



مروری بر ویژگی و کاربرد ترپن ها (Terpene) در آبی پروری

نرگس عالیشاه^{۱*}، معصومه درویشی مجره^۲، فائزه ترک پهنابی^۲

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده شیلات و علوم دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: n.alishah69@gmail.com

چکیده

استفاده از مواد زیست فعال و ترپن ها در آبی پروری به عنوان رویکردی نوین و پایدار برای بهبود سلامت آبزیان و افزایش بهره‌وری در این صنعت مورد توجه قرار گرفته است. مواد زیست فعال، که عمدتاً از منابع طبیعی مانند جلبک‌ها و گیاهان استخراج می‌شوند، شامل ترکیباتی چون پلی‌ساکاریدها، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترپن‌ها هستند. ترپن‌ها، به عنوان یکی از گروه‌های کلیدی متابولیت‌های ثانویه، به دلیل خواص ضد میکروبی، تقویت کننده سیستم ایمنی و اثرات مثبت بر رشد و توسعه آبزیان، نقش مهمی در تقویت استفاده پایدار از منابع آبی ایفا می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیبات زیست فعال موجود در جلبک‌ها، به ویژه اسیدهای چرب غیراشباع و پلی‌ساکاریدهای خاص، باعث افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها و کاهش استرس در شرایط پرورش می‌شوند. همچنین، ترپن‌ها با انواع خواص زیستی خود، از جمله توانایی در مهار عفونت‌های باکتریایی و قارچی، به عنوان جایگزین‌های مؤثر برای آنتی‌بیوتیک‌ها و محرک‌های رشد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با توجه به این ویژگی‌ها، استفاده از مواد زیست فعال و ترپن‌ها در آبی پروری می‌تواند بهبود قابل توجهی در سلامت و کیفیت آبزیان به همراه داشته باشد و به عنوان یک استراتژی پایدار در مدیریت منابع آبی به شمار آید.

واژه‌های کلیدی: زیست فعال، ترپن، جلبک، آبی پروری، آنتی‌بیوتیک.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر آبی پروری به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین پروتئین حیوانی در جهان با چالش‌های متعددی از جمله شیوع بیماری‌های عفونی، کاهش کیفیت آب و وابستگی به منابع غذایی ناپایدار مانند پودر و روغن ماهی مواجه شده است [۱۸]. در این راستا جستجو برای یافتن جایگزین طبیعی و پایدار به منظور بهبود سلامت آبزیان، افزایش مقاومت در برابر بیماری و استرس منجر به توجه فزاینده‌ای به پتانسیل موجود در جابک‌ها و مشتقات آن‌ها شد [۲۳].

جلبک‌های منبع غنی از ترکیبات زیست فعالی هستند که امروزه به عنوان دارو یا مکمل در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جمله این ترکیبات می‌توان به پلی‌ساکاریدها، فنول‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها (فیکوسیانیین و آستاگزانتین) ترپن‌ها و سایر ترکیبات زیست فعال اشاره کرد [۲].

امروزه در صنعت آبی پروری استفاده از ترکیبات زیست فعال به عنوان دارو و نیز مکمل‌های رشد و ایمنی در حال گسترش است، به طوریکه تحقیقات در این زمینه برای استفاده از مشتقات جلبک‌ها برای جایگزینی به جای آنتی‌بیوتیک‌ها و محرک‌های رشد و ایمنی در حال گسترش است. مطالعات انجام شده نشان داد که ترکیبات زیست فعال موجود در جلبک‌ها مانند پلی‌ساکاریدهای موجود در جلبک قهوه‌ای Laminaria دارای خاصیت تحریک کننده برای فاگوسیتوز عوامل بیگانه است و نیز باعث افزایش تولید سایتوکین‌های التهابی نیز می‌شود [۲۷]. مطالعه‌ای انجام شده روی جلبک Spirulina نیز نشان داد که امگا ۳ موجود در این جلبک منجر به بهبود رشد و مقاومت در برابر باکتری Vibrio می‌شود [۱۰].



