شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
صفحات ۴۶۶-۴۵۳

تاثیر کاهش نرخ غذادهی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر عملکرد رشد و تغذیه، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و کیفیت آب در سیستم بیوفلاک در مقایسه با آب تمیز

حسین آدینه[1*]، حجت ا... جعفریان[2]، محمد خادمی حمیدی[3]، فاطمه زهرا کریم تبار[3] و زینب صداقت[4]

۱.استادیار گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۲. دانشیار گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۳. کارشناس ارشد گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۹

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر نرخ کاهش غذادهی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و پاسخ ایمنی ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک و آب تمیز انجام شد. ماهی‌ها (میانگین وزنی ۰/۴۴± ۹/۰۴ گرم) در ۱۸ مخزن (۵۰ لیتری) بصورت کاملاً تصادفی در قالب طرح فاکتوریل ۳×۲ شامل؛ استفاده از غذای تجاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ در صد (بترتیب ۲/۵، ۲/۱۲ و ۱/۷۵ در صد وزن بدن) در گروه بیوفلاک (BF1، BF2 و BF3) و گروه بدون فلاک (NF1، NF2 و NF3) به مدت ۶۰ روز ذخیره‌سازی شدند. در پایان آزمایش، غلظت نیتروژن آمونیاک کل (TAN) به‌طور قابل توجهی در بیوفلاک نسبت به بدون فلاک پایین‌تر بود. بیشترین عملکرد رشد ماهی و کمترین ضریب تبدیل غذایی در گروه‌های بیوفلاک با ۲/۵ و ۲/۱۲ درصد غذادهی (BF1 و BF2) بدست آمد. پس از ۶۰ روز، سطح لایزوزیم و ایمونوگلوبولین‌کل سرم به‌طور قابل توجهی افزایش و سطح کورتیزول سرم در تیمار BF1 کاهش یافت. این پژوهش نشان داد که کاهش نرخ غذادهی (۲/۱۲ تا ۲/۵ درصد وزن بدن) ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک نسبت به آب تمیز می‌تواند بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی تاثیر مثبت معنی‌داری داشته باشد.

کلمات کلیدی: نرخ غذادهی، بیوفلاک، کیفیت آب، ایمنی غیر اختصاصی، ماهی کپور معمولی

* نویسنده مسئول: حسین آدینه
Email: adineh.h@gonbad.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 3, Autumn 2021
pp. 453-466

The effects of reducing the feeding rates on growth and feed performance, blood biochemical parameters, and water quality in bio-floc common carp (*Cyprinus carpio*) culture and clean systems

Hoseein Adine[1*], Hojatallah Jafaryan[2], Mohammad Kademi Hamidi[3], Fatemeh Zahra Karimtabar[3] and Zeynab Sedaghat[4]

1.Assistant Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran
2.Associate Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran
3.M.Sc. Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran
4. MS.c. Student. Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

Received: 17-May-2021 **Accepted: 09-Aug-2021**

Abstract

This study aimed to investigate the effect of reduction of feeding rates on water quality, growth performance, and immune response in bio-floc common carp (*Cyprinus carpio*) and clean water systems. Fish (9.04 ± 0.44 g mean initial weight) were stocked into 18 tanks (50 L) through a 2×3 factorial design consisting: The use of commercial feed of 100, 85 and 70% (2.5, 2.12 and 1.75 % of body weight) in bio-floc groups (BF1, BF2 and BF3) and non-floc groups (NF1, NF2 and NF3) for 60 days. At the end of the experiment, Total ammonia nitrogen (TAN) concentration was significantly lower in bio-floc compared to non-floc. The highest fish growth performance and the lowest feed conversion ratio were obtained in the bio-floc groups with 2.5 and 2.12% feed intake (BF1 and BF2), respectively. After 60 days, the serum lysozyme and total immunoglobulin levels were significantly increased and serum cortisol levels decreased in the bio-floc groups. This study showed that reducing the feeding rates (2.12 to 2.5% of body weight) have a positive effect on growth performance and immune response in bio-floc common carp culture system compared to clean water system.

Key words: Feeding rate, Bio-floc, Water quality, Nonspecific immunity, *Cyprinus carpio.*

Corresponding author: Hoseein Adine Email: adineh.h@gonbad.ac.ir

۱. مقدمه

تکنولوژی بیوفلاک (سیستم فلاک میکروبی) به‌عنوان یکی از ابزارهای توسعه آبزی‌پروری است که به‌طور همزمان بر شرایط محیطی و اقتصادی اثرگذار ست (Crab *et al.*, 2012). اساس کار تکنولوژی بیوفلاک بر پایه رشد میکروارگانیسم‌ها استوار است که با تبدیل ترکیبات نیتروژنی، تولیدی در سیستم پرورشی، به زیست توده میکروبی (بیوفلاک) در محیط پرورش بطور پیوسته به‌عنوان منبع غذایی مورد استفاده ماهی قرار می‌گیرد (De Schryver *et al.*, 2008) و باعث کاهش هزینه غذایی می شود (Emerenciano *et al.*, 2013). در این سیستم پرورشی، با تنظیم و کنترل نسبت کربن به نیتروژن در محدوده ۱۵ تا ۲۰، آمونیاک و مواد دفعی آلی نیتروژن‌دار به بیوماس یا زیست توده باکتریایی تبدیل خواهند شد (Schneider *et al.*, 2005) بنابراین منبع کربن به‌عنوان یک سوبسترا یا بستر برای عملکرد سیستم‌های بیوفلاکی عمل می‌کند (Avnimelech, 1999).

فلاک‌ها یا رشته‌های میکروبی بطور مداوم در محیط پرورش بواسطه وجود میکروارگانیسم‌ها همچون جلبک‌ها، قارچها، باکتریها و غیره می‌توانند پروتئین (اسیدهای امینه ضروری)، اسیدهای چرب اشباع نشده، ویتامین‌ها و مواد معدنی را تامین کنند (Azim and Little, 2008; De Schryver *et al.*, 2008). با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد از هزینه‌های تولید و پرورش مربوط به غذا است. بنابراین، یکی از مسائل قابل توجه در پرورش آبزیان، استفاده از پروتئین‌های میکروبی و کاهش مدت زمان تولید در جهت کاهش هزینه‌ها و بالا بردن راندمان تولید است. در این راستا، استفاده از بیوفلاک می‌تواند تاثیرات مفیدی بر فعالیت آنزیم های گوارشی همچون پروتئاز، آمیلاز، سلولاز و لیپاز در آبزیان داشته باشد (Xu *et al.*, 2012) و منجر به افزایش بهره‌وری تغذیه و رشد شود (Azim and Little, 2008). یکی از مهمترین اهداف بکارگیری سیستم بیوفلاک برای پرورش آبزیان، کاهش هزینه غذا و تغذیه با جایگزینی پروتئین میکروبی تولید شده در این سیستم است.

