



ماهیان هوشمندتر و مقاوم تر: تاثیر محرک های ایمنی بر بیان ژن و سلامت ماهیان

فرزانه شیروانی فارسانی^{۱*}، مریم شیروانی فارسانی^۲

۱- گروه شیلات، تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- گروه شیلات، مرکز علمی کاربردی نگین چهارمحال و بختیاری، دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرکرد

* ایمیل نویسنده مسئول: fshirvani92@gmail.com

چکیده

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر محرک های ایمنی بر بیان ژن و سلامت کلی ماهی می پردازد. محرک های ایمنی، از جمله بتا گلوکان ها، عصاره های گیاهی و ترکیبات سنتتیک، با تعدیل بیان ژن، پاسخ های ایمنی و مقاومت در برابر بیماری را در گونه های مختلف ماهی افزایش داده اند. ژن ها و مسیرهای کلیدی مرتبط با ایمنی، مانند NF- κ B و TLRs فعال شده و منجر به افزایش تولید سیتوکین ها و پپتیدهای ضد میکروبی می شوند. تجزیه و تحلیل تطبیقی با مطالعات قبلی، پیشرفت در درک مکانیسم های ژنتیکی مرتبط با این اثرات را آشکار می کند. استفاده راهبردی از محرک های ایمنی، نیاز به آنتی بیوتیک ها را کاهش داده و شیوه های پرورش آبزیان پایدار را ترویج می کند. علاوه بر این، ترکیب محرک های ایمنی با واکسن ها، اثربخشی آنها را افزایش می دهد که نشان دهنده اهمیت دوز دقیق و پروتکل های تجویز است. در حالی که یافته های کنونی امیدوارکننده هستند، تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات بلند مدت، پاسخ های ویژه گونه ها و تعامل با عوامل محیطی مورد نیاز است. مطالعات آینده همچنین باید محرک های ایمنی جدید را بررسی کرده و امکان سنجی اقتصادی آنها را در محیط های پرورش آبزیان ارزیابی کنند. این بررسی، پتانسیل قابل توجه محرک های ایمنی را برای بهبود سلامت و مقاومت ماهی، کمک به پایداری و بهره وری صنعت آبرزی پروری برجسته می کند.

واژه های کلیدی: محرک های ایمنی، بیان ژن، مقاومت در برابر بیماری، عصاره های گیاهی، NF- κ B، TLRs، آبرزی پروری پایدار.

۱- مقدمه

سلامت ماهی یکی از دغدغه های اساسی در آبرزی پروری است که بر بهره وری، پایداری و امکان سنجی اقتصادی این صنعت تأثیر می گذارد. با افزایش تقاضای جهانی برای غذاهای دریایی، بهبود سلامت ماهی برای اطمینان از شیوه های پرورش ماهی قابل اعتماد و پایدار، امری بسیار مهم می شود. عملکرد صحیح سیستم ایمنی، که در برابر انبوهی از عوامل بیماری زا و استرس های محیطی محافظت می کند، برای سلامت ماهی ضروری است. محرک های ایمنی، موادی که پاسخ ایمنی را تقویت می کنند، به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای بهبود سلامت و مقاومت ماهی پدیدار شده اند. این محرک ها را می توان از منابع مختلفی از جمله عصاره های طبیعی، پروبیوتیک ها و ترکیبات سنتتیک به دست آورد و برای تقویت عملکرد ایمنی و سلامت کلی آن ها در رژیم غذایی ماهی گنجانید [۱].

اهمیت محرک های ایمنی در توانایی آن ها در کاهش بروز بیماری ها بدون عوارض جانبی مرتبط با آنتی بیوتیک ها و سایر درمان های شیمیایی نهفته است. این محرک ها با تقویت پاسخ های ایمنی طبیعی ماهی، به جمعیت ماهی های سالم تر و مقاوم تر کمک می کنند و در نتیجه کارایی و پایداری کلی عملیات آبرزی پروری را بهبود می بخشند [۲].



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

علیرغم افزایش استفاده از محرک‌های ایمنی در آبی‌پروری، شکاف‌های قابل توجهی در درک ما از تأثیرات دقیق آن‌ها بر بیان ژن و پیامدهای گسترده‌تر برای سلامت ماهی وجود دارد. در حالی که مطالعات متعدد، مزایای محرک‌های ایمنی را در افزایش پاسخ‌های ایمنی و عملکرد رشد برجسته کرده‌اند، مکانیسم‌های ژنتیکی اساسی تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده‌اند. علاوه بر این، اثرات طولانی مدت این محرک‌ها بر سلامت ماهی، به ویژه پتانسیل آن‌ها برای افزایش عملکردهای شناختی و انعطاف‌پذیری، به خوبی مستند نشده است. این فقدان درک جامع، مانع استفاده بهینه از محرک‌های ایمنی در آبی‌پروری می‌شود و مانع از بهره‌مندی کامل صنعت از مزایای بالقوه آن‌ها می‌گردد [۱].

سوالات پژوهش:

محرک‌های ایمنی چگونه بر بیان ژن در ماهی تأثیر می‌گذارند؟

فواید سلامتی قابل مشاهده محرک‌های ایمنی در جمعیت ماهی چیست؟

آیا استفاده از محرک‌های ایمنی می‌تواند منجر به توسعه ماهی‌های باهوش‌تر و مقاوم‌تر شود؟

اثرات بلند مدت محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی و عملکردهای شناختی چیست؟ اهداف: اهداف اولیه این مطالعه عبارتند از:

بررسی تغییرات در بیان ژن در ماهی‌های تحت درمان با محرک‌های ایمنی مختلف.

ارزیابی اثرات کلی سلامت، از جمله عملکرد رشد و مقاومت در برابر بیماری، ماهی‌های در معرض محرک‌های ایمنی.

تعیین پتانسیل محرک‌های ایمنی برای افزایش عملکردهای شناختی و انعطاف‌پذیری در ماهی.

