تاثیر سطوح مختلف قلیائیت آب بر شاخص‌های رشد و تولیدمثل آرتمیا فرانسیسکانا (*Artemia franciscana*) در سیستم کشت بیوفلاک

- **مجید ناصری‌زاده:** گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- **ابوالقاسم اسماعیلی‌فریدونی** *: گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- **ناصر آق:** پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- **محمد هرسیج:** گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

تاثیر سطوح مختلف قلیائیت آب بر شاخص‌های رشد و تولیدمثل آرتمیا فرانسیسکانا (*Artemia franciscana*) در سیستم کشت بیوفلاک (biofloc) بررسی شد. ابتدا سطوح مختلف قلیائیت آب (۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم) در محیط پرورشی مبتنی بر بیوفلاک تامین و سپس بهترین سطح قلیائیت (میزان مواد مغذی و حجم تولید بیوفلاک) روی میزان رشد و تولیدمثل آرتمیا در دو تیمار گروه شاهد (آرتمیای پرورش یافته با آب سبز حاوی *Dunaliella salina*) و گروه تغذیه شده با بیوفلاک مقایسه شد. حجم تولید بیوفلاک در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). میزان پروتئین توده بیوفلاکی در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر و به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر بود ($p<0/05$). میزان آمونیاک کل، نیتریت، نیترات، BOD و TSS در تیمار حاوی بیوفلاک مقادیر بالاتری را نسبت به تیمار جلبکی نشان داد. با افزایش میزان قلیائیت، پارامترهای سختی کل، نیتروژن کل، نیتریت و نیترات به‌طور معنی‌داری در تیمار بیوفلاکی افزایش یافتند ($p<0/05$). نسبت اسیدهای چرب امگا۳ به امگا٦ و نسبت ایکوزاپنتانوییک به دیکوزاهگزانوییک اسید در تیمار جلبکی به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار بیوفلاکی بود ($p<0/05$). بر این اساس، قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان بهترین سطح قلیائیت جهت تولید بیوفلاک پیشنهاد گردید. مقایسه میزان رشد و شاخص‌های تولیدمثلی آرتمیا در انتهای دوره پرورش در آرتمیاهای تغذیه شده با گروه شاهد و بیوفلاک نشان داد که علی‌رغم عدم وجود اختلافات معنی‌دار، آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک، از رشد و شاخص‌های تولیدمثلی نسبتاً بهتری از نظر تعداد کل موالید و دفعات تخم‌ریزی برخوردار بودند، (طول کل: ۹/۵۲، دفعات تخم ریزی: ٤ و تعداد کل موالید ۱۸۲/۸ در تیمار جلبک در مقابل طول کل ۹/٤۲، دفعات تخم‌ریزی: ۳/٦ و تعداد کل موالید: ۱۳۰/٦ در تیمار بیوفلاک) درحالی‌که میزان بازماندگی، مدت زمان لازم برای رسیدگی جنسی و نسبت تولید سیست به ناپلیوس در گروه تغذیه شده با بیوفلاک بالاتر بود (بازماندگی ۸۰/۲، مدت زمان رسیدگی جنسی (روز): ۱۸/۸ و نسبت تولید سیست به ناپلی: ٦٦/٦ در تیمار بیوفلاک در مقابل بازماندگی: ۷۸/٤، مدت زمان رسیدگی جنسی (روز): ۱۸/۲ و نسبت تولید سیست به ناپلی در تیمار جلبک ٥٦/٤). براساس نتایج، تغذیه آرتمیا با غذای بیوفلاکی به‌جای جلبک در مقیاس کوچک‌تر برای رشد و تولید انبوه آرتمیا امکان‌پذیر می‌باشد.