یکی دیگر از مشتقات گیاهی و جلبکی که امروزه استفاده از آن به عنوان مکمل رشد، ایمنی و دارو در حال گسترش می باشد ترپن ها (Terpene) هستند. ترپن ها گروهی از متابولیت های ثانویه هستند که به طور گسترده در گیاهان، جلبک ها و برخی میکروارگانیسم ها یافت می شوند، گیاهان دارویی مانند نعنا، آویشن، اکالیپتوس و جلبک های قهوه ای و قرمز حاوی مقادیر قابل توجهی از ترپن ها هستند. ترپن ها به دلیل خاصیت ضد میکروبی، ضد انگلی، تقویت سیستم ایمنی و خاصیت ضد استرسی که دارند [۱۵]. امروزه در صنعت پرورش آبزیان مورد توجه قرار گرفته اند که در این مقاله کاربرد این ماده زیست فعال در زمینه های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- ساختار و مشخصات ترپن ها

ترپن ها ، مولکولهای آلی نسبتا کوچکی هستند که تنوع ساختاری گسترده ای دارند. تاکنون هزاران ترپن مختلف شناخته شده است. بعضی از آن ها هیدروکربن هستند و برخی دیگر در ساختارشان اکسیژن هم دارند. تعدادی از آنها مولکول های راست زنجیرند و برخی ترکیبات هم دارای یک یا چند حلقه می باشند. ترپن ها را براساس واحدهای ایزوپرنی پنج کربنی آنها طبقه بندی می کنند که شامل مونوترپن ها، سزکویی ترپن ها، دی ترپن ها، سستر ترپن ها، تری ترپن ها و تترترپن ها می باشند. بسیاری از ترپن های فعالیت بیولوژیکی مهمی دارند. همانطور که گفته شد جلبک های قرمز و قهوه ای بزرگترین گروه از جلبک های دریایی هستند و منابع غنی از ترپن های بیواکتیو با پتانسیل بیوتکنولوژیکی وسیع و قابل توجهی به شمار می روند [۱۷].

ترپن ها یکی از مهم ترین و متنوع ترین کلاس های این ترکیبات مهم مستخرج از جلبک ها را تشکیل می دهند که نقش های اکولوژیکی حیاتی مختلفی از جمله ارتباط درون گونه ای، دفاع شیمیایی در برابر گیاه خواران، سرکوب آلودگی های باکتریایی و قارچی، و مهار رسوب گذاری بیولوژیکی را ایفا می کنند [۲۰]. همچنین ترکیباتی مثل لانوسترول (یک تری ترپن) که پیش ترکیب بیوسنتز هورمون های استروئیدی است و بتاکارتن (یک تترترپن) که منبع تغذیه ای و پیش ساز ویتامین A می باشد و نیز کلسترول در گروه ترپن ها قرار دارند که بیانگر اهمیت بیولوژیکی این گروه می باشد [۲۰].

جلبک های قرمز شاخه (Rhodophycota) شامل بیش از ۷،۵۰۰ گونه معتبر و زنده هستند که بیشتر آن ها (حدود ۹۸٪) ماکروسکوپی و در محیط های دریایی یافت می شوند. این جلبک ها به خاطر تولید تنوع وسیعی از ترپن های ساختاری متنوع [۱۸]، به ویژه مونوترپن ها، سسکی ترپن ها و دی ترپن ها، شناخته شده اند. در میان جلبک های قرمز، جنس لورنسیا تنوع غنی از ترپن های بیولوژیک را دارد [۳]. اهمیت بیوتکنولوژیکی این ترکیبات توجه دانشمندان را در سطح جهانی جلب کرده است زیرا دارای پتانسیل کاربردهای متنوعی از جمله خواص ضد میکروبی، ضد التهابی، آنتی اکسیدانی و ضد سرطان هستند [۱۴].

۳- استخراج از منابع

استخراج ترپن ها از گیاهان و جلبک ها یا در حلال های آلی (مانند اتانول، متانول یا هگزان) یا بخار آب انجام می شود، همچنین مانند سایر ترکیبات زیست فعال از دی اکسید کربن فوق بحرانی برای استخراج استفاده می شود. کیفیت و خلوص ترپن های استخراج شده نیز با استفاده از تکنیک های آنالیز مانند کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) بررسی می شود [۲۲].

