

Research Article**Effects of Different Carbon to Nitrogen Ratios on Water Quality, Growth Performance, and Body Composition of Green Tiger Shrimp (*Penaeus semisulcatus*): in a Limited Water Exchange Aquaculture System****Mohammad Hossein Khanjani*, Ahmad Rafieepour**

Department of Fisheries Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran

*Corresponding author: M.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

Received: 08 July 2025

Accepted: 03 September 2025

DOI: 10.60833/ASCIJ.2026.1211384

Abstract

In the present study, the effect of different carbon to nitrogen ratios on water quality, growth performance, and body composition of green tiger shrimp (*P. semisulcatus*) in a limited water exchange aquaculture system was investigated. The experiment was conducted for 28 days with shrimp postlarvae with an average weight of 65.6 ± 5.5 mg in 130-liter tanks at a stocking density of one postlarvae per liter. Four experimental groups included a control group in which 35 to 50% of the water was changed daily. Three biofloc groups with different carbon to nitrogen ratios, 10 (CN10), 15 (CN15), and 20 (CN20), were considered, with 0.5 to 1% water change daily. The results of water quality parameters show that different carbon to nitrogen ratios affect water quality parameters. The lowest dissolved oxygen (5.68 mg/L) and pH (7.91) were obtained in the CN20 treatment, which showed a significant difference with other treatments. The results of growth performance showed that the highest body weight gain (1.249 g), specific growth rate (10.70%/day), and survival rate (84.87%) were obtained in CN15 treatment, which showed a significant difference with other treatments ($p < 0.05$). Analysis of biochemical components of shrimp bodies showed that the lowest levels of protein (74.66% dry weight) and lipid (5.75% dry weight) were observed in the control group, which showed a significant difference with other treatments ($p < 0.05$). The presence of biofloc in culture tanks led to improvements in protein, lipid, and ash content of the body of green tiger shrimp. Overall, the present study showed that improvements in water quality, growth performance, survival, nutritional parameters, and biochemical composition of green tiger shrimp occurred at a carbon to nitrogen ratio of 15:1 in an aquaculture system with limited water exchange.

Keywords: Aquaculture, Green tiger shrimp, Biofloc, Water quality, Growth performance.



مقاله پژوهشی

اثرات نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بدن میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*): در سیستم آبی‌پروری با تعویض آب محدود

محمدحسین خانجانی*، احمد رفیعی‌پور

گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران

*مسئول مکاتبات: m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷

DOI: 10.60833/ASCIJ.2026.1211384

چکیده

در مطالعه حاضر، تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بدن میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) در سیستم آبی‌پروری با تعویض آب محدود بررسی شد. آزمایش به مدت ۲۸ روز با پست لاروهای میگو با میانگین وزن $0.5 \pm 65/6$ میلی گرم در مخازن ۱۳۰ لیتری با تراکم ذخیره‌سازی یک پست لارو در لیتر انجام شد. چهار گروه آزمایشی شامل گروه کنترل که روزانه ۳۵ تا ۵۰ درصد آب تعویض می‌شد. سه گروه توده زیستی با نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن، ۱۰ (CN10)، ۱۵ (CN15) و ۲۰ (CN20) که روزانه ۰/۵ تا ۱ درصد آب تعویض می‌شد، در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از پارامترهای کیفی آب نشان داد نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب تأثیر می‌گذارد. بطوری که کمترین میزان اکسیژن محلول ($5/68$ میلی گرم/لیتر) و pH ($7/91$) در تیمار CN20 بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. نتایج حاصل از عملکرد رشد، نشان داد بیشترین میزان افزایش وزن بدن ($1/249$ گرم)، ضریب رشد ویژه ($10/70$ درصد بر روز)، و میزان بقا ($84/87$ درصد) در تیمار CN15 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p < 0/05$). آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگو نشان داد، کمترین میزان پروتئین ($74/66$ درصد) و چربی ($5/5$ درصد وزن خشک) در گروه کنترل مشاهده شد. وجود توده‌های زیستی در مخازن پرورش منجر به بهبود میزان پروتئین، چربی و خاکستر بدن میگوی ببری سبز شد. بطور کلی مطالعه حاضر نشان داد، بهبود کیفیت آب، عملکرد رشد، بقا، پارامترهای تغذیه‌ای و ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی ببری سبز در نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ به ۱ در سیستم آبی‌پروری با تعویض آب محدود اتفاق می‌افتد.

کلمات کلیدی: آبی‌پروری، میگوی ببری سبز، نسبت کربن به نیتروژن، توده زیستی، کیفیت آب، عملکرد رشد.

مقدمه

جذب را توسط آبی‌پرورش یافته، داشته باشد و آلودگی کمتری وارد محیط زیست کند، ضروری است. سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی از سیستم-های آبی‌پروری سازگار با محیط زیست بوده که اهداف آبی‌پروری پایدار را دنبال می‌کند (۱). نوع

صنعت آبی‌پروری، از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین می‌باشد که امروزه بدلیل افزایش جمعیت توجه به آن افزایش یافته است. برای توسعه صنعت آبی‌پروری، بکارگیری سیستم‌های نوین در آبی‌پروری و استفاده از خوراک‌های با کیفیت بالا که بیشترین هضم و

این محدوده نسبتاً وسیع بوده و به همین دلیل پژوهشگران تلاش کرده‌اند تا نسبت بهینه را بدست آورند، نسبت بهینه ممکن است به منبع کربن و گونه پرورش یافته بستگی داشته باشد (۲). در مطالعه Dauda و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شد، که نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ به ۱ بهترین نسبت برای پرورش گربه ماهی افریقایی (*C. gariepinus*) در سیستم توده‌ساز زیستی می‌باشد (۴). نسبت کربن به نیتروژن ۱۵، نسبت به تیمار کربن به نیتروژن ۱۰ سریع‌تر نیتروژن آمونیاکی را حذف می‌کند و نسبت به تیمار کربن به نیتروژن ۲۰ کاهش قابل توجهی در میزان اکسیژن محلول رخ نمی‌دهد. با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی جذب ترکیبات نیتروژن سریع تر اتفاق می‌افتد، اما بدلیل تجمعات بیشتر جوامع میکروبی، اکسیژن محلول سریع‌تر کاهش می‌یابد (۲). در مطالعه Khanjani و Sharifina (2022a) تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن (۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۲۲) بر عملکرد میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) در سیستم توده‌ساز زیستی بررسی شد. نتایج کیفیت آب نشان داد کمترین میزان اکسیژن محلول (۵/۳۳ میلی‌گرم/لیتر) و pH (۷/۸۳) در گروه نسبت کربن به نیتروژن ۲۲ می‌باشد (۲). با توجه به نتایج مطالعات به نظر می‌رسد، نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ برای عملکرد بهینه سیستم توده‌ساز زیستی مناسب باشد (۴). نسبت کربن به نیتروژن بیشتر از ۱۵ در شروع برای ایجاد و شکل‌گیری سریع‌تر توده‌های زیستی سودمند می‌باشد. استفاده از نسبت‌های کربن به نیتروژن پایین‌تر از ۱۵، منجر به کاهش هزینه در عملیات و حفاظت از سیستم در برابر افزایش تقاضای اکسیژن محلول می‌گردد. با توجه به اهمیت تنظیم نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی، در مطالعه حاضر تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت آب، عملکرد رشد