کلمات کلیدی: آرتمیا فرانسیسکانا، بیوفلاک، شاخص‌های رشد، تولیدمثل

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.esmaeili@sanru.ac.ir

مقدمه

صنعت آبزی‌پروری پایدار با هدف افزایش میزان تولید آبزیان در واحد سطح (حجم)، کاهش میزان مصرف آب (بدون اثرات نامطلوب بر محیط‌زیست)و ایجاد تعادل منطقی در نسبت هزینه به سود گسترش یافته است. در این میان، فن‌آوری بیوفلاک (Biofloc technology) سازگان پیچیده‌ای از سیستم پرورشی است که در آن فرآیندهای خودبه‌خودی ساخت مواد مغذی (self- nutrification) بدون تعویض آب (یا با حداقل تعویض آب) و با دخالت جوامع باکتریایی هتروتروف صورت می‌پذیرد. در کنار این باکتری‌ها، مجموعه گسترده‌ای از میکرو آلگ‌ها، اسکلت خارجی سخت‌پوستان، پلت‌های مدفوعی آبزیان و انواع بی‌مهرگان ریز هم توسعه می‌یابند (Avnimelech، ۲۰۱۴). زی‌توده باکتریایی روی مواد دفعی و یا غذاهای خورده نشده تجمع و رشد کرده و برای خروج (حذف) بار آلوده نیازی به صرف انرژی نخواهد بود. تعداد باکتری‌های موجود در استخرهای پرورشی مبتنی بر بیوفلاک در محدوده بین ۱۰۹-۱۰۶ عدد در میلی‌لیتر متفاوت می‌باشد (Avnimelech، ۲۰۱۴) و فلاک (floc) تولید شده در بهبود و ارتقاء شاخص‌های کیفی آب در محیط و هم‌چنین به‌عنوان یک ذره غذایی قابل دسترس در تغذیه آبزیان پرورشی با سیستم تغذیه‌ای فیلتری ریزه‌خواری نقش‌آفرینی می‌نماید (Avnimelech، ۲۰۱۴). در سیستم بیوفلاک یک روند افزایشی در میزان کل ذرات جامد معلق در آب (total suspended solids) و یک روند کاهشی در میزان قلیائیت و pH آب (به‌دلیل مصرف کربن غیرآلی توسط باکتری‌های هتروتروف و تا حدی اتوتروف‌های نیتریفیکانت) ایجاد می‌شود (Sui و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، حفظ و ثبات میزان قلیائیت آب در این سیستم می‌تواند نقش مهم و کلیدی در بهبود شاخص‌های کیفی آب از نظر حذف آمونیاک، میزان مصرف اکسیژن محلول و تولید منابع کربنی در آب جهت دستیابی به نسبت بهینه از کربن به نیتروژن (C:N) ایجاد نماید. مطالعات نشان دادند که برای تبدیل هر گرم آمونیاک کل (TAN) به نیترات (N-NO3-) حدود ۴/۱۸ گرم اکسیژن و ۷/۰۷ گرم از قلیائیت آب مصرف می‌شود (Sui و همکاران، ۲۰۱۳). در عین حال، به‌ازای تبدیل هر گرم نیتروژن آمونیاکی به زی‌توده باکتریایی، ۴/۷۱ گرم اکسیژن محلول، ۳/۵۷ گرم قلیائیت و ۱۵/۱۷ گرم کربوهیدرات لازم بوده که در این شرایط ۸/۰۷ گرم زی‌توده باکتریایی و ۹/۶۵ گرم دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود (Schveitzer و همکاران، ۲۰۱۳). مقایسه عملکرد باکتری‌های هتروتروف و نیتریفیکانت نشان داد که در صورت برابر بودن مصرف اکسیژن محلول در هر دو گروه باکتریایی، باکتری‌های نیتریفیکانت قلیائیت بیش‌تری (مجموع یون‌های بی‌کربنات و هیدروکسید) مصرف کرده ولی زی‌توده باکتریایی کم‌تری تولید می‌نمایند، درصورتی‌که باکتری‌های هتروتروف تقریباً نصف میزان قلیائیت مذکور را مصرف و بیوماس باکتریایی بیش‌تری را تولید می‌کنند (Crab و همکاران، ۲۰۱۲). بدین‌ترتیب حفظ قلیائیت آب در روش بیوفلاک به‌خصوص در پرورش سخت‌پوستان (مانند آرتمیا) از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. آرتمیا به‌عنوان یک غذای زنده مهم در تولید تجاری لارو ماهیان، سخت‌پوستان و نرم‌تنان به‌شمار می‌رود (Zmora و همکاران، ۲۰۰۲). سیست و ناپلیوس آرتمیا در تغذیه دوران لاروی‌کالچر آبزیان ضروری بوده و زی‌توده آن هم به‌عنوان یک غذای مناسب به‌خصوص برای افزایش عملکرد تولیدمثل مولدین در گونه‌های مختلف از آبزیان استفاده می‌شود (Dhont و Lavens، ۱۹۹۶؛ Dhont و Van Stappen، ۲۰۰۳). در سال‌های اخیر، روش‌های متنوعی از سیستم‌های تولید انبوه آرتمیا شامل پرورش در استخرهای خاکی وبتنی، سیستم‌های محصور در مخزن و مداربسته به‌خصوص در گونه‌های باارزشی ازجمله آرتمیا فراسیسکانا (*Artemia franciscana*) با تاکید ویژه به تاثیر عوامل محیطی و تغذیه‌ای توسعه یافته است (Avnimelech، ۲۰۱۴). در این میان، پرورش آرتمیا بمانند سایر سخت‌پوستان (میگوهای پرورشی) به قلیائیت مطلوب در محدوده بین ۳۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم نیاز دارد، به‌طوری‌که کاهش میزان قلیائیت می‌تواند سبب کاهش سرعت رشد میگوها و افزایش میزان تولید و سمیت آمونیاک و نیتریت در استخرها گردد (Furtado و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین، نوع منابع کربناته تاثیر واضح بر میزان تولید بیوفلاک و کیفیت آب دارد، به‌طوری‌که هیدرواکسیدکلسیم و بی‌کربنات‌سدیم در مقایسه با کربنات‌سدیم از عملکرد به مراتب بهتری در افزایش میزان قلیائیت آب در سیستم بیوفلاک برخوردار بودند (Furtado و همکاران، ۲۰۱۱). بررسی مطالعات قبلی نشان داد که تاکنون تحقیقات کمی در زمینه امکان تولید انبوه آرتمیا با روش بیوفلاک انجام شده است (Sui و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ronald و همکاران، ۲۰۱۴). از طرف دیگر هیچ مطالعه‌ای در زمینه تاثیر مقادیر قلیائیت بالاتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم برای شکل‌گیری بیوفلاک در آرتمیا گزارش نشده است. بر این اساس در تحقیق حاضر، ابتدا تاثیر سطوح مختلف از قلیائیت آب بر کمیت-کیفیت تولید بیوفلاک و سپس تاثیر بهترین سطح از فلاک تولیدشده بر میزان رشد، بازماندگی، عملکرد تولید مثلی و تولید موالید (سیست و زی‌توده) *A. franciscana* ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

تولید توده زیستی (بیوفلاک): این تحقیق در واحد شیلات قرارگاه اقتصاد مقاومتی جزیره تنب بزرگ در استان هرمزگان در سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. جهت ایجاد سیستم تولید توده‌زیستی (بیوفلاک)،

پنج ظرف پلی‌اتیلنی ۳۰۰ لیتری (با حجم مفید آبگیری ۲۰۰ لیتر) با آب دریا (شوری ۳۵ گرم در لیتر) پر شدند. آب دریا قبل از ورود به مخازن ابتدا از فیلترهای شنی و سپس فیلتر ۰/۴۵ میکرونی عبور کرده تا ذرات زائد آن گرفته شود. برای تولید بیوفلاک در این ظروف از مواد آلی با نسبت‌های مشخص شامل خوراک میگو با ۴۲ درصد پروتئین (۴۰ گرم)، ملاس چغندر (۵۰ گرم)، آرد و سبوس گندم (۱۰ گرم)، اوره با ۴۶ درصد ازت (۱ گرم)، و خاک رس (۱ گرم) به‌ازای هر لیتر آب استفاده شد (Avnimelech، ۲۰۱۴). به‌منظور تقویت فعالیت باکتری‌های هتروتروف جهت تشکیل بیوفلاک از نسبت استاندارد کربن به نیتروژن (C:N=۱۵-۲۰) (Sui و همکاران، ۲۰۱۳) و جهت تامین نیتروژن از کود شیمیایی اوره (با ۴۶ درصد ازت) و به‌منظور تشکیل فلاک از خاک رس استفاده شد. کلیه محتویات خام ذکر شده به مخازن تشکیل فلاک افزوده شدند و برای تامین اکسیژن محلول و ایجاد اختلاط آب از هوادهی شدید (هواده افشانه‌ای) استفاده شد. جهت تحریک و توسعه فلاک در طول دوره، منابع کربنی ملاس و آرد گندم به‌صورت دو روز در میان به مخازن افزوده شدند تا در مدت ۳ هفته بیوفلاک مناسب تهیه شود. میزان ملاس لازم (با فرض این‌که ۵۰ درصد از کربن آن توسط باکتری‌های هتروتروف مصرف شده است) به بیوفلاک راکتور (Biofloc reactor) اضافه شد.

تاثیر میزان قلیائیت آب بر تولید بیوفلاک: جهت بررسی تاثیر میزان قلیائیت آب بر تولید بیوفلاک، ابتدا ۱۲ مخزن (هریک به ظرفیت ۱۶۰ لیتر) در چهار سطح از قلیائیت شامل سطوح ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم (هر کدام در سه تکرار) تهیه و کمّیت-کیفیت بیوفلاک تولیدی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته بررسی گردید. بدین‌منظور، ابتدا میزان ۰/۵ سی‌سی بیوفلاک تشکیل یافته در مخازن Biofloc reactor به‌ازای هر لیتر از آب مخزن و به‌صورت روزانه به مخازن این مرحله افزوده شدند (Wei و همکاران، ۲۰۱۶). مخازن به‌طور دائمی و ۲۴ ساعته تحت هوادهی شدید قرار گرفته و از بی‌کربنات سدیم به‌عنوان ماده موثر برای دستیابی به سطوح مختلف از قلیائیت استفاده شد (Wei و همکاران، ۲۰۱۶). کلیه مراحل این آزمایش در شوری ۱۰۰ گرم در لیتر انجام گرفت (Dhont و Van Stappen، ۲۰۰۳).

