



مجله ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی

دوره ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

ISSN- 2821-1111

تغذیه ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) در صنعت آبی‌پروری

حسنا حاجاتی^{۱*}، نویده رفعت^۱، متین شکوری^۳

- ۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.
- ۲- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

*نویسنده مسئول: h.hajati2010@gmail.com

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۰

چکیده

تغذیه بخش چشمگیری از هزینه‌های پرورش آبزیان را به خود اختصاص می‌دهد. لذا مدیریت مناسب استفاده از اقلام خوراکی، کمک قابل توجهی به پرورش‌دهندگان مزارع آبی‌پروری خواهد نمود. اسپیرولینا (جلبک سبز - آبی)، یک ریز جلبک تک‌سلولی میکروسکوپی است که در آب شیرین رشد بیشتری می‌کند و ساختاری ساده اما ترکیب پیچیده‌ای دارد. این جلبک منبعی از انواع مواد مغذی است. علاوه بر این، منبع مهمی از رنگه‌های فتوسنتزی به نام فیکوسیانین است که دارای خواص بسیار قوی آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است. عصاره اتانولی اسپیرولینا پلاتنسیس حاوی آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، تانن‌ها، ترکیبات فنولی، استروئیدها و ساپونین‌ها است. همچنین این جلبک به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع مورد توجه است زیرا بخش بزرگی از آن، از گاما-لینولنیک اسید تشکیل شده است. این جلبک دارای سطوح پایین‌تری از گلیسیریدهای سرم و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی کم است که به‌عنوان یک محرک رشد، پروبیوتیک و تقویت‌کننده سیستم ایمنی در ماهی مطرح است. اسپیرولینا ریز جلبکی با ارزش اقتصادی بالاست و یکی از معدود جلبک‌هایی است که به دلیل عملکرد بالای فتوسنتزی، سرعت رشد سریع و سازگاری با محیط‌زیست، برای کشت در مقیاس بالا مناسب

است. لذا به نظر می‌رسد استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره آبیان یک راهکار ارزشمند به جهت مدیریت هزینه تغذیه و بهبود عملکرد مزارع آبی‌پروری باشد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا، آبی‌پروری، عملکرد، ایمنی، رنگ‌دانه

مقدمه

هزینه خوراک شامل نیمی از هزینه‌های عملیاتی متغیر در بسیاری از فعالیتهای آبی‌پروری است. نوسانات تولید پودر ماهی و افزایش قیمت پودر ماهی، یافتن مواد پروتئینی مناسب و ارزان برای کاهش یا حذف استفاده از پودر ماهی را در جیره‌های آبیان حائز اهمیت نموده است. استفاده از اقلام خوراکی طبیعی مانند جلبک به‌عنوان جایگزینی برای پودر ماهی رو به افزایش است. جلبک‌ها حاوی پروتئین و اسیدهای چرب ضروری هستند و یکی از موارد جایگزین برای منبع پروتئین برای ماهی و میگوی پرورشی هستند و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری که تولید بالایی از جلبک را دارند مورد توجه هستند. ریزجلبک اسپیرولینا به دلیل ارزش تغذیه‌ای زیاد، مورد توجه است. این ریزجلبک دارای ترکیبات فعال زیستی متعددی است که برای استفاده تجاری مفید است (Priyadarshani and Rath, 2012). این ریزجلبک دیواره سلولی نازکی (حدود ۵۰ نانومتر) دارد که شامل ۸۰٪ پکتین و ۲۰٪ سلولز است و هضم بهتری دارد و باعث افزایش ظرفیت ایمنی می‌شود (Promy and Chitmanat, 2011). جایگزینی پودر ماهی با اسپیرولینا در میگوی آب شیرین *Macrobrachium rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2014)، ماهی قرمز *Carassius auratus* (Shi et al., 2017) و فلاندر زیتونی *Paralichthys Olivaceus* (Rahimnejad et al., 2016) صورت گرفته است. کاروتنوئیدها از لحاظ زیستی در طبیعت فعال هستند و مهم‌ترین رنگ‌دانه‌هایی هستند که عامل رنگ در موجودات آبی مانند ماهیان و سخت‌پوستان است. بدون کاروتنوئیدها، رنگ بدن ماهی، عملکرد زیستی و زنده‌مانی بسیاری از ماهی‌های پرورشی کم می‌شود (Amaya and Nickell, 2015). اسپیرولینا در جنوب شرق آسیا به‌ویژه چین، به‌صورت یک مکمل ارزان‌قیمت پروتئینی در خوراک دام، طیور و آبیان کاربرد دارد (Lu et al., 2008). جلبک اسپیرولینا متعلق به خانواده جلبک‌های سبز-آبی است و غنی از پروتئین، اسیدآمینه ضروری، کاروتنوئیدها، ویتامین B و E، مس، منگنز، منیزیم، آهن، سلنیوم و روی (Seghiri et al., 2019)، اسیدهای چرب ضروری (Munirasu et al., 2014) و رنگ‌دانه‌های آنتی‌اکسیدانی (Macias-Sancho et al., 2014) است که عامل مهم در بهبود رشد، رشد گندها و بلوغ است. تکثیر و پرورش ماهی‌های زینتی به دلیل بازده مثبت اقتصادی، ارزان بودن، کشش بازار و نیاز سرمایه‌گذاری کم، یکی از جذاب‌ترین حرفه‌ها برای کمک به اقتصاد کشور است. میلیون‌ها ماهی زینتی آب شور و شیرین متعلق به ۲۰۰۰ گونه ارزشی بالغ بر ۲۵۰-۴۰۰ میلیون دلار آمریکا سالانه در سراسر جهان خرید و فروش می‌شود (IFAD, 2012). میزان تولید ماهی‌های زینتی کشور در سال ۱۳۹۴، ۲۱۳۹۰۱ هزار قطعه بوده که در سال ۱۳۹۹ به ۲۷۶۱۳۹ افزایش داشته است (قربان‌زاده و نظری، ۱۴۰۰). تهیه خوراک به‌طور معمول ۶۰-۳۰ درصد کل هزینه‌های جاری سیستم‌های پرورش آبیان است و باید با رعایت اصول علمی و نیازهای اختصاصی هر یک از گونه‌های پرورشی در اختیار آن‌ها قرار گیرد (مشکینی و همکاران، ۱۳۸۹).

خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ریز جلبک اسپیرولینا

تحقیقات گذشته نشان داده است که سیانوباکترها می‌توانند مواد زیست فعال داخل و خارج سلولی با فعالیت‌های ضد باکتری، ضد قارچ و ضد ویروس تولید کنند. فعالیت ضد میکروبی اسپیرولینا پلاتنسیس می‌تواند ناشی از گاما-لینولینیک اسید، اسیدهای چرب فعال، اثرات سینرژیستی لائوریک اسید و پالمیتولئیک اسید، فایکوسیانین، فایکوسیانوبیلین و الوفایکوسیانین، آمیدها، آلکالوئیدها، هیتادکان، تترادکان، ترامین، اسپرمین و پیپرازین باشد. کلسیم-اسپیرون یک پلی‌ساکارید سولفات در

اسپیرولینا پلاتنسیس است که شامل رامنوز، ریبوز، مانوز، فروکتوز، گالاکتوز، زایلوز، گلوکز، گلوکوروئیک اسید، گالاکتورونیک اسید و سولفات کلسیم است. اسپیرولینا پلاتنسیس منبعی از ترکیبات فنولیک نظیر کافئیک، کلروژنیک، سالیسیلیک، سیناپتیک و ترانس سینامیک اسید است. ترکیبات فنولیک مواد ضد میکروب و آنتی اکسیدان طبیعی هستند که حلقه‌های بنزنیک آن‌ها توسط یک یا تعداد بیشتر گروه هیدروکسیل جایگزین شده است. عصاره اسپیرولینا دارای فعالیت ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی است. البته گزارش شده است که اسپیرولینا پلاتنسیس در برابر باکتری‌های گرم مثبت نسبت به گرم منفی موثرتر است. مطالعات طی ۴۰ سال گذشته نشان داده است که بیش از ۱۵۰۰۰ ترکیب جدید از جلبک‌ها استخراج شده است که بسیاری از آن‌ها کارکرد زیست فعال دارند. همچنین، به دلیل اینکه اسپیرولینا پلاتنسیس حاوی زی-گزانتین، بتا-کرپتوگزانتین، گزانتوفیل، میکسوگزانتوفیل، بتا-کاروتن، کلروفیل، ویتامین C، ویتامین E، سلنیوم، منگنز، فایکواریترین و فایکوسیانین است خاصیت آنتی اکسیدانی خوبی دارد. این ترکیبات رادیکال‌های آزاد مضر را که در بروز بسیاری از سرطان‌ها نقش دارند جاروب می‌کنند. اسپیرولینا همچنین منبع ترکیبات فنولی همچون اسید کافئیک، کلروژنیک، سالیسیلیک، سیناپتیک و ترانس-سینامیک است. ترکیبات فنولی آنتی اکسیدان‌های طبیعی هستند که حلقه‌های بنزنیک با یک یا چند گروه هیدروکسیل جایگزین شده است (Hajati and Zaghari, 2019). اسپیرولینا می‌تواند تولید آنزیم‌های گوناگون آنتی اکسیدانی را تحریک نماید، از جمله آنزیم سوپراکسیددسموتاز که یک آنزیم مهم در از بین بردن رادیکال‌های آزاد است. این آنزیم همچنین برای درمان انواع بیماری‌های مرتبط با تنش اکسیداتیو و یا به عنوان جزئی از لوسیون‌های ضد چروک پوست و ماسک‌های صورت با افزایش سن فرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسپیرولینا پلاتنسیس همچنین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل پراکسی ردوکسین و آسکوربات پراکسیداز می‌شود. مکانیسم‌های آنتی-اکسیدانی اسپیرولینا پلاتنسیس شامل افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی شامل سوپراکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز و همچنین آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی شامل بتاکاروتن، گلوتاتیون و ویتامین E است (Asghari et al., 2016).

تأثیر تغذیه جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر عملکرد رشد آبزیان

امروزه در آبی‌پروری، خوراک بالاترین و بیشترین سهم هزینه‌ها را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین دانش تغذیه و تغذیه عملی و روش‌های آن به منظور تهیه و تأمین غذای مناسب و ارزان قیمت می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها و پرورش موفق آبزیان داشته باشد (Pereira et al., 2012). نقش ماهیان استخوانی از نظر تأمین بخشی از پروتئین مورد نیاز و درآمد برای ساحل‌نشینان بر کسی پوشیده نیست به همین دلیل مکمل‌های ارزان قیمت در جایگزینی منابع پروتئینی و مواد معدنی تا حدی می‌توانند مفید باشند. ماهی سفید (*Rutilus frisii kutan*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر اسپیرولینا (۰/۵٪، ۱/۰٪ و ۲٪) در مقایسه با تیمار شاهد وضعیت مطلوبی نداشت ولی استفاده از پودر اسپیرولینا تا ۲٪ اثر مثبت در بقای این ماهی داشت (Allaf Noirian et al., 2013). افزودن پودر اسپیرولینا در مرحله لاروی میگوی وانامی *Peneaus vanami* (Hanel et al., 2007) و میگوی سفید (*Litopenaeus schmitti*) (Jaime- Ceballos et al., 2006) با درصدهای مختلف و همراه سایر غذاهای استفاده شده، آثار مثبت بر شاخص‌های رشد، تغذیه و بازماندگی آن‌ها داشته است (اکبری و سندک زهی، ۱۳۹۵). بیشتر شاخص‌های رشد همچون وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و میانگین نرخ رشد روزانه به طور معنی‌داری در میگوهای تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا بیشتر بود (Namaei Kohal et al., 2018). Dernekbası و همکاران (۲۰۱۰) پس از بررسی اثر نسبت‌های مختلف اسپیرولینا به عنوان مکمل غذایی در رشد و ضریب تبدیل غذایی در ماهی گویی (*Poecilia reticulata*) گزارش کردند که استفاده از اسپیرولینا به میزان ۴ درصد در جیره غذایی گویی، تأثیر مثبتی بر رشد و ضریب تبدیل غذایی دارد. وجود پودر جلبک در جیره‌های غذایی باعث شده تا در فرآیند متابولیسم، پروتئین مسیر اصلی خود یعنی مسیر ساخت ماهیچه را طی نموده و به شکل پروتئین ذخیره گردد (Ebrahim

