

مقاله علمی - پژوهشی:

مقایسه سیستم مدار بسته و بایوفلاک بر تغییرات شاخص‌های رشد، ایمنی غیر اختصاصی و ترکیبات بیوشیمی لاشه کپور ماهی معمولی (*Cyprinus carpio*)

مونا تبرک^۱، سید جعفر سیف آبادی^{۲*}، غلام رضا صالحی جوزانی^۳، حبیب الله یونسی^۴

*jseyfabadi@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- گروه زیست شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۳- گروه میکروبی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج، کرج، ایران

۴- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۹

چکیده

تحقیق حاضر به منظور سنجش و مقایسه سیستم‌های پرورش ماهی بر اساس شاخص‌های تغذیه، رشد، ایمنی غیر اختصاصی و ترکیبات لاشه ماهی کپور معمولی انجام شد. ماهیان با میانگین وزنی حدودی $21/5 \pm 0/3$ گرم انتخاب و بعد از طراحی سیستم‌های مورد نظر و طی دوره سازگاری، در تانک‌های فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری در چهار تیمار (بایوفلاک، مدار بسته و دو تیمار شاهد) به مدت دو ماه پرورش داده شدند. در انتهای دوره پرورش شاخص‌های رشد، ایمنی و ترکیبات لاشه ماهیان مورد آزمایش قرار گرفت. در نهایت بین شاخص‌های رشد و تغذیه مانند وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی و نیز شاخص‌های ایمنی غیر اختصاصی بین تیمارهای بایوفلاک و مدار بسته اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/05$). در بین تیمارهای بایوفلاک، مدار بسته و شاهد ۱ از لحاظ ترکیبات پروتئین، چربی و رطوبت اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$). اما بین این تیمارها با تیمار شاهد ۲ اختلاف معناداری وجود داشت ($p < 0/05$). از لحاظ شاخص‌های ایمنی نیز اختلاف معناداری بین سیستم مدار بسته و بایوفلاک مشاهده نشد، اما میزان سوپر اکسیداز دیسموتاز در تیمار بایوفلاک سطح بالاتری را نشان داد. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که تیمار بایوفلاک از نظر شاخص‌های رشد، ایمنی غیر اختصاصی مانند سوپراکسیداز دیسموتاز و نیز ترکیبات لاشه با توجه به کاهش غذای مصرفی روزانه شرایط بهتری را جهت پرورش کپور ماهی معمولی فراهم نماید.

لغات کلیدی: بایوفلاک، مدار بسته، کپور معمولی، رشد، ترکیبات لاشه

*نویسنده مسئول

مقدمه

آبزیان تنها ۲۵-۲۰٪ از پروتئین غذا را به توده زیستی تبدیل می‌کنند و مابقی را به صورت پساب دفع می‌کنند و باعث آلودگی آب و خاک می‌شوند (2003 Avnimelech and Ritvo). جهت رفع این مشکل می‌توان از سیستم‌های دوست‌دار محیط زیست مانند سیستم مداربسته (Dalsgaard *et al.*, 2013) و بایوفلاک (Ekasari *et al.*, 2015) استفاده کرد. سیستم مدار بسته از پیچیدگی ساختار و تکنولوژی بالایی برخوردار است، در این سیستم آبزیان در تراکم بالا پرورش داده می‌شوند. بنابراین، برای حفظ کیفیت آب از کنترل‌گرهای محیطی زیادی جهت تنظیم pH، زدودن کف، فیلترهای حذف مواد جامد، حذف دی اکسید کربن و غیره استفاده می‌شود. قلب این سیستم بخش بایوفیلتر آن است که با کمک باکتری‌های نیتریفیکاسیون کننده آمونیاک دفعی آبزیان را به نیترات تبدیل می‌کند (Rijn, 1996). از سوی دیگر، سیستم بایوفلاک بر اساس تنظیم نسبت کربن به نیتروژن کارایی دارد (Avnimelech, 1999). عمده فعالیت این سیستم بر عهده باکتری‌های هتروتروف است که از منبع خارجی کربن مانند ملاس، ذرت و ... استفاده کرده و پساب‌های نیتروژن‌دار را از سیستم پرورش حذف می‌کند. اگر میزان کربن و نیتروژن در حد تعادل باشد، آمونیوم و نیتروژن دفعی به بایوماس باکتریایی تبدیل می‌شود (Emerenciano *et al.*, 2013) (سرسنگی و همکاران، ۱۳۹۹) و می‌توان از آن به عنوان منبع غذایی استفاده کرد (Hargreaves, 2006).