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) یکی از گونه‌های مهم پرورشی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری به شمار می‌رود (Tokur *et al.*, 2006) که به‌طور گسترده در بسیاری از کشورهای جهان پرورش داده می‌شوند. میزان تولید جهانی آبزی‌پروری در سال ۲۰۱۸ در حدود ۸۲/۱ میلیون تن بوده است که نسبت به سال ۲۰۱۷ تقریباً ۳/۲ درصد رشد داشته است (FAO yearbook, 2020). در سال ۲۰۱۸ تولید آبزی‌پروری جهانی گونه کپور معمولی به حدود ۴/۱۸۹ میلیون تن رسید (FAO yearbook, 2020). کپور ماهیان یکی از ذخایر بسیار مهم اند که به‌دلیل دارا بودن ارزش اقتصادی، از دیرباز به‌عنوان یکی از منابع تأمین پروتئین و درآمد، همواره مورد توجه بوده اند. این گونه‌ها به دلیل رشد سریع، سهولت پرورش و بازده غذایی بالا تقریباً در تمام دنیا پرورش داده می‌شوند. این ماهیان توانایی تحمل تراکم بالا در سیستم‌های پرورشی را دارند (Enache *et al.*, 2011). کپور معمولی نسبت به تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول، شوری و گل آلودگی مقاومت بیشتری دارد. همچنین از غذای دستی به‌آسانی استقبال می‌کند و به ماهی اهلی‌شده معروف است. از مزایای دیگر این گونه می‌توان به مقاومت خوب به تغییرات شرایط محیطی و تغذیه از طیف وسیع مواد غذایی اشاره نمود (Enache *et al.*, 2011). از آنجائیکه تحقیقات نشان داده است که همه گونه‌های آبزی نمی‌توانند در سیستم بیوفلاک عملکرد مناسبی داشته باشند، بنابراین آبزیانی که رژیم غذایی فیلتر کنندگی، عادت به همه‌چیزخواری و قابلیت سازگاری دستگاه گوارش به جذب بهتر ذرات میکروبی را دارند کاندیدای مناسبی برای استفاده در این سیستم پرورشی محسوب می‌شوند، که کپور معمولی دارای این ویژگی‌ها ست. با بکار گیری روش بیوفلاک در مزارع پرورش ماهی می‌توان در صد غذادهی را کاهش داد و نیز هزینه های تولید را کم کرد. بنابراین، هدف از این مطالعه تاثیر درصد غذادهی (۲/۵، ۲/۱۲ و ۱/۷۵ درصد بیوماس) بر عملکرد شاخص های رشد و تغذیه،

بیوشیمیایی خون و کیفیت آب در سیستم پرورشی بیوفلاک ماهی کپور معمولی در مقایسه با سیستم آب تمیز بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه استوک اولیه بیوفلاک

برای آماده سازی مخزن اولیه بیوفلاک دو مخزن مدور و هر یک با حجم آبگیری ۵۰ لیتر تهیه و در هریک از آنها برای تشکیل بیوفلاک از ۰/۲۵ گرم خاک بستر، ۱۰ گرم غذای تجاری (۳۸ درصد پروتئین)، ۰/۲۵ گرم اوره (۴۶ در صد نیتروژن)، ۲/۵ گرم آرد گندم (۶۰ در صد کربن) و ۱۲/۵ گرم ملاس چغندر قند (۴۰ درصد کربن) استفاده شد (Avnimelech, 1999). برای تسریع در تشکیل بیوفلاک مخازن به‌مدت ۱۰ روز بطور مداوم در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد هوادهی شدند. هنگامیکه مقدار جامدات معلق کل در آب (TSS) به حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و مقدار آمونیاک کل کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر رسید، نیز هوادهی قطع شد (Avnimelech, 1999). درابتدای آزمایش به هر مخزن پرورش ماهی به مقدار ۱۰ درصد حجم آبگیری فلاک اولیه اضافه شد.

۲،۲. ماهی کپور و شرایط تغذیه

تعداد ۵۰۰ قطعه ماهی کپور معمولی تهیه و به آزمایشگاه آبزی‌پروری دانشگاه گنبد کاووس انتقال داده شد. دوره سازگاری با شرایط آزمایشگاه ۱۰ روز بود. در این آزمایش، غذای تجاری شرکت فرادانه با پروتئین ۴۱-۳۸، چربی ۸-۴، فیبر ۶-۳، خاکستر ۱۱-۷، رطوبت ۱۱-۵ و فسفر ۱/۵-۱ درصد به میزان ۲/۵ درصد وزن بدن، ۲/۱۲ درصد وزن بدن و ۱/۷۵ درصد وزن بدن و به‌مدت ۶۰ روز غذادهی شدند. برای حفظ نسبت کربن به نیتروژن ورودی، از ملاس استفاده شد. ماهی‌ها با میانگین وزنی ۰/۴۴± ۹/۰۴ گرم بطور تصادفی در ۶ تیمار آزمایشی و هر یک با ۳ تکرار در ۱۸ مخزن با حجم آبگیری ۵۰ لیتر جایابی شدند. گروه‌های آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل ۳×۲ متشکل از گروه بیوفلاک (BF) و آب تمیز بدون فلاک (NF) هر یک با ۳ سطح غذادهی شامل؛ محیط بیوفلاک با نرخ غذادهی به‌میزان ۲/۵، ۲/۱۲ و ۱/۷۵ درصد (بترتیب BF1 ، BF2 و BF3) و محیط آب تمیز با نرخ غذادهی به‌میزان ۲/۵، ۲/۱۲ و ۱/۷۵ درصد (بترتیب NF1، NF2 و NF3) بودند. در تیمارهای بیوفلاک، ۲ هفته بعد از زمان شروع آزمایش برای کنترل و تخلیه فلاک اضافی هر ۲ روز یکبار برای خروج فلاک اضافی ۲۵ در صد از آب مخزن برداشته شد و به مدت حدود یک ساعت در حالت سکون نگه داشته شد و سپس مواد ته‌نشین شده جمع‌آوری و الباقی آب به سیستم پرورش برگشت داده شد (Martins *et al*., 2017).

۲،۳. سنجش شاخص‌های کیفی آب

شاخص های کمی و کیفی آب از قبیل دمای آب، شوری، درصد اشباعیت، میزان اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی (EC) توسط دستگاه پورتابل کیفیت سنج آب ساخت شرکت هک آمریکا مدل D40 بصورت مستمر اندازه‌گیری شد. میزان pH آب با استفاده از pH متر مدل ۸۲۷ متروم ساخت سوئیس انجام گردید و قلیائیت به روش تیتراسیون و غلظت نیتروژن غیر آلی محلول شامل آمونیاک کل (TAN)، نیترات (NO_3^-) و فسفات با استفاده از اسپکتروفتومتر بر اساس استاندارد آزمایشگاه (APHA, 1998) سنجش شد.