منبع کربن استفاده شده و نسبت کربن به نیتروژن دو عامل مهم در این سیستم می‌باشد. تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه با تنظیم نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی در گونه‌های مختلف نظیر میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*) (۲)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (۳)، گربه‌ماهی افریقایی (*Clarias gariepinus*) (۴)، و تیلپای نیل (*Oreochromis niloticus*) (۵) انجام گردیده است. میگوها بویژه خانواده‌ی پنائیده نقش مهمی در تولیدات آبی‌پروری دارند. یکی از گونه‌های مهم این خانواده، میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) می‌باشد، که در خلیج فارس نقش مهمی در تولید ایفا می‌کند. رژیم غذایی این گونه بیشتر شامل دیاتومه‌ها، داینوفلاژله‌ها، سخت‌پوستان، نرم‌تنان، روزنه‌داران، کرم‌ها و... می‌باشد (۶). اطلاعات اندکی در رابطه با پرورش این گونه در سیستم آبی‌پروری توده‌ساز وجود دارد. در سال ۲۰۲۰، Kaya و همکاران پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) (با وزن ۰/۹-۰/۷ گرم) را در دو سیستم توده‌ساز زیستی و آب شفاف در دو آزمایش مورد بررسی قرار دادند، آزمایش اول تاثیر چهار میزان غذادهی بر حسب وزن بدن (۳، ۶، ۹ و ۱۲ درصد وزن بدن) و آزمایش دوم تاثیر سطوح مختلف ذخیره‌سازی (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میگو در ۰/۲۴ متر مربع) در سه تکرار بررسی شد (۷). نتایج آنها نشان داد در سیستم توده‌ساز زیستی، میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) عملکرد رشد بهتری را در میزان غذادهی ۶ درصد وزن بدن و تراکم ذخیره‌سازی ۲۰ میگو در ۰/۲۴ متر مربع دارند. در سیستم توده‌ساز زیستی نسبت کربن به نیتروژن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بدن آبی‌پرورش‌یافته تاثیر می‌گذارد (۲). برخی از مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که نسبت کربن به نیتروژن بین ۱۰ تا ۲۰ برای تولید توده‌های زیستی موثرتر است (۸، ۹).

و ترکیبات بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش: پست لاروهای میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) از مرکز تکثیر میگو در جاسک، هرمزگان تهیه و در مخازن ۲۰۰۰ لیتری در مرکز تکثیر آبزیان دریایی خلیج فارس، بندر کلاهی، میناب، هرمزگان نگهداری شدند تا به وزن مناسب برای آزمایش رسیدند. آزمایش به مدت ۲۸ روز با پست لاروهای میگوهای ببری سبز با میانگین وزن $0.5 \pm$ میلی گرم انجام شد. نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن برای آزمایش در نظر گرفته شد (جدول ۱). ۱۲ مخازن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۱۳۰ لیتر و تراکم ذخیره‌سازی یک پست لارو در لیتر در نظر گرفته شد. ۴ گروه آزمایشی شامل گروه کنترل (Control) که روزانه ۳۵ تا ۵۰ درصد آب آن قبل از غذایی وعده اول در صبح تعویض می شد. سه گروه توده زیستی با نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن، ۱۰ (CN10)، ۱۵ (CN15) و ۲۰ (CN20) که روزانه ۰/۵ تا ۱ درصد آب آن قبل از غذایی تعویض می شد، در نظر گرفته شد. در گروه‌های توده زیستی، ۰/۵ میلی لیتر توده زیستی به ازای هر لیتر به عنوان آغازگر برای رشد و توسعه توده‌های میکروبی افزوده شد. میگوها با غذای تجاری (شامل ۳۸ درصد پروتئین، ۹ درصد چربی، ۱۴ درصد خاکستر و ۱۰ درصد رطوبت) در سه وعده ۸ صبح، ۱۴ بعدازظهر، و ۲۰ شب به میزان ۱۵ درصد وزن بدن تغذیه شدند. میزان غذایی در ابتدای آزمایش ۱۵ درصد وزن بدن و با رشد میگو در طی دوره آزمایش به ۹ درصد وزن بدن کاهش یافت. از ملاس (۵۴/۹ درصد ماده خشک، ۴۵/۵ درصد کربوهیدرات) به عنوان ماده کربن دار برای رشد و توسعه توده‌های زیستی استفاده شد. نسبت کربن به نیتروژن بر اساس میزان کربن به

نیتروژن خوراک و میزان کربن ملاس، محاسبه گردید. نسبت کربن به نیتروژن خوراک در گروه کنترل ۸/۲۲ بدست آمد و هیچ منبع کربنی اضافه نشد و فقط خوراک به سیستم اضافه گردید. برای تنظیم نسبت کربن به نیتروژن ۱۰:۱، ۱۵:۱ و ۲۰:۱ به ترتیب ۰/۲۰، ۰/۸ و ۱/۴ گرم ملاس به ازای هر گرم خوراک روزانه به مخازن پرورش اضافه شد (جدول ۱). مقدار خوراک بر اساس افزایش وزن میگو در طی هر هفته محاسبه شد و سپس میزان ماده آلی کربن دار ملاس برای تنظیم نسبت کربن به نیتروژن محاسبه و اضافه شد. میزان ملاس محاسبه شده برای هر تیمار در داخل ظروف یک لیتری ریخته شد که با آب مخزن پرورش ترکیب و به خوبی مخلوط گردید و بعد از وعده غذایی ساعت ۱۴:۰۰ به مخازن پرورش اضافه شد (۸).