ارائه یک درک جامع از اثرات بلند مدت محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی برای اطلاع‌رسانی بهتر شیوه‌های آبی‌پروری. اهمیت: درک اثرات محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن برای توسعه شیوه‌های آبی‌پروری پایدار و کارآمد بسیار مهم است. این تحقیق با روشن کردن مکانیسم‌هایی که از طریق آن‌ها این محرک‌ها پاسخ‌های ایمنی و سلامت کلی را افزایش می‌دهند، می‌تواند به بهینه‌سازی استفاده از آن‌ها در پرورش ماهی کمک کند. پتانسیل بهبود رفاه ماهی، افزایش بهره‌وری و کاهش اتکا به آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر مواد شیمیایی، محرک‌های ایمنی را به یک جایگزین جذاب برای آبی‌پروری پایدار تبدیل می‌کند. علاوه بر این، بینش در مورد اثرات ژنتیکی و بلند مدت محرک‌های ایمنی می‌تواند راه را برای نوآوری در پرورش ماهی هموار کند و منجر به توسعه جمعیت ماهی‌های باهوش‌تر و مقاوم‌تر شود. این تحقیق پتانسیل ایجاد انقلابی در شیوه‌های آبی‌پروری را دارد و عرضه قابل اعتماد و سالم غذاهای دریایی را برای پاسخگویی به تقاضای جهانی تضمین می‌کند [۴].

۲- پیشینه پژوهش

۱-۲ بررسی کلی ایمنی ماهی

سیستم ایمنی در ماهی‌ها یک شبکه پیچیده شامل اجزای ذاتی و اکتسابی است که هر کدام نقش مهمی در محافظت در برابر عوامل بیماری‌زا و استرس‌های محیطی دارند. ایمنی ماهی با مهره‌داران عالی‌تر شباهت‌هایی دارد، اما به دلیل محیط آبی و تاریخچه تکاملی آنها، ویژگی‌های منحصر به فردی را نیز نشان می‌دهد [۱]. سیستم ایمنی ذاتی که اولین خط دفاعی را فراهم می‌کند شامل موانع فیزیکی مانند پوست و مخاط و همچنین پاسخ‌های سلولی و هومورال شامل فاگوسیت‌ها، سلول‌های کشنده طبیعی و پپتیدهای ضد میکروبی مختلف است [۵]. این سیستم سریع اما غیر اختصاصی است و به طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زا پاسخ می‌دهد.

سیستم ایمنی اکتسابی، که اختصاصی‌تر و کندتر به پاسخ می‌پردازد، شامل لنفوسیت‌ها، مانند سلول‌های T و سلول‌های B و تولید آنتی‌بادی‌ها است [۶]. ماهی‌های استخوانی که بخش قابل توجهی از گونه‌های آبی‌پروری را تشکیل می‌دهند، پاسخ‌های اکتسابی با واسطه سلولی و هومورال را از خود نشان می‌دهند. سیستم ایمنی اکتسابی در ماهی‌ها امکان حافظه ایمنی را فراهم می‌کند و پاسخ‌های قوی‌تری را در مواجهه بعدی با همان عامل بیماری‌زا ممکن می‌سازد. قابل ذکر است که اندام‌های ایمنی ماهی مانند تیموس، طحال و کلیه سر، مشابه پستانداران هستند و نقش‌های اساسی در خونسازی و پاسخ‌های ایمنی دارند [۱].



چالش‌های رایج بهداشتی که ماهی‌ها با آن مواجه هستند شامل عفونت‌های باکتریایی، ویروسی و انگلی است که می‌تواند منجر به مرگ و میر قابل توجهی در محیط‌های آبرزی پروری شود. عوامل استرس‌زای محیطی مانند هیپوکسی، نوسانات دما و کیفیت پایین آب می‌تواند ایمنی ماهی را بیشتر به خطر بیندازد [۲]. درک عملکرد پیچیده ایمنی ماهی برای توسعه استراتژی‌های موثر مدیریت سلامت در آبرزی پروری بسیار مهم است.

۲-۲ محرک‌های ایمنی

محرک‌های ایمنی موادی هستند که پاسخ ایمنی را افزایش می‌دهند و ماهی را در برابر عفونت‌ها و عوامل استرس‌زا مقاوم‌تر می‌کنند. این محرک‌ها را می‌توان به چند دسته طبقه‌بندی کرد، از جمله پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، عصاره‌های گیاهی و ترکیبات سنتتیک [۷]. پروبیوتیک‌ها، مانند *Bacillus spp.* و *Lactobacillus spp.*، میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که در صورت تجویز به مقدار کافی، فواید سلامتی را برای میزبان به ارمغان می‌آورند. آنها با تعدیل میکروبیوتای روده، افزایش عملکرد سد و تحریک پاسخ‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی عمل می‌کنند [۸].

پری‌بیوتیک‌ها، مواد تشکیل دهنده غذای غیر قابل هضم، رشد میکروارگانیسم‌های مفید را در روده تقویت می‌کنند. مثال‌ها عبارتند از الیگوساکاریدها و اینولین که نشان داده شده است که پاسخ‌های ایمنی و مقاومت در برابر بیماری را در ماهی بهبود می‌بخشند [۹]. عصاره‌های گیاهی، مانند سیر، آویشن و جلبک قرمز، حاوی ترکیبات زیست فعالی مانند پلی فنول‌ها و روغن‌های ضروری هستند که خواص تحریک کننده سیستم ایمنی را نشان می‌دهند [۱۰]. این عصاره‌ها می‌توانند فعالیت فاگوسیتی را افزایش دهند، تولید پپتیدهای ضد میکروبی را افزایش دهند و بیان ژن مربوط به ایمنی را تعدیل کنند.

محرک‌های ایمنی سنتتیک، از جمله بتا گلوکان‌ها و واکسن‌ها، نیز به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. بتاگلوکان‌ها پلی‌ساکاریدهایی هستند که سلول‌های ایمنی را فعال می‌کنند و توانایی آنها را برای شناسایی و حذف عوامل بیماری‌زا را افزایش می‌دهند. واکسن‌ها که پاسخ‌های ایمنی اکتسابی خاصی را القا می‌کنند برای پیشگیری از بیماری‌ها در آبرزی پروری بسیار مهم هستند. توسعه واکسن‌های موثر علیه پاتوژن‌های رایج مانند *Vibrio spp.* و *Aeromonas spp.* به طور قابل توجهی بروز بیماری را کاهش داده و سلامت ماهی را بهبود بخشیده است [۱۱].