۴- استفاده در آبرزی پروری

همانطور که اشاره شد ترپن ها کلاس متنوعی از ترکیبات آلی هستند که توسط گیاهان مختلف و ارگانیسم های دریایی تولید می شوند و به دلیل پتانسیلی که در بهبود رشد، سلامت ماهی دارند و نیز خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد ویروسی و نیز اثرات کاهش استرس، تقویت ایمنی و بهبود کارایی جیره غذایی خود در ماهی و سایر آبزیان طبق مطالعات انجام شده



دارند امروزه در صنعت آبی پروری توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. اخیراً گزارش شده است که استفاده از ترپن ها و روغن های اسانس برای تقویت پاسخ سیستم ایمنی در گونه های آبی پروری یک جایگزین بالقوه برای استفاده از آنتی بیوتیک ها است [۱۳].

۴-۱- بهبود سلامت و رشد ماهی

مطالعات اخیر نشان داده اند که ترپن ها می توانند رشد و سلامت گونه های مختلف آبی را بهبود بخشند. به عنوان مثال، تجویز لیمونن و سایر مونوترپن ها باعث بهبود نرخ تبدیل خوراک و عملکرد رشد در گونه های ماهی مانند تیلاپیا شده است. ترپن ها ممکن است با ویژگی های طعم دهی خود اشتها و هضم را افزایش دهند و رفتار تغذیه ای را تحریک کنند [۶].

۴-۲- تعدیل ایمنی

چندین ترپن، از جمله آن هایی که از ارگانوسم های دریایی مشتق شده اند، به عنوان تقویت کننده پاسخ های ایمنی در ماهی ها شناسایی شده اند. ترکیباتی نظیر β -کاروتن (که نوعی ترپنوئید) و فلاونوئیدهای مختلف می توانند تولید ایمونوگلوبولین ها را تحریک کرده و فعالیت سلول های ایمنی را افزایش دهند [۱۹]. این اثرات تعدیل کنندگی ایمنی در حفاظت از ماهی ها در برابر پاتوژن ها و عوامل استرس زای محیطی ضروری است.

۴-۳- کاهش استرس

محیط های آبی پروری می توانند فشارهای قابل توجهی را بر ماهی ها وارد کنند که منجر به کاهش رشد و افزایش حساسیت به بیماری ها می شود. برخی ترپن ها دارای خواص آرام بخش هستند که می توانند پاسخ های استرسی در ماهی ها را کاهش دهند. به عنوان مثال، استفاده از روغن های ضروری حاوی لیمونن نشان داده که می تواند سطح کورتیزول را کاهش دهد و به حفظ هموستاز فیزیولوژیکی کمک کند [۷].