اندازه گیری پارامترهای کیفی آب: دمای آب، اکسیژن محلول با کمک دستگاه پرتابل (DO Lutron 510) و pH آب (pH Lutron 208) روزانه ساعت ۱۰ تا ۱۱ صبح اندازه گیری شد. شوری آب روزانه در ساعت ۹ تا ۱۰ صبح به کمک دستگاه شوری سنج ثبت گردید. اندازه‌گیری مواد جامد معلق قابل ته نشین (Settled solids, SS) و کل مواد جامد معلق (total suspended solids, TSS) هر پنج روز یکبار انجام شد. برای اندازه گیری میزان مواد جامد معلق قابل ته نشین، یک لیتر از آب مخزن پرورش برداشته و در ظروف مخروطی شکل ریخته و به مدت ۲۰ دقیقه زمان گرفته تا ته نشین شود، پس از ته نشین شدن میزان آن بر حسب میلی لیتر در لیتر گزارش شد. برای اندازه گیری میزان کل مواد جامد معلق میزان مواد جامد قابل ته نشین به ازای هر لیتر از کاغذ صافی از پیش وزن شده عبور داده شد و سپس در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گذاشته تا کاملاً خشک شود، پس از خشک شدن میزان آن بر

ضریب تبدیل غذایی (FCR): (میزان غذای خشک خورده شده / میزان افزایش وزن بدن)

ضریب کارایی تغذیه (بازده غذایی (FE): (وزن نهایی - وزن ابتدایی) / کل غذای مصرفی $\times 100$

آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی توده‌های زیستی جمع-آوری شده و بدن میگو: در انتهای آزمایش، آب مخازن پرورش با توری ۲۰ میکرون فیلتر گردید و توده‌های زیستی بدست آمده در آون (دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای ۲۴ ساعت) قرار داده شد تا خشک گردد. برای آنالیز بیوشیمیایی ترکیبات بدن میگو، در پایان دوره آزمایش ۵۰ میگو از هر تکرار جمع‌آوری شد. بعد از حذف پوسته و سر میگوها با کمک چرخ گوشت به خوبی همگن شدند و سپس همه نمونه‌ها (توده زیستی و میگو) در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا آنالیز بیوشیمیایی نگه‌داری شدند. پروتئین، چربی و خاکستر بر اساس روش AOAC (۲۰۱۲) مورد سنجش قرار گرفت (۱۱).

آنالیز داده‌ها: از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰۲۳ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای تعیین نرمال بودن داده‌ها، آنالیز واریانس یک طرفه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، و آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۹۵ درصد برای تعیین معنی‌داری استفاده شد. گراف‌ها و نمودارها با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ ترسیم گردید. نتایج به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد ارائه شد.

حسب میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد. اندازه‌گیری ترکیبات نیتروژن شامل نیتروژن آمونیاکی کل (TAN)، نیتريت (NO_2) و نیترات (NO_3) هر هفته بر اساس روش APHA (۲۰۱۲) سنجش شد (۱۰).

اندازه‌گیری پارامترهای رشد: به منظور محاسبه پارامترهای رشد شامل افزایش وزن، سرعت رشد، بیومس، و ضریب رشد ویژه، زیست‌سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری وزن در ابتدای و انتهای دوره آزمایش انجام شد. تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده در ابتدای آزمایش و تعداد میگوهای باقیمانده در انتهای آزمایش ثبت شد تا بر اساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. همچنین شاخص‌های تغذیه ای شامل ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارایی تغذیه بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند.

افزایش وزن (WG) (بر حسب گرم): (وزن ثانویه - وزن اولیه) / سرعت رشد (GR): (وزن نهایی - وزن ابتدایی) / (دوره پرورش به روز)

بیومس (B) (گرم): (وزن نهایی - وزن ابتدایی) $\times$ میزان بقاء

میزان بقاء (SR) (درصد): (تعداد میگوهای انتهای دوره / تعداد میگوهای ابتدای دوره) $\times 100$

ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز): (لگاریتم طبیعی وزن نهایی - لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی) / دوره پرورش (روز) $\times 100$

جدول ۱- تیمارهای مختلف آزمایش تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن

Table 1- Different experimental treatments affected by different carbon to nitrogen ratios

Experimental treatments	Amount of molasses added per gram of feed	Carbon to nitrogen ratio	Water change	Treatment abbreviation
Control	Without adding molasses	8.2:1	35-50%	Control
Biofloc 1	0.2 g	10:1	0.5-1.0%	CN10
Biofloc 2	0.8 g	15:1	0.5-1.0%	CN15
Biofloc 3	1.4 g	20:1	0.5-1.0%	CN20

نتایج

کیفیت آب: نتایج حاصل از پارامترهای کیفی آب در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب تأثیر می‌گذارد. بطوری که کمترین میزان اکسیژن محلول ($5/68$ میلی‌گرم/لیتر) و pH ($7/91$) در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ (CN20) بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p < 0/05$). بیشترین میزان مواد جامد قابل ته‌نشین (SS) ($8/9$ میلی‌لیتر/لیتر) و کل مواد جامد معلق (TSS) (255 میلی‌گرم/لیتر) در تیمار CN20 مشاهده شد. بیشترین میزان نیتروژن آمونیاکی کل (TAN) ($0/91$ میلی‌گرم/لیتر) و نیتريت (NO_2) ($6/36$ میلی‌گرم/لیتر) در گروه کنترل بدون افزودن ماده کربن دار بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p < 0/05$). در شکل ۱ تغییرات نیتروژن آمونیاکی کل، نیتريت و نترات (NO_3) به ترتیب در بخش‌های الف، ب و ج در روزهای مختلف آزمایش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن ارائه شده است.

عملکرد رشد، میزان بقاء، و پارامترهای تغذیه‌ای: نتایج حاصل از عملکرد رشد، میزان بقاء و پارامترهای تغذیه‌ای در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی بر عملکرد رشد، میزان بقاء و پارامترهای تغذیه‌ای مربوط به میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تأثیر می‌گذارد. بیشترین میزان افزایش وزن بدن ($1/249$ گرم)، ضریب رشد ویژه ($10/70$ درصد بر روز)، بیومس ($137/85$ گرم) و میزان بقاء ($84/87$ درصد) در تیمار CN15 بدست آمد که

اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($0/05 < p$). بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی ($1/95$) و کمترین کارایی خوراک ($51/48$ درصد) در گروه کنترل مشاهده شد.

ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگو و توده‌های زیستی: ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) و توده‌های زیستی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی بر ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) و توده‌های زیستی شکل گرفته در مخازن پرورش تأثیر می‌گذارد. بر طبق نتایج کمترین میزان پروتئین ($74/66$ درصد وزن خشک)، چربی ($5/75$ درصد وزن خشک) و خاکستر ($11/90$ درصد وزن خشک) بدن میگو در گروه کنترل مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($0/05 < p$). وجود توده‌های زیستی در مخازن پرورش منجر به بهبود میزان پروتئین، چربی و خاکستر بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) می‌شود. توده‌های زیستی شکل گرفته در مخازن پرورش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن قرار گرفت، بطوری که با افزایش نسبت کربن به نیتروژن بر مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر توده‌های زیستی افزوده شد. بیشترین میزان پروتئین ($25/43$ درصد وزن خشک)، چربی ($1/40$ درصد وزن خشک) و خاکستر ($32/06$ درصد وزن خشک) توده‌های زیستی در نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($0/05 < p$).