ارزیابی بیوفلاک: کمّیت بیوفلاک با برداشت یک لیتر از آب مخازن حاوی بیوفلاک و رسوب آن به‌مدت ۳۰ دقیقه در قیف‌های مدرج Imhoff محاسبه و کیفیت بیوفلاک تولیدی در سطوح مختلف از قلیائیت آب با استفاده از تعیین ترکیب بیوشیمیایی بیوفلاک بررسی شد (Avnimelech و Kochba، ۲۰۰۹). پارامترهای کیفی آب شامل درجه حرارت، شوری و pH به‌صورت روزانه (در دو نوبت، ساعات ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر) اندازه‌گیری و سایر پارامترها شامل میزان اکسیژن محلول در آب، سختی و کدورت آب به‌صورت روزانه (در یک نوبت در ساعت ۸ صبح) و پارامترهای نیتروژن کل، آمونیوم، نیتریت، نیترات، فسفات، BOD، مقادیر کل کربن آلی و کل ذرات جامد معلق در آب (TSS، Total suspended solid) در تیمارهای مختلف در هر دو هفته یک‌بار اندازه‌گیری شدند (Avnimelech و Kochba، ۲۰۰۹). برای شناسایی اسیدهای‌چرب موجود در نمونه بیوفلاک از دستگاه گاز کروماتوگراف مجهز به ستون کاپیلاری از نوع (BPX 70 SGM; 60 m × 0.25 mm *i.d.*, film thickness 0.25 mm, Victoria, Australia) و آشکارساز نوع یونش شعله‌ای استفاده شد.

رشد و بازماندگی آرتمیا: در این مرحله ابتدا سیست آرتمیا به‌مقدار لازم براساس دستورالعمل (Sorgeloos و همکاران، ۱۹۸۶) به‌مدت ۲۴ ساعت تخم‌گشایی و ناپلیوس‌های اینستار تولید شد. ناپلیوس‌ها بعد از جداسازی در دو تیمار شامل تیمار شاهد (حاوی آب سبز،عمدتاً جلبک *Dunaliella salina*) و تیمار حاوی بیوفلاک (بهترین بیوفلاک حاصل از مطالعه سطح قلیائیت از مرحله قبل) در مدت ۳ هفته پرورش یافتند. در هر دو تیمار فوق‌الذکر، ناپلیوس‌ها با تراکم ۱۰۰ عدد در لیتر در ظروف ۱۰ لیتری (هرکدام در ۵ ظرف و هر ظرف به‌عنوان یک تکرار) همراه با هوادهی مناسب و در شرایط استاندارد پرورش در محیط آزمایشگاهی به شیوه کشت توده‌ای (Batch culture) قرار گرفتند. میزان غذادهی آرتمیا از مرحله ناپلیوسی تا بلوغ براساس دستورالعمل Coutteau و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد و کلیه ذرات عبور کرده از چشمه تور ۵۰-۲۰ میکرون برای تغذیه آرتمیا در تیمار حاوی بیوفلاک به‌کار رفتند. در کلیه مراحل، میزان شوری آب در محدوده ۱۰۰ گرم در لیتر، درجه حرارت آب ۲۸ درجه سانتی‌گراد و طول دوره نوری ۱۲ ساعت: ۱۲ ساعت (روشنایی:تاریکی) به‌کار رفت. پارامترهای کیفی آب شامل درجه حرارت آب، میزان اکسیژن محلول و pH به‌ترتیب با دماسنج، اکسیژن‌متر و pH سنج (دستگاه پرتابل AZ8403-IP67COMBO) هر روز در ساعت ۸ صبح و قبل از آغاز غذادهی اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین، غلظت نیتروژن غیرآلی محلول (آمونیاک کل، نیتریت و نیترات) با نمونه‌برداری از آب و توسط اسپکتروفتومتر (UV- VIS 2100) با روش (APHA، ۱۹۹۸) اندازه‌گیری گردید. کل مواد جامد معلق و تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) آب براساس روش (Stirling، ۱۹۸۵) در هر دو تیمار (شاهد و بیوفلاک) سنجش شد. شاخص‌های مرفولوژیکی آرتمیا در هر دو تیمار شامل طول کل بدن، طول فورکا و طول شاخک زیر میکرسکوپ (E2000- NICON) با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، میزان بازماندگی آرتمیا و مدت زمان لازم برای رسیدگی جنسی در دو تیمار مذکور با یکدیگر مقایسه شدند.

عملکرد، هم‌آوری و مدل تولیدمثل آرتمیا: بعد از رسیدن آرتمیاها به مرحله بلوغ و ظهور علائم جنسی، تعداد ۳۵ جفت (نر و ماده) آرتمیا از هر یک از تیمارهای پرورشی مطالعه فوق جدا شده و به‌طور انفرادی (Individual experiments) در فالکون‌تیوپ‌های ۵۰ میلی‌لیتری در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند. در این مرحله، شاخص‌های تولیدمثلی آرتمیا در دو تیمار حاوی گروه شاهد (آرتمیای تغذیه‌شده با آب‌سبز، عمدتاً حاوی *D. salina*) و تیمار بیوفلاک (BFT) در مدت ۳ هفته بررسی شد. هر یک از فالکون‌تیوپ‌ها شامل یک جفت نر و ماده آرتمیای بالغ بوده و هر کدام به‌عنوان یک تکرار درنظر گرفته شدند (۳۵ تکرار برای هر تیمار). میزان شوری آب در محدوده ۱۰۰ گرم در لیتر، درجه حرارت آب ۲۸ درجه سانتی‌گراد و طول دوره نوری ۱۲ ساعت: ۱۲ ساعت (روشنایی:تاریکی) در هر دو تیمارها اعمال شد. میزان غذادهی روزانه آرتمیا در مرحله بلوغ براساس دستورالعمل Coutteau و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد و کلیه ذرات عبور کرده از چشمه‌تور ۲۰-۵۰ میکرون برای تغذیه مولدین به‌کار رفت. شاخص‌های بررسی شده در مولدین ماده آرتمیا شامل تعداد کل اولاد (offspring، مجموع سیست و ناپلیوس)، درصد سیست‌زایی و ناپلیوس‌زایی، تعداد دفعات تخم‌ریزی، فاصله بین دو تخم‌ریزی متوالی و تعداد اولاد به‌ازای هر کیسه تخم بود. روند تولیداولاد و وضعیت مولدین به‌طور روزانه چک شده و در صورت تلفات نرها در هر یک از فالکون‌تیوپ‌ها، یک نر جدید (به‌دلیل تولیدمثل جنسی آرتمیا) به آن ظرف افزوده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: ابتدا نرمال‌بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرونوف بررسی و برای تحلیل داده‌های پارامترهای کیفی آب، شاخص‌های رشد و عملکرد تولیدمثل آرتمیا در تیمارهای مختلف از طرح کاملاً تصادفی با آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One- way ANOVA) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن پارامترها، جهت تعیین اختلاف در میان تیمارها از آزمون توکی و تست میانگین‌ها استفاده شد و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($p<0/05$) ارائه شد.