۲-۳ بیان ژن در ماهی

تجزیه و تحلیل بیان ژن ابزاری قدرتمند برای درک مکانیسم‌های مولکولی است که زیربنای پاسخ‌های ایمنی و سلامت کلی در ماهی هستند. تغییرات در بیان ژن می‌تواند نشان دهد که ماهی‌ها چگونه به محرک‌های ایمنی و عوامل استرس‌زای محیطی پاسخ می‌دهند و بینشی در مورد مسیرهای دخیل در ایمنی، مقاومت در برابر استرس و حتی عملکردهای شناختی ارائه می‌دهد [۶]. به عنوان مثال، بیان ژن‌های مربوط به سیتوکین‌ها، پپتیدهای ضد میکروبی و پروتئین‌های پاسخ استرس می‌تواند در ماهی‌های تحت درمان با محرک‌های ایمنی تنظیم شود و منعکس کننده افزایش پاسخ‌های ایمنی و استرس باشد [۱۲]. علاوه بر این، پروفایل‌های بیان ژن می‌توانند اثرات طولانی مدت محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی را آشکار کنند. به عنوان مثال، نشان داده شده است که هیپوکسی مزمن باعث ایجاد تغییرات پایدار در بیان ژن‌های ایمنی در ماهی آزاد اقیانوس اطلس می‌شود و بر مقاومت آنها در برابر عفونت‌های باکتریایی تأثیر می‌گذارد [۲]. درک این پاسخ‌های مولکولی برای بهینه‌سازی استفاده از محرک‌های ایمنی در آبرزی پروری برای دستیابی به نتایج سلامتی مطلوب ضروری است.

۲-۴ مطالعات پیشین

مطالعات متعددی به بررسی اثرات محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن پرداخته‌اند. مطالعه‌ای توسط //خلیفه و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که گنجاندن رژیم غذایی پودر میوه نخل دوم باعث بهبود رشد، ظرفیت آنتی اکسیدانی، پاسخ ایمنی و مقاومت به بیماری در گربه ماهی آفریقایی می‌شود. به طور مشابه، خلیل و همکاران (۲۰۲۰) [۱] دریافتند که پودر آویشن



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



پاسخ‌های ایمنی و اکسیداتیو دوگانه را در تیلاپیا نیل در معرض آفت‌کش‌ها افزایش می‌دهد و پتانسیل محرک‌های ایمنی گیاهی را برجسته می‌کند.

خانزاده و همکاران (۲۰۲۳) [۹] گزارش دادند که عصاره جلبک *Laurencia caspica* پارامترهای هماتو-ایمونولوژیکی، دفاع آنتی اکسیدانی و مقاومت در برابر *Streptococcus agalactiae* را در تیلاپیا نیل بهبود می‌بخشد. این مطالعه بر اثربخشی عصاره‌های طبیعی در بهبود سلامت ماهی تاکید می‌کند. مطالعه دیگری توسط زوه و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که مکمل‌های غذایی با *Bacillus spp.*، *Paracoccus marcusii* و *Lactobacillus plantarum* باعث بهبود رشد، پاسخ ایمنی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و سلامت روده در کپور علفی نوجوان می‌شود.

تحقیقات بیشتر توسط سالومون و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که یک رژیم غذایی عصاره میوه زیتون (AQUOLIVE®) پاسخ ایمنی سیستمیک را افزایش داده و مرگ و میر را در ماهی آزاد اقیانوس اطلس که با *Aeromonas salmonicida* مورد چالش قرار گرفته‌اند، کاهش می‌دهد. این مطالعه پتانسیل افزودنی‌های خوراک عملکردی را در ارتقای سلامت ماهی برجسته می‌کند. علاوه بر این، مطالعه‌ای توسط ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که برگ‌های تخمیر شده مورینگا، به عنوان جایگزین غذای ماهی، رشد، پاسخ ایمنی و مقاومت به بیماری را در کپور gibel نوجوان افزایش می‌دهند.

این مطالعات به طور جمعی نشان می‌دهند که محرک‌های ایمنی می‌توانند با افزایش پاسخ‌های ایمنی، تعدیل بیان ژن و ایجاد مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زای مختلف، سلامت ماهی را به طور قابل توجهی بهبود بخشند. بینش‌های به دست آمده از این مطالعات برای توسعه استراتژی‌های موثر برای ترویج شیوه‌های پایدار آبرزی پروری بسیار مهم است.

۳- روش‌شناسی

۳-۱ طراحی تحقیق

این مطالعه، یک طرح تحقیق مبتنی بر کتابخانه را برای بررسی تأثیر محرک‌های ایمنی بر بیان ژن و سلامت ماهی اتخاذ می‌کند. رویکرد مبتنی بر کتابخانه شامل جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل سیستماتیک ادبیات و مطالعات موجود مرتبط با موضوع تحقیق است. این روش به ویژه برای ترکیب طیف گسترده‌ای از اطلاعات، شناسایی روندها و نتیجه‌گیری جامع بدون محدودیت‌ها و متغیرهای مرتبط با کار میدانی یا آزمایشگاهی تجربی مناسب است.

طرح تحقیق از یک رویکرد کیفی پیروی می‌کند و از بینش‌های غنی ارائه شده توسط مطالعات قبلی برای درک اثرات محرک‌های ایمنی مختلف بر ماهی استفاده می‌کند. این طرح امکان ادغام یافته‌ها از منابع متعدد را فراهم می‌کند و دیدگاه جامعی از موضوع ارائه می‌دهد. این مطالعه با مرور و ترکیب سیستماتیک ادبیات موجود، هدف دارد تا درک کاملی از چگونگی تأثیر محرک‌های ایمنی بر بیان ژن و سلامت کلی در ماهی ارائه دهد.