تحقیقات نشان می‌دهد این سیستم اثر مطلوبی بر شاخص‌های رشد، خونی و ایمنی آبزیان دارد (Wasielky *et al.*, 2006; Azim and Little, 2008; Megahed 2010; Liu *et al.*, 2018). مشکلات مربوط به خشکسالی و کمبود آب در ایران سبب شده است که برای مدیریت هرچه بهتر به سمت پرورش ماهیان مقاوم با شرایط زیست محیطی سخت برنامه‌ریزی شود. بنابراین، در این تحقیق از ماهی کپور معمولی به عنوان یک مدل مقاوم، گرمایی استفاده شده است. در این تحقیق دو سیستم مداربسته و بایوفلاک مقایسه شده و در انتهای دوره پرورش شاخص‌های رشد، ایمنی غیر اختصاصی و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه کپور ماهی معمولی ارزیابی و مقایسه گردید.

مواد و روش کار

تحقیق حاضر در آزمایشگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه تربیت مدرس از تیر ماه سال ۱۳۹۶ آغاز و تا پایان شهریور همان سال ادامه داشت. در ابتدا ۳۶۰ عدد بچه ماهی کپور ماهی با وزن اولیه $21/5 \pm 0/3$ گرم از مرکز پرورش ماهی آمل تهیه شد و به آزمایشگاه پرورش آبزیان انتقال یافت. پس از طی دو هفته سازگاری ماهیان و طراحی سیستم‌های پرورش آبزیان، در چهار تیمار (جدول ۱)، هر تیمار در سه تکرار و در هر تانک ۳۰ قطعه ماهی قرار داده شد.

جدول ۱: مشخصات شاهد و تیمارهای مورد ارزیابی

Table 1: Details of the evaluated control and treatments

تیمارهای مورد بررسی	تعویض آب روزانه	فیلتر فیزیکی	فیلتر زیستی	منبع کربن خارجی	میزان غذایی
سیستم مدار بسته	ندارد	دارد	دارد (خارج از منبع پرورش ماهی)	ندارد	۱۰۰٪ نیاز روزانه
بایوفلاک	ندارد	ندارد	دارد (داخل خود تانک پرورش ماهی)	دارد (آرد ذرت)	۹۰٪ نیاز روزانه
شاهد ۱	دارد	ندارد	ندارد	ندارد	۱۰۰٪ نیاز روزانه
شاهد ۲	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	۱۰۰٪ نیاز روزانه

تیمار شماره یک: سیستم پرورش مدار بسته:

در این سیستم از فیلتر شنی و صافی‌های پلاستیکی استفاده شد تا میزان بار آلی آب را کاهش دهند. سپس بایوفیلتر با مدیای پلاستیکی جهت تشکیل بایوفیلم باکتریایی قرار داده شد. در انتها از فیلتر ذغال فعال جهت حذف بوی آب و کامل شدن فیلتراسیون استفاده گردید. از بیکربنات سدیم به عنوان منبع کربن و نیز از هیدروکسید آمونیوم برای بالا نگه داشتن pH آب استفاده شد (شکل ۱).

تیمار شماره دو: سیستم بایوفلاک: در این تیمار از آرد ذرت به عنوان منبع کربن استفاده شد.

تیمار شاهد ۱: تعویض ۵۰ درصدی روزانه آب: در این تیمار روزانه ۵۰ درصد از آب تانک‌های پرورش ماهی با آب تمیز تعویض می‌گردید. در این تیمار هیچ‌گونه

فیلتراسیون صورت نمی‌گرفت.

تیمار شاهد ۲: بدون تعویض آب مشابه شرایط بسته بدون فیلتر: جهت مقایسه با سیستم بایوفلاک در این تیمار هیچ‌گونه منبع خارجی کربن اضافه نگردید.

سیستم مدار بسته طبق شکل ۱ طراحی گردید که شامل تانک‌های پلی اتیلن ۱۰۰ لیتری برای پرورش و مجموعه ای از تانک‌های متوالی به عنوان فیلتر بود. در این سیستم از فیلتر شنی ساده، ۳ فیلتر فیزیکی (فیلترهای ۱، ۲، ۳ f) برای حذف مواد جامد سپس بایوفیلتر و بعد از آن فیلتر ذغال فعال تعبیه گردید (شکل ۱). به منظور تامین اکسیژن مورد نیاز ماهیان در داخل هر تانک پرورش دو سنگ هوا قرار گرفت. میزان غذادهی ۳ درصد وزن بدن ماهیان در ۴ نوبت (ساعت ۸ صبح، ۱۱ ظهر، ۲ بعد از ظهر و ۶ بعد از ظهر) انجام می‌شد.