نتایج

تاثیر میزان قلیائیت آب بر کمّیت - کیفیت تولید بیوفلاک و پارامترهای کیفی آب: مقایسه حجم بیوفلاک تولیدی در سطوح مختلف از قلیائیت آب (با شوری ۱۰۰ گرم در لیتر) نشان داد که حجم بیوفلاک (۶۶/۵۲±۴۳/۱ میلی‌لیتر بر لیتر) در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$) و بین سطوح مختلف اختلافات معنی‌دار دیده شد ($p<0/05$). هم‌چنین، حجم بیوفلاک تولیدی در سطوح بالاتر و پایین‌تر از این سطح از قلیائیت کاسته شد به‌طوری که کم‌ترین حجم (۰/۵۷±۱۷/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) در قلیائیت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم به ثبت رسید (جدول ۱). مقایسه کیفیت بیوفلاک در سطوح مختلف از قلیائیت آب نشان داد که میزان پروتئین توده بیوفلاکی در قلیائیت‌های ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و بالاتر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از قلیائیت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر بود ($p<0/05$)، ولی بیش‌ترین میزان چربی در قلیائیت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر به ثبت رسید که اختلاف معنی‌داری با سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان نداد ($p>0/05$). مقادیر کربوهیدرات و خاکستر در تیمارهای مختلف از قلیائیت اختلافات معنی‌داری در بین تیمارها نشان نداد ($p>0/05$) (جدول ۱).

جدول ۱: حجم بیوفلاک (میلی‌گرم بر لیتر) و ترکیب بیوشیمیایی (درصد) بیوفلاک تولیدی در سطوح مختلف از قلیائیت آب (شوری ۱۰۰ گرم در لیتر)

شاخص	تیمار: سطوح قلیائیت (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم) ۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰
حجم بیوفلاک	۱۷/۳۳±۰/۵۷^{d}	۴۳/۶۶±۱/۵۲^{a}	۳۳±۱/۷۳^{b}	۲۶/۳۳±۱/۵۲^{c}
پروتئین	۳۶/۵±۱/۳۲^{b}	۴۰/۶۶±۱/۵۲^{a}	۴۴/۵۰±۱/۵۰^{a}	۴۴/۳۳±۱/۵۲^{a}
چربی	۲۰±۲^{a}	۱۸±۰/۰۱^{ab}	۱۶±۱/۷۳^{b}	۱۵/۳۳±۰/۵۷^{b}
کربوهیدرات	۲۸/۳۳±۰/۵۷	۲۶/۱۶±۱/۰۴	۲۶/۳۳±۱/۱۵	۲۸/۶۶±۱/۵۲
خاکستر	۱۵/۳۳±۲/۳۰	۱۵/۶۶±۳/۰۵	۱۲/۶۶±۲/۳۰	۱۱/۶۶±۲/۵۱

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است ($p<0/05$).

در پارامترهای کیفی آب، سطوح مختلف از قلیائیت آب بر فاکتورهای درجه حرارت، کدورت، BOD، میزان کربن کل و فسفات تاثیر معنی‌داری نداشت ($p>0/05$)، ولی میزان اکسیژن محلول در قلیائیت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به تیمارهای با قلیائیت‌های بالاتر بودند ($p<0/05$). هم‌چنین، پارامترهای سختی، نیتروژن کل، نیتریت و نیترات با افزایش قلیائیت آب روند افزایشی معنی‌دار در مقادیر خود نشان دادند ($p<0/05$). بیش‌ترین مقادیر ذرات جامد معلق در آب (TSS) در سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ثبت رسید و با افزایش قلیائیت روند تدریجی کاهشی از خود نشان داد ($p<0/05$)(جدول ۲).

جدول ۲: مقادیر پارامترهای کیفی آب در بیوفلاک تولیدی در سطوح مختلف از قلیائیت آب (شوری ۱۰۰ گرم در لیتر)

شاخص	تیمار: سطوح قلیائیت (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم) ۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۲۷/۶۶±۰/۱	۲۷/۶۶±۰/۲	۲۷/۶۶±۰/۱	۲۷/۶۶±۰/۳
pH	۸/۹۶±۰/۰۵^{b}	۹/۳۶±۰/۱۱^{a}	۹/۴۶±۰/۰۵^{a}	۹/۵۳±۰/۰۵^{a}
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۷/۲۳±۰/۰۵^{a}	۶/۸۰±۰/۰۱^{b}	۶/۵۳±۰/۰۵^{c}	۶/۲۶±۰/۰۵^{d}
سختی (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۶۸۶/۳۳±۱۰/۶۹^{b}	۱۷۱۲/۳۳±۳۹/۵۵^{b}	۱۸۰۸/۶۶±۲۴/۴۱^{a}	۱۸۴۸±۱۴/۹۳^{a}
کدورت (میلی‌گرم بر لیتر)	۸±۰/۰۱	۸±۰/۰۲	۸±۰/۰۲	۸±۰/۰۱
نیتروژن کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۲۵±۰/۰۵^{d}	۰/۲۹±۰/۰۱^{c}	۰/۳۳±۰/۰۱^{b}	۰/۳۶±۰/۰۱^{a}
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۶۹±۰/۰۵^{bc}	۱/۵۱±۰/۰۱^{c}	۱/۹۰±۰/۰۸^{b}	۲/۲۷±۰/۱۷^{a}
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۷۴/۴۶±۵/۸۸^{b}	۱۷۱/۹۰±۳/۲۱^{b}	۱۸۱/۵۶±۱/۰۱^{b}	۱۹۵/۲۶±۳/۲۷^{a}
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۵۵±۰/۰۴	۰/۵۵±۰/۰۴	۰/۵۸±۰/۰۱	۰/۵۹±۰/۰۲
BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰/۴۳±۰/۲۳	۱۰/۲۳±۰/۷۵	۱۰/۴۶±۱/۰۶	۹/۶۳±۰/۷۰
کربن کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۴/۸۷±۰/۰۶	۱۴/۷۶±۰/۴۱	۱۴/۷۴±۰/۴۰	۱۴/۸۱±۰/۶۲
TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۴۹۶/۶۶±۱۸/۱۷^{ab}	۵۴۷/۳۳±۴۳/۶۱^{a}	۴۸۸±۳۸/۲۲^{ab}	۴۲۸±۱۱/۷۸^{b}

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

با توجه به شاخص‌های فوق‌الذکر، سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بیشترین حجم فلاک تولیدی، بهینه‌ترین میزان پروتئین و چربی در بیوفلاک و مطلوب‌ترین شاخص‌های کیفی آب را در شوری ۱۰۰ گرم در لیتر در مخازن تولید بیوفلاک نشان داد. لذا این سطح از قلیائیت به‌عنوان سطح بهینه از تولید بیوفلاک معرفی گردید و برای پرورش آرتمیا در مرحله رشد تا بلوغ و هم‌چنین شاخص‌های تولیدمثلی مولدین استفاده گردید.

