اثر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر فاکتورهای رشد،ترکیبات لاشه و شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی خون کپورماهیان پرورشی

عباس براری*، محمدرضا ایمانپور، رقیه صفری، سید حسین حسینی‌فر

گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

*نویسنده مسئول abbasbarari812@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۳

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر شاخص‌های رشد، ترکیب شیمیایی لاشه و سیستم ایمنی بدن کپورماهیان پرورشی (فیتوفاگ، بیگ هد، کپور معمولی و آمور) انجام شد. در این تحقیق تعداد سی هزار قطعه بچه ماهی در چهار گونه بیان شده با نسبت (۸۰-۵-۱۰-۵ درصد) با میانگین وزنی ۱۲۰ گرم به مدت ۲ ماه در ۴ تیمار با شرایط C/N: تیمار ۱ (۸-۵)، تیمار ۲ (۸-۱۲)، تیمار ۳ (۱۵-۱۲) تیمار ۴ (گروه شاهد) با افزودن منبع کربنی ملاس چغندر قند تغذیه شدند. علت انتخاب بازه در نسبت‌های کربن به نیتروژن به خاطر سطح بزرگ واحدهای آزمایشی (استخرهای خاکی دو هکتاری) طرح بود. افزایش نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن به صورت معنی‌داری باعث افزایش وزن نهایی و کاهش ضریب تبدیل غذایی در گونه‌های کپور و فیتوفاگ تیمار ۳ در مقایسه با گروه شاهد گردید. بیشترین درصد پروتئین و چربی اندازه‌گیری شده در لاشه تمامی چهار گونه تیمارهای پرورشی بوده که افزایش معنی‌داری را نشان داد. درصد رطوبت و درصد خاکستر لاشه و درصد بقاء تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری را با گروه شاهد نشان نداد. غلظت آلکالین فسفاتاز در تمامی تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشته است، همچنین غلظت آنزیم اسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین‌آمینوترانسفراز به استثنای ماهی آمور در تمامی تیمارهای آزمایشی کاهش معنی‌داری داشته است.

واژگان کلیدی: افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، نسبت کربن به نیتروژن، ملاس چغندرقند، کپورماهیان پرورشی.

مقدمه

گسترش آبزی‌پروری به‌دلیل محدودیت اراضی مناسب، حجم آب مصرفی بالا و همچنین وابستگی بالا به آرد و روغن ماهی به‌عنوان مواد مهم تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان پرورشی، این صنعت را از لحاظ تجاری با مشکلات زیادی مواجه کرده است. زیرا هزینه‌های خوراک حداقل ۵۰ درصد از کل هزینه‌های آبزی‌پروری را شامل می‌شود و امروزه به دلیل افزایش قیمت غذای آبزیان بازیافت آن ضروری به‌نظر می‌رسد. امروزه یکی از مهمترین فناوری‌های روز دنیا در صنعت آبزی‌پروری، فناوری زیست رشته‌های غذایی با بیوفلاک است که Avnimelech (۲۰۰۲) این فناوری را به ثبت رسانیده است (De Schryver *et al.*, 2008). در این فناوری، با کمترین میزان تعویض آب، با دستکاری نسبت کربن به نیتروژن و بالابردن بردن آن تا حدود ۱۵ درصد از طریق افزودن یک منبع کربن خارجی (مثل نشاسته، آرد، ملاس، سلولز و ...) یا استفاده از غذاهایی با پروتئین کم، رشد باکتری‌های هتروتروفی در آب تحریک شده و این باکتری‌ها با سرعت رشد فوق العاده‌ای که دارند می‌توانند مواد زاید نیتروژنی آلی وکربوهیدرات‌های موجود در آب را جذب کرده و تولید پروتئین میکروبی کنند (Becerril-Cortés *et al.*, 2018).

بیوفلاک‌ها منابع غنی از ترکیبات زیست فعال مانند کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، فیتوستول‌ها، بروموفن ها، قندهای آمینو و ترکیبات آنتی‌باکتریال هستند که اثرات مثبتی روی پارامترهای ایمنی دارند و همچنین برخی از ترکیبات بیواکتیو در بیوفلاک قادر به بهبود وضعیت سلامتی فیزیولوژیکی موجودات پرورشی می‌باشند و ممکن است به عنوان تحریک‌کننده سیست ایمنی عمل کنند (Xu and Pan, 2014). مطالعات نشان داده است که استفاده از سیستم بیوفلاک نقش

مهمی در بهره‌وری راندمان تغذیه، کیفیت آب و کاهش هزینه‌های تولید دارد (Wei *et a*l., 2016). از دیگر محاسن استفاده از این سیستم می‌توان به صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی به‌خصوص آب شیرین، عدم نیاز به تعویض آب یا تعویض آب کم، کاهش میزان پساب، عدم نیاز به استفاده از ساختارهای اضافی مانند فیلترهای مختلف جهت حفاظت از محیط زیست اشاره کرد (Becerril-Cortés *et al*., 2018). از طرفی با تنظیم نسبت کربن به نیتروژن در این سیستم‌ها (از طریق افزودن منابع کربنی و یا کاهش میزان پروتئین جیره) می‌توان با ایجاد رشته‌های زیستی از آن‌ها و تبدیل مواد ازته مضر و دفعی آبزیان به توده میکروبی به‌عنوان غذا برای تغذیه گونه پرورشی بهره برد (Ekasari *et al*., 2014). نسبت کربن به ازت در بسیاری از سیستم‌های آبزی‌پروری متراکم و نیمه متراکم در حدود ۱۰ می‌باشد و همچنین محققین نسبت کربن به ازت ۲۰-۱۰ را برای استقرار رشته‌های زیستی در چنین سیستم‌هایی توصیه کرده‌اند (Zhao *et al*., 2014; Pérez-Fuentes *et al*., 2016). حفظ نسبت مناسبی از کربن به نیتروژن برای رشد بهینه باکتری‌های هتروتروف ضروری است به‌طور کلی، منبع کربن به عنوان یک سوبسترا و در جهت تولید سلول‌های پروتئینی میکروبی در این سیستم عمل می‌کند.

افزودن کربوهیدرات ابزار مناسبی برای کاهش غلظت نیتروژن غیرآلی در سیستم آبزی‌پروری متراکم است (Avnimelech,1999). تحقیقاتی در رابطه با تغییرات نسبت کربن به نیتروژن و تاثیرات آن در گونه‌های مختلف آبزیان صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعه Nootong و Pavasant (۲۰۱۱) بر روی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*)، Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) در ماهی کپور روهو (*Labeo rohita*)، Serra و همکاران (۲۰۱۵) در میگو وانامی (*Litopenaeus vannamei*)، Azimi و همکاران (۱۳۹۴) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و بخشی و همکاران (۱۳۹۳) در ماهی کپور معمولی در بررسی تاثیرات تغذیه‌ای، قابلیت هضم مواد غذایی، بررسی محتوای فلور میکروبی و تحریک سیستم ایمنی آبزیان اشاره کرد. از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تاثیر نسبت‌های کربن به نیتروژن بر شاخص‌های رشد، کیفیت آب، شاخص‌های بیوشیمیایی، خون‌شناسی و ترکیب لاشه در سیستم پلی‌کالچر کپورماهیان مطالعه‌ای صورت نگرفته است. از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی پارامترهای فوق در سیستم پلی‌کالچر کپورماهیان به اجرا درآمد. در این طرح به خاطر سطح بالای واحدهای آزمایشی امکان تشکیل فلاک مانند سیستم‌های بیوفلاک وجود نداشت و تنها با تغییر نسبت کربن به نیتروژن و افزایش جمعیت باکتریایی استخر موجب بهبود رشد و سایر فاکتورهای اندازه گیری شده، در تیمارهای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرکت زراعی دشت‌ناز ساری از ابتدای شهریور تا پایان مهر ۱۳۹۸ اجرا شد. بدین منظور تعداد ۳۰۰۰۰ قطعه بچه ماهی از کپورماهیان شامل چهار گونه فیتوفاگ، بیگ هد، کپور و آمور با میانگین وزنی (± انحراف معیار) ۱۲۱/۲۳±۰/۱۹ گرم تهیه (جدول ۱) و در ۸ استخر ۲ هکتاری با رعایت اصول انتقال بچه ماهیان مانند عدم استرس، کنترل دمای آب، اکسیژن دهی و عدم تغذیه رهاسازی شدند.

