زیست فناوری کاربرد ریز جلبک‌ها در آبزی‌پروری و کنترل بیماری‌های انگلی و باکتریایی آبزیان

لادن بافته‌چی[1]*، محمدحسین فیض حداد[2]

1. گروه میکروبیولوژی نفت، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
2. گروه انگل‌شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران

*مسئول مکاتبات: ladanbaftechi@yahoo.com

چکیده

ریزجلبک‌ها از قدیمی ترین و سازگارترین موجودات کره زمین بوده که با انجام عمل فتوسنتز نقش مهمی در تولید اکسیژن و ایجاد حیات داشته‌اند. این موجودات نیازهای غذایی ساده‌ای داشته و به راحتی قابل کشت هستند. بیومس حاصل از ریز جلبک‌ها در صنایع و بخش‌های مختلف کاربردهای متنوعی دارند. این میکروارگانیسم‌ها همچنین پتانسیل تولید ترکیبات زیستی فعال (bioactive compounds) نظیر پلی‌ساکاریدها، اسیدهای چرب غیراشباع (PUFAs)، آنتی‌اکسیدان‌ها و پپتیدهای ضد میکروبی را داشته و نقش مؤثری در بهبود سلامت آبزیان و افزایش بازده آبزی‌پروری ایفا می‌کنند. استفاده از گونه‌هایی مانند *Chlorella, Spirulina* و *Nannochloropsis* در تغذیه ماهیان و میگوها موجب تقویت سیستم ایمنی، افزایش مقاومت در برابر بیماری‌های باکتریایی نظیر *Vibrio spp.* و کاهش بار انگل‌هایی مانند *Ichthyophthirius multifiliis* شده است. افزون بر اثرات تغذیه‌ای و زیست‌محیطی، مطالعات جدید نشان می‌دهد که ریزجلبک‌ها می‌توانند به‌عنوان ناقل زیستی واکسن‌های خوراکی برای آبزیان به‌کار روند. بیان آنتی‌ژن‌های خاص درون سلول‌های جلبکی و تغذیه آبزیان با آن‌ها، می‌تواند ایمنی فعال علیه برخی پاتوژن‌ها بدون نیاز به تزریق مستقیم واکسن ایجاد کند. همچنین، افزودن ریزجلبک‌ها به آب مزارع آبزی پروری باعث بهبود کیفیت آب و محدودسازی رشد عوامل بیماری‌زا می‌شود. بهره‌گیری از ریزجلبک‌ها به‌عنوان جایگزین طبیعی آنتی‌بیوتیک‌ها و پشتیبان ایمنی بعنوان واکسن‌های خوراکی (oral vaccines) گامی مؤثر در توسعه پایدار و زیست‌سازگار آبزی‌پروری است.

واژگان کلیدی: آبزیان، تغذیه، ریز جلبک، کنترل بیماری، واکسن خوراکی.

مقدمه

ریز جلبک‌ها از جمله قدیمی‌ترین موجوداتی هستند که تقریباً در تمام اکوسیستم‌های سراسر دنیا یافت می‌شوند. این موجودات در محیط‌های رقابتی تکامل یافته و توسط طیف وسیعی از مصرف‌کنندگان استفاده می‌شوند و در این میان در معرض پاتوژن‌های میکروبی مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها نیز قرار می‌گیرند. به این ترتیب، جهت حفظ بقاء خود استراتژی‌های دفاعی و مقاومتی خاص خود را گسترش داده‌اند. تنوع این مکانیسم‌ها بدلیل تنوع و فراوانی زیاد ترکیبات سنتز شده از مسیرهای متابولیکی مختلف می‌باشد. به نظر می‌رسد برخی از این متابولیت‌ها ساختار شیمیایی منحصر به فردی دارند که در میان سایر موجودات خاکزی یافت نمی‌شوند و گاهی پیچیدگی ساختار به حدی است که بازسازی آنها با روش‌های شبیه ساز بسیار مشکل می‌شود (Borowitzka,1995).

در دهه‌های اخیر، توجه به بیوتکنولوژی و استفاده از ترکیبات دریایی و کاربردهای آنها مورد توجه و بررسی محققان قرار گرفته است (Dyshlovoy and Honecker,2015; Suleria *et al.*, 2015). از میان طیف وسیع موجودات دریایی، ریز ها بدلیل رشد سریع و نیازهای غذایی ساده خود به عنوان منابع قابل توجهی از تکنولوژی آبی اهمیت ویژه‌ای یافته‌اند. در این میان برخی گونه‌ها نیز قادر به رشد در آب‌های شور یا پساب‌ها هستد که با توجه به کمبود منابع آبی این ویژگی از صفات ارزشمند آنها محسوب می‌شود. ریز جلبک‌ها به طور معمول موجوداتی تطابق پذیرند و قادرند با محیط‌های متنوع و گوناگون سازگاری داشته باشند. به این ترتیب، این میکروارگانیسم‌ها مورد مناسبی برای بررسی مولکول‌های جدید یا تولید مولکول‌های شناخته شده با هزینه کم هستند. با توجه به انعطاف پذیری ویژه این موجودات، ماهیت و میزان متابولیت‌های ثانویه آنها از طریق کنترل شرایط کشت قابل تنظیم و تغییر است. ترکیبات ارزشمندی از جمله رنگیزه ها، لیپیدها،

پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، ویتامین‌ها یا مواد معدنی قابل استخراج از ریز جلبک‌ها هستند (Encarnacao *et al.*, 2015; Talero *et al.*, 2015). تحقیقات وسیعی که در خصوص بیوتکنولوژی ریز جلبک‌ها صورت گرفته نشان‌دهنده کاربرد گسترده این محصولات در صنایع داروسازی، آرایشی، صنایع غذایی انسان و حیوانات، حفظ محیط زیست و بیوانرژی می‌باشد. برخی از این ترکیبات فعالیت بیوتکولوژی خاصی مانند فعالت آنتی اکسیدانی، ضد لخته ، ضد التهاب، ضد میکروبی یا ضد توموری دارند. کاربرد این ترکیبات به عنوان منابع پریبیوتیک، مواد مغذی، عوامل شیمیایی پیشگیری کننده یا داروهای ضد میکروبی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج قابل توجهی داشته است (De Jesus Raposo and de Morais, 2016; Talero *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2010). ریز جلبک‌ها همچنین از نظر تولید طیف گسترده‌ای از رنگیزه‌ها مانند کلروفیل، فیکوبیلی پروتئین ها یا کاروتنوئیدها که به عنوان رنگ کاربردهای خاصی در صنایع غذایی و دارویی دارند مورد توجه خاص هستند.

ابتدایی‌ترین و بیشترین کاربرد ریز جلبک‌ها در کشت‌های آبی و صنایع آبزی‌پروری است که بعنوان منابع غذایی و مکمل‌های تغذیه‌ای برای رشد لاروها یا بچه‌های آبزیان مختلف مانند انواع ماهی‌ها، صدف‌ها و سخت‌پوستان مصرف شده و می‌توانند برای مراحل پالایش در انواع بالغ نیز استفاده شوند. ریز جلبک‌ها همچنین برای تغذیه زئوپلانکتون‌هایی که برای مصرف لارو ماهی‌ها و سخت‌پوستان استفاده می‌شوند، کاربرد دارند. این موجودات نه تنها بعنوان منابع غذایی بلکه جهت بهبود کیفیت کشت‌های آبی کارایی دارند. به عنوان مثال آستاگزانتین که غالباً در ریز جلبک سبز *Haematococcus pluvialis* یافت می‌شود سبب رنگ‌دهی و افزایش میزان رنگ گوشت سالمون و قزل‌آلا می‌شود. رنگیزه آبی marennine که از دیاتمه *Haslea ostrearia* قابل استخراج است نیز سبب رنگ سبز–آبی آبشش‌ها و پالپ‌های لبی صدف ها شده و باعث افزایش ارزش تجاری آنها می‌شود (Gastineau *et al.*, 2014).

با توجه به تنوع زیستی قابل توجه ریز جلبک ها و پیشرفت های حاصله در زمینه روش‌های کشت، غربالگری، استخراج و خالص سازی مشخص شده که این میکروارگانیسم‌ها در آینده بخشی از مهمترین منابع تولید محصولات جدید تکنولوژی (blue technology) به شمار می روند. امروزه ترکیبات زیستی فعال سیانوباکتری ها بیش از سایر ریز جلبک‌های یوکاریتی مورد بررسی قرار گرفته که این امر بدلیل روش‌های آسانتر کشت آنها و مطالعات و تحقیقات اخیر انجام شده بر روی آنها می‌باشد (Gupta *et al.*, 2013; Vijayakumar and Menakha, 2015). یکی از مشکلات اصلی کشت ریز جلبک‌ها آلودگی باکتریایی آنها است (Deschenes *et al.*, 2015). در حالیکه کشت‌های گونه‌های سیانوباکتریایی مقاومت بیشتری دارند.

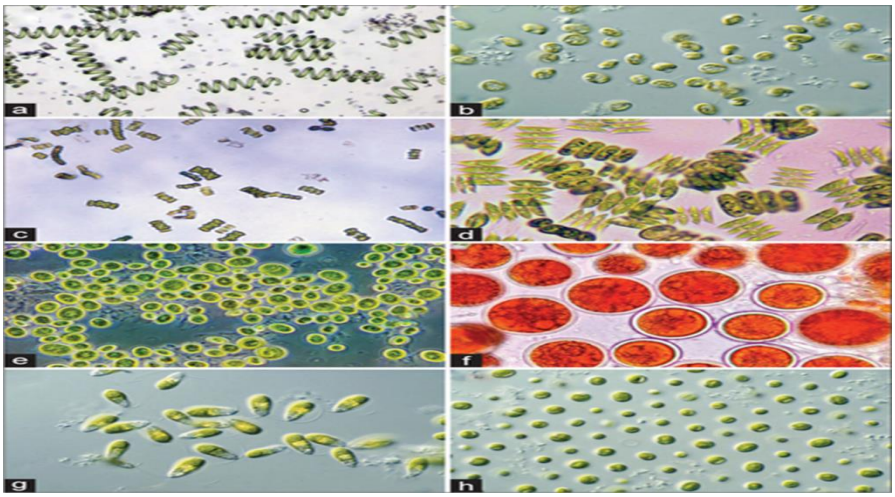
هدف از این پژوهش، مروری بر کاربردهای ریز جلبک‌ها در صنعت آبزی‌پروری و نقش آنها بعنوان منابع غذایی یا مکمل‌های تغذیه‌ای بوده و با توجه به پتانسیل بالقوه این میکروارگانیسم‌ها در تولید بیومس و ترکیبات زیستی فعال نقش این ترکیبات بعنوان واکسن خوراکی جهت کنترل بیماری‌های گوناگون آبزیان خصوصاً بیماری‌های باکتریایی و انگلی بررسی شده است.