جدول ۲- پارامترهای کیفی آب در پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تحت تاثیر تیمارهای مختلف در ۲۸ روز

Table 2- Water quality parameters in green tiger shrimp (*P. semisulcatus*) farming under the influence of different treatments in 28 days

Parameters	Control	CN10	CN15	CN20
T (°C)	30.18± 0.38 ^a	30.25 ± 0.44 ^a	30.31 ± 0.45 ^a	30.27 ± 0.39 ^a
DO (mg L ⁻¹)	6.65 ± 0.20 ^a	6.54 ± 0.35 ^a	6.08 ± 0.25 ^b	5.68 ± 0.29 ^c
pH	8.13± 0.06 ^a	8.11 ± 0.05 ^b	8.05 ± 0.03 ^b	7.91 ± 0.05 ^c
Salinity (g L ⁻¹)	31.00 ± 0.5 ^b	32.5 ± 0.9 ^a	32.46 ± 0.85 ^a	32.52 ± 0.8 ^a
SS (ml L ⁻¹)	0.80 ± 0.41 ^d	4.5 ± 2.4 ^c	6.85 ± 3.8 ^b	8.9 ± 5.6 ^a
TSS (mg L ⁻¹)	65.14 ± 29.13 ^d	146.5 ± 60.75 ^c	198.59 ± 118.5 ^b	255.0 ± 149.4 ^a
TAN (mg L ⁻¹)	0.91± 0.45 ^a	0.44± 0.23 ^b	0.37± 0.22 ^b	0.23± 0.16 ^c
NO ₂ (mg L ⁻¹)	6.36± 2.94 ^a	5.38± 2.33 ^b	4.93± 1.9 ^b	3.65± 1.45 ^c
NO ₃ (mg L ⁻¹)	2.76± 1.23 ^c	4.35± 2.23 ^b	4.98± 2.58 ^{ab}	5.80± 2.90 ^a

مقادیر با علامت‌های متفاوت در یک ردیف، اختلاف معنی‌داری دارند ($p < 0.05$)

Values with different signs in the same row have significant differences ($p < 0.05$). Temperature: T, dissolved oxygen: DO, settled solids: SS, total suspended solids: TSS, total ammonium nitrogen: TAN, nitrite: NO₂, nitrate: NO₃.

جدول ۳- پارامترهای رشد، تغذیه‌ای و میزان بقای میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کربن

به نیتروژن در طی ۲۸ روز

Table 3- Growth and nutritional parameters and survival rate of green tiger shrimp (*P. semisulcatus*) under the influence of different carbon to nitrogen ratios during 28 days

Parameters	Control	CN10	CN15	CN20
FW (g)	0.944 ± 0.073 ^c	1.078 ± 0.074 ^b	1.315 ± 0.068 ^a	1.098 ± 0.083 ^b
WG (g)	0.878 ± 0.07 ^c	1.012 ± 0.074 ^b	1.249 ± 0.068 ^a	1.032 ± 0.083 ^b
GR (g/day)	0.031 ± 0.0026 ^c	0.036 ± 0.0026 ^b	0.044 ± 0.0024 ^a	0.0368 ± 0.003 ^b
SGR (%/day)	9.51± 0.27 ^c	9.99 ± 0.24 ^b	10.70 ± 0.188 ^a	10.05 ± 0.267 ^b
B (g)	85.527± 7.217 ^c	106.302 ± 7.8 ^b	137.85 ± 7.56 ^a	108.10 ± 8.74 ^b
FCR	1.95± 0.16 ^a	1.60± 0.11 ^b	1.27 ± 0.07 ^c	1.58 ± 0.124 ^b
FE (%)	51.48± 4.24 ^c	62.53 ± 4.58 ^b	78.77 ± 4.32 ^a	63.58 ± 5.14 ^b
SR (%)	76.66± 2.7 ^c	80.77 ± 2.03 ^b	84.87 ± 1.17 ^a	80.51 ± 1.17 ^b

مقادیر با علامت‌های متفاوت در یک ردیف، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

Values with different signs in the same row have significant differences ($P < 0.05$). Final weight: FW, weight gain: WG, growth rate: GR, specific growth rate: SGR, biomass: B, feed conversion ratio: FCR, feed efficiency: FE, survival rate: SR.

جدول ۴- مقادیر ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) و توده‌های زیستی تولید شده در مخازن