مقایسه میزان رشد و بازماندگی ناپلیوس آرتمیا تا مرحله بلوغ در تیمارهای حاوی جلبک و بیوفلاک: مقایسه میزان رشد و بازماندگی آرتمیا در انتهای دوره پرورش در دو گروه حاوی جلبک (شاهد) و بیوفلاک نشان داد که علی‌رغم عدم وجود اختلافات معنی‌دار (p>۰/۰۵) در بین دو گروه، آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک دارای طول کل، طول‌های فورکا و آنتنای بیش‌تری در مقایسه با آرتمیاهای تغذیه شده با بیوفلاک بودند، ولی میزان بازماندگی و مدت زمان لازم برای رسیدن به بلوغ جنسی در آرتمیاهای تغذیه شده با بیوفلاک بهتر از گروه شاهد بود (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میزان رشد، بازماندگی و مدت زمان لازم جهت رسیدگی جنسی آرتمیا در دو تیمار جلبک (شاهد) و بیوفلاک

شاخص	تیمارها: جلبک	بیوفلاک
طول کل (میلی‌متر)	۹/۵۲±۰/۱۶	۹/۴۲±۰/۱۹
طول فورکا (میلی‌متر)	۰/۴۰±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۲
طول آنتنا (میلی‌متر)	۰/۹۰±۰/۰۲	۰/۸۷±۰/۰۳
میزان بازماندگی (درصد)	۷۸/۴±۱۲/۰۳	۸۰/۲۰±۱/۹۲
مدت زمان رسیدگی جنسی (روز)	۱۸/۲±۰/۴۴	۱۸/۸±۰/۸۳

میزان اسیدهای چرب گروه امگا ۳ و امگا ۶ در تیمار جلبک نسبت به تیمار بیوفلاک به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد(p<۰/۰۵). هم‌چنین نسبت اسیدهای چرب n3/n6 و نسبت اسیدچرب ایکوزاپنتانوییک اسید (EPA) به دیکوزاهگزانوییک اسید (DHA) در تیمار جلبک به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار بیوفلاک بود (p<۰/۰۵)(جدول ۴). مقایسه پارامترهای کیفی آب در دو تیمار شاهد و بیوفلاک نشان داد که پارامترهای میزان آمونیاک کل، نیتریت، نیترات، TSS و BOD در تیمار بیوفلاکی مقادیر بالاتری را نسبت به تیمار جلبکی داشت، درحالی‌که میزان اکسیژن محلول و pH در تیمار جلبکی بیش‌تر از تیمار بیوفلاکی بود (p >۰/۰۵)(جدول ۵).

جدول ۴: مقایسه پروفایل اسید چرب در دو تیمار جلبک (شاهد) و بیوفلاک

شاخص	تیمارها: جلبک	بیوفلاک
C14:0	۰/۹۵±۰/۲۱^{a}	۰/۴۶±۰/۰۷^{b}
C16:0	۱۳/۸±۱/۳۰^{b}	۱۶/۵۹±۰/۴۹^{a}
C18:0	۲/۲۷±۰/۲۱	۱/۸۷±۰/۳۴
C20:0	۱/۴۳±۰/۲۸^{a}	۰/۱۵±۰/۰۵^{b}
C14:1n-5	۲/۵۰±۰/۴۰^{a}	۰/۵۴±۰/۱۳^{b}
C16:1n-7	۲/۸۱±۰/۰۷^{b}	۳/۵۳±۰/۳۲^{a}
C18:1n-9	۷/۵۶±۰/۳۴^{b}	۱۸/۹۲±۰/۶۹^{a}
C18:2n-6	۷/۰۴±۰/۲۵^{a}	۴/۶۶±۰/۲۸^{b}
C18:3n-6	۱۱/۶۶±۰/۲۴^{a}	۰/۱۱±۰/۰۱^{b}
C20:4n-6	۳/۷۹±۰/۱۱^{a}	۰/۱۱±۰/۰۳^{b}
C22:5n-6	۱/۷۵±۰/۲۲^{a}	۰/۳±۰/۰۲^{b}
C:18:3n-3	۱۲/۲۵±۰/۲۶^{a}	۰/۸۵±۰/۰۸^{b}
C18:4n-3	۰/۷۵±۰/۰۴^{a}	۰/۱۱±۰/۰۲^{b}
C20:3n-3	۱۱/۱۶±۰/۲۴^{a}	۰/۰۶±۰/۰۲^{b}
C20:5n-3	۹/۵۰±۰/۵۰^{a}	۱/۴۶±۰/۰۵^{b}
C22:5n-3	۱/۸۰±۰/۲۶^{a}	۰/۱۴±۰/۰۳^{b}
C22:6n-3	۲/۳۴±۰/۱۱^{a}	۱/۱۳±۰/۱۵^{b}
n3/n6	۱/۵۱±۰/۰۱^{a}	۰/۷۳±۰/۰۱^{b}
EPA/DHA	۴/۰۶±۰/۳۷^{a}	۱/۳۰±۰/۱۷^{b}

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

جدول ۵: مقایسه پارامترهای کیفی آب در کشت‌های آرتمیا در تیمارهای تغذیه شده با جلبک (شاهد) و بیوفلاک

شاخص	تیمارها	
	جلبک	بیوفلاک
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۲۸/۲۰±۰/۴۴	۲۸±۰/۲
اکسیژن (میلی‌گرم بر لیتر)	۶/۵۲±۰/۱۴[a]	۶/۲۶±۰/۰۸[b]
pH	۸/۵۰±۰/۱۵	۸/۴۲±۰/۰۸
آمونیاک کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۲±۰/۰۲	۰/۲۱±۰/۰۱
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۲۰±۰/۱۲	۲/۳۸±۰/۱۹
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۶۷/۴۰±۲/۳۰	۷۰/۶۰±۲/۰۷
TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰۵/۶۰±۱۳/۹۰[b]	۲۱۱/۲۰±۱۰/۲۸[a]
BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	۶/۷۸±۰/۳۴[b]	۷/۴۸±۰/۳۹[a]

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

تاثیر نوع جیره (حاوی جلبک و بیوفلاک) بر میزان هم‌آوری، تعداد دفعات تخم‌ریزی و مدل تولیدمثل آرتمیا: مقایسه عملکرد، میزان هم‌آوری و مدل تولیدمثلی آرتمیا در دو تیمار حاوی جلبک (شاهد) و بیوفلاک نشان داد که در آرتمیای تغذیه شده با جلبک فاکتورهای کل تولید اولاد و تعداد اولاد به‌ازای هر کیسه تخم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار تغذیه شده با بیوفلاک بود (p<۰/۰۵)، ولی نسبت تولید سیست به ناپلیوس در تیمار تغذیه شده با بیوفلاک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار تغذیه شده با جلبک بود (p<۰/۰۵). با این حال، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در تعداد دفعات تخم‌ریزی و فاصله بین دو تخم‌ریزی متوالی در مولدین تغذیه شده از جیره بیوفلاکی و گروه شاهد دیده نشد (p>۰/۰۵)(جدول ۶).

