

تأثیر 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 آبی 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

تأثیر 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 میلی گرم 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 (آرتمای پرورش یافته با آب سبز حاوی *Dunaliella salina*) و گروه تغذیه شده با بیوفلاک مقایسه شد. حجم تولید بیوفلاک در قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود ($p < 0/05$). میزان پروتئین توده بیوفلاکی در قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر بالاتر و به طور معنی داری بیش تر از ۷۵ میلی گرم بر لیتر بود ($p < 0/05$). میزان آمونیاک کل، نیتريت، 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، نیتريت و نیترات به طور معنی داری در تیمار بیوفلاکی افزایش یافتند ($p < 0/05$). نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ و نسبت ایکوزاپنتانویک به دیکوزاهگزانویک اسید در تیمار جلبکی به طور معنی داری بالاتر از تیمار بیوفلاکی بود ($p < 0/05$). بر این اساس، قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر به عنوان بهترین سطح قلیائیت جهت تولید بیوفلاک پیشنهاد گردید. مقایسه میزان رشد و شاخص‌های تولیدمثل آرتمیا در انتهای دوره پرورش در آرتمایهای تغذیه شده با گروه شاهد و بیوفلاک نشان داد که علی‌رغم عدم وجود اختلافات معنی دار، آرتمایهای تغذیه شده با جلبک، از رشد و شاخص‌های تولیدمثل نسبتاً بهتری از نظر تعداد کل مولید و دفعات تخم‌ریزی برخوردار بودند، (طول کل: ۹/۵۲، دفعات تخم‌ریزی: ۴ و تعداد کل مولید ۱۸۲/۸ در تیمار جلبک در مقابل طول کل ۹/۴۲، دفعات تخم‌ریزی: ۳/۶ و تعداد کل مولید: ۱۳۰/۶ در تیمار بیوفلاک) درحالی که میزان بازماندگی، مدت زمان لازم برای رسیدگی جنسی و نسبت تولید سیستم به ناپلیوس در گروه تغذیه شده با بیوفلاک بالاتر بود (بازماندگی ۸۰/۲، مدت زمان رسیدگی جنسی (روز): ۱۸/۸ و نسبت تولید سیستم به ناپلی: ۶۶/۶ در تیمار بیوفلاک در مقابل بازماندگی: ۷۸/۴، مدت زمان رسیدگی جنسی (روز): ۱۸/۲ و نسبت تولید سیستم به ناپلی در تیمار جلبک ۵۶/۴). براساس نتایج، تغذیه آرتمیا با غذای بیوفلاکی به جای جلبک در مقیاس کوچک‌تر برای رشد و تولید انبوه آرتمیا امکان‌پذیر می‌باشد.