به‌منظور حذف اثرات استرس ناشی از انتقال و سازگاری با محیط، قبل از شروع آزمایش ماهیان به مدت ۱۰ روز در شرایط یکسان نگهداری و تمامی تیمارها در این مدت با جیره پایه (جدول ۲) تغذیه شدند. سپس بچه‌ماهیان در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار پرورشی شامل تیمار ۱، (۸-۵)، تیمار ۲ (۸-۱۲)، تیمار ۳ (۱۵-۱۲) و تیمار ۴ (شاهد) تقسیم شدند.

همچنین برای کودهی تمامی استخرها به‌منظور

جدول ۱- تراکم و ترکیب گونه‌ای پرورش ماهیان گرمابی به ازای واحد سطح هکتار.

ماهی	تعداد در هکتار	درصد	وزن اولیه (± انحراف معیار)
کپور معمولی	۳۰۰۰ قطعه	۱۰ درصد	۱۲۱/۳۲ ± ۰/۱۲ گرم
فیتوفاگ	۲۴۰۰۰ قطعه	۸۰ درصد	۱۲۰/۵۰ ± ۰/۰۲ گرم
آمور	۳۰۰۰ قطعه	۵ درصد	۱۲۱/۰۹ ± ۰/۱۱ گرم
بیگ‌هد	۱۵۰۰ قطعه	۵ درصد	۱۲۲/۰۴ ± ۰/۵ گرم
مقادیر کل	۳۰۰۰۰	۱۰۰ درصد	۱۲۱/۲۳ ± ۰/۱۹ گرم

جدول ۲- مقادیر کود، خوراک و ملاس مورد استفاده در بازه زمانی ۶۰ روزه به منظور تامین نسبت های کربن به نیتروژن.

واحد آزمایشی	کود اوره (کیلوگرم/هکتار)	کود فسفات (کیلوگرم/هکتار)	غذادهی (کیلوگرم/هکتار)	ملاس چغندرقند (کیلوگرم /هکتار)
تیمار۱	۲۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۱۳۶,۵
تیمار۲	۲۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۱۹۲
تیمار۳	۲۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۲۵۹
شاهد	۲۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۰

تامین ازت و فسفر معدنی جهت رشد فیتوپلانکتون‌ها به‌طور یکسان ترتیب از کود اوره و سوپر فسفات استفاده گردید و کودهی به‌صورت روزانه انجام گرفت. مقدار ازت و کربن آلی به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شده و با افزودن منبع کربن آلی ملاس چقندر قند با در نظر گرفتن وجود ۵۰ درصد کربن آلی در ملاس و تنظیم نسبت کربن به ازت در سه سطح ۸-۵، ۱۲-۸ و ۱۵-۱۲ براساس مقدار ازت کل و کربن اندازه‌گیری شده به تیمارها ملاس چقندر قند اضافه گردید. در آب آمونیاک به دو شکل آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) و آمونیاک یونیزه (NH_4^+) یافت می‌شود که از آن به عنوان نیتروژن آمونیاکی (TAN) نام برده می‌شود. Munir و همکاران (۲۰۱۸) و Timmons و همکاران (۲۰۱۲) ثابت کردند که نیتروژن آمونیاکی تولید شده در هر روز در سیستم آبزی‌پروری را می‌توان با استفاده از معادله زیر برآورد کرد.

$$PTAN = F \times PC \times 0/092$$

که در آن PTAN نرخ تولید نیتروژن آمونیاکی (کیلوگرم در روز)، F نرخ غذادهی (کیلوگرم در روز) و PC مقدار پروتئین خوراک می‌باشد. طی مدت آزمایش غذادهی به‌صورت روزانه از غذای تهیه شده از کارخانه خوراک آبزیان مازندران براساس بیوماس موجود انجام گرفت. تغذیه روزانه، به میزان ۳ درصد از وزن بدن (Craig and Helfrich, 2017) در ساعات ۸ و ۱۲ (دو نوبت) به مدت ۶۰ روز بوده و شروع غذا دهی نیز پس از ۱۰ روز دوره سازگاری و پس از اولین وزن کشی اعمال گردید. برای آگاهی از عملکرد جیره‌های غذایی و چگونگی رشد ماهی‌ها، در ابتدای دوره پرورش و در طول دوره پرورش هر دو هفته زیست سنجی از ماهیان انجام و وزن متوسط، میزان رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید.

بررسی شاخص های بیوشیمیایی و خونی بچه ماهیان: جهت بررسی پارامترهای خونی بچه ماهیان، ۲۴ ساعت قبل از انجام خون‌گیری غذادهی تمامی ماهیان قطع و روز بعد تعداد ۱۵ قطعه بچه‌ماهی از هر تیمار با کم کردن عمق آب استخر و به کمک تورکشی به‌صورت تصادفی صید و سپس با استفاده از عصاره گل میخک (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش شدند. خون‌گیری از طریق سیاهرگ دمی و از پشت باله مخرجی انجام شد. با استفاده از نمونه‌های گرفته شده مطالعات خون‌شناسی شامل تعداد سلول‌های قرمز (MBC)، سفید (MBC)، هماتوکریت (HCT) و هموگلوبین (HB) خون توسط سرنگ حاوی ماده هپارینه انجام شد (Reddy *et al*., 2008). پارامترهای

جدول ۳- ترکیب شیمیایی غذای ماهی کپور پرواری CM شرکت خوراک دام مازندران.

نوع آنالیز	مقدار(٪)	نوع آنالیز	مقدار(٪)
رطوبت	۱۰-۸	فسفر	۱-۱/۵
پروتئین خام	۳۱-۲۹	TVN (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	کمتر از ۵۰
چربی خام	۱۰-۸	لیزین	۱/۱-۲/۵
خاکستر	۱۱-۸	ترئونین	۱-۱/۲
فیبرخام	۶-۵	انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۳۳۰۰

بیوشیمیایی خون شامل آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) سرم خون با استفاده از کیت‌های تجاری (پارس آزمون) به روش فتومتریک اندازه گیری می شوند. ایمونوگلوبولین کل طبق روش (Siwicki and Anderson, 1993) اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری ایمونوگلبولین کل از روش Siwicki و Anderson (۱۹۹۳) استفاده شد. به این صورت که میزان پروتئین سرم تعیین شده و سپس به نمونه موکوس پلیاتیلن گلیکول ۱۲ درصد اضافه و پس از ۲ ساعت در دمای اتاق نمونه‌ها سانتریفیوژ شده و غلظت پروتئین در قسمت بالایی محلول مجدداً توسط روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) اندازه‌گیری گردید. در واقع پلی‌اتیلن گلیکول باعث رسوب ایمونوگلوبولین موجود در پروتئین گردید و میزان ایمونوگلوبولین کل از محاسبه اختلاف غلظت پروتئین در نمونه اولیه (پروتئین محلول) و غلظت پروتئین پس از افزودن پلی‌اتیلن گلیکول محاسبه شد (Siwicki and Anderson,1993).