جدول ۶: مقایسه میزان هم‌آوری و مدل تولیدمثل در مولدین آرتمیای تغذیه شده با جلبک (شاهد) و بیوفلاک

شاخص	تیمارها	
	جلبک	بیوفلاک
تعداد کل اولاد	۱۸۲/۸±۱۷/۶۲[a]	۱۳۰/۶۰±۱۹/۴۷[b]
درصد سیست به ناپلیوس	۵۶/۴۰±۴/۸۷[b]	۶۶/۶۰±۳/۳۶[a]
تعداد دفعات تخم‌ریزی	۴±۰/۱	۳/۶±۰/۴۴
فاصله بین دو تخم‌ریزی متوالی (روز)	۸/۸۰±۱/۸۴[b]	۱۰/۵۰±۱/۶۲[a]
تعداد اولاد در هر کیسه تخم	۷۵/۴۰±۶/۹۸	۶۸/۴۰±۷/۵۰

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

بحث

در سال‌های اخیر، گسترش صنعت آبزی‌پروری پایدار مستلزم افزایش تولید آبزیان بدون افزایش استفاده از منابع طبیعی (آب و زمین) و هم‌چنین حفظ محیط زیست بوده و به همین دلیل استفاده از تکنولوژی بیوفلاک می‌تواند به‌طور موثری در رسیدن به اهداف فوق موثرباشد(Avnimelech، ۲۰۱۴).در این میان، پرورش سخت‌پوستانی مانند آرتمیا با روش بیوفلاک می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای توسعه پرورش آرتمیا محسوب گردد (Emerenclano و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس نتایج این مطالعه، حجم بیوفلاک تولیدی در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر سطوح قلیائیت آب بود. چنین روندی مبنی بر وجود حجم‌های متفاوت از تولید بیوفلاک در سطوح مختلف قلیائیت در سایر مطالعات ازجمله Azim و Little (۲۰۰۸)، Furtado و همکاران (۲۰۱۵) و Jiao و همکاران (۲۰۱۵) علی‌رغم تفاوت در شرایط تولید بیوفلاک از قبیل تغییرات در میزان درجه حرارت و شوری آب، نوع منابع کربوهیدرات و نسبت کربن به نیتروژن گزارش گردید. به‌عنوان مثال، Furtado و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که بیش‌ترین حجم تولید بیوفلاک در قلیائیت‌های بالاتر (۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)حاصل شد،درحالی‌که Jiao و همکاران (۲۰۱۵) عنوان کردند که حجم تولید بیوفلاک با افزایش میزان گلوکز و شوری آب به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. این محققان علت افزایش حجم تولید بیوفلاک در شرایط ذکر شده را به شرایط مطلوب برای پایداری عملکردباکتری‌های هتروتروف و نیتریفیکانت نسبت دادند. با این‌حال، علت تفاوت در نتایج مطالعه حاضر با سایر تحقیقات را می‌توان به اثرات متقابل فاکتورهای غیرمشترک از قبیل درجه حرارت، شوری، سختی آب و دیگر عوامل مرتبط دانست. تغییر در میزان قلیائیت آب در مطالعه حاضر سبب نوسانات معنی‌داری در ترکیب بیوشیمیایی (کیفیت)بیوفلاک گردید،به‌طوری‌که مقادیر پروتئین و چربی بیوفلاک تولیدی دستخوش تغییر شد ولی در مقادیر کربوهیدرات و خاکستر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج مشخص کرد که با افزایش قلیائیت آب میزان پروتئین توده بیوفلاک افزایش ولی میزان چربی آن کاهش یافت. تغییرات در ترکیب کیفی بیوفلاک را می‌توان به عوامل بسیار متعددی شامل شرایط کشت، نوع منابع کربنات، عوامل محیطی و به‌خصوص نسبت‌های C:N مرتبط دانست. به‌عنوان مثال، Furtado وهمکاران(۲۰۱۱)و Hussain و همکاران(۲۰۱۵)بیان کردند که شرایط متفاوت از قبیل نوع منبع کربناته و نسبت کربن به نیتروژن باعث ایجاد تغییر در مقادیر ترکیب بیوشیمیایی بیوفلاک می‌شوند. هم‌چنین، Avnimelech (۲۰۱۴) عنوان کرد که با ایجاد تغییر در نسبت‌های بیوفلاک می‌توان باعث ایجاد تغییر در تعادل میان جلبک و باکتری‌های موجود در بیوفلاک گردید که این روند موجبات تغییر در ترکیب بیوشیمیایی مواد غذایی موجود در بیوفلاک و کیفیت آن می‌گردند. مطالعات قبلی نشان دادند که میکروارگانیسم‌های متفاوتی درشرایط مختلف‌محیط کشت بیوفلاک قادر به رشد و رقابت