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



مقدمه

صنعت آبزی پروری پایدار با هدف افزایش میزان تولید آبزیان در واحد سطح (حجم)، کاهش میزان مصرف آب (بدون اثرات نامطلوب بر محیط زیست) و ایجاد تعادل منطقی در نسبت هزینه به سود گسترش یافته است. در این میان، فن آوری بیوفلاک (Biofloc technology) سازگان پیچیده‌ای از سیستم پرورشی است که در آن فرایندهای خودبه‌خودی ساخت مواد مغذی (self-nutrition) 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، اسکلک خارجی سخت پوستان، پلت‌های مدفوعی آبزیان و انواع بی‌مهرگان ریز هم توسعه می‌یابند (Avnimelech, 2014). 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 10⁹-10⁶ عدد در میلی‌لیتر متفاوت می‌باشد (Avnimelech, 2014) 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 نقش آفرینی می‌نماید (Avnimelech, 2014). 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 (به دلیل مصرف کربن غیرآلی توسط باکتری‌های هتروتروف و تا حدی اتوتروف‌های نیتریفیکانت) ایجاد می‌شود (Sui و همکاران, 2013). 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 4/18 گرم اکسیژن و 7/07 گرم از قلیائیت آب مصرف می‌شود (Sui و همکاران, 2013). در عین حال، به ازای تبدیل هر گرم نیتروژن آمونیاکی به زی‌توده باکتریایی، 4/71 گرم اکسیژن محلول، 3/57 گرم قلیائیت و 15/17 گرم کربوهیدرات لازم بوده که در این شرایط 8/07 گرم زی‌توده باکتریایی و 9/65 گرم دی‌اکسید کربن تولید می‌شود (Schveitzer و همکاران, 2013). 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، در صورتی که باکتری‌های هتروتروف تقریباً نصف میزان قلیائیت مذکور را مصرف و بیوماس باکتریایی بیش‌تری را تولید می‌کنند (Crab و همکاران, 2012). بدین ترتیب حفظ قلیائیت آب در روش بیوفلاک به‌خصوص در پرورش سخت پوستان (مانند آرتمیا) از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. آرتمیا به‌عنوان یک غذای زنده مهم در تولید تجاری لارو ماهیان، سخت پوستان و نرم تنان به‌شمار می‌رود (Zmora و همکاران, 2002). سیست و ناپلیوس آرتمیا در تغذیه دوران لاروی کالچر 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, 1996؛ Dhont و Van Stappen, 2003). در سال‌های اخیر، روش‌های متنوعی از سیستم‌های تولید انبوه آرتمیا شامل پرورش در استخرهای خاکی و بتنی، سیستم‌های محصور در مخزن و مدار بسته به‌خصوص در گونه‌های بالارزشی از جمله آرتمیا فرانسیسکانا (*Artemia franciscana*) با تاکید ویژه بر تاثیر عوامل محیطی و تغذیه‌ای توسعه یافته‌است (Avnimelech, 2014). در این میان، پرورش آرتمیا بمانند سایر سخت پوستان (میگوهای پرورشی) به قلیائیت مطلوب در محدوده بین 300-1500 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 نیتريت در استخرها گردد (Furtado و همکاران, 2011). همچنین، نوع منابع کربنات تاثیر واضح بر میزان تولید بیوفلاک و کیفیت آب دارد، به‌طوری‌که هیدرواکسید کلسیم و بی‌کربنات سدیم در مقایسه با کربنات سدیم از عملکرد به مراتب بهتری در افزایش میزان قلیائیت آب در سیستم بیوفلاک برخوردار بودند (Furtado و همکاران, 2011). بررسی مطالعات قبلی نشان داد که تاکنون تحقیقات کمی در زمینه امکان تولید انبوه آرتمیا با روش بیوفلاک انجام شده است (Sui و همکاران, 2013؛ Ronald و همکاران, 2014). از طرف دیگر هیچ مطالعه‌ای در زمینه تاثیر مقادیر قلیائیت بالاتر از 200 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 تولید شده 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 96-1395 انجام شد. جهت ایجاد سیستم تولید توده زیستی (بیوفلاک)،

اکسیژن محلول در آب، سختی و کدورت آب به صورت روزانه (در یک نوبت در ساعت ۸ صبح) و پارامترهای نیتروژن کل، آمونیوم، نیتريت، 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 اندازه گیری شدند (Kochba و Avnimelech، ۲۰۰۹). برای شناسایی اسیدهای چرب 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 شعله ای استفاده شد.