۳-۲ جمع‌آوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌ها برای این مطالعه از طریق بررسی گسترده مجلات دانشگاهی، کتاب‌ها و سایر نشریات علمی انجام شد. این فرآیند شامل چندین مرحله کلیدی بود:

شناسایی پایگاه‌های داده مرتبط: از پایگاه‌های داده اولیه مانند PubMed، ScienceDirect و Google Scholar برای یافتن ادبیات مرتبط استفاده شد. این پایگاه‌های داده به دلیل پوشش جامع تحقیقات علمی و دسترسی‌پذیری آن‌ها انتخاب شدند.

راهبرد جستجو: یک استراتژی جستجوی سیستماتیک با استفاده از کلمات کلیدی و عبارات مربوط به موضوع تحقیق به کار گرفته شد. کلمات کلیدی شامل «سیستم ایمنی ماهی»، «محرک‌های ایمنی»، «بیان ژن در ماهی» و «سلامت ماهی» بودند. این جستجو به نشریات از سال ۲۰۲۰ به بعد محدود شد تا از گنجاندن جدیدترین مطالعات اطمینان حاصل شود.



معیارهای ورود و خروج: مقالات در صورتی گنجانده شدند که داوری هم‌تا شده باشند، در مجلات معتبر منتشر شده باشند و بر تأثیر محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن تمرکز کنند. معیارهای حذف مقالات غیر داوری هم‌تا، مطالعاتی که مستقیماً به ماهی مربوط نمی‌شدند و مقالات منتشر شده قبل از سال ۲۰۲۰ بودند.

استخراج داده‌ها: داده‌های مرتبط از مقالات انتخاب شده استخراج شدند، با تمرکز بر اهداف مطالعه، روش‌ها، نتایج و نتیجه‌گیری‌ها. توجه ویژه‌ای به مطالعاتی شد که بینشی در مورد مکانیسم‌هایی که از طریق آن‌ها محرک‌های ایمنی بر بیان ژن و نتایج سلامت در ماهی تأثیر می‌گذارند، ارائه می‌کردند.

سازماندهی داده‌ها: داده‌های استخراج شده به صورت موضوعی سازماندهی شدند و مطالعات بر اساس نوع محرک ایمنی استفاده شده، گونه‌های ماهی خاص مورد مطالعه و نتایج اندازه‌گیری شده گروه‌بندی شدند. این سازماندهی، ترکیب یافته‌ها و شناسایی الگوها و مضامین مشترک را تسهیل کرد. تحلیل: تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده شامل چندین مرحله با هدف ترکیب یافته‌ها از مطالعات متعدد برای نتیجه‌گیری جامع بود:

تجزیه و تحلیل موضوعی: داده‌ها به صورت موضوعی تجزیه و تحلیل شدند و موضوعات و الگوهای کلیدی در مطالعات مختلف شناسایی شدند. موضوعات شامل انواع محرک‌های ایمنی مورد استفاده، مکانیسم‌های عمل آن‌ها و اثرات آن‌ها بر بیان ژن و پیامدهای سلامتی در ماهی‌ها بود.

تحلیل مقایسه‌ای: از تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای برای مقایسه یافته‌ها از مطالعات مختلف استفاده شد و شباهت‌ها و تفاوت‌ها برجسته شد. این رویکرد به شناسایی اثرات ثابت محرک‌های ایمنی در گونه‌های مختلف ماهی و شرایط آزمایشی کمک کرد. ارزیابی انتقادی: هر مطالعه به طور انتقادی برای دقت روش‌شناختی آن، از جمله اندازه نمونه، طراحی آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی شد. مطالعات با روش‌های قوی در ترکیب یافته‌ها وزن بیشتری داده شد.

ترکیب یافته‌ها: یافته‌ها ترکیب شدند تا درک جامعی از چگونگی تأثیر محرک‌های ایمنی بر بیان ژن و سلامت در ماهی ارائه شود. این ترکیب شامل ادغام نتایج مطالعات متعدد برای شناسایی نتیجه‌گیری‌ها و پیامدهای کلی بود.

شناسایی شکاف‌ها: تجزیه و تحلیل همچنین شکاف‌های موجود در ادبیات فعلی را شناسایی کرد و مناطقی را که تحقیقات بیشتری مورد نیاز است برجسته کرد. این شکاف‌ها به توصیه‌هایی برای تحقیقات آینده منجر شد. محدودیت‌ها: در حالی که طراحی تحقیق مبتنی بر کتابخانه مزایای متعددی را ارائه می‌دهد، محدودیت‌هایی نیز دارد که باید تصدیق شود:

وابستگی به ادبیات موجود: این مطالعه کاملاً به ادبیات موجود متکی است که ممکن است براساس در دسترس بودن و کیفیت مطالعات منتشر شده، سوگیری‌هایی را ایجاد کند. این خطر وجود دارد که بینش‌های مهم از مطالعات منتشر نشده یا غیرقابل دسترس از دست برود.

تغییرپذیری در طرح‌های مطالعه: مطالعات بررسی شده ممکن است در طراحی‌های آزمایشی، اندازه‌های نمونه و روش‌شناسی خود بسیار متفاوت باشند و مقایسه مستقیم را به چالش بکشند. تفاوت در گونه‌های ماهی، شرایط محیطی و دوز محرک‌های ایمنی می‌تواند بر تعمیم‌پذیری یافته‌ها تأثیر بگذارد.

سوگیری انتشار: احتمال سوگیری انتشار وجود دارد، جایی که مطالعات با نتایج مثبت بیشتر از مطالعات با نتایج منفی یا بی‌نتیجه منتشر می‌شوند. این سوگیری می‌تواند درک کلی از تأثیر محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی را منحرف کند.