۲،۴. اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و تغذیه

در پایان دوره آزمایش، وزن ماهیان در هر مخزن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن ها با استفاده از تخته بیومتری با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه گیری شد تا شاخص‌هایی چون افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه گردد.

افزایش وزن (WG, g) =

میانگین وزن نهایی (گرم)- میانگین وزن اولیه (گرم)

$$\text{ضریب رشد ویژه (SGR, }\%\text{day}^{-1}) = \frac{\ln \text{وزن نهایی (gr)} - \ln \text{وزن اولیه (gr)}}{\text{مدت‌زمان پرورش (روز)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب چاقی (CF)} = \frac{\text{وزن نهایی (gr)}}{\text{توان سوم طول کل ماهی (cm)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب تبدیل غذایی (FCR)} = \frac{\text{مقدار غذای مصرف‌شده (gr)}}{\text{وزن نهایی (gr)- وزن اولیه (gr)}}$$

۲،۵. سنجش برخی از شاخص‌های بیوشیمیایی خون

به‌منظور سنجش برخی از شاخص‌های ایمنی غیر اختصاصی ماهیان تحت تیمار، تعداد ۳ ماهی بطور تصادفی از هر تکرار صید و پس از بیهوشی با ۵ میلی‌گرم در لیتر پودر گل میخک با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی از ورید ساقه دمی خونگیری شد. برای جداسازی سرم، لوله‌های سرولوژی فاقد ماده ضد انعقاد به مدت یک ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه نگهداری و پس از ته‌نشین شدن لخته، در دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت ۳۰۰۰ دور در ثانیه به مدت ۷ دقیقه سانتیریفوژ شد. در نهایت سرم از لخته جدا و به تیوب‌های جدید منتقل و تا زمان شروع آزمایش‌ها مربوط به بررسی شاخص‌های بیو شیمیایی سرم خون در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

پروتئین و گلوکز سرم خون با استفاده از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد (Borges *et al.*, 2004). میزان ایمنوگلوبولین توسط کیت مخصوص به روش کدورت سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. برای تعیین میزان فعالیت لیزوزیم سرم از روش ارائه‌شده توسط (Ellis, 1990) استفاده شد. مقدار ۲۵ میکرولیتر از پلاسما به پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای شکل الایزا افزوده شد. سپس مقدار ۱۷۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی میکروکوکوس لیزود یکتیکوس (*Micrococcus Lysodeikticus*) در غلظت ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر در ۰/۵ مولار بافر فسفات با پی-اچ ۶/۲ اضافه شد. با استفاده از دستگاه الایزاریدر Bio-Tek آمریکا جذب نوری اولیه در طول‌موج ۵۳۰ nm قرائت و پس از یک ساعت نگهداری در دمای اتاق، مجدداً جذب نوری اندازه‌گیری شد. هر واحد از فعالیت لایزوزیم بر اساس کاهش جذب (۰/۰۰۱ در دقیقه) تعیین شد. سطوح کورتیزول سرم با استفاده از کیت آزمایشگاهی به روش ELISA تعیین شد.

۲،۶. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

قبل ازتجزیه و تحلیل آماری، نرمال بودن داده ها توسط آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) برای مقایسه آماری تیمارها و از روش دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمار های مختلف آزمایشی استفاده شد. در آزمون‌های آماری سطح معنی دار ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ($P<۰/۰۵$). از روش تجزیه واریانس دوطرفه (Two-Way ANOVA) برای بررسی اثر متقابل محیط پرورش (بیوفلاک و آب تمیز) و سه سطح غذادهی (۲/۵، ۲/۱۲ و ۱/۷۵ درصد وزن بدن) استفاده شد. رسم نمودار و تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌ترتیب با استفاده از نرم‌افزار Excel و SPSS در محیط ویندوز انجام شد.

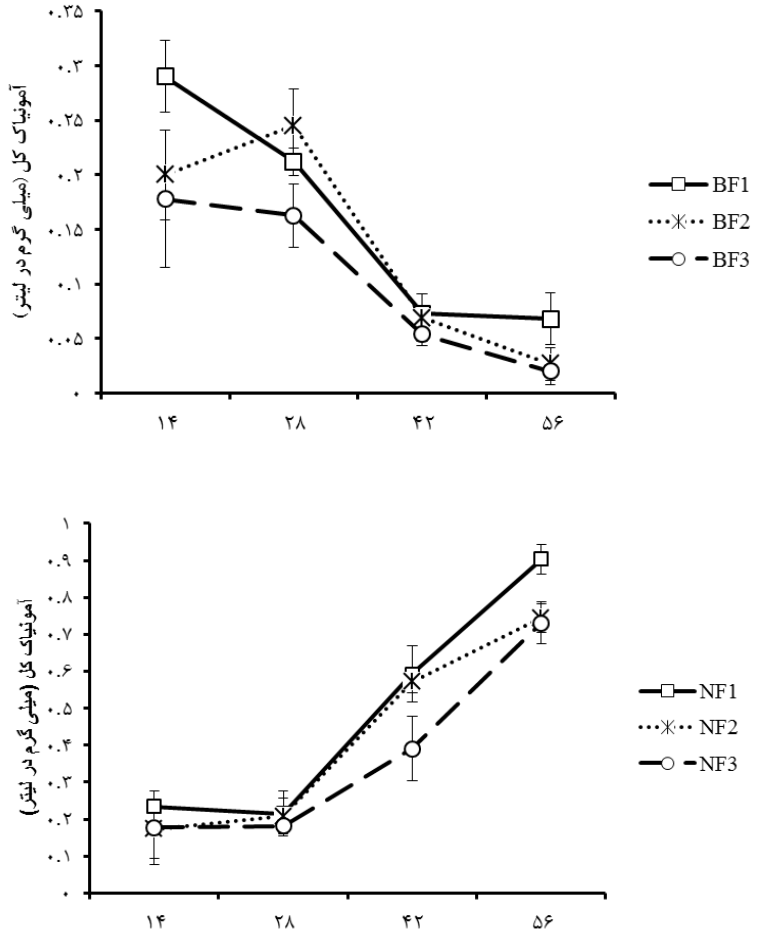
۳. نتایج

شاخص‌های کمی و کیفی آب محیط پرورش ماهی کپور معمولی با سه سطح تغذیه در سیستم بیوفلاک در جدول ۱ آورده شده است. شاخص‌هایی چون دما، پی‌اچ، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، قلیائیت و کل مواد جامد محلول بین تیمارهای مختلف آزمایشی در سیستم بیوفلاک اختلاف معنی‌دار نداشت. آمونیاک کل در تیمارهای بیوفلاکی در مقایسه با تیمارهای بدون فلاک کاهش داشت. در هر دو محیط تیمارهای با ۱۰۰ درصد غذادهی (۲/۵ درصد وزن بدن) نسبت به تیمارهای با ۸۵ و ۷۰ درصد غذادهی مقدار آمونیاک کل بیشتری داشتند (شکل ۱).