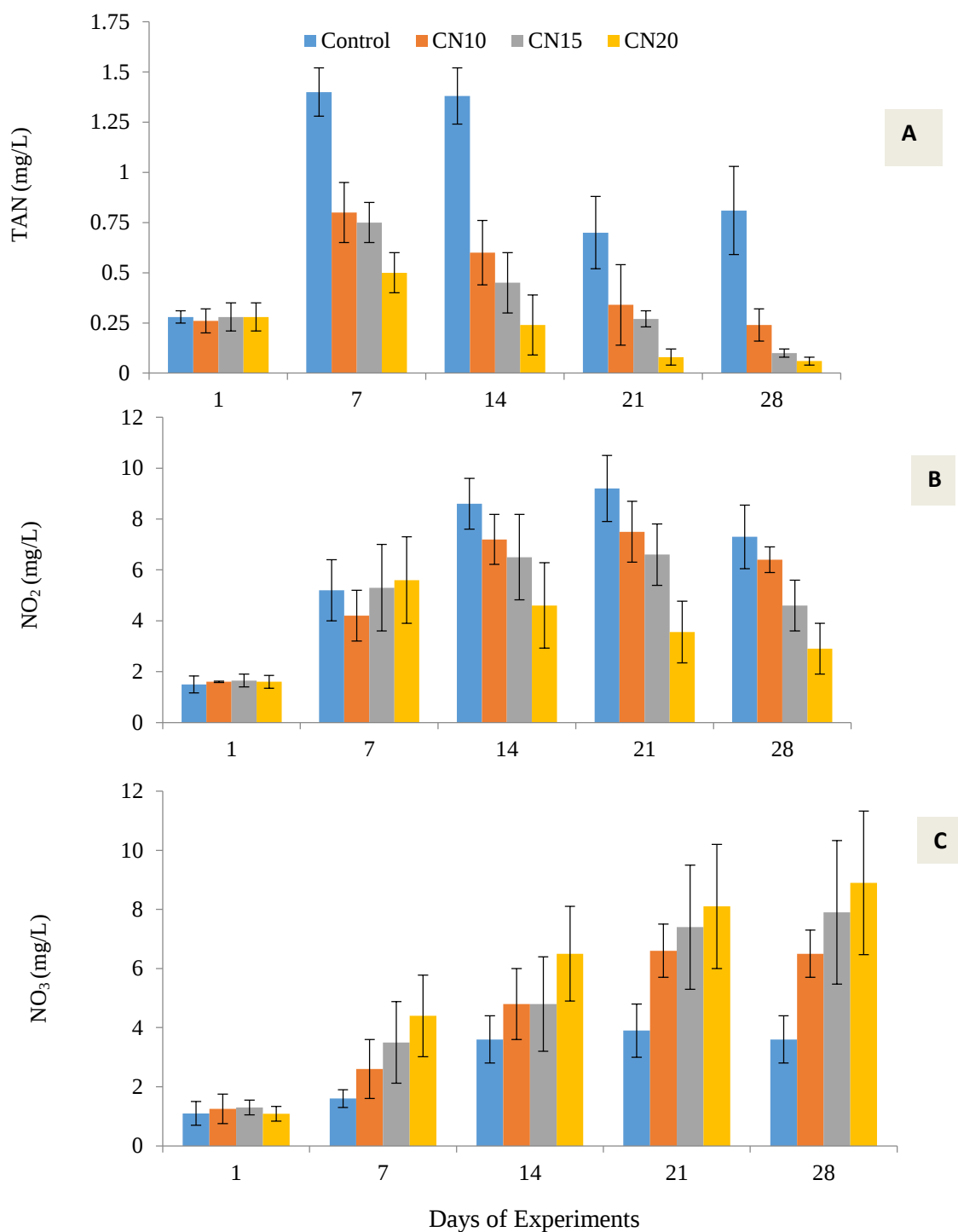
پرورش تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن در طی ۲۸ روز دوره آزمایش

Table 4- Biochemical composition values of green tiger shrimp (*P. semisulcatus*) body and biofloc produced in culture tanks under the influence of different carbon to nitrogen ratios during the 28-day experimental period

treatment	Dry matter (%)	Crude protein(% DW)	Crude lipid (% DW)	Ash (% DW)
Fish				
Control	25.05± 0.28 ^a	74.66± 0.33 ^b	5.75± 0.15 ^b	11.90± 0.20 ^c
CN10	25.00± 0.1 ^a	75.26± 0.08 ^a	6.01± 0.07 ^a	12.34± 0.24 ^b
CN15	24.83± 0.07 ^b	75.2± 0.1 ^a	6.12± 0.11 ^a	12.40± 0.18 ^b
CN20	24.65± 0.1 ^c	75.28± 0.17 ^a	6.15± 0.13 ^a	12.67± 0.09 ^a
Biofloc				
CN10	17.56± 0.51 ^a	24.66± 0.70 ^b	1.15± 0.09 ^c	28.83± 1.25 ^c
CN15	17.86± 0.55 ^a	25.16± 0.98 ^{ab}	1.30± 0.04 ^b	30.16± 0.76 ^b
CN20	17.96± 0.56 ^a	25.43± 0.37 ^a	1.40± 0.04 ^a	32.06± 0.70 ^a

مقادیر با علامت‌های متفاوت در یک ستون، اختلاف معنی‌داری دارند ($p < 0.05$)

Values with different signs in the same column have significant differences ($p < 0.05$).



شکل ۱- تغییرات غلظت‌های کل نیتروژن آمونیاکی (الف)، نیتريت (ب) و نیترات (ج) در روزهای مختلف آزمایش در آب مخازن پرورش میگوئی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن

Figure 1- Changes in the concentrations of total ammonia nitrogen (a), nitrite (b) and nitrate (c) on different days of the experiment in the water of green tiger shrimp (*P. semisulcatus*) culture tanks under the influence of different carbon to nitrogen ratios.

بحث

در مطالعه حاضر، پارامترهای کیفی آب در محدوده مطلوب برای پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) بدست آمد (۱۲). تنظیم نسبت کربن به نیتروژن بر کیفیت آب پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تأثیر گذاشت. بطوری که کمترین میزان اکسیژن محلول و pH در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ مشاهده شد. که احتمالاً بدلیل فعالیت بیشتر باکتری‌ها، مصرف اکسیژن محلول و تولید دی اکسید کربن باشد. با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی بدلیل تجمعات بیشتر جوامع میکروبی، اکسیژن محلول سریعتر کاهش می‌یابد (۲). در مطالعه Khanjani و Sharifina (2022a) تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن (۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۲) بر عملکرد میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) در سیستم توده‌ساز زیستی بررسی شد. نتایج کیفیت آب نشان داد کمترین میزان اکسیژن محلول (۵/۳۳ میلی‌گرم/لیتر) و pH (۷/۸۳) در گروه نسبت کربن به نیتروژن ۲۲ می‌باشد (۲). نسبت کربن به نیتروژن بیشتر از ۱۵ در شروع برای ایجاد و شکل‌گیری سریع‌تر توده‌های زیستی مفید بوده اما استفاده از نسبت‌های کربن به نیتروژن پایین‌تر از ۱۵، منجر به کاهش هزینه در عملیات و حفاظت از سیستم در برابر افزایش تقاضای اکسیژن محلول می‌گردد. در مطالعه حاضر میزان شوری آب در تیمارهای توده‌ساز بیشتر از گروه کنترل مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری بود، احتمالاً بدلیل تعویض آب محدود، تبخیر آب و تجمع نمک حاصل از غذاهای خورده نشده در مخازن پرورش باشد. با افزایش نسبت کربن به نیتروژن بر میزان مواد جامد قابل ته‌نشین و کل مواد جامد معلق در مخازن پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) افزوده شد، بطوری که بالاترین مقادیر آنها در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ بدست آمد.