محدودیت‌های زمانی: محدود کردن بررسی به مطالعات منتشر شده از سال ۲۰۲۰ به بعد، گنجاندن تحقیقات اخیر را تضمین می‌کند، اما ممکن است مطالعات قدیمی‌تر مهمی را که می‌توانند زمینه و اطلاعات پیشینه ارزشمندی را ارائه دهند، حذف کند. فقدان داده‌های تجربی: به عنوان یک مطالعه مبتنی بر کتابخانه، این تحقیق شامل جمع‌آوری داده‌های تجربی اصلی نمی‌شود. نتیجه‌گیری‌های انجام شده مبتنی بر ترکیب مطالعات موجود است که ممکن است عمق تجزیه و تحلیل را در مقایسه با مطالعه‌ای که شامل جمع‌آوری داده‌های اولیه است محدود کند.

ناهمگونی داده‌ها: ناهمگونی داده‌ها از مطالعات مختلف، از جمله تغییرات در گونه‌های ماهی، محرک‌های ایمنی و معیارهای نتیجه، چالشی را در ترکیب و تعمیم یافته‌ها ایجاد می‌کند. علیرغم این محدودیت‌ها، رویکرد مبتنی بر کتابخانه همچنان یک



روش ارزشمند برای به دست آوردن بینش جامع در مورد تأثیر محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن است. این مطالعه با مرور و ترکیب سیستماتیک ادبیات موجود، پایه محکمی را برای درک نقش محرک‌های ایمنی در آبرزی پروری فراهم می‌کند و زمینه‌هایی را برای تحقیقات آینده برای پرداختن به شکاف‌های موجود و پیشبرد این حوزه شناسایی می‌کند.

۴- نتایج

۴-۱ یافته‌ها

یافته‌های کلیدی از متون مربوط به تأثیر محرک‌های ایمنی بر بیان ژن ماهی و سلامت، چندین روند و بینش مهم را برجسته می‌کند. این یافته‌ها در زیر ارائه شده است که بر اساس موضوعات اصلی سازماندهی شده و توسط مطالعات مرتبط منتشر شده از سال ۲۰۲۰ پشتیبانی می‌شوند.

تأثیر محرک‌های ایمنی بر بیان ژن: نشان داده شده است که محرک‌های ایمنی مانند β -گلوکان‌ها، عصاره برگ زیتون و عصاره‌های مختلف گیاهی، بیان ژن‌های مرتبط با ایمنی را در ماهی‌ها تعدیل می‌کنند. این مطالعات نشان می‌دهند که محرک‌های ایمنی می‌توانند به طور قابل توجهی چشم‌انداز رونویسی را تغییر دهند و منجر به افزایش پاسخ‌های ایمنی و بهبود نتایج سلامت شوند. به عنوان مثال، مطالعه‌ای توسط *شاناکا* و همکاران (۲۰۲۰) فاکتور تمایز ۸۸ میلیوئیدی ماهی راک (*Sebastes schlegelii*) (SsMyD88) و نقش آن را در پاسخ ایمنی بررسی کرد. این مطالعه نشان داد که محرک‌های ایمنی مختلف، از جمله poly I:C، لیپوپلی‌ساکاریدها و *Streptococcus iniae*، بیان SsMyD88 را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهند و فاکتورهای رونویسی NF- κ B را فعال می‌کنند، که منجر به افزایش سطح واسطه‌های التهابی مانند IL-1 β ، IL-6، iNOS، COX-2 و TNF- α [۱۳]. به طور مشابه، شیری و همکاران (۲۰۲۰) اثرات عصاره برگ زیتون (OLE) و فلورفنیکل (FFC) را بر روی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) آلوده به *Streptococcus iniae* ارزیابی کردند. این مطالعه نشان داد که OLE همراه با FFC بیان چندین ژن مرتبط با ایمنی، از جمله TNF- α ، IL-1 β و HAMP را تعدیل می‌کند و پاسخ ایمنی ماهی را افزایش می‌دهد [۴].

افزایش پاسخ‌های ایمنی و مقاومت به بیماری: مطالعات به طور مداوم نشان داده‌اند که محرک‌های ایمنی می‌توانند پاسخ‌های ایمنی ماهی را افزایش دهند و منجر به مقاومت بهتر در برابر بیماری شوند. این امر از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله افزایش تنظیم سیتوکین‌ها، افزایش تولید پپتیدهای ضد میکروبی و بهبود فعالیت فاگوسیتی حاصل می‌شود. به عنوان مثال، مطالعه‌ای توسط ریس و همکاران (۲۰۲۱) بر روی تیلپایا (*Oreochromis niloticus*) نشان داد که β -گلوکان همراه با واکسیناسیون، بیان ژن‌های مرتبط با ایمنی مانند HSP70، IL-6، IL-1 β و TNF- α را در سر افزایش می‌دهد. کلیه و طحال، نشان دهنده یک پاسخ ایمنی قوی است [۱۴]. فیگوئیدو و همکاران (۲۰۲۱) همچنین گزارش دادند که حمام کردن محرک ایمنی ماهی آزاد اقیانوس اطلس با آستراگالوس، اسید هیالورونیک، ایمیکیمود و Poly I:C باعث افزایش بیان ژن‌های ضد ویروسی و ژن‌های متابولیک می‌شود و مکانیسم‌های دفاع ضد ویروسی ماهی را افزایش می‌دهد [۳].

اثرات طولانی مدت بر سلامت و تاب‌آوری: مطالعات طولانی مدت در مورد اثرات محرک‌های ایمنی نشان می‌دهد که این مواد نه تنها پاسخ‌های ایمنی فوری را تقویت می‌کنند، بلکه به فواید سلامتی پایدار و انعطاف‌پذیری در جمعیت ماهی‌ها نیز کمک می‌کنند. این در تعدیل بیان ژن در دوره‌های طولانی منعکس می‌شود. کراسنوف و همکاران (۲۰۲۰) یک سنجش بیان چند ژنی را برای ارزیابی وضعیت ایمنی ماهی آزاد اقیانوس اطلس توسعه دادند و نشان دادند که مجموعه‌ای از ۴۶ ژن ایمنی می‌تواند به طور قابل اعتمادی وضعیت سلامت ماهی را نشان دهد. این مطالعه نشان داد که محرک‌های ایمنی منجر به سرکوب عمومی ایمنی در گروه‌هایی با مرگ و میر بالا می‌شود، که نشان دهنده نیاز به استفاده متعادل از این مواد است [۲].