شکل ۱: نمایی شماتیک از سیستم مدار بسته طراحی شده

Figure 1: Schematic view of the designed RAS system

جدول ۱ و نسبت کربن به نیتروژن ۱۵، Avnimelech, (2009)، پساب و خاک مزارع ماهی اضافه شد مخزن ۶۱

جهت ایجاد سیستم بایوفلاک در یک مخزن از مواد آلی شامل خوراک تجاری ماهی با مشخصات ارائه شده در

می‌یافت). بایوفلاک آماده شده به تانک‌های پرورش ماهی اضافه گردید. علاوه بر این، شاخص‌های فیزیک و شیمیایی آب (دما، pH و اکسیژن) با استفاده از دستگاه 3630IDS SETG ساخت کشور آلمان به صورت روزانه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

فلاک به شدت هوا دهی شد. منبع کربنی مورد استفاده نشاسته ذرت بود که در طول آزمایش برای حفظ نسبت کربن به نیتروژن نیز استفاده شد (حدود ۹/۳ گرم آرد ذرت روزانه به همراه غذاده به هر تکرار تیمار بایوفلاک اضافه شد و هر دو هفته یکبار بعد از وزن کشی ماهیان بر اساس درصد غذادهی میزان آرد ذرت نیز افزایش

جدول ۲: ترکیب شیمیایی پلت غذایی مورد استفاده

Table 2: Chemical composition of the pellets

مقدار	شیمیایی ترکیب
۳۲	پروتئین (%)
۱۰	چربی (%)
۱۹	خاکستر (%)
۲	کلسیم (%)
۰/۵	فسفر (%)
۳	فیبر (%)
۳۱۰۰	انرژی (kcal/kg)

بررسی شاخص‌های رشد

رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی با استفاده از روش‌های معمول و روابط ذیل تعیین شدند (Torstensen *et al.*, 2008).

در ابتدای دوره و انتهای دوره تمام ماهیان با ترازوی دقیق وزن شدند. بعد از بیهوشی با عصاره گل میخک درصد زنده انی و سایر شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، نرخ

$100 \times (\text{تعداد ماهیان انتهای دوره} / \text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره}) = \text{درصد زنده مانی}$

$\text{وزن ابتدایی به گرم} - \text{وزن انتهایی به گرم} = \text{افزایش وزن بدن (WG)}$

$100 \times (\text{روزهای دوره پرورش} / [\ln(\text{وزن ابتدایی}) - \ln(\text{وزن انتهایی})]) = \text{رشد ویژه نرخ (SGR)}$

$\text{افزایش وزن به گرم} / \text{خوراک مصرف شده به گرم} = \text{ضریب غذایی تبدیل (FCR)}$

میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز از روش Marklund و Marklund (۱۹۷۴) استفاده شد.

بررسی شاخص‌های ایمنی غیر اختصاصی ماهی

برای تهیه سرم خون در انتهای آزمایش از هر تکرار ۳ عدد ماهی پس از بیهوشی با سرنگ ۳ میلی لیتر غیرهپارینه خون گیری شد. جهت تعیین میزان لایوزیم سرم از روش Clerton (۲۰۰۱) و بر مبنای لیز شدن باکتری گرم مثبت حساس به آنزیم لایوزیم (*Micrococcus lysodeikticus*) استفاده گردید (Tukmechi *et al.*, 2007). جهت تعیین فعالیت همولیتیک کمپلمان از روش Amar و همکاران (۲۰۰۰) براساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش RaABC استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری

بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی لاشه ماهی

جهت تجزیه و تعیین ترکیبات بیوشیمیایی لاشه کپور ماهی‌ها در پایان دوره آزمایش، از هر تانک آزمایشی ۳ قطعه ماهی پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی صید و به منظور آنالیز ترکیب بیوشیمیایی، کل بدن ماهی به آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس منتقل شد. با استفاده از روش کار استاندارد آنالیز تقریبی

شاخص‌های رشد، تغذیه و آنالیز بیوشیمیایی لاشه بر اساس آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) ارزیابی شد و در صورت معنی‌دار بودن با آزمون Duncan، جهت مقایسه میانگین‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت ($p < 0/05$) در این آزمون، تیمارهای مختلف به عنوان عامل مستقل و شاخص‌های مورد بررسی به عنوان عامل وابسته در نظر گرفته شد.

