13 (3) 329-336, Autumn 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effects of different protein levels on Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) farming in a system with limited water exchange

Mohammad Hossein Khanjani *

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

Key Words

Diet
Protein
Pacific White Shrimp
Limited water exchange system
Biofloc

Abstract

Introduction: Limited water exchange system is an environmentally friendly system that pursues the goals of sustainable aquaculture and is used in modern aquaculture. In the present study, the effect of different levels of dietary protein on water quality, growth performance and biochemical composition of microbial mass in the system with limited water exchange was investigated.

Materials & Methods: Western white shrimp juveniles with an average weight of 2.5 g were studied in fiberglass tanks with a volume of 160 liters and a density of 1 fish per liter for 5 weeks. Four experimental treatments with different levels of dietary protein including 40, 36, 33 and 30% were considered in the system with limited water exchange.

Result: The results of the present study showed that the amounts of dissolved oxygen, pH, total ammonia nitrogen (1.11 mg/l) are higher in the treatment of diet with 40% protein. Growth performance in 33% and 36% protein showed a significant difference compared to 30% and 40% level of protein ($P<0.05$), so that higher values were observed in 33% and 36% protein treatments. The biochemical composition of the microbial mass was affected by different dietary proteins ($P<0.05$) and higher amounts of lipid (2.17%) and ash (35.44% of dry weight) were observed in the treatment with 30% protein.

Conclusion: According to the present study, it was found that different dietary proteins affect water quality, growth performance of western white shrimp and microbial mass composition and the optimal values in the diet are 33% and 36% of protein.

* Corresponding Author's email: m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

Received: 6 August 2020; Reviewed: 21 September 2020; Revised: 17 November 2020; Accepted: 20 December 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.253864.2381

مقاله پژوهشی

تاثیر سطوح مختلف پروتئین برای پرورش میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) در سیستم با تعویض آب محدود

محمدحسین خانجانی*

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

کلمات کلیدی

جیره غذایی
پروتئین
میگوی سفید غربی
سیستم با تعویض آب محدود
بیوفلوک

چکیده

مقدمه: سیستم با تعویض آب محدود سیستمی سازگار با محیط زیست بوده که اهداف آبزی‌پروری پایدار را دنبال می‌کند و در آبزی‌پروری نوین به‌کارگیری می‌شود. در مطالعه حاضر تاثیر سطوح مختلف پروتئین جیره بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی توده میکروبی در سیستم با تعویض آب محدود بررسی شد.

مواد و روش‌ها: نوجوان های میگوی سفید غربی با میانگین ۲/۵ گرم در مخازن فایبرگلاس با حجم آب ۱۶۰ لیتر و تراکم ۱ فرد در لیتر به‌مدت ۵ هفته مورد بررسی قرار گرفتند. چهار تیمار آزمایشی با جیره‌های مختلف پروتئین شامل ۴۰، ۳۶، ۳۳ و ۳۰ درصد در سیستم با تعویض آب محدود در نظر گرفته شد.

نتایج: نتایج مطالعه حاضر نشان داد، مقادیر اکسیژن محلول، pH، نیتروژن آمونیاکی کل (۱/۱۱ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار جیره غذایی با ۴۰ درصد پروتئین بالاتر است. عملکرد رشد در تیمارجیره‌های ۳۳ و ۳۶ درصد پروتئین اختلاف معنی‌داری با تیمار جیره‌های ۳۰ و ۴۰ درصد نشان داد ($P<0/05$)، به‌طوری‌که مقادیر بالاتری در تیمار جیره‌های ۳۳ و ۳۶ مشاهده شد. ترکیبات بیوشیمیایی توده میکروبی تحت تاثیر پروتئین‌های مختلف جیره قرار گرفت ($P<0/05$) و مقادیر بالاتر چربی (۲/۱۷٪) و خاکستر (۳۵/۴۴ درصد وزن خشک) در تیمار جیره غذایی با ۳۰ درصد پروتئین مشاهده شد.