در محیط خود بوده و غالبیت هر گروه از آن‌ها می‌تواند بر کیفیت و ترکیب بیوشیمیایی بیوفلاک تولیدی تاثیر واضح بگذارد (Avnimelech، ۲۰۱۴). هم‌چنین، تغییر در حجم و ترکیب بیوشیمیایی بیوفلاک می‌تواند به تغییر در میکروارگانیسم‌های موجود در بیوفلاک منجر گردد، به‌طوری که میزان موادغذایی موجود در بیوفلاک علاوه بر تجمع متفاوت از زی‌توده باکتریال سبب تغییر در بیوماس زی‌توده فلاژله‌ها، پروتوزوآها و حتی میکروزئوپلانکتون‌های تجمع‌یافته در محیط پرورش بیوفلاک می‌گردند (Avnimelech، ۲۰۱۴). از این نظر یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج سایر محققین هم‌خوانی دارد، به‌عنوان مثال Furtado و همکاران (۲۰۱۱) وجود جوامع یوکاریوتیک و پروکاریوتیک متفاوت را دلیل اصلی در افزایش میزان پروتئین موجود در بیوفلاک تهیه شده با منبع کربناته گلوکز در مقایسه با سایر منابع کربناته (مانند نشاسته و استات) دانستند. هم‌چنین، Hussain و همکاران (۲۰۱۵) عنوان کردند که در نسبت کربن به نیتروژن ۲۰، میزان پروتئین بیوفلاک بیش‌تر از سطوح پایین‌تر کربن به نیتروژن می‌باشد که علت آن را به تولید بیش‌تر باکتری‌های هتروتروفیک در این سطح از کربن به نیتروژن مرتبط دانستند. تجزیه و تحلیل فاکتورهای کیفی آب در بیوفلاک تولید شده در مطالعه حاضر نشان داد که میزان اکسیژن محلول در آب و کل مواد جامد معلق در قلیائیت‌های پایین‌تر (۷۵ میلی‌گرم بر لیتر) دارای بالاترین سطوح (به‌ترتیب ۷/۲۳ و ۴۹۶/۶۶ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. با این‌حال، فاکتورهایی مانند میزان سختی، نیتروژن کل، نیتریت و نیترات آب با افزایش قلیائیت افزایش یافتند. پژوهش‌های دیگر در مورد تغییراتی مانند نسبت کربن به نیتروژن، میزان گلوکز و شوری نشان داد که فاکتورهای کیفی آب دچار تغییرات شدیدی با ایجاد تغییر در شرایط تولید بیوفلاک می‌شوند (Ronald و همکاران، ۲۰۱۴؛ Abu Bakar و همکاران، ۲۰۱۵؛ Jiao و همکاران، ۲۰۱۵). احتمالاً مشاهده تغییرات در سطوح مواد نیتروژنی ناشی از ایجاد تغییرات در شرایط مطلوب جهت زیست و تولید باکتری‌های هتروتروف می‌باشد، به‌طوری‌که Ronald و همکاران (۲۰۱۴) و Jiao و همکاران (۲۰۱۵) نیز شرایط متفاوت زیست باکتری‌های متفاوت ازجمله باکتری‌های هتروتروف را دلیل تفاوت فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در مطالعات خود بیان کردند. با توجه به نتایج مطالعه حاضر و نظر به حجم فلاک تولیدی، میزان پروتئین و چربی در فلوک و شاخص‌های کیفی آب در محیط کشت بیوفلاک، سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم را می‌توان به‌عنوان مطلوب‌ترین سطح در تولید بیوفلاک در شوری ۱۰۰ گرم در لیتر برای پرورش آرتمیا ارائه نمود. شاخص‌های رشد و میزان بازماندگی آرتمیا در شرایط پرورشی به عوامل زیادی مانند نوع گونه و نژاد آرتمیا، عوامل محیطی و تغذیه‌ای و به‌خصوص کیفیت غذای در دسترس آرتمیا وابسته است (Lavens و Sorgeloos، ۱۹۹۶؛ Teresita و همکاران، ۲۰۰۵). مقایسه شاخص‌های رشد و بازماندگی آرتمیا در انتهای دوره پرورش مطالعه حاضر در تیمارهای تغذیه شده با جلبک و بیوفلاک نشان داد که علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار، میانگین رشد بالاتری در آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک در مقایسه با آرتمیاهای تغذیه شده با بیوفلاک دیده می‌شود، اما روند معکوسی در میزان بازماندگی و مدت زمان لازم برای رسیدگی جنسی در مولدین مشاهده شد. این اختلاف جزیی در میزان رشد را می‌توان احتمالاً به‌دلیل اختلاف در محتویات غذای در دسترس آرتمیا به‌ویژه پروتئین و تفاوت در کیفیت آب دانست (Dhont و Van Stappen، ۲۰۰۳). میزان پروتئین توده بیوفلاکی در قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر در مطالعه حاضر در حدود ۴۰ درصد بود که تا حدی کم‌تر از میزان پروتئین آب سبز حاوی جلبک *D. salina* (در حدود ۵۰-۴۸ درصد) می‌باشد. هم‌چنین، میزان اسیدهای چرب گروه امگا ۳ و امگا ۶ و نسبت اسید چرب EPA به DHA به‌طور معنی‌داری (تقریباً ۳ برابر) در جیره غذایی جلبکی نسبت به بیوفلاکی افزایش داشت و این تفاوت‌ها احتمالاً سبب رشد نسبتاً بیش‌تر ناپلیوس‌های آرتمیا تا مرحله بلوغ در گروه شاهد می‌باشند (Cutts و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی پارامترهای کیفی آب در دو تیمار شاهد و بیوفلاک نشان داد که مقادیر پارامترهای آمونیاک کل، نیتریت، نیترات، TSS و BOD در گروه تغذیه شده با بیوفلاک بالاتر از گروه شاهد بوده که دلیل احتمالی آن را می‌توان به عملکرد باکتری‌های هتروتروف در حذف مواد ازته زائد در محیط پرورش آرتمیا نسبت داد (Martínez-Córdova و همکاران، ۲۰۱۶). مقایسه عملکرد، هم‌آوری و مدل تولیدمثل آرتمیا در دو گروه شاهد و بیوفلاک نشان داد که تعداد کل اولاد، دفعات تخم‌ریزی، فاصله بین دو تخم‌ریزی متوالی و تعداد اولاد به‌ازای هر کیسه تخم در تیمار تغذیه شده با جلبک روند بهتری داشت. از آن‌جاکه میزان رشد آرتمیاها هم در تیمار جلبک بیش‌تر بود و نیز از آن‌جایی‌که میزان هم‌آوری در سخت‌پوستان مانند آرتمیا به تامین چربی مورد نیاز در جیره و به‌خصوص پروفایل اسیدچرب غذا وابسته است، لذا این امر را می‌توان احتمالاً به وجود پروفایل اسیدچرب مناسب‌تر در جیره حاوی آب سبز در مقایسه با جیره بیوفلاکی نسبت داد (Plante و Hache، ۲۰۱۱). درحالی‌که درصد تولید سیست به ناپلیوس در تیمار تغذیه شده با بیوفلاک بیش‌تر بود که این روند می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد برای احتمال بقای نسل بیش‌تر در شرایط نسبتاً نامطلوب‌تر کیفیت آب در تیمار بیوفلاک باشد (Furtado و همکاران، ۲۰۱۵) که صحت چنین روندی باید در مطالعات آینده مورد ارزیابی بیش‌تر قرار گیرد. براساس نتایج می‌توان عنوان کرد که قلیائیت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم در این مطالعه جهت تولید بیوفلاک از عملکرد به مراتب بهتری نسبت به سایر سطوح