ریز جلبک‌ها

در طی دهه های گذشته، استفاده و کاربرد ریز جلبک‌ها در کشت های آبی افزایش یافته و بهینه شده است. انتخاب گونه‌های ریز جلبکی در کشت‌های آبی به پتانسیل آنها در شرایط کشت، اندازه سلول و ارزش تغذیه‌ای کل این موجودات بستگی دارد.

بیشترین گونه‌های ریز جلبکی مورد استفاده در کشت‌های آبی شامل گونه‌های مختلف از خانواده جلبک‌های سبز، سبز–آبی و دیاتمه‌ها هستند. از مهم‌ترین سویه‌های کاربردی می‌توان به جنس‌های زیر اشاره کرد (شکل 1):

Skeletonema, Thalassiosira, Chaetoceros, Tetraselmis, Chlorella, Spirulina, Pavlova, Scenedesmus, Haematococcus, Dunaliella, Nanochloropsis, Phormidium, Anabaena, Cyanothece.



شکل 1 : تصاویر ریزجلبک‌های کاربردی در کشت‌های آبی.

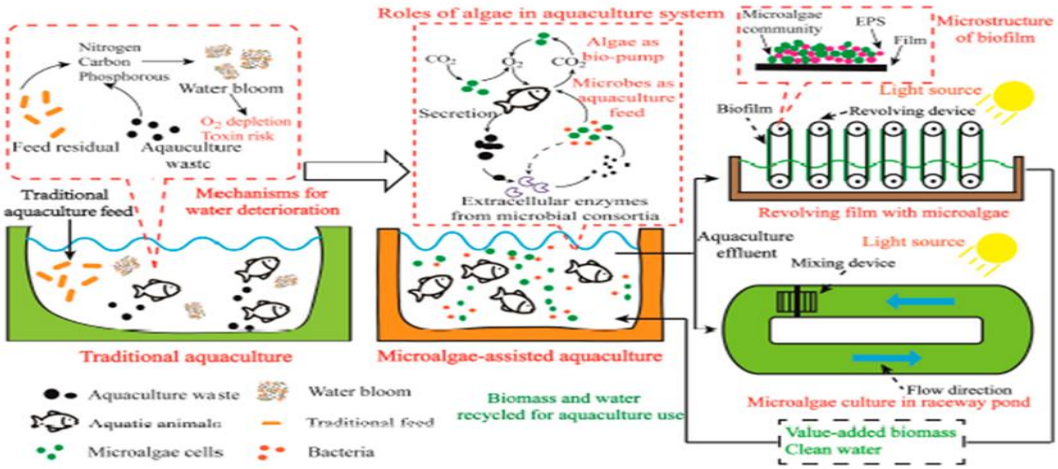
a: *Spirulina* sp., b:*Pavlova* sp., c: *Desmudesmus* sp., d: *Scenedesmus* sp., e: *Chlorella* sp., f: *Haematococcus* sp., g: *Dunaliella* sp., h: *Nannochloropsis* sp.

فواید استفاده از ریز جلبک‌ها در آبزی‌پروری

ریزجلبک‌ها بعنوان ضروری‌ترین بخش اکوسیستم‌های آبی از جمله اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها نقش ارزشمندی در محیط های آبی، سلامت آبزیان و برقراری تعادل اکوسیستم بر عهده دارند. سلول‌های ریز جلبکی به عنوان یک منبع غنی از پروتئین، اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFAs)، پلی‌ساکاریدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری نقش بسیار مهمی در بهبود کیفیت آب و رشد آبزیان مانند ماهی‌ها، میگو، خرچنگ‌ها و سخت‌پوستان ایفا می‌کنند (Ma *et al.*, 2020) مهم‌ترین این اثرات شامل:

بهبود کیفیت آب

ریزجلبک‌ها به دلیل خاصیت فتوسنتزی خود، می‌توانند سطح اکسیژن را در سیستم‌های آبزی‌پروری افزایش و غلظت گازهای مضر مانند دی‌اکسید کربن را کاهش دهند. این فرآیند موجب بهبود کیفیت آب و سلامت محیط زیستی آبزیان می‌شود. به این ترتیب این میکروارگانیسم‌ها بعنوان بیو پمپ در اکوسیستم‌های آبی عمل کرده و سبب تنظیم جمعیت میکروبی آب‌ها، جلوگیری از بلوم‌های میکروبی و یوتریفیکاسیون در اثر کاهش اکسیژن می‌شوند علاوه بر این سلول‌های جلبکی با جذب ترکیبات نیتروژن و فسفر نقش بسزایی در بهبود کیفیت آب‌ها دارند (Pei *et al.*, 2019) (شکل 2).