تجزیه بیوشیمیایی لاشه ماهی: به‌منظور بررسی اثر تغییرات C/N بر ترکیبات لاشه بچه ماهیان در انتهای دوره از نمونه‌های شاهد و تیمارهای موجود از هر ۴ گونه ماهی موجود در استخرها نمونه‌برداری و به منظور آنالیز ترکیبات لاشه شامل پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت، نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه منابع طبیعی گرگان منتقل گردید و براساس پروتوکل AOAC (۱۹۹۰) مورد سنجش قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها: آنالیز در نرم‌افزار اکسل میانگین داده‌ها محاسبه و در نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار بیان شدند. پراکنش نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-سمیرنوف بررسی و سپس وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار از نقطه نظر شاخه‌ای با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن تعیین شد. آزمون‌ها در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ و در سطح خطای ۰/۰۵ درصد انجام شد.

نتایج

تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب: طی ۶۰ روز دوره آزمایشی ماهیان کپور پرورشی شاخص‌های کیفی آب شامل دمای آب (۱/۱۲±۲۲/۴۴)، اکسیژن محلول (۰/۱۶±۷/۹۲) و پی اچ آب (۰/۲۰±۸/۱۱) در دامنه مناسب برای پرورش کپورماهیان پرورشی ثبت گردید که تفاوتی یافت نشد. با افزودن ملاس چقندر قند جهت افزایش نسبت کربن به نیتروژن، مقدار مواد جامد معلق آب (TSS) در تیمارهای آزمایشی افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در تیمار ۳ با نسبت کربن به نیتروژن (۱۲-۱۵) مشاهده شد ($P<0/05$). بررسی مواد جامد معلق نیز در تیمارهای یک و دو تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>0/05$). افزایش نسبت کربن به نیتروژن، همچنین باعث افزایش مقدار تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) شد که تیمار ۳ نسبت به تیمار یک و گروه شاهد بیشترین میزان را نشان داد ($P<0/05$). مقادیر اندازه‌گیری شده نیتریت و نیترات موجود در آب کمترین غلظت را در تیمار ۳

جدول ۴- تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب استخرهای تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد.

شاخص‌ها	تیمارها			
	گروه شاهد	تیمار ۱	تیمار دو	تیمار سه
دمای آب (سانتی‌گراد)	۲۳/۵۰±۱/۲۶	۲۳/۸۵±۱/۱۲	۲۳/۳۲±۱/۲۸	۲۳/۰۹±۱/۴۳
اکسیژن محلول آب (mg/l)	۸/۰۲±۰/۳۳	۷/۹۲±۰/۱۶	۷/۸۹±۰/۳۵	۷/۱۳±۰/۴۲
پی اچ	۸/۱۱±۰/۲۰	۸/۰۴±۰/۰۹	۷/۹۷±۰/۴۱	۷/۶۹±۰/۲۹
مواد جامد معلق کل (mg/l)	۱۹/۸۸±۵/۱۸^{c}	۱۹۷/۶۶±۷۵/۳۸^{b}	۲۱۶/۵۶±۹۸/۰۹^{b}	۲۵۷/۱۳±۸۹/۲۹^{a}
قلیاییت کل (mg/l)	۱۴۸/۳۴±۲۱/۱۳^{a}	۱۳۹/۵۰±۲۹/۷۶^{a}	۱۳۴/۷۰±۲۶/۵۱^{a}	۱۲۹/۳۳±۲۲/۳۸^{a}
نیتریت (mg/l)	۱/۸۶±۰/۱۳^{a}	۰/۹۴±۰/۰۹^{b}	۰/۷۶±۰/۰۵^{bc}	۰/۶۳±۰/۱۱^{c}
نیتـرات (mg/l)	۳/۳۲±۰/۱۱^{a}	۲/۵۱±۰/۱۳ ^{ba}	۲/۶۱±۰/۱۴^{b}	۲/۱۱±۰/۰۹^{c}
مصرف اکسیژن بیوشیمیایی (mg/l)	۱۶/۰۵±۱/۶۷^{c}	۵۹/۴۳±۱۳/۰۶^{b}	۸۱/۱۵±۱۲/۵۷^{ba}	۱۰۳/۴۴±۱۷/۳۹^{a}

در هر ستون حروف انگلیسی متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

و بیشترین میزان را در گروه شاهد نشان داد ($P>۰/۰۵$) (جدول ۴).

کارایی رشد و تغذیه: نتایج تاثیر استفاده از نسبت-های مختلف کربن به نیتروژن بر عملکرد رشد ماهیان کپور پرورشی در جدول ۳ آورده شده است. افزایش نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن به صورت معنی-داری باعث افزایش معنی‌دار وزن نهایی و افزایش وزن بدن هر چهار گونه پرورشی گردید ($P<۰/۰۵$)؛ به‌طوری‌که بیشترین میانگین وزن نهایی و افزایش وزن بدن اندازه‌گیری شده در ماهیان کپور معمولی، فیتوفاگ و بیگ هد در تیمار سه با نسبت کربن به اکسیژن (۱۵-۱۲) بوده است ($P<۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی محاسبه شده کاهش معنی‌داری را در تیمارهای پرورشی در مقایسه با گروه شاهد در تمامی گونه‌های پرورشی نشان داد ($P<۰/۰۵$). میزان بقاء در تمامی تیمارها و گونه‌های پرورشی یکسان بوده و هیچ گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

بررسی شاخص‌های خون شناسی: براساس جدول ۴ تعداد گلبول‌های قرمز در تمامی گونه‌های مورد پرورش تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها و شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$). همچنین بررسی تعداد گلبول-های سفید در گونه‌های پرورشی، کپور معمولی، فیتوفاگ و بیگ‌هد افزایش معنی‌داری را در تیمار ۳ نشان داد ($P<۰/۰۵$). با این‌حال تفاوت معنی‌داری در میزان هموگلوبین خون در تیمارهای مختلف و گروه-های شاهد مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

بررسی پارامترهای بیوشیمیایی سرم: مقایسه میانگین پارامترهای بیوشیمیایی سرم در ماهی آمور، فیتوفاگ، بیگ هد و کپور معمولی نشان داد که غلظت آلکالین فسفاتاز (ALP) در تیمارهای ۳ و ۲ در مقایسه با گروه شاهد و تیمار یک افزایش معنی‌داری داشته‌اند ($P<۰/۰۵$). مقایسه میانگین غلظت آنزیم اسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT) نیز نشان داد که غلظت این آنزیم در تمامی تیمارها در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۵$).

مقایسه میانگین ایمونوگلوبولین کل در کپورماهیان با نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن نشان داد که غلظت ایمونوگلوبولین کل تمامی کپور ماهیان در تیمار ۳ در مقایسه با گروه شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی افزایش معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان ایمونوگلوبولین کل در تیمار ۳ و کمترین آن در گروه شاهده بود ($P<۰/۰۵$).

بررسی ترکیبات شیمیایی لاشه: پروتئین در لاشه تیمارهای پرورشی در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان

جدول ۵- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) شاخص‌های رشد کپورماهیان پرورشی.