(Dorche et al, 2013; Shalaby et al., 2006). تأثیر مکمل پنج درصد اسپیرولینا در جیره غذایی بر رفتار تولیدمثلی ماهی گوپی در مدت ۴۵ روز بررسی شد و ماهی‌هایی که از جیره حاوی پنج درصد جلبک اسپیرولینا تغذیه کردند، زودتر از گروه کنترل به بلوغ جنسی رسیدند و همچنین، جیره حاوی پنج درصد جلبک اسپیرولینا باعث القای تولیدمثل شد چنانکه ماهی‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا در مقایسه با ماهی‌هایی که با جیره شاهد تغذیه شدند، ۱۰ تا ۱۵ روز زودتر زادآوری داشتند. لذا اسپیرولینا می‌تواند به عنوان یک مکمل پروتئینی مقرون به صرفه برای تکثیر ماهی استفاده شود و مقادیر پروتئین و چربی جیره غذایی والد از عامل مهم تولیدمثل کارآمد و بقاء نوزادماهی‌ها است (Upreti and Kumar, 2020). Sarathchandra و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که مکمل جلبک اسپیرولینا پنج درصد میزان رشد ماهی گوپی بلوند قرمز (*Poecilia reticulata*) را افزایش می‌دهد. پرورش دهندگان موفق ماهی گوپی، برای بهبود رشد و سلامت و افزایش زادآوری سهم عظیمی از هزینه‌های پرورش را به تغذیه اختصاص می‌دهند (فیروزبخش و نوری، ۱۳۸۹)، اگرچه این ماهی همه چیزخوار است ولی استفاده از غذاهای خشک تر و زنده می‌تواند باعث بهبود کیفیت، مولدین تولید لاروهای مقاوم تر و رشد بیشتر باشد (قدسی و سوداگر ۱۳۸۹). مقدار خوراک و دفعات غذایی با توجه به سن، فصل و گونه ماهی متفاوت است (Johnston et al., 2003). تغذیه بیش از حد آب را آلوده می‌کند و باعث افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (James and Sampath, 2003). پرورش متراکم ماهی‌های زینتی به غذای زنده به ویژه ناپلی آرتمیا وابستگی زیادی دارد به دلیل مشکل تهیه آرتمیا پرورش متراکم ماهی‌های زینتی و قیمت بالای آن، جیره‌های غذایی جایگزین با ارزش غذایی بالا برای تغذیه ماهیان زینتی نیاز است (Paulet, 2003). سوداگر و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر جلبک اسپیرولینا بر شاخص‌های رشد بازماندگی و رنگ‌پذیری ماهی (*Demasoni Pseudotropheus*) را بررسی کردند و باعث افزایش شاخص‌های رشد شد. مقادیر پروتئین و چربی جیره غذایی مولدین از عوامل مهم تولیدمثل کارآمد و بقاء نوزادماهیان است (Upreti and Kumar, 2020).

۱- تأثیر تغذیه جلبک اسپیرولینا بر رنگ‌دانه آبزیان

پژوهشگران ثابت کردند رنگ ماهیان زینتی عامل کیفی مهم برای جلب توجه مصرف‌کنندگان است و بازارپسندی این ماهیان غالباً بر اساس رنگ جذاب آن‌ها است (Wang et al., 2006). مکمل اسپیرولینا عامل افزایش کیفیت مولدین میگو و شاخص‌های کیفی در میگو است (Regunathan and Wesley, 2006). استفاده از جلبک اسپیرولینا باعث افزایش قرمزی در بسیاری از آبزیان می‌شود که از این بین می‌توان نتایج مثبت ایجاد شده بر رنگ ماهی دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*)، سیچلایدکنی (*Maylandia Lombardoi*)، (Karadal et al., 2017) و میگوی زینتی ردچری (*Kohal et al., 2018*) اشاره کرد. رنگ ماهی‌ها عمدتاً به وجود کروماتوفورها که شامل رنگ‌دانه‌های رنگی می‌شود، بستگی دارد. چهار گروه اصلی از رنگ‌دانه‌ها که به پوست و بافت حیوانات و گیاهان رنگ می‌دهند شامل ملانین‌ها، پورپورین‌ها، پتیریدیوم‌ها و کاروتنوئیدها می‌باشند. کاروتنوئیدها که محلول در چربی هستند، به پوست رنگ زرد و قرمز می‌دهند، آن‌ها همچنین عامل رنگ نارنجی و سبز تخم، پوست و گوشت بسیاری از ماهی‌ها هستند (Brown et al., 2014). از ویژگی جذاب موجودات آبزی، رنگ آن‌ها است که منبع رنگی آن‌ها از مواد غذایی موجود در محیط زیست آن‌ها منشأ می‌گیرد (Shateriyan, 2012; Kop and Durmaz, 2008). ماهی‌ها معمولاً قادر به سنتز کاروتنوئید مورد نیاز برای ایجاد رنگ مناسب در خود نیستند و باید به همراه تغذیه این مواد به خوراک ماهی اضافه گردند (Gouveia et al., 2003).

۲- تأثیر تغذیه جلبک بر سیستم ایمنی آبزیان

تأثیر اسپیرولینا به عنوان یک محرک رشد و ایمنی در *Oreochromis niloticus* مطالعه شد و مشخص شد جیره‌های حاوی ۱۰-۲/۵ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس باعث افزایش تعداد گلبول‌های قرمز در این ماهی شد (Abdel-Tawwab et

2008). *al.*، اسپیرولینا مکمل خوبی برای بهبود رشد و کاهش ضایعات تغذیه‌ای و مقاومت در برابر بیماری‌هاست (Gowsalya, 2018) و کاربردهای فراوانی به‌عنوان مکمل دام، طیور و آبزیان دارد (Kasiri *et al.*, 2012).