جدول ۱- میانگین شاخص‌های کیفی آب محیط پرورش ماهی کپور معمولی تغذیه شده با مقادیر ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد غذادهی در سیستم بیوفلاک و آب تمیز به‌مدت ۶۰ روز

	دما (سانتیگراد)	اکسیژن (میلی‌گرم در لیتر)	پی-اچ	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتیمتر)	کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم در لیتر)
BF1	۲۴/۳۵ ±۰/۵۷	۷/۰۳ ±۰/۳۸	۷/۷۷ ±۰/۱۲	۱۰۴۳/۵۰ ±۹۰/۲۸	۵۱۲/۵۰ ±۴۸/۱۹
BF2	۲۴/۲۸ ±۰/۵۲	۷/۲۰ ±۰/۱۹	۷/۷۹ ±۰/۱۰	۹۶۱/۶۲ ±۱۰۱/۲۱	۴۷۳/۲۵ ±۵۱/۲۳
BF3	۲۴/۱۶ ±۰/۴۹	۷/۵۰ ±۰/۱۹	۷/۸۳ ±۰/۰۸	۹۶۱/۰۰ ±۸۷/۳۵	۴۷۲/۸۸ ±۴۴/۶۴
NF1	۲۴/۴۰ ±۰/۵۹	۷/۰۵ ±۰/۵۵	۷/۷۲ ±۰/۱۴	۹۵۲/۶۲ ±۸۸/۷۱	۴۵۵/۶۲ ±۱۳/۰۷
NF2	۲۴/۳۲ ±۰/۵۱	۷/۰۱ ±۱/۰۴	۷/۷۶ ±۰/۱۴	۸۹۳/۸۸ ±۳۸/۱۵	۴۳۸/۷۵ ±۱۹/۱۱
NF3	۲۴/۲۲ ±۰/۴۵	۷/۴۸ ±۰/۱۸	۷/۷۴ ±۰/۰۹	۸۹۲/۶۲ ±۱۷/۶۸	۴۳۸/۲۵ ±۸/۵۶

-در هر ستون عدم وجود حروف لاتین نشان از عدم وجود تفاوت آماری دارد (P>۰/۰۵).



شکل ۱- نمودار مقادیر آمونیاک کل بدست آمده (روزهای ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ آزمایش) در محیط بیوفلاک و آب تمیز تحت مقادیر ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد غذادهی (N=۹)

مقدار آمونیاک کل در روزهای مختلف نمونه‌برداری (۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶) در جدول ۲ آورده شده است. روز ۱۴ آزمایش بیشترین میزان آمونیاک کل در تیمارهای با آب تمیز در مقایسه با تیمار بیوفلاک بدست آمد بطوریکه اثرمتقابل هم مشاهده نشد. روز ۲۸ آزمایش مقدار آمونیاک کل بطور معنی‌داری در تیمار BF2 سیستم بیوفلاک افزایش داشت. به طوریکه اثرمتقابل نیز مشاهده نشد. روز ۴۲ آزمایش مقدار آمونیاک کل در تیمارهای NF1 و NF2 افزایش و در تیمارهای بیوفلاکی با سطوح مختلف تغذیه کاهش معنی‌داری آماری داشت. عامل محیط پرورش و درصد غذادهی توانست بر مقدار آمونیاک در روز ۴۲ آزمایش اثر معنی‌داری داشته باشد (P<۰/۰۵). تجزیه و تحلیل آماری کل تیمارها در روز ۵۶ آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار آمونیاک کل در تیمار NF1 آب تمیز و کمترین آن در تیمارهای بیوفلاکی با سطوح مختلف غذادهی بدست آمد. عامل محیط پرورش و درصد غذادهی بطور مجزا توانستند بر مقدار آمونیاک کل اثرات معنی‌دار آماری داشته باشند (P<۰/۰۵).

جدول ۲- میانگین مقادیر آمونیاک کل (میلی‌گرم در لیتر) در روزهای ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ آزمایش در محیط بیوفلاک و آب تمیز

	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶
BF1	۰/۲۹۰ ±۰/۰۳۳$^{a-A}$	۰/۲۱۲ ±۰/۰۱۳$^{ab-AB}$	۰/۰۷۳ ±۰/۰۰۳$^{a-C}$	۰/۰۶۸ ±۰/۰۲۴$^{a-C}$
BF2	۰/۲۰۰ ±۰/۰۴۱$^{ab-A}$	۰/۲۴۵ ±۰/۰۳۴$^{a-A}$	۰/۰۶۹ ±۰/۰۲۲$^{a-C}$	۰/۰۲۷ ±۰/۰۱۵$^{b-C}$
BF3	۰/۱۷۸ ±۰/۰۶۳$^{b-A}$	۰/۱۶۳ ±۰/۰۲۹$^{b-B}$	۰/۰۵۴ ±۰/۰۱۱$^{a-C}$	۰/۰۲۰ ±۰/۰۱۲$^{b-C}$
NF1	۰/۲۳۴ ±۰/۰۱۸$^{a-A}$	۰/۲۱۵ ±۰/۰۶۱$^{a-AB}$	۰/۵۹۳ ±۰/۰۷۵$^{a-A}$	۰/۹۰۳ ±۰/۰۴۵$^{a-A}$
NF2	۰/۱۷۴ ±۰/۰۸۱$^{a-A}$	۰/۲۰۸ ±۰/۰۴۸$^{a-AB}$	۰/۵۷۲ ±۰/۰۲۹$^{a-A}$	۰/۷۴۴ ±۰/۰۳۸$^{b-B}$
NF3	۰/۱۷۷ ±۰/۰۹۹$^{a-A}$	۰/۱۸۱ ±۰/۰۱۷$^{a-AB}$	۰/۳۹۰ ±۰/۰۸۷$^{b-B}$	۰/۷۳۱ ±۰/۰۵۷$^{b-B}$
محیط پرورش	NS	NS	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱
درصد غذادهی	P =۰/۰۷۴	P =۰/۰۶۸	P =۰/۰۰۴	P <۰/۰۰۱
محیط × غذادهی	NS	NS	P =۰/۰۱۴	P =۰/۰۱۹

-در هر ستون عدم تشابه حروف لاتین نشان از اختلاف آماری معنی‌دار دارد (P<۰/۰۵). حروف کوچک در هر ستون برای مقایسه مجزای میانگین‌های گروه‌های تغذیه‌ای (BF1، BF2 و BF3) بیوفلاک و گروه‌های تغذیه‌ای (NF1، NF2 و NF3) آب تمیز، حروف بزرگ در هر ستون برای مقایسه میانگین کل تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