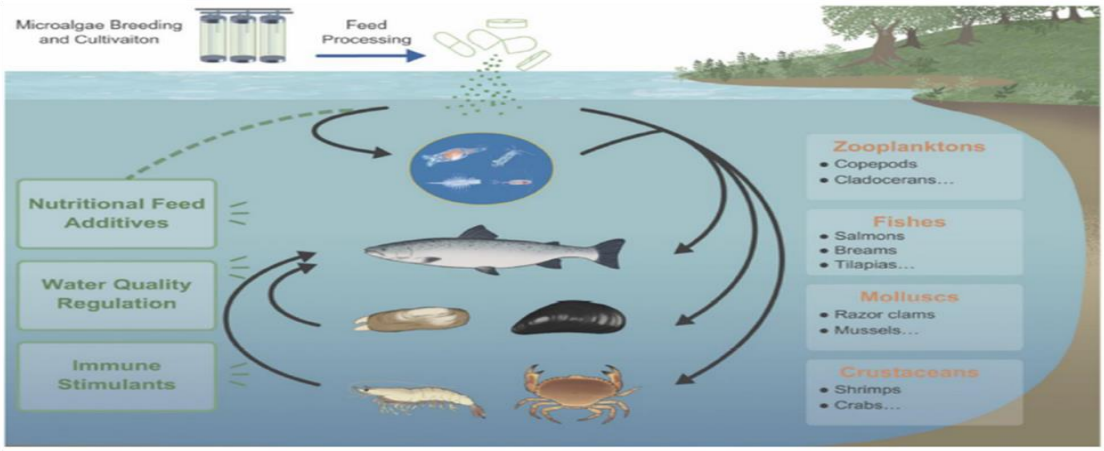
شکل 2: مقایسه کشت‌های آبی سنتی و مدرن (با ریز جلبک‌ها) و بررسی نقش ریز جلبک‌ها بر کیفیت آب و آبزی‌پروری.

افزایش سرعت رشد و بازده تولید

مطالعات نشان داده‌اند که افزودن ریزجلبک‌ها به جیره غذایی ماهیان، می‌تواند رشد آنها را تسریع کند. این به دلیل محتوای بالای پروتئین و اسیدهای چرب ضروری است که به رشد بهتر عضلات و افزایش بازده تولید کمک می‌کند.

ارتقاء سیستم ایمنی آبزیان

ریزجلبک‌ها قادرند تولید برخی ترکیبات فعال زیستی مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها را تحریک و سنتز کنند که در تقویت سیستم ایمنی ماهیان موثر هستند. این ترکیبات می‌توانند مقاومت آبزیان را در برابر بیماری‌ها و استرس‌های محیطی افزایش دهند (شکل 3).

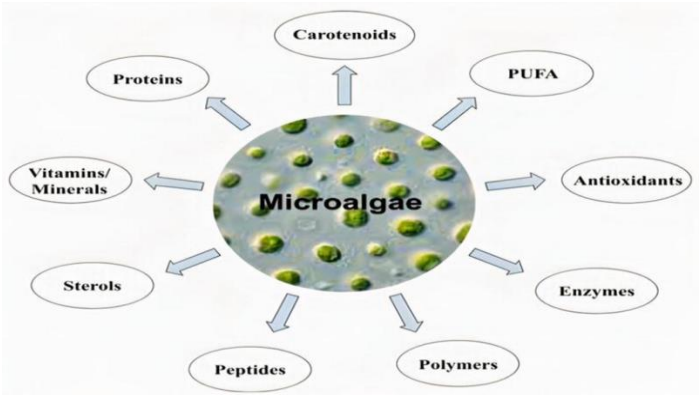


شکل 3: اهمیت ریز جلبک‌ها در صنعت آبزی‌پروری.

ریزجلبک‌ها بعنوان منابع غذایی مستقیم یا غیر مستقیم برای خوراک آبزیان مصرف شده و قادرند سبب تحریک سیستم ایمنی در برابر بیماری‌ها شوند همچنین نقش مهمی در تنظیم کیفیت آب‌ها دارند.

استفاده از ریزجلبک‌ها به عنوان خوراک برای ماهی و سایر آبزیان

ریزجلبک‌ها بعنوان اولین حلقه زنجیره غذایی از اجزاء اصلی کشت‌های آبی بوده و حاوی مواد مغذی و ترکیبات ضروری برای لاروهای دوکفه‌ای‌ها، سخت‌پوستان و ماهی‌ها هستند. سلول‌های ریزجلبکی غنی از پروتئین، اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFAs)، پلی‌ساکاریدها، آمینواسیدها، رنگیزه ها و . . . هستند (شکل 4) و به این ترتیب به عنوان غذای اصلی آبزیان به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل 4: ترکیبات زیستی فعال تولید شده از ریزجلبک‌ها.

به عنوان مثال جلبک‌هایی مانند *Spirulina* و *Chlorella* غنی از پروتئین‌های با کیفیت بالا هستند که می‌توانند به عنوان منبع اصلی پروتئین در خوراک ماهیان و سخت‌پوستان استفاده شوند. به‌علاوه، این جلبک‌ها حاوی مقادیر بالای اسیدهای چرب امگا-3 هستند که برای سلامتی ماهی‌ها و انسان‌ها بسیار مفید است (جدول 1).

جدول 1: ترکیبات اصلی ریزجلبک‌ها و نقش آن‌ها در تغذیه آبزیان.