مطالعات نشان داده با افزودن مواد آلی کربن دار و افزایش نسبت کربن به نیتروژن در مخازن پرورش بر مبنای توده زیستی بر میزان مواد جامد قابل ته‌نشین افزوده می‌شود (۲، ۳). در مطالعه حاضر، نتایج نشان داد که نیتروژن آمونیاکی کل در تیمارهای توده زیستی در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافته است، اما در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ کمترین مقدار را داشته است. این امر به ویژه در هفته اول ایجاد سیستم مبتنی بر توده زیستی بیشتر مشهود بود که مشابه نتایج Pérez-Fuentes و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد (۵). احتمالاً بدلیل افزودن ملاس بیشتر به مخازن پرورش باشد که منجر به تولید سریع‌تر و بیشتر باکتری‌های هتروتروف و در نتیجه جذب بیشتر ترکیبات غیرآلی نیتروژن می‌شود (۱۳). مقدار نیتريت با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در مخازن پرورش کاهش یافت، احتمالاً بدلیل فعالیت چرخه شورگذاری باشد که در مرحله اول آمونیاک به نیتريت و در مرحله دوم نیتريت به نترات تبدیل می‌شود. با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در مخازن پرورش میگوی ببری سبز بر مقدار نترات افزوده شد بطوری که بیشترین آن در نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ مشاهده شد که نشان‌دهنده بلوغ سیستم و فعالیت بیشتر باکتری‌های شوره‌گذار می‌باشد، که در طی فرآیند شوره‌گذاری تولید نترات افزایش می‌یابد. نسبت کربن به نیتروژن در سیستم‌های توده‌ساز زیستی بر عملکرد آبی پرورش یافته نظیر افزایش رشد، وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، میزان بقاء، کارایی خوراک و ضریب تبدیل غذایی برای آبی پرورش یافته تأثیر می‌گذارد (۱۶-۱۴). در مطالعه حاضر بیشترین میزان افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، بیومس و بقای میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها

نشان داد، که احتمالاً بدلیل بهبود بهتر کیفیت آب و مصرف بهتر توده زیستی در این تیمارها نسبت به سایر تیمارها باشد. مطالعات نشان داده، استفاده از فناوری توده زیستی در پرورش میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) (۱۷)، میگوی موزی (*Fenneropenaeus merguensis*) (۱۸)، میگوی سفید هندی (*Penaeus indicus*) (۱۹) و میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) (۷) منجر به بهبود عملکرد رشد می‌شود. عوامل متعددی از بهبود عملکرد رشد آبی پرورش‌یافته در سیستم توده زیستی پشتیبانی می‌کنند. الف)، باکتری‌های مرتبط با توده زیستی، به هضم غذای آبی پرورش یافته کمک کرده و مواد مغذی ضروری را از ترکیبات زائد بازیابی و به طور مؤثر این مواد مغذی دوباره به سیستم پرورش برگشت داده می‌شود (۲۰، ۲۱). ب) توده زیستی به عنوان منبع غنی از مواد مغذی ضروری، از جمله پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و مواد معدنی عمل می‌کند که برای رشد و سلامت آبی پرورش یافته حیاتی هستند (۱۵، ۲۲). ج) سیستم توده‌ساز زیستی تجمع مواد زائد نیتروژن دار را تنظیم و در نتیجه کیفیت آب را بهبود می‌بخشد و اثرات سمی ترکیبات زائد نیتروژن دار را کاهش می‌دهد که در نهایت منجر به بهبود رشد آبی پرورش یافته می‌شود (۲۳). مطالعات نشان داده که حضور توده زیستی در سیستم پرورش منجر به بهبود عملکرد رشد و میزان بقای میگوی پرورش یافته می‌شود (۱۷). در مطالعه Khanjani و Sharifinia (۲۰۲۲a)، تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز مبتنی بر ملاس بر عملکرد میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) مبتنی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد، بالاترین میزان افزایش وزن بدن (۶/۸۸ گرم)، میزان بقا (۹۴/۷۹ درصد)، کارایی خوراک (۷۵/۹۹ درصد) و کمترین میزان ضریب

تبدیل غذایی (۱/۳۳) در نسبت کربن به نیتروژن ۱۴ مشاهده می‌شود که نسبت به سایر تیمارهای (نسبت‌های کربن به نیتروژن ۱۱، ۱۸ و ۲۲) اختلاف معنی‌داری نشان داد (۲). در مطالعه Dauda و همکاران (۲۰۱۸) عملکرد رشد، بقا و کارایی خوراک برای گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) تفاوت معنی‌داری در نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن (۱۰، ۱۵ و ۲۰) نشان نداد، احتمالاً به این دلیل است که گربه ماهی توانایی کافی برای فیلتر کردن توده‌های زیستی ندارد. پس از ۲۴ ساعت قطع غذا در سیستم توده زیستی و مشاهده روده گربه ماهی مشخص شد که توده زیستی در روده آنها هضم نشده است، با وجود اینکه توده زیستی به مقدار مناسب در مخازن پرورش وجود داشت اما توسط گربه ماهی مصرف نشده بود (۴). در مطالعه Minabi و همکاران (۲۰۲۰) تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن کپور معمولی (*C. carpio*) در تیمارهای مختلف نسبت کربن به نیتروژن مشاهده شد، بطوری که بالاترین آن در نسبت کربن (۱۹) به نیتروژن (۱) مشاهده شد (۳). نشان دهنده این است که توده زیستی در این تیمار به خوبی توسط کپور معمولی مصرف شده است و این گونه توانایی فیلتر کردن توده زیستی را دارد. علاوه بر بهبود کیفیت آب، توده‌های زیستی با فراهم کردن ترکیبات زیست فعال (نظیر کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها، فیتواستروئول‌ها و...) فعالیت آنزیم‌های گوارشی (۲۴) و عملکرد ایمنی (۱۶) آبی پرورش یافته را بهبود می‌دهند که منجر به بهبود عملکرد رشد می‌شود. در مطالعه Xu و Pan (۲۰۱۲) مشخص شد فعالیت آنزیم گوارشی پروتئاز در غده گوارشی و معده میگوی سفید غربی با افزایش نسبت کربن به نیتروژن از ۰، ۱۵ و ۲۰ به-طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (۲۴). در مطالعه حاضر، میزان بقای میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) در گروه کنترل کمترین (۷۶/۶۶)