۳- تأثیر تغذیه جلبک بر کیفیت محصول تولیدی

تأثیر اسپیرولینا بر رشد، کیفیت گوشت و قابلیت تحریک‌کنندگی سیستم ایمنی گربه‌ماهی (*Claria gariepinus*) مطالعه شد و گروهی که ۵ درصد اسپیرولینا به جیره آن‌ها افزوده شده بود در مقایسه با گروهی که ۳ درصد اسپیرولینا دریافت کردند کیفیت بهتری داشتند (Promya and Chitmanat, 2011). Hanel و همکاران (۲۰۰۷) بخشی از جیره غذایی مرحله آغازین در میگوی پاسبید را با جلبک لیوفیلیزه جایگزین کردند. میزان رشد گروهی که با جلبک اسپیرولینا تغذیه شده بودند تفاوت معنی‌داری با سایر گروه‌ها داشت و کیفیت رنگ این میگوها بهتر شده بود.

۴- تأثیر استفاده جلبک بر تصفیه آب مزارع آبزیان

اسپیرولینا از مهم‌ترین سیانوباکتری‌ها است که در سال‌های اخیر بیشترین بررسی روی آن انجام گرفته است و از سوی سازمان جهانی بهداشت به‌عنوان غذای برتر معرفی شده است. گرم شدن تدریجی کره زمین عامل تغییرات اساسی در آب‌وهوا است که در نتیجه حاصلخیزترین قسمت کره زمین که غذای مردم از آن نواحی تأمین می‌شود در حال از بین رفتن است. ریزجلبک یک عامل مؤثر در جذب دی اکسیدکربن و تولید اکسیژن است که پرورش آن در مقایسه با دیگر غذاهای پروتئینی، زمین و آب کمتری نیاز دارد و می‌توان آن را در آب‌وهوای گرم که گیاهان دیگر قادر به رشد نیستند و یا در آب شور یا قلیایی که برای کشاورزی مفید نیست پرورش داد. از جلبک اسپیرولینا در تصفیه آب و فاضلاب (جذب فلزات سنگین مانند مس) استفاده می‌شود (استکی و همکاران، ۱۳۹۶).

۵- اسپیرولینا و کاربردهای تجاری در سلامت حیوانات

جلبک‌های ریز علاوه بر اینکه دارای ارزش غذایی در خوراک انسان هستند می‌توانند در غذای حیوانات مختلف نیز از ماهی گرفته تا دام و حیوانات خانگی افزوده شوند. ۳۰ درصد تولید فعلی جلبک‌ها در جهان، برای کاربرد مستقیم در غذای حیوانات و ۵۰ درصد در ساخت مکمل‌های غذایی حیوانی کاربرد دارد. شواهد علمی فراوانی در اثبات فواید اسپیرولینا بر سلامتی وجود دارد به‌طوری‌که اسپیرولینا سبب تقویت سیستم ایمنی، سلامت قلب و تنفس بهتر می‌شود و از طریق فراهم‌سازی مقدار زیادی مواد معدنی، ویتامین و اسیدهای چرب ضروری، بالا بردن مقاومت بدن و کنترل بهتر وزن، تأثیرات مثبتی بر فیزیولوژی دارند. ریزجلبک‌ها موجودات تک‌سلولی آبی هستند که دارای پروتئین بالا، لیپیدها از جمله اسیدهای چرب غیراشباع، هیدرات‌های کربن، ویتامین‌ها و مواد معدنی با میزان جذب بیشتر از ۹۰ درصد است. این جلبک‌ها دارای اسیدآمینوهای ضروری به‌صورت کامل هستند و به دلیل خواص تغذیه‌ای و دارویی این موجودات به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در صنایع دارویی و مکمل غذایی انسان، دام، طیور و آبزیان کاربرد وسیعی دارند (انصاری و همکاران، ۱۳۹۶).

۶- استفاده از اسپیرولینا در تغذیه ماهیان زینتی

در تولید ماهی‌های زینتی در بسیاری از گونه‌ها از جمله ماهیان مناطق حاره، جلبک‌ها بخشی از جیره غذایی آن‌ها هستند. مصرف اسپیرولینا پنج فایده اساسی دارد:

- ۱- تأمین ویتامین و مواد معدنی لازم
- ۲- سرشار از پروتئین‌های مخاطی برای سلامت پوست
- ۳- حاوی فایکوسیانین برای جلوگیری از چاقی و افزایش رشد بهتر ماهی

- ۴- وجود اسیدهای چرب ضروری به منظور رشد متناسب اندامها
- ۵- غنی از رنگدانه شبیه کاروتنوئیدها (استکی و همکاران، ۱۳۹۶).