نوع ریزجلبک	ترکیب اصلی	نقش در تغذیه آبزیان
Spirulina	پروتئین، ویتامینB_{12} ، اسیدهای چرب امگا-3	منبع غنی پروتئین و اسیدهای چرب امگا-3 برای رشد ماهیان
Chlorella	پروتئین، کلروفیل، ویتامین‌های A، B، C	افزایش مقاومت به بیماری‌ها
Nannochloropsis	اسیدهای چرب امگا-3، پروتئین، مواد معدنی	بهبود کیفیت گوشت ماهی، افزایش درصد چربی مفید
Dunaliella	کاروتنوئیدها (بتاکاروتن)، پروتئین	تقویت سیستم ایمنی، افزایش مقاومت به استرس‌های محیطی

دوز مصرفی مناسب ریزجلبک‌ها بسته به نوع ماهی، اندازه آن، و شرایط محیطی متغیر است. در تحقیقات مختلف معمولاً 5-10 درصد از جیره غذایی ماهیان به ریزجلبک‌ها اختصاص داده شده است. برای ماهیان آب شیرین، جلبک‌های *Chlorella* و *Spirulina* می‌توانند به‌عنوان مکمل به جیره غذایی افزوده شوند تا به تقویت رشد و افزایش میزان چربی‌های مفید در بدن ماهیان کمک کنند. برای ماهیان آب شور، جلبک‌های *Nannochloropsis* و *Isochrysis* به‌عنوان منابع غنی از اسیدهای چرب امگا-3 استفاده می‌شوند (جدول 2).

جدول 2: دوز مصرف ریزجلبک‌ها برای ماهیان در سیستم‌های مختلف آبزی‌پروری.

نوع ریزجلبک	دوز پیشنهادی در جیره غذایی ماهیان (٪)	نوع ماهی/آبزی	هدف مصرف
Spirulina	5-10 ٪ از جیره غذایی	ماهیان آب شیرین و شور	افزایش رشد و تقویت سیستم ایمنی
Chlorella	3-8 ٪ از جیره غذایی	سخت‌پوستان، ماهیان کوچک	بهبود کیفیت گوشت و سیستم ایمنی
Nannochloropsis	5- ٪10 از جیره غذایی	ماهیان آب شور	افزایش درصد چربی مفید و اسیدهای چرب
Dunaliella	2-5 ٪ از جیره غذایی	ماهیان آب شیرین و شور	بهبود مقاومت به بیماری‌ها و استرس

کنترل بیماری‌های باکتریایی و انگلی با استفاده از ریزجلبک‌ها

بیماری‌های باکتریایی

باکتری‌ها از شایع ترین عوامل بیماری‌زا در گونه‌های کشت شده آبزیان هستند و اثرات خفیف تا شدیدی را بر سلامتی و بقاء موجودات دارند که از میان آنها سویه‌های *Aeromonas* , *Pseudomonas* بیشتر در گونه‌های آب شیرین و سویه‌های *Vibrio* بیشتر در گونه‌های دریایی ماهی‌ها، میگو و دوکفه ای‌ها ایجاد بیماری می‌کنند.

بیماری‌های ناشی از باکتری‌های *Vibrio, Aeromonas, Pseudomonas* و *Flavobacterium* از جمله بیماری‌های مهم در ماهیان هستند. این بیماری‌ها می‌توانند به عفونت‌های داخلی و خارجی در ماهیان منجر شوند. ریز جلبک‌ها معمولاً به روش‌های زیر بیماری‌های باکتریایی را کنترل می‌کنند:

تولید متابولیت‌های ضدباکتریایی

ریزجلبک‌ها به دلیل توانایی تولید متابولیت‌های مختلف ضدباکتریایی، به‌عنوان یک روش طبیعی و مؤثر برای کنترل بیماری‌های باکتریایی در آبزی‌پروری مطرح هستند. ترکیبات زیستی فعال این میکروارگانیسم‌ها خاصیت ضد میکروبی داشته سبب از بین بردن یا جلوگیری از رشد

باکتری‌های پاتوژن می‌شوند. همچنین پلی‌ساکاریدهای تولیدی آنها با افزایش ظرفیت فاگوسیتوزی ماکروفاژها سبب ارتقاء و فعال‌سازی سیستم ایمنی می‌شوند (Mohan *et al.*, 2019). مطالعات موردی برخی از گونه‌های ریزجلبک‌ها مانند *Spirulina* و *Chlorella* نشان می‌دهند این سویه‌ها قادر به تولید ترکیبات ضدباکتری هستند که می‌توانند رشد باکتری‌های مضر را مهار کنند. این ترکیبات شامل اسیدهای چرب، پلی‌ساکاریدها، و پروتئین‌های ضدباکتری هستند (جدول 3).

اثر ضدالتهابی و آنتی اکسیدانی

ریزجلبک‌ها می‌توانند به کاهش التهابات ناشی از عفونت‌های باکتریایی در بدن ماهیان کمک کنند و با تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند PUFAs سبب تنظیم فعالیت‌های رشد، نفوذپذیری غشاء، فعالیت آنزیم‌ها و بهبود عملکرد سیستم ایمنی شوند. همچنین با تولید آنتی‌اکسیدان ها (استاگزانتین و بتاکاروتن) سبب افزایش محافظت در برابر ویروس‌های پاتوژن شده و سرعت بهبود بافت‌های آسیب‌دیده را تسریع می‌کنند (Charlotte *et al.*, 2016).

جدول 3: مطالعات موردی اثرات ریزجلبک‌ها بر بیماری‌های باکتریایی و انگلی در پرورش آبزیان.