رشد و بازماندگی آرتمیا: در این مرحله ابتدا سیستم آرتمیا به مقدار لازم براساس دستورالعمل (Sorgeloos و همکاران، ۱۹۸۶) به مدت ۲۴ ساعت تخم گشایی و ناپلیوس های اینستار تولید شد. ناپلیوس ها 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 فوق الذکر، ناپلیوس ها با تراکم ۱۰۰ عدد در لیتر در ظروف ۱۰ لیتری (هر کدام در ۵ ظرف و هر ظرف به عنوان یک تکرار) همراه با هوادهی مناسب و در شرایط استاندارد پرورش در محیط آزمایشگاهی به شیوه کشت توده ای (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 به کار رفتند. در کلیه مراحل، میزان شوری آب در محدوده ۱۰۰ گرم در لیتر، درجه حرارت آب ۲۸ درجه سانتی گراد و طول دوره نوری ۱۲ ساعت: ۱۲ ساعت (روشنایی: تاریکی) به کار رفت. پارامترهای کیفی آب شامل درجه حرارت آب، میزان اکسیژن محلول و pH به ترتیب با دماسنج، اکسیژن متر و pH سنج (دستگاه پرتابل AZ8403-IP67COMBO) هر روز در ساعت ۸ صبح و قبل از آغاز غذادهی اندازه گیری شدند. همچنین، غلظت نیتروژن غیر آلی محلول (آمونیاک کل، نیتريت و نیترات) با نمونه برداری از آب و توسط اسپکتروفتومتر (UV-VIS 2100) با روش (APHA، ۱۹۹۸) اندازه گیری گردید. کل مواد جامد معلق و تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) آب براساس روش (Stirling، ۱۹۸۵) در هر دو تیمار (شاهد و بیوفلاک) سنجش شد. شاخص های مرفولوژیکی آرتمیا در هر دو تیمار شامل طول کل بدن، طول فورکا و طول شاخک زیر میکروسکوپ (E2000-NICON) با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد. همچنین، میزان بازماندگی آرتمیا و مدت زمان لازم برای رسیدگی جنسی در دو تیمار مذکور با یکدیگر مقایسه شدند.

پنج ظرف پلی اتیلنی ۳۰۰ لیتری (با حجم مفید آگیری 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 نسبت های 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) به ازای هر لیتر آب استفاده شد (Avnimelech، ۲۰۱۴). به منظور تقویت فعالیت باکتری های 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 به منظور 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 افشانه ای) استفاده شد. جهت تحریک و توسعه فلاک در طول دوره، منابع کربنی ملاس و آرد گندم به صورت دو روز در میان به مخازن افزوده شدند تا در مدت ۳ هفته بیوفلاک مناسب تهیه شود. میزان ملاس لازم (با فرض این که ۵۰ درصد از کربن آن توسط باکتری های 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 (هر یک به ظرفیت ۱۶۰ لیتر) در چهار سطح از قلیائیت شامل سطوح ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم (هر کدام در سه تکرار) تهیه و کمیت-کیفیت بیوفلاک تولیدی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته بررسی گردید. بدین منظور، ابتدا میزان ۰/۵ سی سی بیوفلاک تشکیل یافته در مخازن Biofloc reactor به ازای هر لیتر از آب مخزن و به صورت روزانه به مخازن این مرحله افزوده شدند (Wei و همکاران، ۲۰۱۶). مخازن به طور دائمی و ۲۴ ساعته تحت هوادهی شدید قرار گرفته و از بی کربنات سدیم به عنوان 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:** کمیت بیوفلاک با برداشت یک لیتر از آب مخازن حاوی بیوفلاک و رسوب آن به مدت ۳۰ دقیقه در قیف های مدرج Imhoff محاسبه و کیفیت بیوفلاک تولیدی در سطوح مختلف از قلیائیت آب با استفاده از تعیین ترکیب بیوشیمیایی بیوفلاک بررسی شد (Kochba و Avnimelech، ۲۰۰۹). پارامترهای کیفی آب شامل درجه حرارت، شوری و pH به صورت روزانه (در دو نوبت، ساعات ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر) اندازه گیری و سایر پارامترها شامل میزان



در تیمارهای مختلف از طرح کاملاً تصادفی با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (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

تأثیر میزان قلیائیت آب بر کمیت - 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 ($43/1 \pm 66/52$ میلی لیتر بر لیتر) در قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم 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 ($17/33 \pm 0/57$ میلی گرم بر لیتر) در قلیائیت ۷۵ میلی گرم 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 میلی گرم بر لیتر و بالاتر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از قلیائیت ۷۵ میلی گرم بر لیتر بود ($p < 0.05$)، ولی بیش‌ترین میزان چربی در قلیائیت ۷۵ میلی گرم بر لیتر به ثبت رسید که اختلاف معنی‌داری با سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم 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).