گونه پرورشی	تیمار	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن بدن (گرم)	درصد افزایش وزن	نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	ضریب‌تبدیل غذایی	بقاء (درصد)
کپور معمولی	ش	۱۲۰/۵±۱۲/۱۷	۲۲۹/۰۳±۲۴/۰۷^{c}	۱۰۹/۵۳±۸/۰۵^{c}	۹۰/۸۲±۷/۱۴ ^{b}	۱/۰۷۷±۰/۰۵^{b}	۲/۱۱±۰/۰۶^{a}	۱۰۰
	۱	۱۱۹/۱۲±۲۶/۳۱	۲۴۸/۴۳±۱۹/۱۱^{b}	۱۲۹/۷۱±۱۴/۱۹^{b}	۱۰۸/۹۳±۱۴/۲۱^{b}	۱/۱۰۵±۰/۰۳^{b}	۱/۸۷±۰/۲۳^{b}	۱۰۰
	۲	۱۲۰/۵۴ ± ۹/۱۲	۲۶۵/۱۱±۳۲/۲۶^{b}	۱۴۵/۵۷±۰/۹۶^{b}	۱۲۰/۸۳±۱۴/۶۱^{b}	۱/۳۲±۰/۰۶^{ab}	۱/۵۶±۰/۱۴۵^{b}	۱۰۰
	۳	۱۲۲/۰۹ ± ۷/۱۲	۲۸۷/۳۸±۲۸/۵۳^{a}	۱۶۵/۲۹۷±۱۶/۹۳^{a}	۱۳۵/۲۴±۱/۱۵ ^{a}	۱/۴۳±۰/۱۱^{ab}	۱/۰۸±۰/۲۹^{c}	۱۰۰
فیتوفاگ	ش	۱۲۰/۲۰ ± ۱۰/۰۲	۱۸۵/۵۲±۳۳/۲۱^{c}	۶۳/۳۳±۰/۹۶^{b}	۵۲/۷۱±۰/۹۵^{b}	۰/۷۵±۰/۰۹^{b}	۱/۹۳±۰/۱۱^{a}	۱۰۰
	۱	۱۲۰/۶۰ ± ۸/۳۴	۱۸۹/۳۱±۱۹/۶۹^{bc}	۶۸/۷۱±۱۵/۷۳^{a}	۵۶/۹۷±۱/۱۵^{b}	۰/۷۵±۰/۰۶^{b}	۱/۵۸±۰/۰۳^{ab}	۱۰۰
	۲	۱۲۰/۴۳ ± ۹/۱۷	۱۹۶/۰۸±۱۱/۳۸^{ab}	۷۵/۶۵±۱/۹۶^{ab}	۶۲/۸۱±۱/۱۵^{ab}	۰/۸۱±۰/۱۰^{ab}	۱/۳۷±۰/۲۱^{b}	۱۰۰
	۳	۱۱۹/۳۳ ± ۱۳/۵۰	۲۰۱/۶۷±۱۶/۴۴^{a}	۸۲/۳۴±۳/۵۷^{a}	۶۹/۰۳±۲/۶۴^{a}	۰/۸۷±۰/۰۹^{ba}	۱/۳۴±۰/۰۷^{b}	۱۰۰
بیگ هد	ش	۱۲۱/۰۴ ± ۰/۵	۱۹۶/۶۶±۱۱/۰۲^{d}	۷۵/۶۲±۱۰/۵۲^{d}	۶۲/۴۷±۱/۱۵^{d}	۰/۸۰±۰/۰۳^{c}	۲/۶۸±۰/۱۹^{a}	۱۰۰
	۱	۱۲۲/۳۷ ± ۸/۱۱	۲۱۵/۰۲±۱۶/۰۵^{c}	۹۲/۶۵±۷/۹۴^{c}	۷۵/۷۱±۰/۹۷^{c}	۰/۹۳±۰/۰۸^{cb}	۱/۸۲±۰/۳۴^{b}	۱۰۰
	۲	۱۲۰/۴۱ ± ۵/۲۸	۲۴۴/۱۳±۱۶/۵^{b}	۱۲۳/۷۲±۰/۹۶^{b}	۱۰۲/۷۴±۱۶/۱۸^{b}	۱/۱۷۷±۰/۱۳^{b}	۱/۲۴±۰/۱۱^{c}	۱۰۰
	۳	۱۲۱/۷۹ ± ۱۳/۰۶	۲۷۱/۰۳±۲۱/۷۶^{a}	۱۴۹/۲۴±۸/۷۱^{a}	۱۲۲/۵۳±۱۴/۷۶^{a}	۱/۳۳±۰/۰۵^{a}	۰/۹۸±۰/۰۵ ^{d}	۱۰۰
آمور	ش	۱۱۹/۰۹ ± ۴/۰۹	۲۰۱/۸۱±۲۲/۴۰^{c}	۸۲/۷۲±۰/۹۶ ^{b}	۶۸/۸۷±۴/۷۸^{b}	۰/۸۷±۰/۰۷^{b}	۳/۱۸±۰/۳۲ ^{a}	۱۰۰
	۱	۱۲۰/۶۴±۲۸/۳۱	۲۱۸/۵۳±۱۹/۳۷^{b}	۹۷/۲۵±۱۳/۰۶^{b}	۸۰/۶۱±۰/۴۶^{b}	۰/۹۹±۰/۰۸ ^{b}	۱/۹۴±۰/۲ ^{b}	۱۰۰
	۲	۱۲۱/۱۳±۱۴/۲۲	۲۳۹/۴۷±۲۷/۸۱^{a}	۱۱۸/۳۳±۱۴/۵۹^{a}	۹۷/۶۸±۱/۰۲^{a}	۱/۱۳۵±۰/۰۶^{a}	۱/۸۸±۰/۰۳ ^{bc}	۱۰۰
	۳	۱۲۱/۷۶ ± ۰/۱۷	۲۲۸/۳۴±۵/۱۰^{ba}	۱۰۶/۵۸±۴/۹۳ ^{ba}	۸۷/۵۳±۰/۵۹^{ba}	۱/۰۴±۰/۰۱ ^{ba}	۱/۶۷±۰/۴۴ ^{c}	۱۰۰

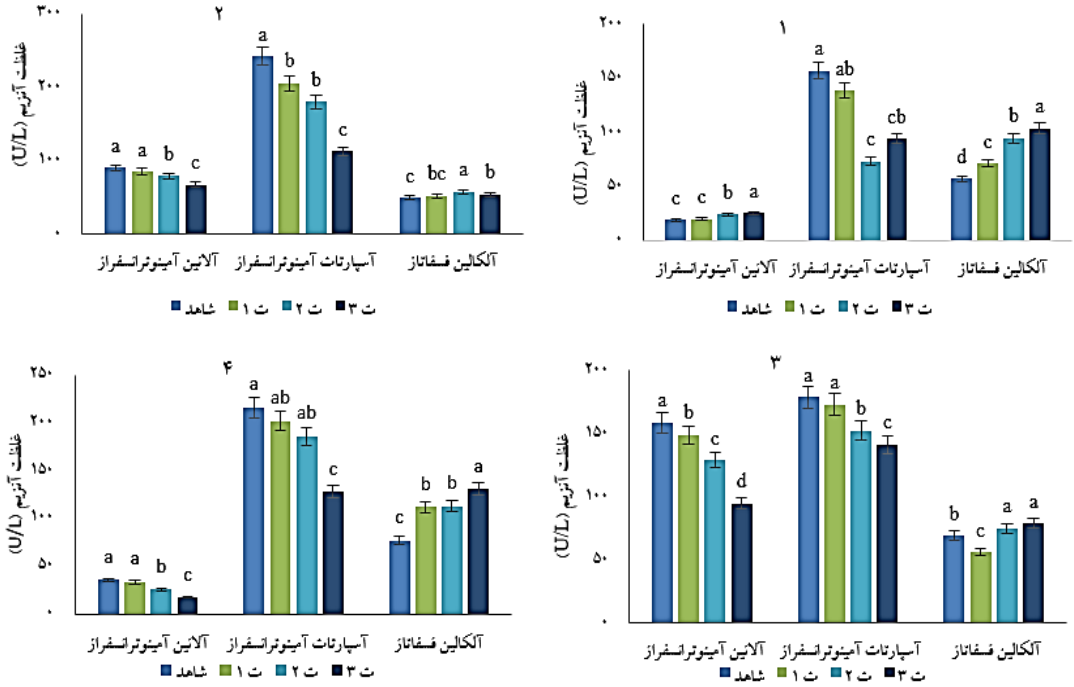
در هر ستون حروف انگلیسی متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