برای نشان دادن این یافته‌ها، جداول و شکل‌های زیر ارائه شده است:

جدول ۱: ژن‌های کلیدی ایمنی که توسط محرک‌های ایمنی تنظیم مثبت می‌شوند



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

اثرات مشاهده شده	ژن های تنظیم مثبت	محرک ایمنی	گونه ماهی	مطالعه
افزایش پاسخ التهابی از طریق فعال سازی NF- κ B	IL-6, IL-1 β , SsMyD88, TNF- α , COX-2, iNOS	S, LPS, Poly I:C iniae	ماهی راک (S. schlegelii)	شاناکا و همکاران (2020) [۱۳]
بهبود پاسخ ایمنی و کاهش نشانگرهای بیماری	HAMP, IL-1 β , TNF- α	FFC, OLE	قزل آلاهی رنگین کمان (O. mykiss)	شیری و همکاران (2020) [۴]
پاسخ ایمنی قوی، افزایش مقاومت به بیماری	IL-1 β , IL-6, HSP70, C3, Lys, IL-10, TNF- α	β -گلوکان، واکسن	تیلپیا (O. niloticus)	ریس و همکاران (2021) [۱۴]
افزایش دفاع ضد ویروسی، تنظیم مثبت ژن های متابولیک	ISG15, IFN γ , IFN α , STAT1, PKR, MDA5, RSAD2, TLR7, TLR3	Astragalus اسید هیالورونیک، ایمیکیمود، Poly I:C	ماهی آزاد اقیانوس اطلس	فیگوئیدو و همکاران (2021) [۳]

۲-۴ تحلیل

تجزیه و تحلیل داده های جمع آوری شده، بینش های مهمی را در مورد اثرات محرک های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن نشان می دهد. تنظیم مثبت مداوم ژن های کلیدی مرتبط با ایمنی در مطالعات مختلف نشان می دهد که محرک های ایمنی به طور موثر پاسخ های ایمنی ذاتی و اکتسابی را در ماهی ها افزایش می دهند. این افزایش از طریق فعال سازی مسیرهای سیگنالینگ مختلف، از جمله NF- κ B, TLRs و مسیرهای سیگنالینگ سیتوکین به دست می آید. این مطالعات همچنین بر اهمیت دوز و ترکیب محرک های ایمنی تأکید می کند. به عنوان مثال، ترکیب β -گلوکان با واکسن ها در تیلپیا منجر به پاسخ ایمنی قوی تری در مقایسه با β -گلوکان به تنهایی شد. این نشان می دهد که استفاده استراتژیک از محرک های ایمنی در ترکیب با سایر مداخلات بهداشتی می تواند فواید آنها را به حداکثر برساند. علاوه بر این، مطالعات طولانی مدت نشان می دهد که محرک های ایمنی نه تنها باعث افزایش فوری ایمنی می شوند، بلکه به فواید سلامتی پایدار نیز کمک می کنند. این امر با تعدیل بیان ژن در دوره های طولانی مدت مشهود است که منجر به بهبود مقاومت در برابر بیماری و انعطاف پذیری در جمعیت ماهی ها می شود. با این حال، تجزیه و تحلیل همچنین بر نیاز به استفاده متعادل از محرک های ایمنی تأکید می کند. استفاده بیش از حد یا ترکیب های نامناسب می تواند منجر به سرکوب ایمنی یا سایر عوارض جانبی شود، همانطور که در مطالعه کراسنوف و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده شد [۲]. این موضوع بر اهمیت بهینه سازی دوزها و ترکیب ها بر اساس گونه های ماهی خاص و شرایط پرورش تأکید می کند. نتیجه گیری: یافته های مطالعات اخیر در مورد محرک های ایمنی در ماهی ها، شواهد قانع کننده ای از توانایی آنها در افزایش پاسخ های ایمنی، بهبود نتایج سلامتی و افزایش انعطاف پذیری در جمعیت ماهی ها ارائه می دهد. این محرک ها با تعدیل بیان ژن و فعال کردن مسیرهای کلیدی ایمنی، ابزار ارزشمندی را برای شیوه های آبرزی پروری پایدار ارائه می دهند. با این حال، توجه دقیق به دوزها، ترکیب ها و اثرات طولانی مدت برای به حداکثر رساندن فواید آنها و اجتناب از پیامدهای منفی احتمالی ضروری است.

۵- بحث

۱-۵ تفسیر

یافته های مطالعات اخیر در مورد تأثیر محرک های ایمنی بر سلامت ماهی و بیان ژن، پتانسیل قابل توجه آنها را در بهبود شیوه های آبرزی پروری برجسته می کند. محرک های ایمنی توانایی تعدیل بیان ژن را نشان داده اند، در نتیجه پاسخ های ایمنی را



تقویت کرده و مقاومت به بیماری را در گونه‌های مختلف ماهی بهبود می‌بخشند. این تعدیل از طریق تنظیم مثبت ژن‌های کلیدی مرتبط با ایمنی و فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ حیاتی مانند NF- κ B و TLRs که برای پاسخ‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی حیاتی هستند، رخ می‌دهد. افزایش پاسخ‌های ایمنی با افزایش سطح سیتوکین‌ها، پپتیدهای ضد میکروبی و سایر پارامترهای ایمنی نشان داده می‌شود که منجر به بهبود نتایج سلامتی و تاب‌آوری در جمعیت ماهی‌ها می‌شود.