نتیجه‌گیری و بحث: طبق مطالعه حاضر مشخص شد که پروتئین‌های مختلف جیره بر کیفیت آب، عملکرد رشد میگوی سفید غربی و ترکیبات توده میکروبی تاثیرگذار است و مقادیر بهینه در جیره ۳۳ و ۳۶ درصد پروتئین می‌باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۶ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۳۱ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۷ آبان ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ آذر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.253864.2381

مقدمه

استفاده از تکنولوژی‌های جدید در پرورش آبزیان بسیار ضروری است، به‌طوری‌که بتواند اهداف آبزی‌پروری پایدار را دنبال کند (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰) آبزی‌پروری جهانی میگو در دهه گذشته از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۸ حدود ۷۶/۶٪ افزایش یافته است، که قابل توجه می‌باشد. میگوی سفید غربی *Penaeus vannamei* از گونه‌های مهم سخت‌پوستان می‌باشد که در ده سال اخیر تولید این گونه دو برابر شده است. به‌طوری‌که حدود ۵۳ ٪ از کل تولیدات سخت پوستان را در سال ۲۰۱۸ به خود اختصاص داده است (FAO، ۲۰۲۰). این افزایش تولید به‌دلیل توسعه تکنولوژی‌های جدید در پرورش میگو می‌باشد. در سال‌های اخیر توجه خاصی به تکنولوژی بدون تعویض آب همراه با تولید توده میکروبی به‌عنوان ابزار مناسب در تولیدات آبزی‌پروری شده است (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). استفاده از این تکنولوژی در پرورش میگو بسیار حائز اهمیت بوده و توسعه یافته است (El-Sayed، ۲۰۲۰). مطالعات مختلفی ازجمله ارزش غذایی بیوفلوک در پرورش میگو (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۶)، کاربرد بیوفلوک تکنولوژی در پرورش میگو (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۷؛ ۲۰۲۰a)، نقش توده‌های میکروبی به‌عنوان پروبیوتیک در آبزی‌پروری میگو (Anand و همکاران، ۲۰۱۷) و پرورش میگو در سیستم بیوفلوک به‌صورت ترکیبی (Fourooghifard و همکاران، ۲۰۱۸) انجام گرفته است. فاکتورهای زیستی مختلفی شامل سایز و تراکم ذخیره‌سازی، دسترسی به غذای طبیعی و میزان غذای کنسانتره بر تولید، کارایی بیوفلوک و استفاده برای میگو تاثیر می‌گذارند (Esparza-Leal و همکاران، ۲۰۲۰). فاکتورهای غیر زیستی شامل دما، اکسیژن محلول، pH، قلیائیت، نور، نیتروژن کل، آمونیاک، نیتریت و نیترات نیز در سیستم‌بیوفلوک بر تولید میگو اثرگذار است (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). شرایط دیگر پرورش از قبیل افزودن منبع کربن آلی به سیستم (جهت حفظ نسبت کربن به نیتروژن)، تعویض آب و حضور بستر مناسب برای پرورش بر اپتیمم عملکرد میگو در سیستم بیوفلوک تاثیر می گذارد (Huang و همکاران، ۲۰۱۷؛ Olier و همکاران ۲۰۲۰). در این سیستم سوبستراهایی از قبیل منبع کربن آلی، آمونیاک و نیتریت مورد نیاز است که با تنظیم نسبت کربن به نیتروژن و هوادهی جوامع میکروبی در ستون آب فعال می‌شود که دو نقش مهم شامل حفظ کیفیت آب و تولید خوراک را برای آبزی پرورش یافته برعهده دارد (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). توده‌های میکروبی منابع مناسبی از پروتئین و چربی هستند و مواد مغذی ضروری شامل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب را فراهم می‌کنند (Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات اندکی در رابطه با اثرات سطوح مختلف چربی و پروتئین در سیستم‌های بیوفلوک انجام گرفته است. در مطالعه Hamidoghli و همکاران (۲۰۱۸) اپتیمم نسبت پروتئین به انرژی جیره غذایی نوجوان‌های میگوی سفید غربی در سیستم با تعویض آب محدود مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آن‌ها نشان داد که پاسخ ایمنی، استرس اکسیداتیو، فعالیت آنزیم‌ها، پارامترهای بیوشیمیایی و عملکرد رشد بهتری در جیره غذایی با ۳۵ درصد پروتئین و ۱۷/۵ کیلوژول بر گرم انرژی قابل هضم برای جوان‌های میگوی سفید غربی پرورش یافته در سیستم بیوفلوک مشاهده می‌شود. در فعالیت‌های آبزی‌پروری بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های تولید مربوط به جیره غذایی می‌باشد که پروتئین بخش هزینه بر جیره نقش مهمی در عملکرد رشد ایفا می‌کند. کارایی پروتئین در بدن اساساً به‌مقدار پروتئین و قابلیت دسترسی به چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها به‌عنوان منبع انرژی در جیره بستگی دارد. در مواردی که مقدار پروتئین در مقایسه با انرژی بیش از حد در جیره وجود داشته باشد، بخشی از پروتئین شکسته شده و به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌گردد، در نتیجه دفع نیتروژن آمونیاکی بیش‌تر و هزینه خوراک افزایش می‌یابد (El-Sayed، ۲۰۲۰). توده‌های میکروبی تولید شده در مخازن پرورش به‌عنوان غذاهای طبیعی استفاده می‌شود که می‌تواند نیاز به پروتئین در جیره را کاهش دهد (Ballester و همکاران، ۲۰۲۰). با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک می‌توان هزینه غذا و نیاز به پروتئین در جیره را کاهش داد (Crab و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به موارد فوق استفاده از میزان بهینه پروتئین در جیره غذایی آبزیان اهمیت داشته که به لحاظ اقتصادی و عملکرد بهینه تولید تاثیرگذار است. تعیین اپتیمم سطح پروتئین جیره در سیستم با تعویض آب محدود جهت ارزیابی عملکرد رشد آبزی پرورش یافته، کارایی خوراک و کیفیت آب حائز اهمیت است. سطح بهینه پروتئین جیره هزینه‌های تولید را کاهش و کیفیت مناسب آب را برای آبزی پرورش یافته فراهم می‌کند. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی کیفیت آب، کارایی خوراک، عملکرد رشد و بقای میگوی سفید غربی در سیستم با تعویض آب محدود تحت تاثیر سطوح مختلف پروتئین در جیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نوجوان‌های میگوی سفید غربی جهت انجام تحقیق به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی واقع در میناب، استان هرمزگان انتقال داده شدند. میگوها با وزن ۰/۲۵±۲/۵گرم بعد از انتقال به کارگاه به‌مدت سه روز نگه‌داری و آداپتاسیون صورت گرفت. ۱۵ مخزن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۳۰۰ لیتر برای تحقیق حاضر درنظر گرفته شد. هر یک از مخازن با ۱۶۰ لیتر آب تصفیه شده با فیلتر شنی پر