درصد پروتئین لاشه در ماهی کپور معمولی و بیگ هد در تیمار سه با نسبت کربن به نیتروژن (۱۵- ۱۲) و در ماهی فیتوفاگ و آمور در تیمار دو با نسبت کربن به نیتروژن (۱۲-۸) مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

چربی لاشه نیز افزایش معنی‌داری در درصد چربی لاشه ماهیان کپور معمولی، فیتوفاگ و بیگ‌هد در تیمار سه، در مقایسه با سایر تیمارها و گروه شاهد مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). با این حال در ماهی آمور بیشترین میزان درصد چربی لاشه در تیمار دو مشاهده شد که با سایر تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$). اندازه‌گیری درصد رطوبت لاشه نیز اختلاف معنی‌داری را در میان تیمارهای مختلف و گروه شاهد در ماهی کپور نشان نمی‌دهد ($P>۰/۰۵$). با این حالا درصد رطوبت در سایر گروه های پرورشی (آمور، بیگ‌هد و فیتوفاگ) تفاوت معنی‌داری در تیمارهای پرورشی با گروه شاهد نشان داد ($P<۰/۰۵$). درصد خاکستر لاشه نیز تفاوت معنی‌داری را در گونه‌های مختلف پرورشی در مقایسه با گروه شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

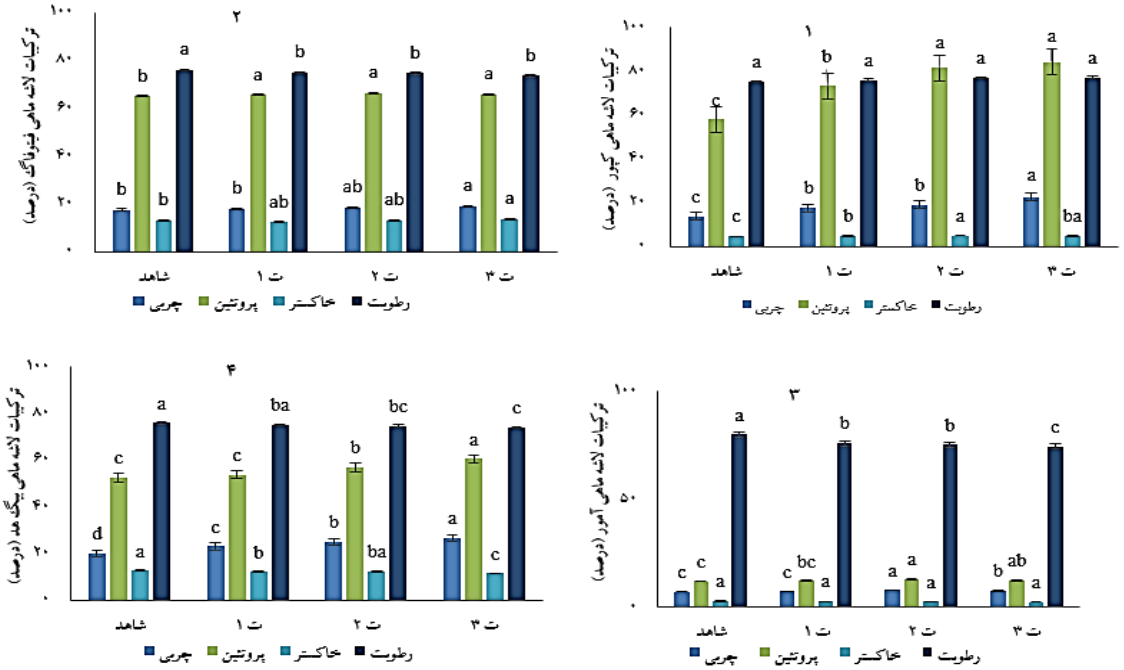
مدیریت کیفی آب اهمیت زیادی در سیستم آبزی-پروری دارد که تحت تأثیر تراکم ذخیره‌سازی، ترکیب گونه پرورشی، کیفیت و کمیت مواد غذایی مصرف شده و سیستم پرورش می‌باشد. طی ۶۰ روز دوره آزمایشی ماهیان کپور پرورشی با افزودن ملاس چغندر قند جهت افزایش نسبت کربن به نیتروژن، مقدار مواد جامد معلق آب (TSS) در تیمارهای آزمایشی افزایش یافت که این افزایش به دلیل خوراک و افزودن منبع آلی کربنی به محیط آبی می‌باشد (Xu *et al*., 2016).



شکل ۱- تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر فاکتورهای بیوشیمیایی سرم ماهی آمور (۱)، ماهی فیتوفاگ (۲) ماهی بیگ هد (۳)، کپور معمولی (۴) (حروف انگلیسی متفاوت نشانگر اختلاف معنادار می‌باشد ($P<۰/۰۵$)).

نتایج این تحقیق با نتایج Du و همکاران (۲۰۱۸) که به بررسی تاثیر افزودن کربن آلی بر کیفیت آب در سیستم‌های بیوفلاک پرداخته بودند همسو می‌باشد. مقادیر اندازه‌گیری شده نیتریت و نیترات موجود در آب کمترین غلظت را در تیمار ۳ و بیشترین میزان را در گروه شاهد نشان داد که این امر ممکن است به‌دلیل وجود باکتری‌های هتروتروفیک موجود در آب، جلبک‌ها، زئوپلانکتون و سایر مواد آلی متصل به بیو فلاک‌ها باشد، زیرا این موجودات برای افزایش زیست توده خود از نیتروژن، فسفر و کربن موجود استفاده می‌کنند (Avnimelech, 2012). از دیگر عوامل کاهش غلظت نیتریت و نیترات می‌توان به ازدیاد زیست توده میکروبی در سیستم بیوفلاک میزان ازت کل جذب شده توسط میکروارگانیسم‌ها بیشتر اشاره نمود (Panihrahi *et al*., 2018). نتایج کیفیت آب در این تحقیق حاکی از تاثیر مثبت تیمار حاوی نسبت کربن به نیتروژن (۱۲-۱۵) برکیفیت آب می‌باشد که با نتایج Liu و همکاران (۲۰۱۹) بر روی تاثیر سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب در سیستم پرورش آبزیان و همچنین با بررسی‌های Azim و Little (۲۰۰۸) بر روی پرورش ماهی تیلاپیای نیل در سیستم بیوفلاک همسو می‌باشد.