NS (non-significant) به‌معنی عدم وجود اثر معنی‌دار آماری در آزمایش

میانگین داده‌های بدست آمده از شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی کپور معمولی پرورش یافته تحت ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد غذادهی در دو سیستم بیوفلاک و آب تمیز در جدول ۳ آورده شده است. وزن نهایی و افزایش وزن بین تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). پایان ۶۰ روز دوره پرورش، بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن در تیمار BF1 و کمترین این عوامل در تیمارهای با ۸۵درصد (BF3 و NF3) به ثبت رسید. محیط پرورش و درصد غذاهی بصورت مجزا بر وزن نهایی و افزایش وزن تاثیر معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵) در حالیکه دو عامل محیط و درصد غذادهی بر این شاخص‌ها اثر متقابل نداشت (P>۰/۰۵). نرخ رشد ویژه در تیمار BF1 افزایش معنی‌دار آماری در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی داشت (P<۰/۰۵). محیط پرورش و درصد غذاهی بصورت مجزا بر نرخ رشد ویژه تاثیر معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵) در حالیکه دو عامل محیط و غذا بر نرخ رشد

ویژه اثرمتقابل نداشت (P>۰/۰۵). کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار بیوفلاک و بیشترین آن در تیمار بدون فلاک بدست آمد. ضریب تبدیل غذایی تحت تاثیر محیط پرورش و درصد غذادهی قرار گرفت (P<۰/۰۵) اما دو عامل بطور همزمان بر این شاخص اثر نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۳- میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی کپور تغذیه شده با مقادیر ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد غذادهی در دو سیستم بیوفلاک و آب تمیز به‌مدت ۶۰ روز

	وزن نهایی (گرم)	طول نهایی (سانتیمتر)	افزایش وزن (گرم)	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	ضریب چاقی (درصد)	ضریب تبدیل غذایی
BF1	۱۶/۷۳ ±۰/۶۹^{a}	۹/۳۴ ±۰/۳۳	۷/۷۸ ±۰/۵۷^{a}	۱/۱۱ ±۰/۰۵^{a}	۲/۰۶ ±۰/۲۴^{a}	۱/۲۹ ±۰/۰۹^{c}
BF2	۱۵/۱۲ ±۰/۹۸^{b}	۹/۴۰ ±۰/۳۶	۶/۱۱ ±۰/۸۴^{b}	۰/۹۲ ±۰/۰۹^{b}	۱/۸۳ ±۰/۲۱^{ab}	۱/۲۴ ±۰/۱۶^{c}
BF3	۱۲/۳۷ ±۱/۱۲^{d}	۹/۴۶ ±۰/۳۴	۳/۳۱ ±۱/۲۶^{d}	۰/۵۵ ±۰/۱۸^{c}	۱/۴۶ ±۰/۱۳^{c}	۲/۰۵ ±۰/۸۶^{ab}
NF1	۱۴/۹۸ ±۰/۵۱^{b}	۹/۵۸ ±۰/۵۶	۵/۸۶ ±۰/۵۷^{b}	۰/۸۸ ±۰/۰۸^{b}	۱/۷۲ ±۰/۲۷^{bc}	۱/۶۳ ±۰/۱۶^{bc}
NF2	۱۳/۷۱ ±۱/۰۷^{c}	۹/۱۴ ±۰/۳۰	۴/۸۱ ±۱/۰۸^{c}	۰/۷۶ ±۰/۱۴^{b}	۱/۸۱ ±۰/۲۷^{ab}	۲/۳۸ ±۰/۵۵^{a}
NF3	۱۱/۸۰ ±۰/۵۱^{d}	۹/۱۲ ±۰/۲۴	۲/۵۹ ±۰/۶۴^{d}	۰/۴۴ ±۰/۱۰^{c}	۱/۵۶ ±۰/۱۲^{bc}	۲/۶۰ ±۰/۶۸^{a}
محیط پرورش	P =۰/۰۰۱	NS	P <۰/۰۰۱	P =۰/۰۰۱	NS	P =۰/۰۰۱
درصد غذادهی	P <۰/۰۰۱	NS	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱	P =۰/۰۰۱	P =۰/۰۰۴
محیط × غذادهی	NS	NS	NS	NS	NS	NS

در هر ستون عدم تشابه حروف لاتین نشان از اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵). NS (non-significant) به‌معنی عدم وجود اثر معنی‌دار آماری در آزمایش

نتایج تجزیه برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی کپور تغذیه شده با سه سطح غذادهی در دو محیط پرورش در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر گلوکز و پروتئین بین تیمارهای مختلف غذایی و محیطی اختلاف آماری داشت (P<۰/۰۵). اثر متقابل بین محیط و درصد غذادهی بر مقدار گلوکز خون وجود داشت (P<۰/۰۵). مقدار کورتیزول بین دو گروه ماهی در محیط بیوفلاک و آب تمیز اختلاف معنی‌دار آماری داشت (P<۰/۰۵) بطوریکه درصد غذادهی بر مقدار این هورمون اثر معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵). بیشترین مقدار این هورمون در آب تمیز و کمترین آن در محیط بیوفلاک به‌ثبت رسید. اثر متقابل بین محیط و غذادهی وجود داشت (P<۰/۰۵). فعالیت لایزوزیم بین تیمارهای آزمایشی اختلاف اماری معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار این شاخص در تیمار BF1 و کمترین مقدار آن در تیمارهای BF3، NF2 و NF3 بدست آمد. محیط پرورش و درصد غذادهی بر فعالیت لایزوزیم تاثیر گذاشت (P<۰/۰۵). ایمنوگلوبین در تیمارهای آزمایشی تفاوت داشت (P<۰/۰۵) بطوریکه بیشترین مقدار آن در تیمارهای با بیشترین درصد غذادهی (۱۰۰ و ۸۵ درصد) در دو محیط پرورش و کمترین مقدار ایمنوگلوبین در تیمار با کمترین مقدار غذادهی (۷۰ درصد) در دو محیط پرورش بدست آمد. محیط پرورش و درصد غذادهی بر مقدار ایمنوگلوبین تاثیر گذاشت (P<۰/۰۵).