پروتئین ۱۴/۴۵، ۱۵/۳۲ و ۱۵/۳۰، میزان چربی ۴/۸، ۵/۳ و ۵/۴۳ درصد وزن مرطوب، میزان خاکستر ۳/۵۶، ۳/۷۳ و ۳/۷۵ درصد وزن مرطوب به ترتیب در نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گزارش شد. تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت بیوشیمیایی بدن کپور معمولی (*C. carpio*) (۳) و میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) (۲) بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد با تغییر میزان نسبت کربن به نیتروژن، پارامترهای بیوشیمیایی بدن (پروتئین، چربی و خاکستر) تغییر می‌کند. مواد آلی و سایر ارگانیک‌های موجود در شبکه غذایی توده زیستی به عنوان منابع غذایی ارزشمند برای آبی پرورش یافته عمل می‌کنند و کیفیت لاشه آنها را بهبود می‌دهند. در مطالعه Verma و همکاران (۲۰۱۶) یافته‌های مشابهی را هنگام پرورش کپور روهو (*Labeo rohita*) در سیستم توده زیستی با استفاده از منابع کربن مختلف گزارش کردند (۲۷). محتوای مواد مغذی بهبود یافته در لاشه آبی پرورش یافته در تیمارهای توده زیستی را می‌توان مستقیماً به غذای طبیعی مشتق شده از توده زیستی نسبت داد که جیره غذایی پایه را به طور مؤثرتری نسبت به گروه کنترل تکمیل می‌کند. این افزایش تغذیه‌ای اضافی از طریق توده‌های زیستی، کیفیت لاشه آبی پرورش یافته را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد و سیستم‌های توده زیستی را به یک استراتژی تغذیه‌ای مقرون به صرفه تبدیل می‌کند. توده‌های زیستی سرشار از اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب و مواد مغذی زیستی هستند که دقیقاً نیازهای غذایی آبی پرورش یافته را برآورده می‌کنند (۲۰، ۲۱). نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی بر ترکیب بیوشیمیایی توده زیستی تاثیر می‌گذارد (۲۸). در مطالعه حاضر با افزایش نسبت کربن به نیتروژن بر مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر توده زیستی افزوده

درصد) میزان بود و بیشترین میزان آن در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ مشاهده شد. مطالعات نشان داده میزان بقاء آبی پرورش یافته تحت تاثیر کیفیت آب قرار می‌گیرد، احتمالاً کاهش میزان بقاء در گروه کنترل بدلیل کاهش کیفیت آب در این گروه نسبت به تیمارهای توده‌ساز باشد (۲۵). در مطالعه حاضر، کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار CN15 (۱/۲۷) مشاهده شد. بطور کلی میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای توده‌ساز کمتر از گروه کنترل بدست آمد که احتمالاً بدلیل حضور توده‌های زیستی باشد. توده‌های زیستی به همراه غذای کنسانتره یک زنجیره غذایی پیچیده برای آبی پرورش یافته فراهم می‌کند که منجر به بهبود رشد و افزایش کارایی خوراک می‌گردد. مطالعات نشان داده که در حضور توده زیستی می‌توان میزان غذادهی روزانه میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) را تا ۲۵ درصد کاهش داد (۲۶) که نشان دهنده بهبود کارایی خوراک در حضور توده‌های زیستی می‌باشد. مقادیر نسبت کربن به نیتروژن در سیستم توده‌ساز زیستی بر کیفیت بیوشیمیایی بدن آبی پرورش یافته تاثیر می‌گذارد (۳، ۴). در مطالعه حاضر، مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) در تیمارهای توده‌ساز بیشتر از گروه کنترل مشاهده شد. مطالعات نشان داده حضور توده‌های زیستی در مخازن پرورش بدلیل داشتن ترکیبات مغذی منجر به بهبود ترکیبات بیوشیمیایی بدن آبی پرورش یافته می‌شود. در مطالعه Kaya و همکاران (۲۰۲۰) در سیستم توده زیستی مقدار پروتئین، چربی و خاکستر بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) به ترتیب ۱۵/۹۵ تا ۲۱/۰۵، ۰/۷ تا ۱/۲۶ و ۲/۶۷ تا ۳/۸۴ درصد وزن مرطوب گزارش شد. در مطالعه Dauda و همکاران (۲۰۱۸) در سیستم توده زیستی مبتنی بر گلیسرول در پرورش گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) میزان

(۳۲)، نسبت میکروارگانیسم‌ها نسبت به هم، شدت نور (۳۳) و روش تولید توده زیستی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

دست‌یابی به بهینه‌ترین نسبت کربن به نیتروژن برای پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) در سیستم توده‌ساز زیستی حائز اهمیت است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد، نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت آب، عملکرد رشد، پارامترهای تغذیه‌ای، میزان بقا و ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) تأثیر می‌گذارد. با افزایش نسبت کربن به نیتروژن فعالیت باکتری‌ها در سیستم با تعویض آب محدود افزایش می‌یابد که منجر به مصرف و کاهش اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن و کاهش pH می‌شود. متعادل‌ترین نسبت کربن به نیتروژن از کاهش بیش از حد اکسیژن محلول و هزینه اضافی برای خرید منبع کربن جلوگیری می‌کند. در مطالعه حاضر، در نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ به ۱ مناسب‌ترین عملکرد در رشد، بقا و ترکیبات بدن میگوی ببری سبز مشاهده شد. پیشنهاد می‌شود برای پرورش میگوی ببری سبز (*P. semisulcatus*) در سیستم توده‌ساز از نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

از همکاران محترم در مرکز تکثیر و پرورش آبزیان دریایی خلیج فارس در بندرکلاهی، میناب، هرمزگان که تجهیزات و شرایط آزمایش را فراهم کردند. کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1. Emerenciano MGC, Khanjani MH, Sharifinia M, Miranda-Baeza A. 2025. Could biofloc technology (BFT) Ppave the way toward a more sustainable aquaculture

شد. بطوری که بالاترین میزان پروتئین (۲۵/۴۳ درصد)، چربی (۱/۴۰ درصد) و خاکستر (۳۲/۰۶ درصد وزن خشک) در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ به ۱ مشاهده شد. در مطالعه Dauda و همکاران (۲۰۱۸) یک کاهش در میزان پروتئین خام توده‌های زیستی با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در یک سیستم توده زیستی مبتنی بر گلیسرول در پرورش گربه ماهی افریقایی (*C. gariepinus*) مشاهده کردند. در مطالعه Khanjani و Sharifinia (۲۰۲۲a)، تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر کیفیت بیوشیمیایی توده‌های زیستی تولید شده مبتنی بر ملاس در مخازن پرورش میگوی سفید غربی (*P. vannamei*) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد با افزایش نسبت کربن به نیتروژن میزان پروتئین خام، چربی و خاکستر توده‌های زیستی افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر، توده‌های زیستی محتوای پروتئین خام نسبتاً بالایی ۲۴/۶۶ تا ۲۵/۴۳ درصد وزن خشک را نشان دادند، که با یافته‌های Tacon و همکاران (۲۰۰۲) و Wasielesky و همکاران (۲۰۰۶) که به ترتیب سطح پروتئین ۳۱/۲ و ۳۱/۱ درصد را گزارش کردند، مطابقت دارد (۲۹، ۳۰). محتوای خاکستر و چربی خام توده زیستی در این مطالعه به ترتیب بین ۲۸/۸۳ تا ۳۲/۰۶ و ۱/۱۵ تا ۱/۴۰ درصد وزن خشک مشاهده شد که این مقادیر با میزان خاکستر ۴۱/۸ درصد و میزان چربی ۱/۴۷ درصد گزارش شده توسط Wasielesky و همکاران (۲۰۰۶) قابل مقایسه است (۳۰). توده‌های زیستی معمولاً حاوی ۲۵ تا ۳۵ درصد پروتئین، ۰/۸ تا ۴ درصد چربی، ۱۰ تا ۱۵ درصد فیبر و ۱۵ تا ۳۰ درصد خاکستر هستند (۲۸). کیفیت تغذیه‌ای توده‌های زیستی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شوری (۱۴)، تراکم ذخیره‌سازی (۳۱)، نسبت کربن به نیتروژن (۳)، نوع منبع کربن