نتایج

دمای آب اندازه‌گیری شده (درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ روز)، به صورت روزانه (میانگین \pm SD) در هر چهار سیستم مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p > 0/05$). اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر) به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) در سیستم بایوفلاک کمتر از سیستم مدار بسته بود. میانگین سطوح pH به طور معنی‌داری در سیستم بایوفلاک کمتر از سیستم مدار بسته بود ($p < 0/05$). سنجش پارامترهای کیفی آب در جدول ۳ ارائه شده است.

میزان رطوبت، چربی خام، پروتئین خام و خاکستر صورت گرفت (AOAC, 1998). جهت محاسبه رطوبت، ابتدا نمونه‌ها وزن شده، سپس درون پتری دیش قرار داده شد و در دمای ۳۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۶ ساعت پس از ثابت شدن وزن در آون خشک گردید. پس از خارج نمودن از آون، نمونه‌ها در دسیکاتور قرار گرفتند و وزن شدند. با محاسبه اختلاف وزن به دست آمده درصد رطوبت مشخص گردید. چربی خام به روش سوکسله محاسبه شد. پروتئین خام با اندازه‌گیری نیتروژن کل با استفاده از روش کج‌لدال و از طریق سنجش پروتئین کل و ضرب آن در ۶/۲۵ محاسبه گردید. جهت محاسبه میزان خاکستر، نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در کوره الکتریکی در درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شدند (AOAC, 1998).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. داده‌ها در نتایج به صورت میانگین \pm خطای استاندارد بیان شده است. نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۳: شاخص‌های کیفی آب در تیمارهای مورد بررسی

Table 3: Water quality indicators in the studied treatments

شاخص‌های کیفیت آب	بایوفلاک	مدار بسته	شاهد ۱	شاهد ۲
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۷/۲ \pm ۰/۶	۲۷/۷ \pm ۰/۴	۲۷/۰۵ \pm ۰/۷	۲۷/۴ \pm ۰/۴
pH	۶/۷۹ \pm ۱/۱ ^b	۷/۱۳ \pm ۰/۲ ^a	۷/۲۶ \pm ۰/۵ ^a	۶/۸۹ \pm ۰/۹ ^b
اکسیژن محلول (mg/L)	۷/۶ \pm ۰/۱ ^b	۸/۱۷ \pm ۰/۱ ^a	۸/۸ \pm ۰/۱ ^a	۷/۱ \pm ۰/۱ ^c

در جدول ۵ نتایج تاثیر تیمارهای مختلف بر پارامترهای ایمنی غیراختصاصی ماهی ارائه شده است. براساس نتایج این مطالعه، تیمار بایوفلاک اثر مثبت بر پارامترهای ایمنی غیراختصاصی خون کپور ماهی معمولی داشته است به طوری که سبب تقویت سیستم ایمنی شده است. میزان فعالیت لایوزیم و کمپلمان بین شاهد ۲ و سایر تیمارها (تفاوت معناداری بین بایوفلاک، مدار بسته و شاهد ۱ مشاهده نشد) معنی‌دار داشت ($p < 0/05$). میزان فعالیت آنزیم‌های مذکور در سایر تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد ۲ است.

نتایج میانگین وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و درصد بازماندگی ماهیان، تحت تیمارهای مختلف بعد از دو ماه در جدول ۴ ارائه شده است. در انتهای دوره آزمایش بیشترین میانگین وزن نهایی در تیمار بایوفلاک مشاهده شد که اختلاف معناداری با سایر تیمارها داشت ($P < 0/05$). بین شاخص‌های رشد مانند FCR، SGR و WG بین تیمارهای مختلف تفاوت معنادار مشاهده شد ($P < 0/05$) به طوری که بالاترین FCR و کمترین SGR و WG در تیمار شاهد ۲ و نیز کمترین FCR در تیمار بایوفلاک مشاهده شد.

جدول ۴: شاخص‌های رشد کپور معمولی

Table 4: Growth parameters indicators of common carp

شاخص‌های رشد	بایوفلاک	مداربسته	شاهد ۱	شاهد ۲
وزن اولیه به گرم	۲۱/۵±۲/۰۳	۲۱/۶۵±۲	۲۲/۱۶±۲/۱۴	۲۲±۲/۱۱
وزن انتهایی به گرم	۴۶/۰۵±۲/۱ ^a	۴۲/۰۴±۱/۶ ^b	۴۲/۲۴±۲/۶ ^b	۲۹/۰۰۴±۲/۹۴ ^c
بقا (%)	۹۶/۶±۵/۷ ^a	۹۳/۳±۵/۷ ^a	۹۸/۶±۱/۳ ^a	۷۱/۶±۱۲/۶ ^b
FCR	۱/۳±۰/۰۳ ^a	۱/۶±۰/۰۸ ^b	۱/۶±۰/۰۵ ^b	۵/۳±۰/۱۳ ^c
(%) SGR	۱/۲±۰/۲ ^a	۱/۱±۰/۱ ^a	۱/۱±۰/۱ ^a	۰/۴±۰/۳ ^b
(%) WG	۲۴/۴±۵/۴ ^a	۲۰/۳۹±۳/۸۶ ^b	۲۰/۱±۳/۵ ^b	۷/۱±۲/۶ ^c