مطالعه موردی	عامل بیماری	نتیجه مطالعه
تاثیر *Spirulina* در پرورش ماهی کپور	*Aeromonas*	کاهش قابل توجه میزان عفونت‌های باکتریایی و افزایش مقاومت ماهیان
تاثیر *Chlorella*در سیستم‌های پرورش ماهی قزل‌آلا	*Flavobacterium*	کاهش عفونت‌ها و بهبود کیفیت گوشت ماهی
تاثیر *Nannochloropsis* در سیستم‌های پرورش میگو	*Ichthyophthirius*	کاهش شدت انگل‌ها و بهبود سلامت میگوها
تاثیر *Dunaliella* در سیستم‌های پرورش ماهی شور	بیماری‌های باکتریایی و انگلی	تقویت سیستم ایمنی ماهیان و کاهش اثرات بیماری‌های انگلی و باکتریایی

بیماری‌های انگلی

بیماری‌های انگلی یکی از چالش‌های مهم و تاثیرگذار در صنعت آبزی پروری هستند. این بیماری‌ها می‌توانند بر سلامت و رشد گونه‌های مختلف آبزیان اثر گذاشته و حتی باعث کاهش تولید و کیفیت محصولات شوند. بیماری‌های ناشی از انگل‌های کبدی مانند *Neodiplostomum* spp. و *Posthodiplostomum* spp. و انگل‌های روده‌ای مانند *Eustrongylides* spp. و نیز بیماری‌های حاصل از انگل‌های خارجی مانند *Ichthyophthirius multifiliis* (عامل بیماری نقطه سفید) و انگل‌های داخلی مانند *Gasterophilus* و *Camallanus* می‌توانند سلامت ماهیان را تهدید کنند (Charlotte *et al.*, 2016).

ریزجلبک‌ها می‌توانند به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای تولید واکسن‌های خوراکی علیه این بیماری‌های انگلی عمل کنند. چندین روش استفاده از ریزجلبک‌ها در مبارزه با بیماری‌های انگلی عبارتند از:

تحریک سیستم ایمنی در برابر انگل‌ها

برخی از ریزجلبک‌ها می‌توانند با تحریک سیستم ایمنی آبزیان باعث افزایش تولید سلول‌های ایمنی مانند لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها شوند که در برابر تکثیر انگل‌ها عمل می‌کنند. این پاسخ ایمنی می‌تواند موجب کاهش بار انگل‌ها در بدن آبزیان شود.

تولید مواد ضدانگلی

ریزجلبک‌ها به دلیل داشتن ترکیباتی مانند پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های ویژه، می‌توانند مواد ضدانگلی تولید کنند که مستقیماً از رشد و تکثیر انگل‌ها جلوگیری می‌کنند. به‌عنوان مثال، برخی تحقیقات نشان داده‌اند که *Spirulina* و *Chlorella* می‌توانند خواص ضدانگلی در برابر انگل‌های روده‌ای داشته باشند.

جلوگیری از تکثیر انگل‌ها

تحقیقات نشان داده‌اند که جلبک‌هایی مانند *Chlorella* و *Spirulina* می‌توانند فعالیت‌های ضدانگلی در محیط‌های آبزی‌پروری داشته باشند و تعداد انگل‌ها را کاهش دهند. به این ترتیب مشخص می شود استفاده از ریزجلبک‌ها به عنوان مکمل در جیره غذایی یا به‌صورت مستقیم در آب، تأثیرات مثبتی در کاهش عفونت‌های باکتریایی و انگلی در ماهیان و میگوها داشته است. این اثرات به دلیل تولید ترکیبات ضدباکتریال و ضدانگلی از سوی ریزجلبک‌ها، بهبود سیستم ایمنی و اثرات ضدالتهابی است (Yamagishi and Ichinohe, 2019) (جدول 4).

جدول 4: اثرات ریزجلبک‌ها در کاهش شیوع بیماری‌های باکتریایی و انگلی در آبزیان.

نوع ریزجلبک	بیماری‌های باکتریایی هدف	بیماری‌های انگلی هدف	مکانیزم اثر
Spirulina	*Vibrio, Aeromonas*	انگل‌های خارجی مانند *Ichthyophthirius*	تولید متابولیت‌های ضدباکتریال و ضدانگلی
Chlorella	*Pseudomonas, Flavobacterium*	انگل‌های داخلی مانند *Gasterophilus*	تقویت سیستم ایمنی و مهار رشد باکتری‌ها
Nannochloropsis	*Vibrio, Aeromonas*	انگل‌های خارجی مانند *Ichthyophthirius*	اثر ضدباکتریال و ضدانگلی از طریق ترکیبات خاص
Dunaliella	*Vibrio, Pseudomonas*	انگل‌های داخلی و خارجی	تقویت ایمنی و اثر ضدالتهابی

کاربرد ریز جلبک ها به‌عنوان واکسن خوراکی در آبزی‌پروری

واکنش‌های ایمنی در برابر بیماری‌ها می‌توانند به‌وسیله واکسن‌های خوراکی تحریک شوند. این نوع واکسن‌ها مزایای زیادی دارند که شامل سهولت در مصرف، کاهش هزینه‌های تولید و حمل‌ونقل، و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده برای تزریق هستند. برای تولید واکسن‌های خوراکی، آنتی‌ژن‌های مورد نظر باید به‌طور مؤثر در دستگاه گوارش جذب شوند و سپس پاسخ ایمنی مطلوب را تحریک کنند. ریزجلبک‌ها با توجه به قابلیت‌های غنی‌شده خود، می‌توانند به‌عنوان حامل‌های آنتی‌ژن عمل کرده و به این هدف کمک کنند (Patai *et al.*, 2018).