در استخرهای خاکی میکروارگانیسم‌های هتروتروفیک پروتئین را از کربن آلی و مواد مغذی معدنی سنتز می‌کنند (Avnimelech, 2012). راندمان جذب پروتئین میکروبی می‌تواند به اندازه پروتئین میکروبی برای هضم، قابلیت هضم و جذب پروتئین میکروبی برای ماهی بستگی داشته باشد. با توجه به این که اندازه ذرات بیوفلاک بین ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرومتر است. بنابراین منبع غذایی خوبی برای پرورش چندگونه‌ای ماهیان کپور می‌باشد. از طرفی استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم‌های پرورشی تاثیر مستقیمی در میزان استفاده از پروتئین و چربی در ماهیان پرورشی دارد (Zhao *et al*., 2018). افزایش نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن به صورت معنی‌داری باعث افزایش وزن نهایی و افزایش وزن بدن هر چهار گونه پرورشی گردید؛ به طوری‌که بیشترین میانگین وزن نهایی و افزایش وزن بدن اندازه‌گیری شده در ماهیان کپورمعمولی، فیتوفاگ و بیگ هد در تیمار سه با نسبت کربن به اکسیژن (۱۵-۱۲) بود و در



شکل ۲- تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهی کپور معمولی (۱)، ماهی فیتوفاگ (۲)، ماهی آمور (۳)، بیگ‌هد (۴) (حروف انگلیسی متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

مقایسه با گروه شاهد و تیمار یک این میزان معنی‌دار می‌باشد که با مطالعات Xu و همکاران (۲۰۱۹) بر روی ماهی کپور با استفاده از منابع مختلف کربن همسو می‌باشد. بهبود پارامترهای رشد در تیمارهای بایوفلاک احتمالاً به دلیل کاهش ترکیبات مضر آمونیاکی آب و استرس کمتر، وجود غذای زنده گیاهی و جانوری و ترکیبات متنوع غذایی در قالب فلاک می‌باشد (Jatoba *et al*., 2014).

با توجه به نتایج، تعداد گلبول‌های قرمز در تمامی گونه‌های مورد پرورش تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها و گروه‌های شاهد نشان نداد. همچنین بررسی تعداد گلبول‌های سفید در گونه‌های کپور پرورشی؛ کپور معمولی، فیتوفاگ و بیگ‌هد افزایش معنی‌داری را در تیمار ۳ نشان داد که در مقایسه با سایر تیمارها و گروه شاهد به میزان قابل توجهی افزایش داشته است. گلبول‌های سفید یکی از اجزای مهم دفاع غیر اختصاصی هستند که در خون، اندام‌های لنفاوی و برخی بافت‌های دیگر حضور دارند و دارای فعالیت بیگانه خواری و تولید آنتی بادی می‌باشند (Raa, 2000؛ Shen *et al*., 2018). تغذیه به طور مستقیم بر گلبول‌های سفید خون ماهی تأثیر دارد و برای افزایش تولید این سلول‌های ضروری، ماهی باید از جیره با پروتئین کافی استفاده کند چون گلبول‌ها از پروتئین ها تشکیل شده اند بنابراین افزایش گلبول‌های سفید تحت تأثیر پروتئین جیره است (Kiron, 2012; Munir *et al*., 2018).

مقایسه میانگین پارامترهای بیوشیمیایی سرم در ماهی آمور نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن نشان داد که غلظت آلکالین فسفاتاز (ALP) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در تمامی تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت و بیشترین غلظت اندازه‌گیری شده از آنزیم ALP در تیمار ۳ با نسبت کربن به اکسیژن ۱۲- مشاهده گردید. ALP به عنوان شاخصی برای استرس می‌باشد و به دلیل فعالیت هیدرولیتیکی، به عنوان یک عامل ضد باکتریایی شناخته می‌شود و نیز در بهبود زخم و عفونت انگلی نقش محافظتی دارد (Lallès, 2019; Mark *et al*., 2002). افزایش سطح ALP عوامل ایمنی جهت محافظت از ماهی در برابر عفونت پاتوژن و استرس محیطی افزایش یافته است که علت احتمالی

جدول ۶- مقایسه میانگین (± انحراف معیار) شاخص‌های خون‌شناسی کپورماهیان پرورشی.

گونه پرورشی	تیمار	گلبول قرمز (10^6 سلول در متر مکعب)	گلبول سفید (10^3 سلول در متر مکعب)	هموگلوبین (گرم/ دسی‌لیتر)	هماتوکریت (درصد)
کپور معمولی	ش	۱/۱۰۶ ± ۰/۰۲^{a}	۱۴/۸۶ ± ۰/۲۷^{c}	۸/۰۳±۰/۷۵^{a}	۳۰/۷۱±۰/۰۵^{a}
	۱	۰/۹۸۰ ± ۰/۰۱^{a}	۱۵/۱۷±۱/۰۳^{ab}	۷/۷۳±۰/۶۱ ^{a}	۳۱/۲۳±۰/۸۶^{a}
	۲	۱/۲۶۱ ± ۰/۰۴^{a}	۱۴/۹۱±۰/۵۴^{b}	۷/۸۷±۰/۶۶ ^{a}	۳۰/۳۴±۱/۰۴^{a}
	۳	۱/۱۱۳ ± ۰/۰۲^{a}	۱۵/۸۲±۰/۶۱^{a}	۸/۳۶±۰/۴۳ ^{a}	۳۱/۰۹±۰/۷۶ ^{a}
فیتوفاگ	ش	۱/۲۰ ± ۰/۰۵^{a}	۱۶/۷۴ ± ۰/۶۷^{b}	۷/۸۷±۰/۶۲^{a}	۲۵/۶۳±۱/۰۲^{a}
	۱	۱/۲۱ ± ۰/۱۲^{a}	۱۷/۰۵±۰/۴۵^{b}	۸/۰۶±۰/۵۱^{a}	۲۴/۸۹±۰/۷۴^{a}
	۲	۱/۲۵ ± ۰/۰۸^{a}	۱۷/۹۶±۰/۶۴^{a}	۸/۱۶±۰/۵۸^{a}	۲۶/۱۱±۱/۲۷^{a}
	۳	۱/۲۹ ± ۰/۰۵^{a}	۱۸/۳۵±۱/۰۱^{a}	۸/۲۳±۰/۳۸^{a}	۲۶/۷۳±۱/۵۱^{a}
بیگ هد	ش	۱/۷ ± ۰/۰۸^{a}	۱۵/۷۶±۰/۲۲^{b}	۷/۳۱±۰/۳۳^{a}	۲۷/۵۱±۰/۶۳^{a}
	۱	۱/۷۳ ± ۰/۱۱^{a}	۱۶/۹۰±۰/۱۵^{ab}	۷/۸۹±۰/۲۷^{a}	۲۶/۵۳±۱/۲۶^{a}
	۲	۱/۷۷ ± ۰/۰۶^{a}	۱۷/۲۲±۰/۴۵^{ab}	۷/۳۰±۰/۳۶^{a}	۲۷/۵۳±۱/۰۹^{a}
	۳	۱/۷۵ ± ۰/۰۵^{a}	۱۷/۷۲±۰/۵۶^{a}	۷/۰۴±۰/۱۶ ^{a}	۲۷/۴۵±۰/۹۳^{a}
آمور	ش	۱/۳۶ ± ۰/۰۴^{a}	۷/۶۶ ± ۰/۱۵^{a}	۷/۱۶±۰/۲۰^{b}	۲۹/۳۳±۱/۱۶^{a}
	۱	۱/۳۸ ± ۰/۰۳^{a}	۸/۶۰±۰/۲۳^{a}	۷/۵۷±۰/۳۳ ^{ba}	۲۹/۷۳±۱/۰۷^{a}
	۲	۱/۴۳ ± ۰/۰۹^{a}	۷/۹۲±۰/۱۴^{a}	۷/۳۶±۰/۳۹^{ba}	۳۰/۱۹±۰/۷۴^{a}
	۳	۱/۳۵ ± ۰/۰۳^{a}	۸/۷۲±۰/۲۹^{a}	۷/۸۷±۰/۴۱ ^{a}	۲۹/۷۷±۱/۳۴ ^{a}

در هر ستون حروف انگلیسی متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0/05$).