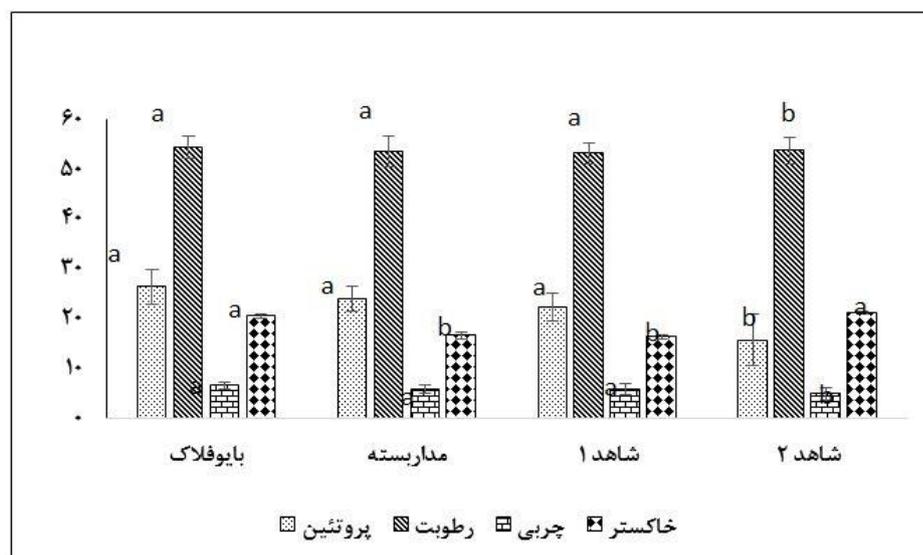
جدول ۵: شاخص‌های هماتولوژی و ایمنی کپور ماهی

Table 5: Hematology and Immune indicators of common carp

شاخص‌های خونی	بایوفلاک	مداربسته	شاهد ۱	شاهد ۲
فعالیت لایزوزیم (U mL ⁻¹)	۳۶/۸±۰/۲۵ ^a	۳۶/۳±۰/۱۲ ^a	۳۶/۲±۰/۵۴ ^a	۲۵/۳±۰/۶۸ ^b
فعالیت کمپلمان (U mL ⁻¹)	۱۳۷/۴±۲/۳ ^a	۱۳۶/۳±۱/۵ ^a	۱۳۵/۴۵±۲/۷ ^a	۱۲۸/۴±۲/۱ ^b
سوپراکسیداز دیسموتاز (Umin ⁻¹)	۱/۸۵±۰/۰۰۱ ^a	۱/۸±۰/۰۰۲ ^{ab}	۱/۸±۰/۰۰۱ ^{ab}	۱/۷±۰/۰۰۴ ^b

نتایج اثرات تیمارهای مختلف بر ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهیان کپور معمولی در شکل ۲ نشان داده شده است. در انتهای دوره آزمایش از نظر میزان پروتئین، چربی و رطوبت بین تیمار شاهد ۲ و سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$). بین شاخص

درصد خاکستر تیمارهای مداربسته و شاهد ۱ با تیمارهای شاهد ۲ و بایوفلاک اختلاف معنادار مشاهده گردید ($p > 0/05$). بیشترین میزان خاکستر در تیمار بایوفلاک و شاهد ۲ مشاهده گردید.



شکل ۲: آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهیان کپور معمولی در تیمارهای مورد مطالعه (mean±SE)

Figure 2: Biochemical composition of body in common carp (mean±SE)

بحث

از بازماندگی بالایی برخوردار بودند. اما در تیمار شاهد ۲ تلفات زیادی مشاهده شد و تفاوت معنا داری با سایر تیمارها نشان داد. در تحقیقات پیشین چنین تیماری مورد ارزیابی قرار نگرفته است اما در این آزمایش تلفات بالاتری در این تیمار دیده شد که دلایل این امر می‌تواند عدم فیلتراسیون آبی در طول دوره پرورش باشد که با توجه به جدول ۳ میزان pH در این تیمار کاهش قابل توجهی نشان داده است. همچنین سایر پارامترهای مورد بررسی مانند رشد نیز تاکید کننده عدم شرایط مطلوب زیست ماهی در این تیمار بود.