قلیائیت برخوردار بود و برای تولید بیوفلاک جهت تغذیه آرتمیا از مرحله ناپلیوسی تا بلوغ پیشنهاد گردید. هم‌چنین، نظر به عدم وجود اختلافات معنی‌دار در بسیاری از شاخص‌های رشدی و بعضاً تولیدمثلی آرتمیا در آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک و بیوفلاک می‌توان پیشنهاد نمود که امکان استفاده از غذای بیوفلاکی حداقل در مقیاس کوچک‌تر (محیط‌های بسته indoor مانند شرایط گلخانه‌ای) امکان‌پذیر می‌باشد. با این‌حال، استفاده از جیره انفرادی بیوفلاکی و یا استفاده توام از جیره جلبکی و بیوفلاکی به‌خصوص در استخرهای بزرگ خاکی پرورش آرتمیا مستلزم تحقیقات جامع‌تر داشته که بایست در آینده صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

در پایان از مسئولین قرارگاه اقتصاد مقاومتی نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی که بخش عمده امکانات لازم را برای انجام این تحقیق فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱. **Abu Bakar, N.S.; Mohd Nasir, N.; Lananan, F.; Abdul Hamid, S.H.; Lam, S.S. and Jusoh, A., 2015.** Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish (*Clarias gariepinus*) utilizing bioflocs technology. International Biodeterioration and Biodegradation. Vol. 20, pp: 1-7.

۲. **APHA. 1998.** Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 22nd edn. American Public Health Association, Washington, DC. USA. 874 p.

۳. **Avnimelech, Y. and Kochba, M., 2009.** Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks using N-15 tracing. Aquaculture. Vol. 287, No. 1, pp: 163-168.

۴. **Avnimelech, Y., 2014.** Biofloc Technology- A Practical Guidebook. 3rd Edition. World Aquaculture Society. 258 p.

۵. **Azim, M.E. and Little, D.C., 2008.** The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. Vol. 283, pp: 29-35.

۶. **Coutteau, P.; Brendonck, L.; Lavens, P. and Sorgeloos, P., 1992.** The use of manipulated baker's yeast as an algal substitute for the laboratory culture of Anostraca. Hydrobiologia. Vol. 234, pp: 25-32.

۷. **Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P. and Verstraete, W., 2012.** Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. Aquaculture. Vol. 417, pp: 351-356.

۸. **Cutts, C.J.; Sawanboonchun, J.; Mazorra de Quero, C. and Bell, J.G., 2006.** Diet induced differences in the essential fatty acid (EFA) compositions of larval Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) with reference to possible effects of dietary EFAs on larval performance. ICES Journal of Marine Science. Vol. 6, pp: 302-310.

۹. **Dhont, J. and Lavens, P., 1996.** Tank production and use of on-grown *Artemia*. In Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Edited by Lavens, P. and Sorgeloos, P., Vol. 361, FAO Fisheries Technical Paper. Rome, Italy. pp: 164-194.

۱۰. **Dhont, J. and Van Stappen, G., 2003.** Biology, tank production and nutritional value of *Artemia franciscana*. *Artemia*. In Live Feeds in Marine Aquaculture. Edited by Stottrup, J.G. and McEvoy, L.A., 1rd Ed. Blackwell Science Ltd. pp: 65-121.

۱۱. **Emerenclano, M.; Gaxiola, G. and Cuzon, G., 2013.** Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/53902>.

۱۲. **Furtado, P.S.; Poersch L.H. and Wasielesky, Jr.W., 2011.** Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology systems. Aquaculture. Vol. 32, pp: 130-135.

۱۳. **Furtado, P.S.; Poersch L.H. and Wasielesky, Jr.W., 2015.** The effect of different alkalinity levels on (*Litopenaeus vannamei*) reared with biofloc technology. Aquaculture International. Vol. 23, pp: 345-358.

۱۴. **Hache, R. and Plante, S., 2011.** The relationship between enrichment, fatty acid profiles and bacterial load in cultured rotifers (*Brachionus plicatilis* L-strain) and *Artemia* (*Artemia salina* strain *franciscana*). Aquaculture. Vol. 311, pp: 301-308.

۱۵. **Hussain, A.; Mohammad, D.; Ali, E. and Sallam, W., 2015.** Growth performance of the green tiger shrimp *Penaeus semisulcatus* raised in biofloc systems. Aquaculture and Marine Biology. Vol. 2, No. 5, pp: 10-20.

۱۶. **Jiao, W.; Guan-nan, M.; Yuan-Gao, D. and Li-Ying, S., 2015.** Effect of glucose and salinity on *Artemia* growth, biofloc formation, and microbial diversity in culture. Oceanologia et Limnologia Sinica. Vol. 2, pp: 30-38.

۱۷. **Lavens, P. and Sorgeloos, P., 1996.** Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. FAO Technical Paper. 305 p.

۱۸. **Martínez-Córdova, L.R.; Martínez-Porchas, M.; Porchas Cornejo, M.A.; Gollas-Galván, T.; Scheuren-Acevedo, S.; Arvayo, M.A. and López-Torres, M.A., 2016.** Bacterial diversity studied by next-generation sequencing in a mature phototrophic *Navicula* sp. based biofilm promoted into a shrimp culture system. Aquaculture Research. Vol. 12, pp: 28-41.

۱۹. **Ronald, L.; Van Stappen, G.; Van Hoa, N. and Sorgeloos, P., 2014.** Effect of carbon/nitrogen ratio manipulation in feed supplements on *Artemia* production and water quality in solar salt ponds in the Mekong Delta, Vietnam. Aquaculture Research. Vol. 45, pp: 1906-1912.

۲۰. **Schveitzer, R.; Arantes, R.; Costodio, P.; Santo, C.; Arana, L.; Seiffert, W. and Andreatta, E.R., 2013.** Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. Aquaculture Engineering. Vol. 56, pp: 59-70.

۲۱. **Sorgeloos, P.; Lavens, P.; Léger, P.; Tackaert, W. and Versichele, D., 1986.** Manual for the Culture and Use of Brine Shrimp *Artemia* in Aquaculture. Artemia Reference Center, State University of Ghent, Belgium. pp: 1-319.

۲۲. **Stirling, H.P., 1985.** Chemical and biological methods of water analysis for Aquaculturists. Stirling Press, Scotland. 320 p.

۲۳. **Sui, L.Y.; Wang, J.; Nguyen, V.H.; Sorgeloos, P. and Bossier, P., 2013.** Increased carbon & nitrogen supplementation in *Artemia* culture ponds results in higher cyst yields. Aquaculture International. Vol. 21, pp: 1343-1354.

۲۴. **Teresita, D.N.; Maldonado-Montiel, J. and Leticia, G., 2005.** Biomass production and nutritional value of *Artemia spp*. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche. Revista de Biología Tropical. Vol. 53, pp: 447-454.

۲۵. **Wei, Y.; Liao, S. and Wang, A., 2016.** The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. Aquaculture. Vol. 1, pp: 88-93.

۲۶. **Zmora, O.; Avital, E. and Gordin, H., 2002.** Results of an attempt for mass production of *Artemia* in extensive ponds. Aquaculture. Vol. 213, pp: 395-400.