۵- ویژگی های بیولوژیک و درمانی

۵-۱- فعالیت ضد میکروبی

فعالیت های بیولوژیکی ترپن ها مربوط به ساختار شیمیایی آن ها است. به طور مثال، فعالیت آنتی اکسیدانی این ماده زیست فعال و روغن و اسانس این گروه عمدتاً ناشی از وجود اجزای نوع فنولی، مانند تیمول و کارواکرول است. از سوی دیگر، اثر ضد میکروبی روغن های اسانس به آب گریزی آن ها مربوط می شود. این خاصیت به روغن های اسانس اجازه می دهد که دیوار سلولی و غشای سیتوپلاسمی را عبور کنند و ساختار اجزای آن ها را مختل نمایند [۴]. علاوه بر این، روغن های اسانس قادر به مهار آنزیم های تنظیم انرژی و سنتز اجزای ساختاری هستند. اثر تنظیمی ترپن ها بر باکتری ها به طور گسترده ای با خواص ضدباکتریایی این ترکیبات بیواکتیو ارتباط داده شده است. ترپن ها به خاطر خواص آب گریز خود می توانند از غشاهای سلولی و اندامک های سلولی عبور کرده و بنابراین باعث اختلال در ساختار دو لایه فسفولیپیدی و افزایش نفوذپذیری شوند. این امر موجب نشت مولکول ها و یون های مهم در باکتری ها می شود. علاوه بر این، با ناپایدار کردن ساختار غشایی اندامک های سلولی، مانند میتوکندری و شبکه اندوپلاسمی، ترپن ها واکنش های آنزیمی مسئول متابولیسم انرژی و همچنین سنتز ماکرومولکول های ساختاری را مهار می کنند [۹]. همچنین پیشنهاد می شود که ترپن ها، به ویژه روغن های اسانس، اثر ضدباکتریایی بیشتری بر باکتری های گرم مثبت نسبت به باکتری های گرم منفی دارند. این موضوع ممکن است به این دلیل باشد که باکتری های گرم منفی دارای یک ساختار اضافی (دیوار سلولی) هستند که خواص آب دوست دارد و ممکن است عبور ساختار آب گریز ترپن ها را مسدود کند [۱۳]. همچنین ترپن ها می توانند ارتباط گروهی (quorum sensing) باکتری ها را مختل کنند. ارتباط گروهی یک سیستم ارتباطی بین سلول های باکتریایی است که به باکتری ها اجازه می دهد اطلاعاتی درباره



تغییرات در چگالی جمعیت سلولی را به اشتراک بگذارند و بیان ژن‌ها را به گونه‌ای تنظیم کنند که فنوتیپ‌های مفیدتری ایجاد شود. داده و نسبت بقاء ماهی‌های ماهیان مبتلا را افزایش داده است [۱۶].

لیمونن یک مونوترپن موجود در پوست مرکبات می‌باشد، در مطالعه‌ی انجام شده روی تیلاپپای موزامبیک (*Oreochromis mossambicus*) به چالش کشیده شده با *Streptococcus iniae*، استفاده از عصاره پرتقال (*Citrus sinensis*) که حاوی مقادیر بالایی از لیمونن بود طی ۱۲ هفته تغذیه توانست منجر با افزایش سطح لیزوزیم و آنزیم مایلوپر اکسیداز شود و نیز بقا را در برابر این باکتری افزایش دهد [۱]. در مطالعه‌ی دیگر نیز روی تیلاپپای موزامبیک استفاده از عصاره‌ی پرتقال باعث افزایش انفجار تنفسی، و افزایش تعداد گلبول‌های سفید و فعالیت لیزوزیم و نیز افزایش درصد هماتوکریت در مواجهه با *Edwardsiella tarda* شد [۴].

۵-۲- فعالیت ضدویروسی ترین‌ها

عصاره‌های گیاهان مانگرو در سطح جهانی برای مصارف دارویی استفاده شده و با ثبت حدود ۳۴۹ متابولیت، منبع غنی از استروئیدها، دی‌ترین‌ها، تری‌ترین‌ها، ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و تانن‌ها به شمار می‌آیند. در مطالعه‌ی انجام شده روی میگوی *Penaeus monodon* که با عصاره‌های تهیه‌شده از *Rhizophora mucronata*، *Sonneratia sp.* و *Cerriops tagal* در برابر بیماری سندرم لکه سفید (WSSV) تیمار شدند نتایج نشان داد که عصاره‌های فوق منجر به کاهش و کنترل علائم این بیماری در میگوها شدند [۲۱].

همچنین *Rhus verniciflua* حاوی ترکیبات گیاهی فیسستین، فوسین و سولفورستین است که فعالیت ضدویروسی دارند. فیسستین بالاترین فعالیت‌های ضدعفونی‌کننده را علیه ویروس‌های نکروز هموراژیک و ویروس سپتی‌سمی هموراژیک در شرایط آزمایشگاهی نشان داد [۱۱].