جدول ۴- تجزیه بیوشیمیایی خون ماهی کپور تغذیه شده با سه سطح غذایی در دو محیط بیوفلاک و آب تمیز

	گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	پروتئین (گرم در دسی‌لیتر)	کورتیزول (میکروگرم در دسی‌لیتر)	لایزوزیم (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	ایمنوگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)
BF1	۱۲۴/۷۲ ±۳/۶۰^{a}	۲/۴۲ ±۰/۲۲^{a}	۵۳/۰۴ ±۳/۴۹^{b}	۳۶/۱۱ ±۰/۴۵^{a}	۱۳/۶۰ ±۰/۶۲^{a}
BF2	۱۰۵/۰۶ ±۱۰/۹۳^{b}	۲/۳۰ ±۰/۱۱^{ab}	۵۱/۶۵ ±۲/۶۹^{b}	۳۳/۰۵ ±۰/۳۵^{ab}	۱۳/۵۱ ±۰/۱۰^{a}
BF3	۷۸/۳۷ ±۷/۰۷^{c}	۱/۹۴ ±۰/۰۸^{cd}	۵۰/۴۲ ±۰/۹۳^{b}	۲۴/۴۰ ±۳/۸۴^{c}	۱۰/۶۹ ±۰/۲۹^{b}
NF1	۱۳۳/۹۵ ±۳/۱۶^{a}	۲/۱۵ ±۰/۱۲^{bc}	۶۱/۳۰ ±۲/۸۴^{a}	۳۱/۹۶ ±۰/۵۲^{b}	۱۲/۸۴ ±۰/۴۱^{a}
NF2	۱۰۴/۱۸ ±۵/۲۲^{b}	۲/۱۹ ±۰/۰۹^{abc}	۶۲/۴۱ ±۰/۸۷^{a}	۲۵/۰۶ ±۱/۰۰^{c}	۱۲/۷۵ ±۰/۶۶^{a}
NF3	۸۵/۵۰ ±۱/۶۰^{c}	۱/۸۹ ±۰/۱۳^{d}	۶۳/۶۸ ±۱/۱۱^{a}	۲۳/۱۷ ±۱/۳۲^{c}	۱۰/۵۱ ±۰/۴۹^{b}
محیط پرورش	NS	P =۰/۰۴۳	P <۰/۰۰۱	P =۰/۰۰۱	P =۰/۰۲۲
درصد غذادهی	P <۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	NS	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱
محیط × غذادهی	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱	P <۰/۰۰۱

-در هر ردیف ستون تشابه حروف لاتین نشان از اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$). *NS* (*non-significant*) به‌معنی عدم وجود اثر معنی‌دار آماری در آزمایش

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در راستای افزایش تولید آبزیان در صنعت آبزی‌پروری استفاده از فناوری‌های نو جهت کاهش ورود فاضلاب‌های پرورش ماهی به محیط زیست مورد توجه محققین قرار گرفته است. فناوری بیوفلاک برای تحقق آبزی‌پروری پایدار در حال توسعه است که با استفاده بهینه از منابع آبی، کاهش آلودگی ناشی از تخلیه مواد نیتروژنی به اکوسیستم‌ها، افزایش و پایداری در تولید آبزیان می‌توان به آن دست یافت (Crab *et al.*, 2012). یکی از فاکتورهای مهم برای پرورش آبزیان کنترل و مدیریت کیفیت آب محیط پرورش است که بر اساس گزارشهای منتشر شده فناوری بیوفلاک، فن افزایش کیفیت آب از طریق تزریق کربن به سیستم آبزی‌پروری است (Avnimelech, 2008). در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای تغذیه‌ای با سطوح مختلف غذادهی درشاخص‌های دما، پی-اچ، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، قلیائیت و کل مواد جامد محلول وجود نداشت. با افزایش مقدار غذادهی نیز مقدار آمونیاک کل در دو محیط پرورش بیشتر شد، اما بیوفلاک توانست بر مقدار آمونیاک کل تاثیر گذاشته و مقدار آن را نسبت به محیط بدون فلاک کاهش دهد. در سال‌های اخیر مطالعات متعددی سیستم بیوفلاک را مورد ارزیابی قرار دادند که بطور کلی در صورت تنظیم نسبت کربن به نیتروژن می‌توان این سیستم را به‌عنوان یک محیط آبی مناسب برای پرورش ماهیان همه‌چیزخوار و کفزی‌خوار از جمله ماهی کپور معمولی معرفی کرد. در این راستا، عظیمی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که بکارگیری نسبت کربن به نیتروژن (۱۵:۱) باعث بهبود شاخص‌های کیفی آب و کاهش مصرف آب در سیستم بیوفلاک می‌شود.

مدیریت تغذیه و غذادهی، از فاکتورهای مهم در صنعت آبزی‌پروری بشمار می آیند (Wang *et al.*, 2009). یکی از راهکارهای اساسی برای افزایش میزان سوددهی در فعالیت‌های آبزی‌پروری بدست آوردن رشد مطلوب است. در مطالعه حاضر، شاخص‌های رشد و تغذیه همچون وزن و طول نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی‌دار آماری در تیمارهای آزمایشی نشان داد. بیشترین مقادیر بدست

آمده از شاخص‌های رشد در تیمار BF1 و کمترین آن در تیمار BF3 و NF3 بدست آمد. این نتایج نشان از اثر محیط پرورش و در صد غذادهی بصورت مجزا دارد و اثر متقابل بین محیط و در صد غذدهی بر مقدار شاخص‌های رشد وجود نداشت. ضریب تبدیل غذایی بین تیمارهای آزمایشی اختلاف آماری داشت بطوریکه کمترین آن در تیمارهای BF1 و BF2 و بیشترین این معیار در تیمارهای NF2 و NF3 بدست آمد. محیط پرورش و درصد غذادهی بطور مجزا بر ضریب تبدیل غذایی تاثیر معنی‌دار دارد، در حالیکه اثر متقابل محیط و در صد غذادهی مشاهده نشد. اگرچه به دلیل کیفیت پایین بچه ماهی، رشد پس از ۶۰ روز دوره پرورش در حد مطلوب نبود، اما مقایسه آماری نشان از تاثیر مثبت محیط بیوفلاک در مقایسه با محیط آب تمیز داشت. به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد رشد و بهره‌وری تغذیه در سیستم بیوفلاک به‌خاطر کیفیت خوب آب محیط پرورش باشد (Wang *et al.*, 2015)، بیوفلاک می‌تواند بطور مستمر توسط ماهی به‌عنوان یک منبع غذایی با کیفیت خوب مصرف شود (Ekasari and Maryam., 2012). در این مطالعه، پایین بودن ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای بیوفلاک BF1 و BF2 با مقادیر ۲/۵۰ و ۲/۱۲ در صد وزن بدن غذادهی در مقایسه با تیمارهای آب تمیز (NF2 و NF3) می‌تواند بدلیل تولید و مصرف متناسب پروتئین میکروبی باشد (Bakhshi *et al.*, 2018). از اهداف قابل توجه تولید آبزیان در سیستم بیوفلاک می‌توان به کاهش هزینه تولید، افزایش تولید در واحد سطح و کاهش بارآلودگی محیط زیست اشاره کرد. در مطالعه حاضر برای بهینه‌سازی مصرف غذای ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک از کاهش غذادهی و به‌عبارتی جایگزینی فلاک در محیط پرورش بجای غذای تجاری استفاده شد. علاوه بر این در راستای استفاده حداکثری از محیط بیوفلاک، آدینه و همکاران (Adineh *et al.*, 2019) گزارش دادند که تراکم ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک را می‌توان از ۶ به ۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داد. علاوه بر این محمودی خوش دره‌گی و همکاران (۱۳۹۸) در گزارش خود نشان دادند که در سیستم بیوفلاک می‌توان سطح پروتئین جیره غذایی ماهی کپور معمولی را از ۳۵ درصد به ۲۷ درصد کاهش داد که نشان از کمک بیوفلاک به سلامت فیزیولوژیک ماهی است.