ترکیبات بیوشیمیایی لاشه (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت) از شاخص‌های مهم جهت بررسی شرایط فیزیولوژیک ماهی است (Aberoumad and Pourshafi, 2010). ترکیبات بیوشیمیایی لاشه تحت تأثیر جیره غذایی، (Kim *et al.*, 2016). زمان پرورش، وزن، گونه ماهی، چگونگی غذادهی و ترکیبات جیره غذایی قرار دارد (Breck, 2014). ماهیان برای حداکثر رشد خود نیاز به جیره غذایی متعادل دارند که نیازهای آنها را در هر شرایطی از دوره پرورش تأمین کند. پروتئین از اجزاء ساختاری سلول آبزبان است که نقش مهمی در ساختمان و عملکرد ارگانسیم‌های زنده برعهده دارد (Deng *et al.*, 2011). در این مطالعه تفاوت معناداری از لحاظ میزان پروتئین بین تیمارهای مداربسته و بایوفلاک مشاهده نشد اما نکته قابل توجه این است که با کاهش ۱۰ درصدی غذایی روزانه تیمار بایوفلاک میزان پروتئین لاشه کاهش نیافت بلکه بایوفلاک توانست این کمبود را به خوبی جبران نماید (Bakhshi *et al.*, 2018). میزان چربی در تیمار بایوفلاک نیز تفاوت معناداری با سیستم مداربسته نداشت. سایر مطالعات نیز نشان داده است که استفاده از سیستم بایوفلاک میزان چربی و پروتئین لاشه را افزایش می‌دهد (Ekasari *et al.*, 2015; Bakhshi *et al.*, 2018).

در ماهیان سیستم ایمنی غیراختصاصی یک مکانیسم دفاعی در برابر عوامل بیماری‌زا محسوب می‌شود. تقویت این سیستم برای ماهیان پرورشی بسیار ارزشمند است. از فاکتورهای مورد بررسی به منظور دستیابی به شرایط

موفقیت صنعت آبی‌پروری به عوامل مختلفی وابسته است که از جمله آنها می‌توان به کاهش هزینه‌های جاری و نیز افزایش میزان رشد و سلامت آبزبان اشاره کرد. پارامترهای رشد نشان‌دهنده موفق بودن صنعت آبی‌پروری، شرایط فیزیولوژیک و سلامت آبزبان به‌شمار می‌آیند. پارامترهای سنجش شده در این مطالعه می‌تواند مناسب‌ترین شرایط برای رشد و و بهترین سیستم پرورشی ماهی را در بین تیمارهای مختلف مشخص نمایند. رشد یکی از جنبه‌های زیست‌شناسی آبزبان است که بیش از سایر مباحث مورد بررسی قرار گرفته است (Shearer, 1994).

سیستم بایوفلاک در تحقیقات گذشته یک منبع غنی از پروتئین و چربی معرفی شده که حاصل تعامل پیچیده ترکیبات معدنی و طیف وسیعی از میکروارگانسیم‌ها (پلانکتون‌ها، باکتری‌ها به صورت آزاد و بایوفیلم، روتیفرها، مژه داران و ...) است که در حال تولید ترکیبات آلی و مغذی و هم‌زمان حفظ کیفیت آب هستند (Avnimelech, 2007). اگرچه در تیمار بایوفلاک به علت مشاهده جایگزینی بایوفلاک به جای درصدی از غذای مصرفی و مشاهده کاهش هزینه مربوط به غذادهی ۱۰ درصد از میزان غذا کسر شد، اما شاخص‌های رشد نه تنها کاهش نیافتند بلکه نسبت به سایر تیمارها، رشد بهتری نشان دادند. تحقیقات انجام شده و نیز این مطالعه نشان دادند که بایوفلاک به عنوان یک منبع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر پارامترهای رشد آبزبان اثر مثبتی دارد (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج به‌دست آمده نشان داد، میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار بایوفلاک به طور معناداری کمتر از سایر تیمارها بود. طبق نتایج سایر تحقیقات، فلاک از طریق باکتری‌ها ترکیبات ضروری مثل پروتئین، اسید چرب‌های ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی را برای آبزبان پرورشی فراهم می‌کند (Luo *et al.*, 2014; Bakhshi *et al.*, 2018). همچنین درصد بازماندگی، یکی از پارامترهای مهم دیگر در آبی‌پروری است و می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف پرورشی قرار گیرد. در این تحقیق هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای بایوفلاک، مداربسته و شاهد ۱ مشاهده نشد. کلیه تیمارها