۷- استفاده از اسپیرولینا در تغذیه ماهی قزل آلا

هدف اصلی در آبی پروری، افزایش بازده تولید گوشت جهت به حداکثر رساندن سوددهی است. یکی از راهکارهای افزایش بازده تولید، افزایش تراکم توده زنده است اما این موضوع ممکن است ابتدا به بیماری در آبزیان را افزایش داده و شیوع عفونت‌های باکتریایی را بیشتر کند. یکی از معمول‌ترین روش‌های پیشگیری و درمان این عفونت‌ها، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها است ولی به علت افزایش مقاومت باکتری‌ها در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها، از بین بردن فلور میکروبی مفید دستگاه گوارش، هزینه بالای این داروها و عوارض جانبی آن‌ها بر آبزیان، استفاده از آن‌ها در مزارع آبی پروری به صلاح نیست. استفاده از افزودنی‌های غذایی طبیعی از جمله راهکارهایی است که علاوه بر تأمین مواد مغذی لازم در جهت حمایت از رشد آبزیان، می‌تواند در افزایش سلامت، مقاومت نسبت به تنش و عوامل بیماری‌زا موثر باشد. بدین ترتیب در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی در توسعه استفاده از افزودنی‌های غذایی جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها انجام شده است. یکی از این افزودنی‌های غذایی، جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس می‌باشد. در همکاری بین جهاد دانشگاهی مازندران و محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، آزمایشی با استفاده از ۴۰۰ قطعه ماهی قزل آلا رنگین کمان (وزن اولیه ۱۰ گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار و ۲۰ قطعه ماهی در هر تکرار انجام شد. جیره‌های آزمایش شامل جیره غذایی کنترل (بدون افزودنی)، ۳ سطح جلبک (۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ گرم در تن) و یک سطح پری‌بیوتیک (۱۰۰۰ گرم در تن) به عنوان کنترل مثبت بود. ماهی‌ها به مدت ۵۶ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. نتایج این پروژه نشان داد که استفاده از جلبک (۲۰۰۰ گرم در تن) و پری‌بیوتیک، موجب افزایش وزن نهایی و همچنین کاهش ضریب تبدیل غذایی ماهی در مقایسه با گروه کنترل شد. اضافه کردن پری‌بیوتیک و جلبک در سطح ۲۰۰۰ گرم در تن باعث کاهش تعداد کلنی‌های کلیفرم‌های روده و از سوی دیگر افزایش تعداد کلنی‌های باسیلوس سوبتیلیس در روده گردید. فعالیت آنزیم پروتئاز در ماهی تغذیه شده با ۲۰۰۰ گرم جلبک در تن بالاتر بود (انصاری و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۱. اثر سطوح مختلف جلبک و پری‌بیوتیک بر جمعیت باکتریایی روده ماهی قزل آلا رنگین کمان در ۵۶ روزگی آزمایش (Log cfu/g)

تیمارهای آزمایشی							
پارامتر	شاهد	۱۰۰۰ گرم پری‌بیوتیک	۱۰۰۰ گرم جلبک	۱۵۰۰ گرم جلبک	۲۰۰۰ گرم جلبک	میانگین استاندارد خطا	سطح احتمال
باسیلوس سوبتیلیس	۴/۲۳ ^c	۵/۹۸ ^a	۴/۲۶ ^c	۴/۷۷ ^b	۵/۱۰ ^a	۰/۴۴	۰/۰۰۳
کلی‌فرم‌ها	۳/۹۱ ^a	۱/۳۱ ^a	۳/۸۵ ^b	۳/۵۰ ^b	۲/۵۵ ^a	۰/۲۰	۰/۰۰۱

* میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

۸- نقش اسپیرولینا در احیای طبیعت

بعضی از جلبک‌ها می‌توانند یون‌های فلزات سنگین مانند روی و کادمیوم را از آب‌های آلوده جذب و خاصیت سمی آن‌ها را کاهش داده و یا خنثی کنند. پساب خروجی از مزارع پرورش ماهی معمولاً میزان بالایی از ضایعات را دارد که می‌تواند برای