آن را می‌توان به مصرف پروبیوتیک‌ها و میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم بیوفلاک دانست که از طریق متابولیت‌های ثانویه سبب افزایش آنزیم-های ایمنی در میزبان می‌شوند (Defoirdt *et al*., 2007). مقایسه میانگین ایمونوگلوبولین کل در کپور ماهیان پرورشی در نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن نشان داد که غلظت ایمونوگلوبولین کل در تمامی کپور ماهیان پرورشی در تیمار ۳ آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد و سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشته‌اند. این افزایش میزان گلوبولین موجود در ماهی-های پرورش یافته در تیمارهای پرورشی نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن احتمالاً به دلیل بهبود سیستم ایمنی و تعامل مداوم با میکروب‌های مفید و همچنین ترکیبات فعال زیستی موجود در بیوفلوک باشد که با گزارش‌های قبلی (Sontakke *et al*., 2019; Mohammadi *et al*., 2020Misra *et al*., 2006) هم‌سو می‌باشد. تغذیه از میکروارگانیسم‌های زنده موجود در فلاک می‌توانند باعث افزایش فاگوسیتوز، لیزوزیم و تولید سیتوکاین‌های مختلفی در بدن ماهی شوند و می‌توانند سیستم ایمنی معده ماهی را با افزایش سلول‌های ایمونوگلوبین و گرانولوسیت‌ها تحریک نمایند (Luo *et al*., 2014). بنابراین می‌توان بیان داشت استفاده از منبع کربنی ملاس در نسبت کربن به ازت (۱۵-۱۸) تاثیر مثبت معنی‌داری در سیستم ایمنی ماهیان کپور پرورشی در این پژوهش داشت.

از علل افزایش میزان درصد پروتئین لاشه در تیمارهای پروش یافته در سیستم بیوفلاک می‌توان به وجود اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه و سایر عناصر غذایی تأمین طبیعی و تازه در سیستم بیوفلاک اشاره نمود (Ju *et al*., 2008; Ekasari *et a*l., 2010). نتایج آنالیز ترکیبات شیمیایی لاشه کپور ماهیان

پرورشی، پس از ۸ هفته پرورش در نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن نشان داد بیشترین درصد پروتئین اندازه‌گیری شده در لاشه ماهیان متعلق به تیمارهای پرورشی بوده که در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. به‌طوری که بیشترین میزان درصد پروتئین لاشه اندازه‌گیری شده در ماهی کپور معمولی و بیگ‌هد در تیمار سه با نسبت کربن به نیتروژن ۱۵- و پس از آن در ماهی فیتوفاگ و آمور در تیمار دو با نسبت کربن به نیتروژن ۱۲-۸ مشاهده شد که این به طور غیر مستقیم نشان می‌دهد استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن می‌تواند به فراهم آوردن زی‌توده‌های جدیدی به عنوان غذای مکمل کمک کند که در کنار جیره‌ی غذایی روزانه استفاده شود (Avnimelech, 2006; Hari *et al*., 2006). همچنین افزایش معنی‌داری در درصد چربی لاشه ماهیان کپور پرورشی (کپور معمولی، فیتوفاگ، بیگ هد و آمور) در مقایسه با گروه شاهد مشاهده گردید. بر اساس نتایج این پژوهش چربی و پروتئین لاشه ماهیان کپور پرورشی به طور معنی‌داری تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن قرار گرفته است. با وجود میزان اندک پروتئین و چربی موجود در ملاس چغندر، وجود قندهای ساده مانند گلوکز و فروکتوز و مواد معدنی در این محصول سبب بهبود شرایط، رشد میکروارگانیسم‌ها شده و تولید توده‌های فلاک را تسریع کرده است (Kaya *et al*., 2019)، که این امر خود سبب بهبود رشد و بهره‌گیری از مزایای غذای زنده در آبزی پرورشی گشته است. به‌طور کلی می‌توان چنین بیان داشت که، میکروارگانیسم‌های تولید شده در بیوفلاک به‌عنوان یک منبع طبیعی غنی و در دسترس از پروتئین و چربی در کنار استفاده از جیره غذایی روزانه (مکمل غذایی) در آبزی مصرف می‌شوند و در نهایت باعث افزایش چربی و پروتئین در لاشه ماهیان کپور پرورشی می‌گردد (Yun *et al*., 2016) که نتایج تحقیق حاضر نیز صحت این امر را تایید نمود.

نتیجه‌گیری کلی

تکنولوژی بیوفلاک در صنعت آبزی‌پروری به‌عنوان روشی مناسب در جهت کاهش مصرف آب و تامین پروتئین میکروبی برای آبزیان می باشد. مبنای اصلی سیستم بیوفلاک تنظیم نسبت کربن به نیتروژن به منظور تحریک رشد و افزایش تعداد باکتری‌های هتروتروفیک است. در تحقیق فوق به دلیل وسعت بالای سطح واحدهای آزمایشی، امکان تشکیل فلاک به شکلی که برای سیستم‌های بیوفلاک متصور هست وجود نداشته و تغییرات نسبت کربن به نیتروژن موجب افزایش جمعیت باکتریایی آب استخرها شده و این امر خود باعث بروز اثرات سودمند در شاخص‌های رشد بچه ماهیان تیمارهای پرورشی گردید. به‌طور کلی طرح مذکور به خاطر وسعت بالا، هزینه سنگین و پراکندگی زیادی داشته است، بنابراین پیشنهاد می‌گردد طرح موصوف در استخرهای خاکی با ابعاد کوچک تر نیز تکرار گردد.

منابع

Anand P.S., Kohli M.P.S., Kumar S., Sundaray J.K., Roy S.D., Venkateshwarlu G., Sinha, A., Pailan, G.H. 2014. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in Penaeus monodon. *Aquaculture* 418, 108-115.

Avnimelech Y. 2002. Biofloc technology: a practical guide book. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, United States. 272 p.

Avnimelech Y., Kochba M. 2012. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using N-15 tracing. *Aquaculture* 287, 163-168.

Azimi A., Jafaryan H., Harsij M., Gholipour H., Patimar R. 2015. Effect 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.

Bakhshi F., Malekzadeh Viayeh R., Ebrahim H.N. 2017. Present efficient use of biofloc technology in intensive culture of common carp (*Cyprinus carpio*). *Animal Environment* 3, 45-52.

Becerril-Cortés D., Monroy-Dosta M.,

Kaya D., Genc M.A., Aktas M., Yavuzcan H., Ozmen O., Genc E. 2019. Effect of biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabricus) in different feeding regimes. *Aquaculture Research* 50(10), 2760-2768.

Kiron V. 2012. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology* 173(1-2), 111-133.

Lallès J.P. 2019. Intestinal alkaline phosphatase in the gastrointestinal tract of fish: biology, ontogeny, and environmental and nutritional modulation. *Reviews in Aquaculture* 455, 244-257.

Liu H., Li H., Wei H., Zhu X., Han D., Jin J., Yang Y., Xie S. 2019. Biofloc formation improves water quality and fish yield in a freshwater pond aquaculture system. *Aquaculture* 506, 256-269.

Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193, 265-275.

Luo G., Gao Q., Wang C., Liu W., Sun D., Li L., 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.