8. Avnimelech Y. Biofloc technology – a practice guide book. 3rd edn". The World Aquaculture Society, Baton Rouge. 2015.
9. De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*. 2008;277:125-137.
10. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22nd ed.). American Public Health Association, Washington, DC, USA, 2012.
11. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official method of analysis, 19th edition. AOAC, Washington, D.C. 2012.
12. Khanjani MH, Mohammadi A, Emerenciano MGC. Water quality in biofloc technology (BFT): an applied review for an evolving aquaculture. *Aquac Int*. 2024; 23:9321-9374.
13. Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 2006; 257:346-358.
14. Khanjani MH, Alizadeh M. Effects of different salinity levels on performance of Nile tilapia fingerlings in a biofloc culture system. *Ann Anim Sci*. 2024;24(1):235-245.
15. Khanjani MH, Sharifinia M, Emerenciano MGC. Biofloc technology (BFT) in aquaculture: what goes right, what goes wrong? a scientific-based snapshot. *Aquac Nut*. 2024;7496572:1-24.
16. Khanjani MH, Sharifinia M. Feeding Nile tilapia with varying levels of biofloc: effect on growth performance, survival rate, digestive and liver enzyme activities, and mucus immunity. *Aquac Int*. 2024;32(6): 8171-8194
17. Khanjani MH, Eslami J, Emerenciano MGC. Wheat flour as carbon source on in line with the circular economy? *Aquac Res*. 2025;1020045:1-23.
2. Khanjani MH, Sharifinia M. Biofloc technology with addition molasses as carbon sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the effects of different C/N ratios. *Aquac Int*. 2022;30: 383-397.
3. Minabi K, Sourinejad I, Alizadeh M, Ghatrami ER, Khanjani MH. Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of 831 common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquac Int*. 2020;28(5):1883-1898.
4. Dauda AB, Romano N, Ebrahimi M, Teh JC, Ajadi A, Chong C, Karim M, Natrah I, Kamarudin MS. Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc system. *Aquaculture*. 2018;483:120-130.
5. Perez-Fuentes JA, Hernandez-Vergara MP, Perez-Rostro CI, Fogel I. C: N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc systems under high density cultivation. *Aquaculture*. 2016;452:247-251.
6. Mohammad Moradi S, Safaei M, Saraji F. Feeding habits of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* (De Hann, 1848) in the coastal waters of the Persian Gulf (Hormozgan Province). *Iran Sci Fish J*. 2023;32(1):73-83. (In Persian).
7. Kaya D, Genc E, Genc MA, Aktas M, Eroldogan OT, Guroy D. Biofloc technology in recirculating aquaculture system as a culture model for green tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*: Effects of different feeding rates and stocking densities. *Aquaculture*. 2020;528:735526.

- activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*. 2012; 356:147-152.
25. Deng M, Chen J, Gou J, Hou J, Li D. The effect of different carbon sources on water quality, microbial community, and structure of biofloc systems. *Aquaculture*. 2018; 482:103-110.
 26. Khanjani MH, Sajjadi M, Alizadeh M, Sourinejad I. Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. *Iran J Fish Sci*. 2016; 15:1465-1484.
 27. Verma AK, Rani AB, Rathore G, Saharan N, Gora AH. Growth, nonspecific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture*. 2016;457:61-67.
 28. Khanjani MH, Torfi Mozanzade M, Sharifinia M, Emerenciano MGC. Biofloc: A sustainable dietary supplement, nutritional value and functional properties. *Aquaculture*. 2023;562:738757.
 29. Tacon AGJ, Cody JJ, Conquest LD, Divakaran S, Forster IP, Decamp OE. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquac Nut*. 2002;8(2):121-139.
 30. Wasielesky JW, Atwood H, Stokes A, Browdy CL. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc-based super-intensive culture system for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2006; 258(1-4):396-403.
 31. Khanjani MH, Eslami J, Ghaedi G, Sourinejad I. The effects of different stocking densities on nursery performance of banana shrimp (*Fenneropenaeus merguensis*) reared under biofloc condition. *Ann Ani Sci*. 2022;22(4):291-1299.
 - water quality, growth performance, hemolymph biochemical and immune parameters of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) juveniles in biofloc technology (BFT), *Aquac Rep*. 2025; 40: 102623.
 18. Khanjani MH, Sharifinia M. Biofloc as a food source for Banana shrimp (*Fenneropenaeus merguensis*) postlarvae. *N Am J Aquac*. 2022;45(4):469-479.
 19. Panigrahi A, Sivakumar M, Sundaram M, Saravanan A, Das R, Katneni V, Ambasankar K, Dayal JS, Gopikrishna G. Comparative study on phenoloxidase activity of biofloc-reared pacific white shrimp *Penaeus vannamei* and Indian white shrimp *Penaeus indicus* on graded protein diet. *Aquaculture*. 2020;518:734654.
 20. Li HD, Han D, Zhu XM, Yang YX, Jin JY, Xie SQ, Liu HK. Effect of biofloc technology on water quality and feed utilization in the cultivation of gibel carp (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III). *Aquac Res*. 2018; 49(8):2852-2860.
 21. Yu Z, Li L, Zhu R, Li M, Duan J, Wang JY, Liu YH, Wu LF. Monitoring of growth, digestive enzyme activity, immune response and water quality parameters of Golden crucian carp (*Carassius auratus*) in zero-water exchange tanks of biofloc systems. *Aquac Rep*. 2020;16:00283.
 22. Bakhshi F, Najdegerami EH, Manaffar, R, Tukmechi A, Farah KR. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 2018;484:259-267.
 23. Wang G, Yu E, Xie J, Yu D, Li Z, Luo W, Qiu L, Zheng Z. 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*. 2015;443: 98-104.
 24. Xu WJ, Pan LQ. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme

33. Khanjani MH, Sharifinia M. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in a limited water exchange system: The effect of different light levels. *Aquaculture*. 2021;542:736912

32. Khanjani MH, Alizadeh M, Sharifinia M. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. *Aquac Int*. 2021;29:307-321.