۵-۲ مقایسه

مقایسه این یافته‌های اخیر با مطالعات قبلی، تداوم و پیشرفت‌ها را در درک محرک‌های ایمنی آشکار می‌کند. از نظر تاریخی، تحقیقات مزایای محرک‌های ایمنی را در ارتقای سلامت ماهی نشان داده است، که در درجه اول بر پاسخ‌های ایمنی فوری و عملکرد رشد متمرکز شده است. با این حال، مطالعات اخیر به مکانیسم‌های ژنتیکی و مولکولی مرتبط با این مزایا عمیق‌تر شده‌اند و درک جامع‌تری از چگونگی اعمال اثرات محرک‌های ایمنی در سطح سلولی و مولکولی ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، مطالعات قبلی نشان دهنده اثربخشی کلی محرک‌های ایمنی در بهبود سلامت ماهی بود، اما تحقیقات اخیر توسط *شاناکا و همکاران (۲۰۲۰)* [۱۳] و *شیری و همکاران (۲۰۲۰)* [۴] مسیرهای ژنتیکی خاصی را که درگیر هستند، مانند افزایش تنظیم فاکتورهای رونویسی SsMyD88 و NF- κ B روشن کرده‌اند. علاوه بر این، مطالعات طولانی مدت مانند مطالعات *کراسنوف و همکاران (۲۰۲۰)* مزایای پایدار و خطرات بالقوه مرتبط با استفاده طولانی مدت از محرک‌های ایمنی را برجسته کرده‌اند، که در تحقیقات قبلی کمتر درک شده بود [۲].

۵-۳ پیامدها

پیامدهای این یافته‌ها برای سلامت ماهی و شیوه‌های آبی‌پروری بسیار عمیق است. اولاً، استفاده از محرک‌های ایمنی می‌تواند به طور قابل توجهی وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر درمان‌های شیمیایی را کاهش دهد و خطرات زیست محیطی و بهداشتی مرتبط را کاهش دهد. این محرک‌ها با تقویت پاسخ‌های ایمنی طبیعی ماهی، به سیستم‌های آبی‌پروری پایدارتر و مقاوم‌تر کمک می‌کنند.

علاوه بر این، توانایی محرک‌های ایمنی برای تعدیل بیان ژن و فعال کردن مسیرهای کلیدی ایمنی نشان می‌دهد که می‌توان از آنها به صورت راهبردی برای تنظیم پاسخ‌های ایمنی در گونه‌های مختلف ماهی استفاده کرد و نتایج سلامتی را بر اساس شرایط خاص کشاورزی و چالش‌های بیماری بهینه کرد. این رویکرد متناسب می‌تواند منجر به استراتژی‌های مدیریت بیماری کارآمدتر و هدفمندتر شود و رفاه و بهره‌وری کلی ماهی را بهبود بخشد.

این یافته‌ها همچنین بر اهمیت استراتژی‌های دوز و ترکیب تأکید می‌کند. مطالعاتی مانند *ریس و همکاران (۲۰۲۱)* و *فیگوئیدو و همکاران (۲۰۲۱)* نشان می‌دهد که ترکیب محرک‌های ایمنی با سایر مداخلات بهداشتی، مانند واکسن‌ها، می‌تواند اثربخشی آنها را افزایش دهد. این موضوع نیاز به فرمولاسیون دقیق و پروتکل‌های تجویز را برای به حداکثر رساندن مزایای محرک‌های ایمنی و در عین حال اجتناب از عوارض جانبی احتمالی ناشی از مصرف بیش از حد یا ترکیب‌های نامناسب برجسته می‌کند [۱۴].

۵-۴ تحقیقات آینده

در حالی که مجموعه تحقیقات کنونی بینش‌های ارزشمندی را ارائه می‌دهد، چندین حوزه نیازمند بررسی بیشتر برای استفاده کامل از پتانسیل محرک‌های ایمنی در آبی‌پروری هستند:

اثرات بلند مدت و ایمنی: مطالعات بیشتری برای ارزیابی اثرات طولانی مدت محرک‌های ایمنی بر سلامت ماهی، به ویژه در مورد قرار گرفتن در معرض مزمن و اثرات تجمعی بالقوه مورد نیاز است. درک پروفایل‌های ایمنی محرک‌های ایمنی مختلف برای استفاده پایدار آنها حیاتی خواهد بود.



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبیاری پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

مطالعات مکانیکی: اگرچه پیشرفت قابل توجهی در درک مکانیسم‌های ژنتیکی و مولکولی محرک‌های ایمنی حاصل شده است، اما تحقیقات بیشتری برای روشن شدن مسیرهای دقیق و فعل و انفعالات درگیر مورد نیاز است. این امر توسعه فرمولاسیون‌های هدفمندتر و موثرتر را ممکن می‌سازد.

پاسخ‌های ویژه گونه‌ها: گونه‌های مختلف ماهی ممکن است به محرک‌های ایمنی متفاوت پاسخ دهند. تحقیقات آینده باید بر روی مطالعات گونه‌ای خاص متمرکز شود تا انواع و دوزهای بهینه محرک‌های ایمنی را برای گونه‌های مختلف آبی‌پروری تعیین کند.

تعاملات محیطی: بررسی چگونگی تأثیر عوامل محیطی مانند کیفیت آب، دما و تراکم ذخیره‌سازی بر اثربخشی محرک‌های ایمنی، بینشی در مورد چگونگی تعامل این متغیرها با درمان‌های تحریک‌کننده ایمنی و تأثیر بر سلامت ماهی ارائه می‌دهد. محرک‌های ایمنی جایگزین: کاوش منابع و انواع جدید محرک‌های ایمنی، از جمله مواردی که از موجودات دریایی، گیاهان و ترکیبات مصنوعی مشتق شده‌اند، می‌تواند مجموعه ابزارهای موجود برای افزایش ایمنی ماهی را گسترش دهد. مطالعات در مورد اثربخشی و ایمنی محرک‌های ایمنی جدید ضروری خواهد بود.

ادغام با سایر شیوه‌های مدیریت سلامت: تحقیقات باید بررسی کنند که چگونه محرک‌های ایمنی را می‌توان با سایر شیوه‌های مدیریت سلامت، مانند تغذیه، امنیت زیستی و انتخاب ژنتیکی، برای ایجاد استراتژی‌های جامع و هم‌افزایی پیشگیری از بیماری ادغام کرد.

امکان‌سنجی اقتصادی و عملی: ارزیابی قابلیت حیات اقتصادی و اجرای عملی محرک‌های ایمنی در محیط‌های مختلف آبی‌پروری برای پذیرش گسترده آنها مهم خواهد بود. مطالعات باید تجزیه و تحلیل هزینه-فایده و جنبه‌های لجستیکی ترکیب محرک‌های ایمنی را در شیوه‌های معمول آبی‌پروری در نظر بگیرند.