بر اساس گزارشات منتشر شده نرخ غذادهی به طور معمول می‌تواند بخاطر مصرف زیست توده بیوفلاک توسط آبزیان همچون میگو بیش از ۳۰ درصد کاهش یابد (Panjaitan, 2004). در همین راستا، جایگزینی ۲۵ درصد از نرخ غذادهی غذای روزانه منجر به بهبود کارایی رشد، فعالیت آنزیم‌های هضمی و شرایط کبدی ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک می‌گردد (Najdegerami *et al.*, 2016). همچنین پرورش ماهی تیلاپیا در محیط بیوفلاک بدون تعویض آب توانایی کاهش نرخ غذادهی تا حدود ۲۰ درصد در مقایسه با سیستم‌های پرورش معمول با تبادل آب را دارا ست (Avnimelech *et al.*, 1994). به‌طورکلی در سیستم پرورشی بیوفلاک، بازده غذایی به‌دلیل حضور منبع تغذیه اضافی برای ماهی به‌صورت بیوماس میکروبی نسبت به روش‌های معمولی پرورش بهتر است (Ekasari *et al.*, 2010).

شاخص‌های خونی تحت تاثیر عوامل محیطی، تغذیه و غیره قرار می‌گیرد (Fanouraki *et al.*, 2007). بنابراین سنجش شاخص‌های خونی یکی از شاخص‌های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامت و فیزیولوژی ماهیان است. ترکیبات فعال زیستی همچون کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، فیتوستول‌ها، بروموفنل‌ها، قندهای آمینو (Ju *et al.*, 2008) و ترکیبات ضد باکتری (Crab *et al.*, 2010) در محیط‌های حاوی فلاک می‌تواند اثرات مثبت قابل توجهی بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون داشته باشد. همچنین گزارش شده است که برخی از ترکیبات فعال زیستی در بیوفلاک قادر به بهبود وضعیت سلامت فیزیولوژیک موجودات پرورشی می‌باشد و ممکن است به‌عنوان تحرک‌کننده ایمنی عمل کنند (Zhao *et al.*, 2013). نتایج مطالعه حاضر حاکی از این است که کمترین مقدار هورمون کورتیزول در همه تیمارهای بیوفلاک بدست آمد که نشان از ضد استرس بودند محیط بیوفلاک است (Adineh *et al.*, 2019). در

این راستا، بکارگیری منابع مختلف کربن (تاپیکو، گندم، ذرت و تفاله چغندرقند) توانست باعث کاهش کورتیزول و گلوکز ماهی روهو (*Labeo rohita*) در تیمار بیوفلاک بر پایه تاپیکو شود (Irshad Ahmad *et al.*, 2016). در ماهی، تولید کورتیزول از بافت بین‌کلیوی توسط فاکتور آزاد کننده کورتیکوتروفین (CRF) رخ می‌دهد و در مقابل ترشح هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک (ACTH) از بخش قدامی غده هیپوفیز مانع از ترشح کورتیزول می‌گردد (Fryer and Lederis, 1986). هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک هورمونی است که اغلب به دنبال کاهش سطح گلوکوکورتیکوئیدها یا افزایش نیاز بدن در مواردی مانند استرس آزاد می‌شود.

در این پژوهش، بیشترین میزان فعالیت لایزوزیم و ایمنوگلوبین در تیمارهای با ۱۰۰ و ۸۵ درصد غذادهی برابر ۲/۵ و ۲/۱۲ درصد در دو محیط بیوفلاک و آب تمیز بدست آمد که مشخص می‌کند که برآورد شدن نیاز غذایی ماهی کپور معمولی بالای ۲ درصد است و در صورت کاهش غذادهی علاوه بر کاهش عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی همچون لایزوزیم و ایمنوگلوبین نیز کاهش می‌یابد. در فعالیت‌های آبزی‌پروری هزینه غذا ۴۰ تا ۵۰ درصد هزینه پرورش را به خود اختصاص می‌دهد (Kumar *et al.*, 2017). غذایی که در اختیار ماهی قرار داده می‌شود با نوسانات کوتاه مدت اشتهای ماهی، تغییرات تقاضای غذا همگام با رشد ماهی و دمای آب و سایر تغییرات فاکتورهای زیست محیطی ارتباط دارد. اثر استراتژی‌های مختلف غذایی در حد سیری و غذادهی محدود بر شاخص های خونی تاس ماهی سیبری *Acipenser baerii* در اندازه‌های بزرگ و کوچک نشان داد که این استراتژی اثرات نامطلوبی بر فاکتورهای خونی نداشت (جعفری و همکاران، ۱۳۹۷). در بین فاکتورهای خونی، مونوسیت‌ها از جمله سلول‌های عملکردی فرعی محسوب می‌شوند و با تولید لایزوزیم در ایمنی ماهیان موثر هستند (Saurabh and Sahoo, 2008).

بیشتر مطالعات انجام شده متمرکز بر محرومیت غذایی و یا تناوب غذایی در سیستم‌های معمولی پرورش است در حالیکه در مطالعه حاضر از کاهش درصد غذادهی در سیستم بیوفلاک استفاده شد. در گزارشی که اثر گرسنگی بر ایمنی غیر اختصاصی همچون میزان فعالیت لایزوزیم در ماهی شانک زرد باله انجام شده بود مشخص گردید که گروه تغذیه نشده سایز ۷/۴۶ گرم کاهش معنی‌داری در مقایسه با گروه تغذیه نشده با سایز ۱۸/۰۱ گرم داشت (اکبری، ۱۳۹۵) که این تغییرات وابسته به سن، اندازه، جنس و گونه ماهی است (Caruso *et al.*, 2012). از آنجائیکه گرسنگی حالت استرس مزمن محسوب می‌شود، بنابراین عدم کنترل و تنظیم این فرایند می‌تواند منجر به مهار رشد، اختلال در تولیدمثل و پاسخ ایمنی شود (Liu *et al.*, 2020) از اینرو برای تنظیم مقدار غذای تجویزی در مزارع پرورش بخصوص محیط های حاوی بیوفلاک اینگونه تحقیقات پایه مورد نیاز است. این مطالعه نشان داد که تغذیه ماهی کپور معمولی به‌میزان ۲/۱۲ تا ۲/۵ درصد وزن بدن از غذای تجاری در سیستم بیوفلاک در مقایسه با استفاده از سیستم آب تمیز می‌تواند بر عملکرد رشد و ایمنی ماهی تاثیر مثبت معنی‌داری داشته باشد. بطور کلی کیفیت آب محیط بیوفلاک نسبت به محیط آب تمیز بهتر و با افزایش مقدار غذادهی مقدار آمونیاک افزایش یافت.