مطالعه روی میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) مبتلا به سندرم لکه‌ی سفید نشان داد که ترکیب پلی‌هیدروکسی ایزوکاپالان که یک ترین استخراج شده از اسفنج دریایی *Callyspongia sp.* است دارای فعالیت ضدویروسی قوی‌ای علیه ویروس عامل این بیماری است به طوریکه در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بقای *Litopenaeus vannamei* مبتلا به WSSV را نسبت به گروه کنترل مثبت به همراه داشت، وجود گروه عاملی هیدروکسیل در پلی‌هیدروکسی ایزوکاپالان می‌تواند مسئول مهار تکثیر DNA ویروس و آمینواسیدها در سایت‌های فعال سلول میزبان باشد [۱۲].

۵-۳- فعالیت ضدقارچی

عفونت‌های قارچی یکی از مهم‌ترین مشکلات بیماری در آبرزی پروری نرم‌پایان و ماهیان بال هستند. مشخص شد که یک پاتوژن قارچی فرصت‌طلب مسئول مرگ و میر ذخایر تخم‌گذاری در آبرزی پروری بوده است. بیشتر قارچ‌هایی که می‌توانند در ماهی‌ها عفونت ایجاد کنند، فرصت‌طلب هستند

مطالعات انجام شده نشان داد که ترکیبات گیاهی مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها، ساپونین‌ها، فنلیک‌ها، استرول‌ها و ترین‌ها از *Sargassum oligocystum* و *Sargassum crassifolium* با استخراج‌های اتانولی به‌دست آمده‌اند. استخراج‌های اتانولی اجزاء فیتوشیمیایی مسئول خاصیت ضد میکروبی را نشان می‌دهند. *Sargassum polycystum* و *Sargassum tenerrimum* فعالیت‌های قابل‌توجهی در برابر پاتوژن‌های قارچی نشان دادند. تحقیقات اخیر نشان داد که استفاده از *Magnolia officinalis* و *Euphorbia fischeriana* که حاوی مقادیر قابل توجهی از ترپنوئیدها هستند اثرات ضدقارچی قابل توجهی علیه *Saprolegnia sp.* نشان می‌دهد [۵].

۵-۴- فعالیت ضد انگلی

پارازیت‌ها یکی از موفق‌ترین شیوه‌های زندگی در طبیعت هستند که در چندین گزینه مستقل در بسیاری از شاخه‌ها شکل گرفته‌اند. آن‌ها یک جزء طبیعی از محیط هستند و می‌توانند به‌عنوان یک نشانگر از سلامت نسبی یک اکوسیستم در نظر



گرفته شوند. بیشتر گونه‌های پارازیت به‌ندرت در محیط طبیعی مشکلاتی ایجاد می‌کنند، اما در آبرزی پروری، پارازیت‌ها غالباً باعث شیوع بیماری‌های جدی می‌شوند. بیشتر پارازیت‌های رایج ماهی‌ها پروتوزوا هستند. این موجودات تک‌سلولی هستند و بسیاری از آن‌ها در محیط آبی زندگی آزاد دارند. اثر واضح این پارازیت‌ها تحریک سطح اپی‌تلیال است که موجب ایجاد استرس در ماهی می‌شود. درمان با گیاهان دارویی که دارای فعالیت ضد میکروبی هستند، یک جایگزین بالقوه مفید در آبرزی پروری است.

نتایج مطالعه‌ای نشان داد که ترکیبات گیاهی مانند گراسیلین و زینگیبیرنسیس نیو ساپونین که در گیاه *Costus speciosus* یافت می‌شوند، می‌توانند تمامی انگل‌های *Ichthyophthirius multifiliis* از بین ببرند [۲۶]. نتایج مطالعه‌ای آزمایشگاهی نشان داد که گلا چیننس حاوی پنتاگالوبیل‌گلوکز است. این ترکیب گیاهی مسئول حذف تمامی ترون‌های *Ichthyophthirius multifiliis* در غلظت‌های ۲.۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود و در غلظت ۴۰ میلی‌گرم به‌طور کامل با تولید مثل تومونت‌ها تداخل کرد. نرخ بقاء در ماهی‌های مبتلا به Ich به ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ۲۰٪ به‌دست آمد، در حالی که همه ماهی‌های مبتلا در گروه کنترل تلف شدند [۲۵]. همچنین Wang و همکاران گزارش دادند ترپنوئیدها دارای فعالیت ضد انگلی در برابر *Dactylogyrus intermedius* در *Carassius auratus* هستند [۲۴].