دیگر آبریان و مزارع باعث مشکل شود. جلبک‌ها اغلب از این ضایعات به‌عنوان منبع غذا استفاده می‌کنند و سعی بر این است که در محل‌های خروجی پساب مزارع پرورش ماهی این جلبک‌ها را پرورش دهند. فاضلاب‌های شهری حاوی مقدار زیادی مواد آلی و معدنی است، ولی اکسیژن آن بسیار کم است. یکی از روش‌هایی که در ایستگاه تصفیه آب، برای تصفیه فاضلاب‌ها کاربرد دارد، ایجاد حوضچه‌های سیمانی کم‌عمق و با وسعت زیاد است. رشد جلبک‌ها در این حوضچه‌ها باعث افزایش اکسیژن می‌شود. در اثر افزایش اکسیژن تعداد میکروارگانیسم‌های هوازی در آب زیاد شده و در نتیجه فعالیت آن‌ها، مواد آلی موجود در آب تجزیه می‌شود. استفاده از جلبک سبز و کوچک اندام مانند اسپیرولینا در مسیر کانال خروجی مخازن بزرگ و کم‌عمق فاضلابی، سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روشی است که می‌تواند مواد فاسد و خطرناک را به کودهای بارزش و بدون بو تبدیل کند و مانند کاتالیزور است. رشد این جلبک‌ها به‌عنوان گیاه تصفیه‌کننده در کانال فاضلاب اهمیت دارد. این جلبک‌ها برای انجام فعالیت‌های متابولیسمی، نیتрат و فسفات مصرف کرده و با انجام فتوسنتز، اکسیژن آزاد می‌کند و اکسیژن به باکتری-های هوازی کمک می‌کند تا در تجزیه مواد خام فاضلاب‌ها فعال باشند. فاضلاب‌هایی که عمدتاً از ضایعات صنعتی و شهرنشینی ایجاد شده باشند، بسیاری از ترکیبات آلی و معدنی در آن‌ها حل شده و به حالت معلق درآمده است. تصفیه چنین فاضلاب‌هایی غالباً یک امر اکسیژناسیون تلقی می‌شود. اکسیژنه نمودن فاضلاب‌ها به‌خصوص در توده‌های کوچک استخرها ضرورت دارد تا بوی بد از آن‌ها رفع شود. به این ترتیب جلبک‌ها نقش مهمی را در تصفیه فاضلاب‌ها به عهده دارند که گاه به‌صورت طبیعی این پدیده انجام می‌گیرد. فرایند فتوسنتز توسط جلبک‌ها عامل وفور اکسیژن است و اکسیژن تولیدشده به مصرف میکروارگانیسم‌ها می‌رسد و میکروارگانیسم‌ها مسئولیت تجزیه نمودن بقایای مواد آلی را در فاضلاب‌ها به عهده دارند. خوشبختانه در کشور ما بر اثر شرایط جغرافیایی خاص، گسترش جلبک‌ها چنان است که بسیاری از گیاهان تولیدکننده مواد اولیه دارویی را داریم که می‌توانیم با بهره‌گیری از آن‌ها، از ورود این مواد از خارج جلوگیری کنیم. جلبک‌های دریایی در سواحل صخره‌ای جنوب کشور به‌خصوص سواحل سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر به‌وفور یافت می‌شوند و اگرچه سابقه مطالعه در زمینه شناسایی جلبک‌های دریایی در سواحل جنوبی به سال ۱۸۴۵ میلادی برمی‌گردد ولی تاکنون در این فعالیت‌ها کمتر به جنبه‌های تجاری و کسب ثروت توجه شده است. با تحقیقات انجام‌شده بیش از ۲۵۰ گونه جلبکی در سواحل جنوب کشور شناسایی شده که بسیاری از گونه‌ها دارای خواص کاربردی بوده و در سطح جهانی از آن‌ها استفاده می‌شود (استکی و همکاران، ۱۳۹۶). اسپیرولینا به‌عنوان یک ارگانیسم کاهنده آلودگی‌های محیط‌زیست مطرح است که با استفاده از دی‌اکسید کربن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای در پرورش آن و بازیافت محیط برای کشت مجدد است. کشت اسپیرولینا باعث آلودگی محیط‌زیست، فرسایش خاک، آلودگی آب و یا ویرانی جنگل نمی‌شود. اسپیرولینا بدون استفاده از حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها پرورش داده می‌شود. اسپیرولینا یک عامل مؤثر در جذب دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن است. تلاش‌های زیادی برای یافتن یک راه‌حل مناسب برای پیش‌گیری از بحران کمبود غذا در حال انجام است. جلبک‌های سبز-آبی دارای تنوع متابولیسمی و مورفولوژیکی زیادی هستند و قادرند در مدیریت محیط‌زیست در موارد مختلفی بکار گرفته شوند: تیمار فاضلاب‌ها، احیا اراضی، تولید مواد شیمیایی نرم و لطیف، تثبیت نیتروژن اتمسفر، تولید سوخت متان، تبدیل انرژی خورشیدی و معالجه بیماری‌ها. در دریاچه‌ها نیتروژن معمولاً به‌صورت نیترات (NO_3) وجود دارد وقتی که نیتروژن برای رشد جلبک مورد استفاده قرار می‌گیرد به آمینونیتروژن (NH_2 -) احیا و سپس در ترکیبات آلی وارد می‌شود. جلبک پس از مرگ تجزیه‌شده و نیتروژن آلی در آب به‌صورت آمونیاک (NH_3 -) آزاد می‌گردد. بعضی از ارگانیسم‌های فتوسنتزکننده می‌توانند گاز نیتروژن را از اتمسفر گرفته و با تبدیل آن به نیتروژن آلی آن را تثبیت کنند. مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در دریاچه‌ها جلبک‌های سبز-آبی (سیانوباکترها) هستند. بسیاری از مردم جهان امروزه با آلودگی آرسنیک از طریق مصرف آب و محصولات کشاورزی آلوده با این آب‌ها به‌نوعی درگیر هستند. سازمان بهداشت جهانی آلودگی آرسنیک را یکی از عمده‌ترین آلودگی‌ها در شرق بیان کرده است. طبق تحقیقات ثابت‌شده پزشکی مصرف نیم گرم در روز اسپیرولینا تا ۴۷ درصد باعث کاهش آرسنیک در بدن می‌شود و با استفاده از ریزجلبک‌ها می‌توان

برای زدودن دی اکسید کربن هوا، جذب پسماند کودها از روان آب های مزارع و تصفیه فاضلاب ها از آلودگی های محیط زیست جلوگیری کرد (استکی و همکاران، ۱۳۹۶).

۹-سم زدایی فلزات سنگین از بدن و محیط زیست با اسپیرولینا

آلودگی ناشی از انباشته شدن خاک و آب از ترکیبات سمی پایدار مانند مواد شیمیایی، نمک ها، فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو عامل بیماری هایی است که اثرات ناسازگاری روی رشد و سلامت جانوران و انسان ها دارد. انتشار فلزات سنگین در محیط زیست به دلیل صنعتی شدن و گسترش شهرنشینی مشکلات بزرگی در سراسر جهان داشته است و باعث افزایش آلودگی محیط است. جذب فلزات سنگین از پساب های صنعتی یکی از مباحث مهم زیست محیطی است. روش های مختلفی برای جذب این فلزات مورد توجه است که استفاده از جاذب های زیستی از جمله این روش ها است. در تحقیقات انجام گرفته در مورد سم زدایی مشخص شد که جلبک ها موفق به جذب حجم بسیار بالایی از مواد سمی و فلزات سنگین و آلاینده ها شده و به شکل گلوله های بزرگ رسوب کرده و ته نشین می شوند. آرسنیک یکی از فلزات سنگین سمی بوده که در محیط زیست وجود دارد. آرسنیک ممکن است در بسیاری از غذاها، آب آشامیدنی یا برنج وجود داشته باشد. سم زدایی از بدن با اسپیرولینا حاوی یک آنتی اکسیدان قوی است که عامل شللاته کننده است. این آنتی اکسیدان قادر است فلزات سنگین از جمله آرسنیک را از سلول های بدن جدا کند و به دام بیندازد. در آب آشامیدنی کشور بنگلادش آرسنیک موجود است و به همین دلیل بسیاری از مردم این کشور با مشکل سمیت آرسنیک مواجه هستند. اخیراً محققان بنگلادشی، یک مطالعه سه ماهه بیمارستانی روی بیماران مبتلا به سمیت آرسنیک انجام داده و نتایج آن را منتشر کرده اند. در این تحقیق اسپیرولینا به ۳۳ بیمار داده شد و در نتیجه آن، سمیت به آرسنیک در ۸۲ درصد از آن ها بهبود یافته بود. اسپیرولینا همچنین حاوی آنتی اکسیدان قوی فایکوسیانین است که با فلزات سنگین از جمله آرسنیک پیوند و تشکیل کمپلکس می دهد و فلزات سنگین را از سلول های بدن جدا و همراه با ادرار دفع می کند. اسپیرولینا دارای ویژگی مثبتی در سم زدایی و یا کلاته کردن مواد معدنی سمی است. اسپیرولینا می تواند برای سم زدایی آرسنیک از آب ها و مواد غذایی استفاده شود و برای کلاته کردن و سم زدایی فلزات سنگین از آب، غذا و محیط زیست کاربرد دارد. دانشگاه پکن مولکول های بیواکتیوی از اسپیرولینا استخراج کرده که می تواند اثر سمی فلزات سنگین را از بین ببرد (استکی و همکاران، ۱۳۹۶).

