent evidence using the new PubMed system. *International Journal of Community Medicine and Public Health* 7(356), 10-18203.

Hussein E.A., Mohammed H.Q., 2021. Therapeutic Effect of Gum Arabic on some Biochemical Parameters in Nephrotoxic Albino rats. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology* 15(2), 2297-2303.

I**brahim A.T.A., Banaee M., Sureda, A. 2021.** Genotoxicity, oxidative stress, and biochemical biomarkers of exposure to green synthesized cadmium nanoparticles in *Oreochromis niloticus* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 242, 108942.

Jaafar N.S. 2019. Clinical effects of Arabic gum (Acacia): A mini review. *Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences* (P-ISSN 1683-3597 E-ISSN 2521-3512), 28(2), pp.9-16.

Kassem A., Abdullah A. 2015. Dietary gum Arabic supplementation alter plasma and tissue antioxidant and free radical scavenging activities in Sprague Dawley male rats. *Journal of Biology and Life Sciences* 6(1), 129.

Khalesi M.K., Abedi Z., Behrouzi S., Eskandari S.K. 2017. Haematological, blood biochemical and histopathological effects of sublethal cadmium and lead concentrations in common carp. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine* 20(2), 141-150.

Kovarova J., Kizek R., Adam V., Harustiakova D., Celechovska O., Svobodova Z. 2009. Effect of cadmium chloride on metallothionein levels in carp. *Sensors* 9(6), 4789-4803.

Lee J.W., Jo A.H., Lee D.C., Choi C.Y., Kang J.C., Kim J.H. 2023. Review of cadmium toxicity effects on fish: Oxidative stress and immune responses. *Environmental Research* 236, 116600.

Liu Y., Chen Q., Li Y., Bi L., Jin L., Peng R. 2022. Toxic effects of cadmium on fish. *Toxics* 10(10), 622.

Mohiseni M., Sepidnameh M., Bagheri D., Banaee M., Nematdust Haghi B., 2017. Comparative effects of S hirazi thyme and vitamin E on some growth and plasma biochemical changes in common carp (*Cyprinus carpio*) during cadmium exposure. *Aquaculture Research* 48(9), 4811-4821.

Naiel M.A., Abd El-hameed S.A., Arisha A.H., Negm S.S. 2022. Gum Arabic-enriched diet modulates growth, antioxidant defenses, innate immune response, intestinal microbiota and immune related genes expression in tilapia fish. *Aquaculture* 556, 738249.

Remyla S.R., Ramesh M., Sajwan K.S., Senthil Kumar K. 2008. Influence of zinc on cadmium induced haematological and biochemical responses in a freshwater teleost fish *Catla catla*. *Fish Physiology and Biochemistry* 34, 169-174.

Wen B., Jin S.R., Chen Z.Z., Gao J.Z., Liu Y.N., Liu J.H., Feng X.S. 2018. Single and combined effects of microplastics and cadmium on the cadmium accumulation, antioxidant defence and innate immunity of the discus fish (*Symphysodon aequifasciatus*). *Environmental Pollution* 243, 462-471.

Zahedi S., Akbarzadeh A., Rafati M., Banaee M., Sepehri moghadam H., Raeici H. 2013. Biochemical responses of juvenile European sturgeon, (*Huso huso*) to a sub-lethal level of copper and cadmium in freshwater and brackish water environments. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 11, 1-8.

Zhang Z., Zheng Z., Cai J., Liu Q., Yang J., Gong Y., Wu M., Shen Q., Xu S. 2017. Effect of cadmium on oxidative stress and immune function of common carp (*Cyprinus carpio* L.) by transcriptome analysis. *Aquatic Toxicology* 192, 171-177.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 132-142
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

The protective effect of gum Arabic (*Acacia senegal*) administration in reducing cadmium toxicity in common carp (*Cyprinus carpio*)

Nezam Armand[1], Raham Armand[2], Mahdi Banaee[3*]

[1]Evidence-based Phyt therapy and Complementary Medicine Research Center, Alborz, University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

[2]Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran.

[3]Department of Aquaculture, Faculty of Natural Resources and the Environment, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.

*Corresponding author: mahdibanaee@yahoo.com

Received: 28. Oct.2023 **Accepted: 18. Mar.2024**

Abstract

Cadmium is one of the most important environmental pollutants that may enter the bodies of fish through the food chain and affect their physiology. The purpose of this study is to use gum Arabic (*Acacia senegal*) as a food supplement to mitigate the toxicity of cadmium chloride in common carp. In this study, fish were fed a diet containing gum Arabic at two concentrations: 5 and 10 grams, along with cadmium chloride at two concentrations: 100 and 200 mg per kilogram for 28 days. Then, the activity of plasma enzymes and biochemical parameters were evaluated as biomarkers of fish health. The results showed that exposure to cadmium significantly increased the activity of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, lactate dehydrogenase, alkaline phosphatase, creatine phosphokinase, and gamma-glutamyltransferase in fish plasma, while the administration of gum Arabic was able to restore the activity of these enzymes to normal levels. Furthermore, cadmium exposure increased blood glucose, triglyceride, urea, and creatinine concentrations, while total protein and albumin concentrations decreased. Feeding fish with a gum Arabic supplement could adjust the levels of these parameters, although its effect on biochemical parameters was dose-dependent. Therefore, the administration of gum Arabic could have a protective effect against cadmium toxicity in carp fish.

Keywords: Heavy metals, Gum Arabic, Biomarkers, Protective effects, Biochemical parameters