۶- چالش‌ها و جهت‌گیری‌های آینده

در حالی که پتانسیل‌های ترپن‌ها در آبرزی پروری امیدوارکننده است، چالش‌هایی نیز وجود دارد. تغییرپذیری در محتوای ترپن، ثبات و قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها در محیط‌های آبی نیاز به تحقیقات گسترده‌ای دارد. علاوه بر این، چارچوب‌های نظارتی برای استفاده از ترکیبات طبیعی در آبرزی پروری باید تقویت شود تا ایمنی و کارایی تضمین گردد. تحقیقات آینده باید بر روی موارد زیر تمرکز کند

۷- نتیجه‌گیری

کاربرد ترپن‌ها در آبرزی پروری یک رویکرد طبیعی و پایدار برای بهبود سلامت و رشد ماهی‌ها ارائه می‌دهد و در عین حال می‌تواند وابستگی به مواد شیمیایی سنتزی را کاهش دهد. با پیشرفت تحقیقات، گنجاندن ترپن‌ها در جیره‌های آبرزی پروری و شیوه‌های مرتبط می‌تواند نقش مهمی در برآورده کردن تقاضاهای فزاینده صنعت آبرزی پروری ایفا کند و در عین حال پایدار بودن زیست‌محیطی را ترویج نماید.

مراجع

- [1] Acar Ü , Kesbiç O S , Yılmaz S , Gültepe N , Türker A. Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*. *Aquaculture*; (437): 282-286,2015.
- [2] Ahmed N , Sheikh M. A , Ubaid M , Chauhan P , Kumar K , Choudhary S. Comprehensive exploration of marine algae diversity, bioactive compounds, health benefits, regulatory issues, and food and drug applications. *Measurement Food*; 100163,2024
- [3] Alves E , Dias M , Lopes D , Almeida A , Domingues M D R , Rey F. Antimicrobial lipids from plants and marine organisms: An overview of the current state-of-the-art and future prospects. *Antibiotics*; 9(8): 441,2020.
- [4] Baba E , Acar Ü , Öntaş C , Kesbiç O S , Yılmaz S. Evaluation of Citrus limon peels essential oil on growth performance, immune response of Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* challenged with *Edwardsiella tarda*. *Aquaculture*; (465): 13-18,2016.