تقدیر و تشکر

این مقاله استخراج از طرح ثبت شده به‌شماره ۶/۱۹۱ در دانشگاه گنبد کاووس است. نویسنده از حمایت مالی معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌نماید.

۵. منابع References

Adineh, H., Naderi, M., Kademi Hamidi, M., Harsij, M., 2019. Biofloc technology improves growth, innate immune responses, oxidative status, and resistance to acute stress in common carp (*Cyprinus carpio*) under high stocking density. *Fish & shellfish immunology* 95, 440-448.

Akbary, P., 2016. Effects of Fasting on Growth Patterns, Body Chemical Composition and Non-Specific Immune Parameters in Two Weights of Yellow Fin Seabream, *Acanthopagrus latus*, Houttyn, 1782. *Journal of Fisheries* 69(2), 133-143. (In Persian)

APHA., 1998. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, DC.

Avnimelech, Y., 1999. Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227–235.

Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 46(3), 119–131.

Avnimelech, Y., Verdegem, M.C.J., Kurup, M., Keshavanath, P., 2008. Sustainable land based aquaculture: rational utilization of water, land and feed resources. *Mediterranean Aquaculture Journal* 1, 45-55.

Azim, M.E., 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* 283(1-4), 29-35.

Azimi, A., Jafaryan, H., Harsij, M., Gholipour, H., Patimar, R., 2017. Eeffec of C/N different ratios on water quality parameters and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings in biofloc system. *Journal of Aquaculture Development* 10(4), 75-89. (In Persian)

Bakhshi, F., H Najdegerami, E., Manaffar, R., Tokmechi, A., Rahmani Farah, K., Shalizar Jalali, A., 2018. Growth performance, haematology, antioxidant status, immune response and histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed biofloc grown on different carbon sources. *Aquaculture Research* 49(1), 393-403.

Borges, A., Scotti, L.V., Siqueira, D.R., Jurinitz, D.F., Wassermann, G.F., 2004. Hematologic and serum biochemical values for jundia (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry* 30, 21-25.

Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., Maricchiolo, G., 2012. Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non-specific immune parameters. *Marine Environmental Research* 81, 18-25.

Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., Verstraete, W., 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquacultural Engineering* 41, 559–567.

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

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277(3-4), 125-137.

Ekasari, J., Crab, R., Verstraete, W., 2010 Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *Hayati Journal of Biosciences* 17(3),125-130.

Ekasari, J., Maryam, S., 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis sp.* cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences* 19(2), 73-80.

Ellis, A.E., 1990. Lysozyme assays. In: Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Anderson, D.P., Robertson, B.S., Van Muiswinkel, publication. pp. 101-103.

Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G., 2013. Biofloc Technology: A review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now-cultivation and utilization* 301-328.

Enache, I., Cristea, V., Ionescu, T., Ion, S., 2011. The influence of stocking density on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*, in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation - International Journal of the Bioflux Society* 4, 146-153.

Fanouraki, E., Divanach, P., Pavlidis, M., 2007. Baseline values for acute and chronic stress indicators in sexually immature red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture* 265 (1-4), 294-304.

FAO., (2020). FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2018. Rome, Italy.

Fryer, J.L., Lederis, K., 1986. Control of corticotropin secretion in teleost fishes. *American Zoologist* 26, 1017–1026.

Irshad Ahmad. H., Verma, A.K., Babitha Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N., Gora, A.H., 2016. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture* 456, 61-67.

Jafary Pastaky, N., Falahatkar, B., Sajjadi, M., 2018. Effect of feeding strategies on growth performance and hematological indices of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) at different sizes. *Aquatics Physiology and Biotechnology* 6(2),1-22. (In Persian)

Ju, Z.Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., 2008. Enhanced growth effects on shrimp, *Litopenaeus vannamei* from inclusion of whole shrimp floc or floc fractions to a formulated diet. *Aquaculture Nutrition* 14, 533–543.

Kumar, P., Jain, K.K., MunilKumar, S., Sudhagar, S.A., 2017. Alternate feeding strategies for optimum nutrient utilization and reducing feed cost for semi-intensive practices in aquaculture system-A review. *Agricultural Reviews* 38(2), 145-151.

Liu, X., Shi, H., He, Q., Lin, F., Wang, Q., Xiao, S., Zhao, H., 2020. Effect of starvation and refeeding on growth, gut microbiota and non-specific immunity in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀× *E. lanceolatus*♂). *Fish and Shellfish Immunology* 97, 182-193.

Mahmoudi Khoshdarehgi, M., Haji Moradloo, A., Dastar, B., 2019.Determining the appropriate level of protein in diet of *Cyprinus carpio* fry based on some parameters of growth, blood and serum biochemistry in biofloc system. *Journal of Applied Ichthyological Research* 7(1), 61-84. (In Persian)

Martins, G.B., Tarouco, F., Rosa, C.E., Robaldo, R.B., 2017. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 468, 10-17.

Najdegerami, E.H., Bakhshi, F., Lakani, F.B., 2016. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. *Fish Physiology and Biochemistry* 42(2), 457-465.

Panjaitan, P., 2004. Field and laboratory study of *Penaeus monodon* culture with zero water exchange and limited water exchange model using molasses as a carbon source. Ph.D. Thesis, Charles Darwin Univ., Darwin, NT, Australia.

Saurabh, S., Sahoo, P.K., 2008. Lysozyme: an important defiance molecule of fish innate immune system. *Aquaculture Research* 39(3), 223-239.

Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., Verreth, J.A.J., 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 32, 379–401.

Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G., Ozyurt, C.E., 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18C). *Food Chemistry* 99, 335-341.

Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Zheng, Z., 2015. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 443, 98-104.

Wang, N., Xu, X., Kestemont, P., 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture* 289, 70–73.

Xu, W.J., Pan, L.Q., Zhao, D.H., Huang, J., 2012. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture* 350, 147-153.

Zhao, Z.G., Xu, Q.Y., Luo, L., Yin, J.S., Wang, C.A., 2013. Effect of adding carbon source on growth of fish and water quality in Songpu mirror Carp (*Cyprinus specularis* Songpu) pond. *Journal of Northeast Agricultural University* 44 (9), 105–112.