Mahanand S., Moulick S., Srinivasa P. 2013. Water Quality and Growth of Rohu, *Labeo rohita*, in a Biofloc System. *Journal of Applied Aquaculture* 25(2), 121-131

Misra C.K., Das B.K., Mukherjee S.C., Pattnaik P. 2006. Effect of long term administration of dietary β-glucan on immunity, growth and survival of Labeo rohita fingerlings. *Aquaculture* 255(1-4), 82-94.

Mohammadi G., Adorian T.J., Rafiee G., 2020. Beneficial effects of *Bacillus subtilis* on water quality, growth, immune responses, endotoxemia and protection against lipopolysaccharide-induced damages in *Oreochromis niloticus* under biofloc technology system. *Aquaculture Nutrition* 26(5), 1476-1492.

Mugnier C., Zipper E., Goarant C., Lemonnier H. 2008. Combined effect of exposure to ammonia and hypoxia on the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* survival and physiological response in relation to molt stage. *Aquaculture* 274(2-4), 398-407.

Munir M.B., Hashim R., Nor S.A.M., Marsh T.L. 2018. Effect of dietary prebiotics and probiotics on snakehead (*Channa striata*) health: Haematology and disease resistance parameters against *Aeromonas hydrophila*.

Emerenciano M., CastroMejia G., Sofia B., Bermudez S., Correa G.V. 2018. Effect on nutritional composition of produced bioflocs with different carbon sources (Molasses, coffee waste and rice bran) in Biofloc System. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 6, 541-547.

Craig S., Helfrich L.A., Kuhn D., Schwarz M.H. 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. *Animal Feed Science and Technology* 168(1-2), 121-144.

Defoirdt T., Boon N., Sorgeloos P., Verstraete W., Bossier P. 2007. Alternatives to antibiotics to control bacterial infections: luminescent vibriosis in aquaculture as an example. *Trends in Biotechnology* 25(10), 472-479.

Du B., Wang R., Yang Q., Hu H., Li X., Duan X. 2018. Impact of tetracycline on the performance and abundance of functional bacteria of a lab-scale anaerobic-aerobic wastewater treatment system. *Biochemical Engineering Journal* 138, 98-105

Ekasari J., Azhar M.H., Surawidjaja E.H., Nuryati S., De Schryver P., Bossier P. 2014. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. *Fish and Shellfish Immunology* 41(2), 332-339.

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.

Fast M.D., Ross N.W., Mustafa A., Sims D.E., Johnson S.C., Conboy G.A., Burka J.F. 2002. Susceptibility of rainbow trout Oncorhynchus mykiss, Atlantic salmon *Salmo salar* and coho salmon *Oncorhynchus kisutch* to experimental infection with sea lice *Lepeophtheirus salmonis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 52(1), 57-68.

Hari B., Kurup B.M., Varghese J.T., Schrama J.W., Verdegem M.C.J. 2006. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 252(2-4), 248-263.

Jatobá A., da Silva B.C., da Silva J.S., do Nascimento Vieira F., Mouriño J.L.P., Seiffert W.Q., Toledo T.M. 2014. Protein levels for Litopenaeus vannamei in semi-intensive and biofloc systems. *Aquaculture* 432, 365-371.

Ju Z.Y., Forster I., Conquest L., Dominy W., Kuo W.C., David Horgen F. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research* 39(2), 118-133.

Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn, Poland. 1993, 105-12.
Sontakke R., Tiwari V.K., Paniprasad K., Rani A.B., Ande M.P. 2019. Non-specific immune and antioxidant status of milkfish, chanos chanos varies with the carbon source used in the biofloc system. *Journal of Experimental Zoology* 1(3), 1-19.
Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T., Vinci B.J. 2012. Recirculating Aquaculture Systems, 2nd ed; Cayuga Aqua Ventures Llc: New York.
Wei Y., Liao S.A., Wang A.L. 2016. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture* 465, 88-93.
Yun H., Shahkar E., Katya K., Jang I.K., Kim S.K., Bai S.C., 2016. Effects of bioflocs on dietary protein requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research* 47(10), 203-3214.
Zhao Z., Xu Q., Luo L., Li J., Wang L. 2014. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. *Aquaculture* 434, 442-448.
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.

Fish and Shellfish Immunology 75, 99-108.
Nootong K.; Pavasant P., Powtongsowt S. 2011. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. *Journal of the World Aquaculture Society* 42(3), 339-346.
Panigrahi A., Saranya C., Sundaram M., Kannan S.V., Das R.R., Kumar R.S., Rajesh P., Otta S.K. 2018. Carbon: Nitrogen (C: N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish and Shellfish Immunology* 81, 329-337.
Panigrahi A., Saranya C., Vinay T.N., Otta S.K., Kumar A. 2019. Effect of Bio-Flocs on the Shrimp Immune system. *Biofloc Technology for Nursery and Growout Aquaculture* 22(32), 97.
Pérez-Fuentes J.A., Hernández-Vergara M.P., Pérez-Rostro C.I., Fogel I. 2016. C: N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. *Aquaculture* 452, 247-251.
Raa J. 2000. The use of immune-stimulants in fish and shellfish feeds. In: L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, R. Civera-Cerecedo, (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. pp: 47-56.
Reddy A.S., Reddy M.V., Radhakrishnaiah, K. 2008. Impact of copper on the oxidative metabolism of the fry of common carp, Cyprinus carpio (Linn.) at different pH. *Journal of Environmental Biology* 29(5), 721-724.
Serra F.P., Gaona C.A., Furtado P.S., Poersch L.H., Wasielesky W. 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei. Aquaculture International* 236, 1325-1339.
Shen Y., Wang D., Zhao J., Chen X. 2018. Fish red blood cells express immune genes and responses. *Aquaculture and Fisheries* 3(1), 14-21.
Shen Y., Wang L., Hirose S., Zhou Z., Liu Q. 2018. The transcriptional factor Apt regulates neuroblast differentiation through activating CycE expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 499(4), 889-894.
Siwicki A.K., Anderson D.P. 1993. Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin level in serum. Fish

Effect of different ratios carbon-nitrogen on growth indices, carcass compounds, hematological and serum biochemical parameters in carp culture ponds

Abbas Barari*, Mohammad Reza Imanpur, Roghieh Safari, Seyed Hossein Hoseinifar

Department of Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran.
*Corresponding author: abbasbarari812@gmail.com
Received: 2021/9/25 Accepted: 2021/12/16

Abstract
This study aimed to investigate te effect of different ratios of carbon to nitrogen on growth factors, carcass chemical composition and immune system of Chinese carps (Silver carp, Bighead, Common carp and Grass carp). For this purpose, a total of thirty thousand juveniles of four species with a ratio (80-5-10-5%) with an average weight of 120 g were obtained and for 2 months in 4 treatments with C/N conditions, including treatment 1 (5-8), treatment 2 (8-12), treatment 3 (12-15) treatment 4 (control group) were reared and fed by adding sugar beet molasses carbon source. The reason for choosing the range in carbon to nitrogen ratios was due to the large area of the experimental units (two-hectare ponds). Increasing the different ratios of carbon to nitrogen significantly increased the final weight and decreased the feed conversion ratio in common carp and silver carp in treatment 3 compared to the control group. The highest percentage of the protein and fat measured in the carcasses of all four fish species belonged to treatments, which showed a significantly increase compared to the control group. The moisture content, carcass ash percentage and survival percentage did not show a significant difference between treatments. The alkaline phosphatase in all treatments was significantly increased and the spartate aminotransferase and alanine-aminotransferase in all experimental treatments were significantly reduced except grass carp which significantly increased the level of alanine enzyme.

Keywords: Weight gain percentage, Feed conversion ratio, Sugar molasses, Farmed carps.