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

- [5] Baleta F N , Bolaños J M , Ruma O C , Baleta A N , Cairel J D. Phytochemicals screening and antimicrobial properties of *Sargassum oligocystum* and *Sargassum crassifolium* Extracts. *Journal of Medicinal Plants*; 5(1): 382-387,2017.
- [6] Dawood M A , El Basuini M F , Yilmaz S , Abdel-Latif H M , Alagawany M , Kari, Z. A, Van Doan H. Exploring the roles of dietary herbal essential oils in aquaculture: A review. *Animals*; 12(7): 823,2017.
- [7] Eddin L B , Jha N K , Meeran M N , Kesari K K , Beiram R , Ojha S. Neuroprotective potential of limonene and limonene containing natural products. *Molecules*; 26(15): 4535.2021.
- [8] FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome, 2022.
- [9] Hassoun A, Çoban ÖE. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. *Trends in Food Science and Technology*; (68):26-36,2017.
- [10] Ibrahim D, Abd El-Hamid MI, Al-Zaban MI, ElHady M, El-Azzouny MM, ElFeky TM, Al Sadik GM, Samy OM, Hamed TA, Albalwe FM, Alenezi MA. Impacts of fortifying Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet with different strains of microalgae on its performance, fillet quality and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* considering the interplay between antioxidant and inflammatory response. *Antioxidants*; (11):2181,2022.
- [11] Kang SY, Kang JY, Oh MJ. Antiviral activities of flavonoids isolated from the bark of *Rhus verniciflua* stokes against fish pathogenic viruses in vitro. *The Journal of Microbiology*; 50(2):293-300,2012.
- [12] Kurnianda V, Khairunnisa WA, Mauliza A, Ulfah M, Nurfadillah IR, Kobayashi M. Polyhydroxy Isocopalane from Indonesian's Marine Sponge *Callyspongia* sp. as Anti-White Spot Syndrome Virus from *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Pharmacognosy and Natural Products* ; (3):2-4,2017.
- [13] Leyva-López N, Lizárraga-Velázquez CE, Hernández C, Sánchez-Gutiérrez EY. Exploitation of agro-industrial waste as potential source of bioactive compounds for aquaculture. *Foods*; 9(7):843,2020.
- [14] Maswal M, Pandita M, Bashir S. Terpenes, Terpenoids and Steroids: Properties, Biosynthesis and Functions. In *Steroids and their Medicinal Potential*, Bentham Science Publishers;1-38,2023.
- [15] Masyita A, Sari RM, Astuti AD, Yasir B, Rumata NR, Emran TB, Nainu F, Simal-Gandara J. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food chemistry*; (13):100217,2022.
- [16] Nik Mohamad Nek Rahimi N, Natrah I, Loh JY, Ervin Ranzil FK, Gina M, Lim SH, Lai KS, Chong CM. Phytocompounds as an alternative antimicrobial approach in aquaculture, *Antibiotics*; 11(4):469,2022.
- [17] Peixoto WF, Pereira RC, Azevedo ED, dos Santos FM, Coutinho R, de Oliveira LS. The molecular complexity of terpene biosynthesis in red algae: current state and future perspectives; *Natural Product Reports*, 2025.
- [18] Podduturi R, Petersen MA, Mahmud S, Rahman MM, Jørgensen NO. Potential contribution of fish feed and phytoplankton to the content of volatile terpenes in cultured pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; (18):3730-3736,2017.
- [19] Priyadarshini SK, Murugesan M, Michael RD, Subramani PA, Rajendran P. Oral administration of terpenoids and phenol fraction of *Padina gymnospora* stimulates the nonspecific immune response and expression of immune genes, and protects the common carp (*Cyprinus carpio*) from experimental *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish and Shellfish Immunology*; (142):109141,2023.
- [20] Rosenkranz M , Chen Y , Zhu P , Vlot A C . Volatile terpenes—mediators of plant-to-plant communication. *The plant journal*;108(3):617-631,2021.
- [21] Sudheer N S , Philip R , Singh I B . In vivo screening of mangrove plants for anti WSSV activity in *Penaeus monodon*, and evaluation of *Cerriops tagal* as a potential source of antiviral molecules, *Aquaculture*; 311(1-4): 36-41,2021.
- [22] Uwineza PA, Waśkiewicz A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*; (17):3847,2020.



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

- [23] Vijayaram S, Ringø E, Ghafarifarsani H, Hoseinifar SH, Ahani S, Chou CC. Use of algae in aquaculture: a review, *Fishes* ;9(2):63,2024.
- [24] Wang GX, Zhou Z, Jiang DX, Han J, Wang JF, Zhao LW, Li J. In vivo anthelmintic activity of five alkaloids from *Macleaya microcarpa* (Maxim) Fedde against *Dactylogyrus intermedius* in *Carassius auratus*. *Veterinary Parasitology*; 171(3-4): 305-313,20140.
- [25] Zhang Q , Xu D H , Klesius P H . Evaluation of an antiparasitic compound extracted from *Galla chinensis* against fish parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Veterinary Parasitology*;198(1-2): 45-53,2013.
- [26] Zheng W, Yan CM, Zhang YB, Li ZH, Li Z, Li XY, Wang ZW, Wang X, Chen WQ, Yu XH. Antiparasitic efficacy of Gracillin and Zingiberis newsaponin from *Costus speciosus* (Koen ex. Retz) Sm. against *Ichthyophthirius multifiliis*. *Parasitology*; 142(3):473-9,2015.
- [27] Zhou QL, Wang Z, Chen WT, Liu XF, Cheong KL, Zou YX, Zhong SY, Li R. The structural characteristics, biological activities and mechanisms of bioactive brown seaweed polysaccharides: A review. *Journal of Functional Foods*; 119, 106303,2024.