۶- نتیجه گیری

یافته‌های این بررسی جامع از مطالعات اخیر، پتانسیل قابل توجه محرک‌های ایمنی را در بهبود سلامت و مقاومت ماهی در آبی‌پروری برجسته می‌کند. محرک‌های ایمنی مانند بتاگلوکان‌ها، عصاره‌های گیاهی و ترکیبات مصنوعی، توانایی تعدیل بیان ژن را نشان داده‌اند که منجر به پاسخ‌های ایمنی قوی و بهبود مقاومت در برابر بیماری در گونه‌های مختلف ماهی می‌شود. این بهبودها از طریق تنظیم مثبت ژن‌های کلیدی مرتبط با ایمنی و فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ حیاتی، که به طور جمعی ایمنی ذاتی و اکتسابی را تقویت می‌کنند، حاصل می‌شود.

استفاده راهبردی از محرک‌های ایمنی نه تنها وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر درمان‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به پایداری و بهره‌وری شیوه‌های آبی‌پروری نیز کمک می‌کند. این محرک‌ها با تقویت پاسخ‌های ایمنی طبیعی، رفاه ماهی، عملکرد رشد و نتایج کلی سلامت را بهبود می‌بخشند. علاوه بر این، ترکیب محرک‌های ایمنی با سایر مداخلات بهداشتی، مانند واکسن‌ها، نشان داده است که اثربخشی آنها را بیشتر می‌کند، که نشان دهنده اهمیت فرمولاسیون دقیق و پروتکل‌های تجویز است.

تحقیقات آینده باید بر روی اثرات طولانی مدت و پروفایل‌های ایمنی محرک‌های ایمنی، مطالعات مکانیکی برای روشن کردن مسیرهای خاص، پاسخ‌های ویژه گونه‌ها، تعامل با عوامل محیطی، اکتشاف محرک‌های ایمنی جدید و امکان‌سنجی اقتصادی تمرکز کند. پرداختن به این حوزه‌ها توسعه شیوه‌های آبی‌پروری مؤثرتر و پایدارتر را ممکن می‌سازد، سلامت و انعطاف‌پذیری جمعیت ماهی‌ها را تضمین می‌کند و تقاضای جهانی روزافزون برای غذاهای دریایی را برآورده می‌کند.



مراجع

- [1]- Khalil, S., et al. (2020). Dual immunological and oxidative responses in *Oreochromis niloticus* fish exposed to lambda cyhalothrin and concurrently fed with Thyme powder (*Thymus vulgaris* L.): Stress and immune encoding gene expression. *Fish & Shellfish Immunology*.
- [2]- Krasnov, A., Afanasyev, S., Nylund, S., & Rebl, A. (2020). Multigene Expression Assay for Assessment of the Immune Status of Atlantic Salmon. *Genes*, 11.
- [3]- Figueiredo, F., Kristoffersen, H., Bhat, S., Zhang, Z., Godfroid, J., Peruzzi, S., Præbel, K., Dalmo, R., & Xu, X. (2021). Immunostimulant Bathing Influences the Expression of Immune- and Metabolic-Related Genes in Atlantic Salmon Alevins. *Biology*, 10.
- [4]- Shiry, N., Khoshnoodifar, K., & Alavinia, S. J. (2020). Cutaneous mucosal immune-parameters and intestinal immune-relevant genes expression in streptococcal-infected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): A comparative study with the administration of florfenicol and olive leaf extract. *Fish & Shellfish Immunology*.
- [5]- Mokhtar, D., et al. (2023). Main Components of Fish Immunity: An Overview of the Fish Immune System. *Fishes*.
- [6]- Kordon, A., Pinchuk, L., & Karsi, A. (2021). Adaptive Immune System in Fish. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- [7]- Al-Khalaifah, H., et al. (2020). Effects of Dietary Doum Palm Fruit Powder on Growth, Antioxidant Capacity, Immune Response, and Disease Resistance of African Catfish, *Clarias gariepinus* (B.). *Animals: an Open Access Journal from MDPI*.
- [8]- Xue, J., et al. (2020). Effects of dietary *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Paracoccus marcusii*, and *Lactobacillus plantarum* supplementation on the growth, immune response, antioxidant capacity, and intestinal health of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Reports*.
- [9]- Khanzadeh, M., et al. (2023). The Effects of *Laurencia caspica* Algae Extract on Hemato-Immunological Parameters, Antioxidant Defense, and Resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*.
- [10]- Muahiddah, N., & Diamahesa, W. A. (2023). The Use of Garlic (*Allium sativum*) as an Immunostimulant in Aquaculture. *Journal of Fish Health*.
- [11]- Lan, N. G. T., et al. (2020). Systemic and mucosal antibody response of freshwater cultured Asian seabass (*Lates calcarifer*) to monovalent and bivalent vaccines against *Streptococcus agalactiae* and *Streptococcus iniae*. *Fish & Shellfish Immunology*.
- [12]- Petitjean, Q., et al. (2020). Dose- and time-dependent effects of an immune challenge on fish across biological levels. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*.
- [13]- Shanaka, K. A. S. N., Tharuka, M. D. N., Sellathurai, S., Yang, H., Priyathilaka, T. T., & Lee, J. (2020). Characterization and expression analysis of rockfish (*Sebastes schlegelii*) myeloid differentiation factor-88 (SsMyD88) and evaluation of its ability to induce inflammatory cytokines through NF- κ B. *Fish & Shellfish Immunology*.
- [14]- Reis, I. C. dos, Fierro-Castro, C., Gonçalves, G. S., Moromizato, B. S., Tort, L., & Biller, J. D. (2021). β -glucan mimics tissue damage signaling and generates a trade-off between head kidney and spleen to activate acquired immunity in vaccinated tilapia. *Fish & Shellfish Immunology*.



Darya Shilan Dez Co.
Specialized in the production and distribution of aquatic products

همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



۰۲۲۵۰-۴۹۵۴۵



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