عملکرد، هم‌آوری و مدل تولیدمثل آرتمیا: بعد از رسیدن آرتمیایا 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 فالكون تیوپ‌های ۵۰ میلی‌لیتری در شرایط آزمایشگاهی قرار گرفتند. در این مرحله، شاخص‌های تولیدمثل آرتمیا در دو تیمار حاوی گروه شاهد (آرتمیای تغذیه شده با آب سبز، عمدتاً حاوی *D. salina*) و تیمار بیوفلاک (BFT) در مدت ۳ هفته بررسی شد. هر یک از فالكون تیوپ‌ها شامل یک جفت نر و ماده آرتمیای بالغ بوده و هر کدام به‌عنوان یک تکرار در نظر 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 چشمه تور ۲۰-۵۰ میکرون برای تغذیه مولدین به کار 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 تولید اولاد و وضعیت مولدین به‌طور روزانه چک شده و در صورت تلفات نرها در هر یک از فالكون تیوپ‌ها، یک نر جدید (به‌دلیل تولیدمثل جنسی آرتمیا) به آن ظرف افزوده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: ابتدا نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف بررسی و برای تحلیل داده‌های پارامترهای کیفی آب، شاخص‌های رشد و عملکرد تولیدمثل آرتمیا

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

شاخص	تیمار	۷۵	۱۵۰	۲۲۵	۳۰۰
حجم بیوفلاک		$17/33 \pm 0/57^d$	$43/66 \pm 11/52^a$	$33 \pm 11/73^b$	$26/33 \pm 11/52^c$
پروتئین		$36/5 \pm 11/32^b$	$40/66 \pm 11/52^a$	$44/50 \pm 11/50^a$	$44/33 \pm 11/52^a$
چربی		20 ± 2^a	$18 \pm 0/1^{ab}$	$16 \pm 11/73^b$	$15/33 \pm 0/57^b$
کربوهیدرات		$28/33 \pm 0/57$	$26/16 \pm 11/04$	$26/33 \pm 11/15$	$28/66 \pm 11/52$
خاکستر		$15/33 \pm 2/30$	$15/66 \pm 3/05$	$12/66 \pm 2/30$	$11/66 \pm 2/51$

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$).

نیترژن 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 میلی گرم بر لیتر به ثبت رسید و با افزایش قلیائیت روند تدریجی کاهشی از خود نشان داد ($p < 0.05$) (جدول ۲).

در پارامترهای کیفی آب، سطوح مختلف از قلیائیت آب بر فاکتورهای درجه حرارت، کدورت، BOD، میزان کربن کل و فسفات تأثیر معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$)، ولی میزان اکسیژن محلول در قلیائیت ۷۵ میلی گرم بر لیتر دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به تیمارهای با قلیائیت‌های بالاتر بودند ($p < 0.05$). همچنین، پارامترهای سختی،



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

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

* حروف غیر همسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).

میزان اسیدهای چرب گروه امگا ۳ و امگا ۶ در تیمار جلبک نسبت به تیمار بیوفلاک به طور معنی داری افزایش نشان داد (p<۰/۰۵). همچنین نسبت اسیدهای چرب n3/n6 و نسبت اسید چرب ایکوزاپنتانویک اسید (EPA) به دیکوزاهگزانویک اسید (DHA) در تیمار جلبک به طور معنی داری 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، نیتريت، نیترات، TSS و BOD در تیمار بیوفلاک مقادیر بالاتری را نسبت به تیمار جلبکی داشت، در حالی که میزان اکسیژن محلول و pH در تیمار جلبکی بیش تر 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
C18:3n-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	۱/۳±۰/۱۷ ^b

* حروف غیر همسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).