سلول‌های جلبکی کارخانه های تولیدی سبز هستند که بعنوان بیوراکتور برای تولید واکسن و سایر محصولات استفاده می‌شوند. این سلول‌های فتوتروف با قابلیت انجام فتوسنتز (استفاده مستقیم از نور خورشید و تثبیتCO_2) هزینه تولید کمتری داشته و به راحتی تکثیر می‌شوند. نکته قابل توجه این میکروارگانیسم‌ها در این است که با دستکاری ژنتیکی آنها می‌توان ترکیبات با ارزشی مانند پروتئین‌های دارویی، آنزیم‌ها و مکمل‌های غذایی خاص را نیز تولید و بعنوان واکسن‌های خوراکی نوترکیب استفاده کرد (Ma *et al.*, 2020)

علاوه بر این در کشت‌های آبی، ریز جلبک‌ها می‌توانند بعنوان حاملین آنتی ژن‌های مختلف عمل کنند که در این صورت علاوه بر نقش تغذیه‌ای و مکمل غذایی، نقش مهم‌تری بعنوان واکسن را نیز در این سیستم‌ها انجام می‌دهند. ریزجلبک‌ها می‌توانند به دو روش مختلف به‌عنوان واکسن‌های خوراکی در آبزی‌پروری استفاده شوند:

تولید آنتی‌ژن‌های خاص

برخی از ریزجلبک‌ها قادر به تولید آنتی‌ژن‌های ویژه‌ای هستند که می‌توانند به سیستم ایمنی آبزیان کمک کنند تا در برابر بیماری‌های خاص مقاوم شوند. این آنتی‌ژن‌ها می‌توانند به صورت مستقیم در ریزجلبک‌ها تولید و از طریق خوراک به آبزیان داده شوند.

استفاده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان حامل آنتی‌ژن‌ها

در این روش، ریزجلبک‌ها می‌توانند حامل آنتی‌ژن‌های تولید شده توسط ارگانیسم‌های دیگر (مانند ویروس‌ها یا باکتری‌ها) باشند و این آنتی‌ژن‌ها از طریق خوراک به بدن آبزیان منتقل می‌شوند.

مزایای مصرف ریز جلبک‌ها به‌عنوان واکسن خوراکی

از مزایای استفاده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان واکسن خوراکی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

1. ایمنی بالا: ریزجلبک‌ها حاوی ترکیباتی هستند که می‌توانند ایمنی طبیعی را تقویت کرده و از ایجاد عوارض جانبی جلوگیری کنند.

2. کاهش هزینه‌ها: واکسن‌های خوراکی به راحتی در سیستم غذایی آبزیان گنجانده می‌شوند و نیاز به تجهیزات پیچیده برای تزریق ندارند.

3. پایداری: ریزجلبک‌ها در محیط‌های مختلف به‌ویژه در شرایط متغیر محیطی پایداری بالایی دارند.

4. تولید آسان: ریزجلبک‌ها می‌توانند به‌صورت ارزان و در مقیاس‌های بزرگ تولید شوند.

نتیجه‌گیری

ریزجلبک‌ها به‌عنوان یک افزودنی غذایی در آبزی‌پروری نه تنها می‌توانند سیستم ایمنی و رشد آبزیان را تقویت کنند، بلکه در بهبود تحمل شرایط محیطی و استرس‌ها نیز مؤثر هستند. با این حال، برای استفاده بهینه از ریزجلبک‌ها، نیاز به دقت در انتخاب گونه‌های مناسب و کنترل میزان مصرف آن‌ها وجود دارد تا از اثرات منفی احتمالی جلوگیری شود. تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهبود روش‌های استفاده از ریزجلبک‌ها در صنعت آبزی‌پروری کمک کند و راه‌حل‌های نوآورانه‌تری برای بهبود سلامت و بهره‌وری آبزیان ارائه دهد. استفاده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان واکسن‌های خوراکی در آبزی‌پروری می‌تواند جایگزین مناسبی برای استفاده از داروهای شیمیایی باشد. این ریزجلبک‌ها علاوه بر تقویت سیستم ایمنی و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌های باکتریایی، ویروسی و انگلی می‌توانند به‌طور طبیعی و کم‌هزینه، به بهبود سلامت آبزیان کمک کنند. استفاده از ریزجلبک‌ها در جیره غذایی، به‌ویژه در مزرعه‌های پرورشی با تراکم بالا و شرایط محیطی تحت استرس، نقش بسیار مهمی در کاهش بیماری‌ها و بهبود بهره‌وری تولید خواهد داشت.

منابع

Barber, I. and Hoare, R., 2005. Parasites and disease in aquaculture. Veterinary Parasitology, 132(1):1-3.

Borowitzka, M.A., 1995. Microalgae as source of pharmaceuticals and other biologically active compounds. Journal of applied phycology, 7: 3-15.

Charlotte, F., Cyrille, F., Marie-Agnes, T., Benjamin, M. and Joel, H., 2016. Antimicrobial compounds from eukaryotic microalgae against human pathogen and diseasesin aquaculture (review). Marine drugs, 14, 159. doi: 10.3390./md14090159.