DOI: .24(2):13-27 ایران.
10.22092/ISFJ.2015.103126
سرسنگی علی آباد، ح، ناجی، ا، سید مرتضایی،
س.ر، سوری نژاد، ا، و اکبرزاده، ا، ۱۳۹۹. تاثیر
سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد،
شاخص‌های ایمنی و ترکیب لاشه ماهی تیلاپیا
(*Oreochromis niloticus*) در تراکم‌های مختلف در
آب لب‌شور. مجله علمی شیلات ایران. ۱۸۵-
DOI: .30(2):175
10.22092/ISFJ.2021.124698

Aberoumad, A. and Pourshafi, K., 2010.

Chemical and proximate composition properties of different fish species obtained from Iran. *Worldjournal of Fish Marine Science*, 2(3): 237-239. DOI:10.12691/ajfn-3-4-3.

Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T., 2000. Effects of dietary B – carotene on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science*, 66 (6): 1068 – 75.

AOAC, 1998. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th edn. AOAC, Arlington.

Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176:227-235. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00085-X.

Avnimelech, Y. and Ritvo, G., 2003. Shrimp and Fish Pond Soils Processes and Management. *Aquaculture*, 220: 549-567. DOI:10.1016/S0044-8486(02)00641-5.

Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge

سیستم ایمنی، فعالیت لیزوزیم (توانایی مقابله با باکتری‌های گرم مثبت و منفی) و کمپلمان (نقش بیگانه خواری) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد، در سیستم شاهد ۲ با توجه به شرایط نامناسب محیطی کمترین میزان فعالیت لیزوزیم و کمپلمان مشاهده شده است که نشان‌دهنده شرایط استرس زای این تیمار برای ماهیان است، اما در ۳ تیمار دیگر تفاوت معناداری نشان داده نشد. افزایش میزان لیزوزیم و کمپلمان می‌تواند نشان‌دهنده افزایش مقاومت ماهی هنگام مواجهه با عوامل بیماری‌زا و شرایط استرس‌زا باشد. بنابراین، برای تحلیل بهتر این پارامتر توصیه می‌شود که در مطالعات بعدی، زمان انجام آزمایش در یک بازه زمانی طولانی‌تر انجام شود. از دیگر پارامترهای ایمنی مورد بررسی سوپر اکسیداز دیسموتاز است که نتایج نشان داد، میزان آن در تیمار بایوفلاک به صورت معناداری بیشتر از سایر تیمارها بود که این نتیجه با مطالعه Luo و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت و نشان داد که میزان سوپراکسیداز دیسموتاز در سیستم بایوفلاک به طور معناداری بیشتر از سیستم مداربسته است. مطالعات Crab و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که احتمالاً در بایوفلاک‌های باکتریایی، موادی وجود دارد که قادر به تحریک سیستم ایمنی آبزیان هستند.

در این تحقیق دو سیستم مداربسته و بایوفلاک از لحاظ اثر بر پارامترهای رشد، ایمنی و کیفیت لاشه ماهی کپور معمولی ارزیابی شدند. از بین تیمارهای مورد بررسی تیمار بایوفلاک از نظر پارامترهای رشد، تغذیه، ایمنی و نیز برخی فاکتورهای کیفی لاشه برای رشد و پرورش ماهی کپور معمولی (به عنوان مدلی از ماهیان گرمابی)، مناسب و با کارایی بالاتر از سایر تیمارها معرفی شد.

منابع

خانجانی، م.ح.، سجادی، م.م، علیزاده، م. و سوری نژاد، ا، ۱۳۹۴. تاثیر نسبت‌های مختلف غذایی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات

- bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- Avnimelech, Y., 2009.** Biofloc Technology - A Practical Guide Book. In: 1. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 182 P.
- 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*, 283: 29-35.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.06.036.
- Bakhshi, F., Najdegerami, E., Manaffar, R., Tokmechi, A., Rahmani Farah, K. and 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: 393-403.
DOI:10.1111/are.13469.
- Breck, J.E., 2014.** Body composition in fishes: body size matters. *Aquaculture*, 433, 40-49.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.05.049.
- Clerton, P., Troutaud, D., Verlhac, V., Gabaudan, J. and Deschaux, P., 2001.** Dietary vitamin E and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) phagocyte functions: effect on gut and on head kidney leucocytes. *Fish and Shellfish Immunology*, 11(1): 1- 13. DOI:10.1006/fsim.2000.0287.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W., 2012.** Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357, 351-356.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.04.046.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K. and Pedersen, P., 2013.** Farming different species in RAS in Nordic countries: current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*, 53, 2-13.
DOI:10.1016/j.aquaeng.2012.11.008.
- Deng, D.F., Ju, Z.Y., Dominy, W., Murashige, R. and Wilson, R.P., 2011.** Optimal dietary protein levels for juvenile Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) fed diets with two levels of lipid. *Aquaculture*, 316: 25-30.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2011.03.023.
- Ekasari, J., Rivandi, D., Firdausi, A., Surawidjaja, E., Zairin Jr., M., Bossier, P. and De Schryver, P., 2015.** Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441, 72-77.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2015.02.019.
- Emerenciano, M., Gaxiola, G. and Cuzon, G., 2013.** Biofloc Technology: A review for aquaculture application and animal food industry. pp. 301-328.
DOI:dx.doi.org/10.5772/53902.
- Hargreaves, J.A., 2006.** Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34, 3, pp. 344-363.
DOI:dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009.
- Kim, K.W., Moniruzzaman, M., Kim, K.D., Han, H.S. and Yun, H., 2016.** Effects of

- dietary protein levels on growth performance and body composition of juvenile parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. *International Aquatic Research*, 8(3), 239–245. DOI:10.1007/s40071-016-0139-9.
- Liu, G., Ye, Z. and Liu, D., 2018.** Nitrogen control, growth, and immunophysiological response of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc system and in clear water with or without commercial probiotic. *Aquaculture International*, 26 (4), pp. 981-991. DOI:999.10.1007/s10499-018-0263-1.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L. and Tan, H., 2014.** Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422: 1-7. DOI:10.1016/j.aquaculture.2013.11.023.
- Marklund, S. and Marklund, G., 1974.** Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Europ Journal of Biochemistry*, 47, 469–474. DOI:10.1111/j.1432-1033.1974.tb03714.x.
- Megahed, M.E., 2010.** The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5, 119-142. DOI:10.3923/pjbs.2020.1563.1571.
- Rijn, J.V. 1996.** The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture-A review. *Aquaculture*, 139: 181-201. DOI:10.1016/0044-8486(95)01151-X.
- Shearer, K.D., 1994.** Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119: 63–88. DOI:10.1016/0044-8486(94)90444-8.
- Torstensen, B., Espe, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagbø, R., Hemre, G.-I., Fontanillas, R., Nordgarden, U., Hevrøy, E. and Olsvik, P., 2008.** Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285:193-200. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.08.025.
- Tukmechi, A., Morshedi, A. and Delirez, N., 2007.** Changes in intestinal microflora and immune response following probiotic administration in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6: 1183 – 1189.
- Wasielky, W., Atwood, H. and Stokes, A., 2006.** Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258, 396-403. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.04.030.

Comparison of biofloc and recirculation aquaculture systems on growth performance, nonspecific immunity and body composition of common carp

Tabarrok M.¹; Seyfabadi J.^{2*}; Salehi Jouzani Gh.³; Younesi H.⁴

1-Department of Aquaculture, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2-Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

3-Microbial Biotechnology Department, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

4-Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University (TMU), Noor, Iran.

Abstract

This study was carried out to compare the effect of different culture systems on the growth performance and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*). Fish juvenile was selected by initial average weight of 21.5 ± 0.3 after designs the systems and adaptation period were randomly distributed in fiberglass tanks (with 100 liters capacity). The experiment lasted for 2 months. At the end of experiment, growth parameters including final weight, weight gain percentage, specific growth rate, survival; and whole body proximate analyses including protein, fat and ash levels were examined. Finally, there were significant differences in final weight, specific growth rate, and feed conversion ratio and survival rate between experimental treatments ($p < 0.05$). There was no significant difference between treatments (biofloc, recirculating aquaculture system) for whole body's moisture, fat and protein ($p > 0.05$). But there was a significant difference among body protein, ash and fat among control 2 treatment and other treatments ($p < 0.05$). Also there was no significant difference between biofloc and recirculating aquaculture system for lysozyme and complement activity in treatments whereas the fish in biofloc showed a significant higher superoxide dismutase than the others ($p < 0.05$). The results obtained in this experiment, suggest that biofloc improves growth parameters, immune response even with decreasing percentage of daily feeding in common carp.

Keywords: Biofloc, Closed system, Common carp, Growth, Body compounds

*Corresponding author