توصیه ترویجی

استفاده از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره آبزیان تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد، سلامت روده، سیستم ایمنی و کیفیت رنگ محصول تولیدی دارد. همچنین جلبک اسپیرولینا برای تصفیه آب و کاهش سطح فلزات سنگین آب می تواند مورد توجه قرار گیرد.

از جلبک اسپیرولینا می توان به عنوان منبع تأمین بخشی از پروتئین جیره آبزیان استفاده نمود و در این صورت توصیه می شود در جیره ماهی سفید تا ۲ درصد، میگو تا ۱۰ درصد و ماهیان زینتی تا ۴ درصد از جیره از جلبک اسپیرولینا تشکیل شده باشد. همچنین به عنوان یک افزودنی جایگزین آنتی بیوتیک های محرک رشد می توان در سطح ۲ کیلوگرم اسپیرولینا پلاتنسیس در تن خوراک ماهی های دارای ارزش خوراکی از این جلبک استفاده نمود.

منابع

- ۱- استکی، م.، مشرف، ل. و ملکی، س.، ۱۳۹۶. اسپیرولینا جلبک شگفت انگیز (کشت، ارزش و کاربرد). انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی، چاپ اول، ۴۰۰ صفحه.

- ۲- اکبری، پ. و سندک زهی، ا.، ۱۳۹۵. اثر پودر جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) روی رشد، تغذیه، ترکیب شیمیایی و اسیدهای چرب لاشه ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus* Linnaeus). نشریه شیلات، دوره ۶۹، شماره ۱، صفحات ۱-۹.
- ۳- انصاری، م.ص.، قلی زاده، ف.، حاجاتی، ح. و علوی، س.م.، ۱۳۹۶. بررسی اثر سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر عملکرد ماهی قزل آلا رنگین کمان. جهاد دانشگاهی مازندران، کد طرح: ۶۰۰۴، ۶۳ صفحه.
- ۴- سوداگر، م.، خالصه، م.، مازندرانی، م.، حسینی، س.ع. و ذکریائی، ح.، ۱۳۹۵. تأثیر جلبک اسپیرولینا بر شاخص های رشد، بازماندگی و رنگ پذیری ماهی دماسونی (*Pseudotropheus demasoni*). نشریه شیلات، ۶۹ (۱)، صفحات ۲۶-۲۷.
- ۵- فیروزبخش، ف. و نوری، ف.، ۱۳۸۹. بررسی مقایسه ای شمارش افتراقی گلبول های سفید در ماهیان زینتی تغذیه شده با سطوح متفاوت پروبیوتیک. نخستین همایش ماهیان زینتی ایران، ۴۳ صفحه.
- ۶- قدسی، ز. و سوداگر، م.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر عصاره گل سرخ بر رشد ماهی گویی. نخستین همایش ماهیان زینتی ایران، ۵ صفحه.
- ۷- قربان زاده، ر.ع. و نظری، س.، ۱۴۰۰. سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۹۴-۱۳۹۹. سازمان شیلات ایران/ معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع/ دفتر برنامه ریزی و بودجه/ گروه برنامه ریزی و آمار، ۶۴ صفحه.
- ۸- مشکینی، س.و.، مناف فر، ر.، سلیمی، ب. و اعلمی فر، ح.، ۱۳۸۹. بررسی مقایسه ای اثرات تغذیه ای سیستم دکپسوله، ناپلی آرتمیا و غذای کنسانتره در لارو قزل آلا رنگین کمان. مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۲، صفحات ۱۴۷-۱۳۷.

- 9- Abdel-Tawwab, M.O.H.S.E.N., Ahmad, M.H., Abdel-Hadi, Y.M. and Seden, M.E., 2008, September. Use of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fry challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. In 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Cairo, Egypt (pp. 1015-1032).
- 10- Allaf Noirian, H., Khoshkholgh, M.R., Mosapour Shojani, M. and Shakorian, M., 2013. Replacement of dietary *pirulina platensis* powder and its effect on growth and body chemical composition in *Rutilus frisii kutum* fry. *Iranian Journal of Natural resources*, 67, 445-453
- 11- Amaya, E. and Nickell, D., 2015. Using feed to enhance the color quality of fish and crustaceans. *Feed and feeding practices in aquaculture*, pp.269-298.
- 12- Asghari, A., Fazilati, M., Latifi, A.M., Salavati, H. and Choopani, A., 2016. A review on antioxidant properties of *Spirulina*. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 3(1), pp.345-351.
- 13- Brown, A.C., Leonard, H.M., McGraw, K.J. and Clotfelter, E.D., 2014. Maternal effects of carotenoid supplementation in an ornamented cichlid fish. *Functional ecology*, 28(3), pp.612-620.
- 14- Dernekbası, S., Unal, H., Karayucel, I. and Aral, O., 2010. Effect of dietary supplementation of different rates of *Spirulina* (*Spirulina platensis*) on growth and feed conversion in Guppy (*Poecilia reticulata* Peters, 1860). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(9), pp.1395-1399.
- 15- Ebrahim Dorche, I., Tangestani, R., Alizadeh Dvghyklayy, E. and Zare, P., 2013. Effect of different levels of garlic essential oil on growth, feed and carcass composition of *beluga* (*Huso huso*) Rearing young. *Journal of Marine Science and Technology*, 11(4), pp.1-12.