Dyshlovoy, S.A. and Honecker, F., 2015. Marine compounds and cancer: where do we stand? Marine drugs, 13:5657-5665.

De Jesus Raposo, M.F., de Morais, A.M.M.B. and de Morais, R.M.S.C., 2016. Emergent source of probiotics: seaweed and microalgae. Marine drugs, 14:27.

Deschenes, J.S., Boudreau, A. and Tremblay, R., 2015. Mixotrophic production of microalgae in pilot-scale photobioreactors: practically and process consideration. Algal Research, 10:80-86.

Encarnacao, T., Pais, A.A., Campos, M.G. and Burrows, H.D., 2015. Cyanobacteria and microalgae: Arenewable source of bioactive compounds and other chemicals. Science progress, 98:145-168.

Gastineau, R., Turcotte, F., Pouvreau, J.B., Morancais, M., Fleurence, J., Windarto, E., Prasetiya, F.S., Arsad, S., Jaouen, P. and Babin, M., 2014. Marennine, promising blue pigments from a widwsoread *Haslea* diatom species copmlex. Marine drugs, 12: 3161-3189.

Gupta, V., Ratha, S.K., Sood, A., Chaudhary, V. and Prasanna, R., 2013. New insight into the biodiversity and application of cyanobacteria (blue-green algae)-prospects and challenges. Algal Research, 2:79-97.

Kang, H.K., Seo, CH. and Park, Y., 2015. Marine peptides and their anti-inective activities.Marine drugs, 13:618-654.

Ma, K.E., Qiuwen, B., Yue, W., Siwei, Ch., Shuxin, Z., Haizhen, W. and Jianhua, F., 2020. Evaluation of microalgae as immunostimulants and recombinant vaccines for diseases prevention and control in aquaculture. Frontiers in bioengineering and biotechnology, 8: 590431.

Mohan, K., Ravichandran, S., Muralisamkar, T., Uthaykumar, V., Chandirasekar, R. and Seedevi, P., 2019. Application of marine-derived polysaccharides as immunostimulants in aquaculture: a review of current knowledge and future respectives. Fish, Shelfish immunology, 86: 1177-1193, doi: 10.1016/j.fsi.2018.12.072.

Patai, Ch., Saul, P. and Vanvimon, S., 2018. Application of microalgae biotechnology for disease control in aquaculture (review). Biology, 7: 24. doi: 10.3390/biology/7020024.

Pei, H., Qian, L., Liangliang, F. and Wenguang, Zh., 2019. Areview on the use of microalgae for sustainable aquaculture. Applied science, 9: 2377, doi: 10.3390/app9112377.

Smith, V.J., Desbois, A.P. and Dyrynda, E.A., 2010. Conventional and unconventional antimicrobials from fish, marine invertebrates and microalgae. Marine drugs, 8: 1213-1262.

Suleria, H.A.R., Osborne, S., Masci, P. and Gobe, G., 2015. Marine based nutraceuticals: An innovativetrend in the food and supplement industries. Marine drugs, 13:6336-6351.

Talero, E., Garcia-Maurino, S., Avila-Roman, J., Rodriguez-Luna, A., Alcaide, A. and Mutilva, V., 2015. Bioactive compounds isolated from microalgae in chronic inflammation and cancer. Marine drugs, 13: 6152-6209.

Vijayakumar, S. and Menakha, M., 2015. Pharmaceutical application of cyanobacteria- A review. Journal of Acute Medicine, 5: 15-23.

Yamagishi, T. and Ichinohe, T., 2019. The prevalence of parasites in cultured fish in Japan. Aquaculture Science, 67(1): 51-61.

Application of microalgal biotechnology in aquaculture and conrol parasitic and bacterial diseases of aquatics

Ladan Baftehchi[1*], Mohammad Hosein Feiz Haddad [2]

1. Deptartment of Petroleum Microbiology, Research Institute of Applied Science of ACECR, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Deptartment of Parasitology, Faculty of Medicine, Jundi Shapoor university, Ahvaz, Iran

[*]Corresponding author: ladanbaftechi@yahoo.com

Abstract

Microagae are ancient and most adaptable microorganisms that by performing photosynthesis have a great role in producing oxygen and making life in the earth. These microorganisms have simple nutritional needs and could be cultured easily. Their biomass have various applications in different industries. They also have great potential to produce bioactive compounds such as polysaccharides, polyunsaturated fatty acids (PUFAs), antioxidants, and antimicrobial peptides, and play a significant role in enhancing aquatic animal health and promoting sustainable aquaculture. The use of microalgae species like Chlorella, Spirulina, and Nannochloropsis in the diet of fish and shrimp has been shown to boost immune responses, increase resistance to bacterial pathogens such as Vibrio spp., and reduce parasitic loads including Ichthyophthirius multifiliis. In addition to their nutritional and environmental benefits, recent studies highlight the potential of microalgae as oral vaccine carriers in aquaculture. By expressing specific antigens within algal cells and administering them via feed, microalgae-based vaccines can stimulate protective immune responses in aquatic species without the need for injection. Furthermore, the inclusion of microalgae in aquaculture systems improves water quality and helps suppress the proliferation of pathogenic microbes. Overall, microalgae offer a promising, eco-friendly alternative to antibiotics by enhancing disease resistance and supporting sustainable production in modern aquaculture practices.

Keywords: aquatic, disease control, microalgae, nutrition, oral vaccine.