با توجه به شاخص های فوق الذکر، سطح قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم بیشترین حجم فلاک تولیدی، بهینه ترین میزان پروتئین و چربی در بیوفلاک و مطلوب ترین شاخص های کیفی آب را در شوری ۱۰۰ گرم در لیتر در مخازن تولید بیوفلاک نشان داد. لذا این سطح از قلیائیت به عنوان سطح بهینه از تولید بیوفلاک معرفی گردید و برای پرورش آرتمیا در مرحله رشد تا بلوغ و همچنین شاخص های تولید مثلی 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 علی رغم عدم وجود اختلافات معنی دار (p>۰/۰۵) در بین دو گروه، آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک دارای طول کل، طول های فورکا و آنتنای بیش تری 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 (میلی متر)	۹/۵۲±۰/۱۶	۹/۴۲±۰/۱۹
طول فورکا (میلی متر)	۰/۴۰±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۲
طول آنتنا (میلی متر)	۰/۹۰±۰/۰۲	۰/۸۷±۰/۰۳
میزان بازماندگی (درصد)	۷۸/۴±۱۲/۰۳	۸۰/۲۰±۱۹/۲
مدت زمان رسیدگی جنسی (روز)	۱۸/۲±۰/۴۴	۱۸/۸±۰/۸۳



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

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

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$).

تاثیر نوع جیره (حاوی جلبک و بیوفلاک) بر میزان هم‌آوری،

تعداد دفعات تخم‌ریزی و مدل تولید مثل آرتیمیا: مقایسه عملکرد، میزان هم‌آوری و مدل تولید مثلی آرتیمیا در دو تیمار حاوی جلبک (شاهد) و بیوفلاک نشان داد که در آرتیمیای 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 ($p < 0.05$)، ولی نسبت تولید سیست به ناپلیوس در تیمار تغذیه شده با بیوفلاک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار تغذیه شده با جلبک بود ($p < 0.05$). 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 ($p > 0.05$) (جدول ۶).

جدول ۶: مقایسه میزان هم‌آوری و مدل تولید مثل در مولدین آرتیمیای تغذیه شده با جلبک (شاهد) و بیوفلاک

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

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$).

بحث

در سال‌های اخیر، گسترش صنعت آبی‌پروری 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 موثر باشد (Avnimelech, ۲۰۱۴). در این میان، پرورش سخت‌پوستانی مانند آرتیمیا با روش بیوفلاک می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای توسعه پرورش آرتیمیا محسوب گردد (Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس نتایج این مطالعه، حجم بیوفلاک تولیدی در قلیائیت ۱۵۰ میلی گرم 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 از جمله 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 میلی گرم بر لیتر) حاصل شد، در حالی که 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 عملکرد باکتری‌های هتروتروف و نیتریفیکانت نسبت دادند. با این حال، علت تفاوت در نتایج مطالعه حاضر با سایر تحقیقات را می‌توان به اثرات متقابل فاکتورهای غیرمستقیم 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 و همکاران (۲۰۱۱) و Hussain و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که شرایط متفاوت از قبیل نوع منبع کربنات 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 در شرایط مختلف محیط 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، به‌طوری‌که میزان مواد غذایی موجود در بیوفلاک علاوه بر تجمع متفاوت از زی‌توده باکتریال سبب تغییر در بیوماس زی‌توده فلاژله‌ها، پروتوزوآها و حتی میکروژئوپلانکتون‌های 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 کربنانه گلوکز در مقایسه با سایر منابع کربنانه (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، نیتريت 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 از جمله باکتری‌های هتروتروف را دلیل تفاوت فاکتورهای فیزیوشیمیایی 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 کریئات 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 جزئی در میزان رشد را می‌توان احتمالاً به دلیل 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، نیتريت، 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 آرتمیاهای 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



- Stottrup, J.G. and McEvoy, L.A., 1st Ed. Blackwell Science Ltd. pp: 65-121.
۱۱. Emerenciano, 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. Schweitzer, 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.

قلیائیت برخوردار بود و برای تولید بیوفلاک جهت تغذیه آرتیمیا از مرحله ناپلیوسی تا بلوغ پیشنهاد گردید. هم‌چنین، نظر به عدم وجود اختلافات معنی‌دار در بسیاری از شاخص‌های رشدی و بعضاً تولیدمثلی آرتیمیا در آرتیمیاهای 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 این حال، استفاده از جیره انفرادی بیوفلاکی و یا استفاده توأم از جیره جلبکی و بیوفلاکی به‌خصوص در استخرهای بزرگ‌خاکی پرورش آرتیمیا 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