- 16- Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J., 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Nutrition*, 9(2), pp.123-129.
- 17- Gowsalya, T. and Kumar, S.S., 2018. Influence of shrimp head meal incorporated diet on growth and maturation of goldfish *Carassius auratus*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(4), pp.1-7.
- 18- Hajati, H. and Zaghari, M., 2019. *Spirulina Platensis in poultry nutrition*. Cambridge Scholars Publishing.
- 19- Hanel, R., Broekman, D., De Graaf, S. and Schnack, D., 2007. Partial replacement of fishmeal by lyophilized powder of the microalgae *Spirulina platensis* in Pacific white shrimp diets. *The Open Marine Biology Journal*, 1(1).
- 20- IFAD, F., 2012. The state of food insecurity in the world: Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. *Food Agriculture Organization of the United Nations*.
- 21- Jaime-Ceballos, B.J., Hernández-Llamas, A., Garcia-Galano, T. and Villarreal, H., 2006. Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae. *Aquaculture*, 260(1-4), pp.215-220.
- 22- James, R. and Sampath, K., 2003. Effects of meal frequency on growth and reproduction in the ornamental red swordtail, *Xiphophorus helleri*.
- 23- Johnston, G., Kaiser, H., Hecht, T. and Oellermann, L., 2003. Effect of ration size and feeding frequency on growth, size distribution and survival of juvenile clownfish, *Amphiprion percula*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(1), pp.40-43.
- 24- Karadal, O., Güroy, D. and Türkmen, G., 2017. Effects of feeding frequency and *Spirulina* on growth performance, skin coloration and seed production on kenya cichlids (*Maylandia lombardoi*). *Aquaculture International*, 25, pp.121-134.
- 25- Kasiri, M., Farahi, A. and Sudagar, M., 2012. Growth and reproductive performance by different feed types in fresh water angelfish (*Pterophyllum scalare* Schultze, 1823). In *Veterinary Research Forum* (Vol. 3, No. 3, p. 175). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- 26- Kop, A. and Durmaz, Y., 2008. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel 1840). *Aquaculture international*, 16, pp.117-122.
- 27- Lu, J., Satoh, H. and Takeuchi, T., 2008. Development of models of threshold and efficient algal densities for larval and juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* on raw *Spirulina*. *Aquaculture*, 285(1-4), pp.249-254.
- 28- Macias-Sancho, J., Poersch, L.H., Bauer, W., Romano, L.A., Wasielesky, W. and Tesser, M.B., 2014. Fishmeal substitution with *Arthrospira* (*Spirulina platensis*) in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*: effects on growth and immunological parameters. *Aquaculture*, 426, pp.120-125.
- 29- Munirasu, S., Uthayakumar, V., Ramasubramanian, V. and Kiruba, A., 2014. Effect of live feed *Mesocyclops aspericornis* survival, growth, biochemical constituents and energy utilization of the freshwater fish *catla catla*. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 6(01), pp.23-31.
- 30- Namaei Kohal, M., Esmaeili Fereidouni, A., Firouzbakhsh, F. and Hayati, I., 2018. Effects of dietary incorporation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* meal on growth, survival, body composition, and reproductive performance of red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Crustacea, Atyidae) over successive spawnings. *Journal of applied phycology*, 30, pp.431-443.
- 31- Paulet, T.G., 2003. The effect of diet type and feeding rate on growth, morphological development and behaviour of larval and juvenile goldfish *Carassius auratus* (L.) (Doctoral dissertation, Rhodes University).

- 32- Pereira, R., Valente, L.M., Sousa-Pinto, I. and Rema, P., 2012. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Algal Research*, 1(1), pp.77-82.
- 33- Priyadarshani, I. and Rath, B., 2012. Commercial and industrial applications of micro algae—A review. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 3(4), pp.89-100.
- 34- Promya, J. and Chitmanat, C., 2011. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharp-tooth catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(1).
- 35- Radhakrishnan, S., Bhavan, P.S., Seenivasan, C., Shanthi, R. and Muralisankar, T., 2014. Replacement of fishmeal with *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* on non-enzymatic and enzymatic antioxidant activities of *Macrobrachium rosenbergii*. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 67(2), pp.25-33.
- 36- Rahimnejad, S., Park, H.G. and Lee, S.M., 2016. Effects of dietary inclusion of *Chlorella vulgaris* on growth, blood biochemical parameters and antioxidant enzymes activity in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 48, p.106.
- 37- Regunathan, C. and Wesley, S.G., 2006. Pigment deficiency correction in shrimp broodstock using *Spirulina* as a carotenoid source. *Aquaculture Nutrition*, 12(6), pp.425-432.
- 38- Sarathchandra, M.A.D.P.I., Mahaliyana, A.S., Coswatte, A.C.W.W.M.C.L.K. and Jayamanne, S.C., 2018. Effect of Raw *Spirulina platensis* Supplement on the Growth Performance of Guppy Fish—Red Blonde (*Poecilia reticulata*).
- 39- Seghiri, R., Kharbach, M. and Essamri, A., 2019. Functional composition, nutritional properties, and biological activities of Moroccan *Spirulina microalga*. *Journal of Food Quality*, 2019.
- 40- Shalaby, A.M., Khattab, Y.A. and Abdel Rahman, A.M., 2006. Effects of Garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 12, pp.172-201.
- 41- Shateriyan, R., 2012. Aquarium. Ayizh Press, first edition, 61 p.
- 42- Shi, X., Luo, Z., Chen, F., Wei, C.C., Wu, K., Zhu, X.M. and Liu, X., 2017. Effect of fish meal replacement by *Chlorella* meal with dietary cellulase addition on growth performance, digestive enzymatic activities, histology and myogenic genes' expression for crucian carp *Carassius auratus*. *Aquaculture Research*, 48(6), pp.3244-3256.
- 43- Upreti, U. and Kumar, A., 2020. Effect of dietary *Spirulina* on the breeding behaviour of *Poecilia reticulata*. *Pharma Innov. J.*, pp.366-368.
- 44- Wang, Y.J., Chien, Y.H. and Pan, C.H., 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*, 261(2), pp.641-648.