شدند و سپس تعداد ۶۴ میگو (با بیومس ۱ گرم در لیتر) در هر مخزن ذخیره‌سازی و آزمایش به‌مدت ۵ هفته انجام گردید. ۴ تیمار آزمایشی شامل تیمارهای توده‌ساز در سیستم با تعویض آب محدود با جیره‌های حاوی درصد مختلف پروتئین ۴۰، ۳۶، ۳۳ و ۳۰ درنظر گرفته شد. غذادهی ۶ درصد وزن بدن ۳ مرتبه در روز (۸ صبح، ۱۴ عصر، ۲۰ شب) به‌طور مشابه در همه تیمارها انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱: تیمارهای مورد استفاده در مطالعه

تیمارها	پروتئین جیره	علامت اختصاری تیمار	نسبت کربن به نیتروژن خوراک	سیستم مورد استفاده	میزان تعویض آب	میزان ملاس مورد استفاده
تیمار ۱	۴۰	P۴۰	۸/۰۶	با تعویض آب محدود	۰/۶درصد	۰/۶ درصد جیره غذایی در روز
تیمار ۲	۳۶	P۳۶	۸/۹۶			
تیمار ۳	۳۳	P۳۳	۹/۷۷			
تیمار ۴	۳۰	P۳۰	۱۰/۴			

جهت تحریک و توسعه بیش‌تر توده‌های میکروبی در طول دوره آزمایش، منبع کربنی ملاس به مخازن اضافه گردید. به فرض این‌که ۵۰ درصد کربن آن مورد استفاده باکتری‌های هتروتروف قرار گرفته محاسبه و حدود ۰/۶ درصد جیره غذایی درنظر گرفته شد. با توجه به میزان ملاس اضافه شده و فرمول‌های ارائه شده توسط Avnimelech (۲۰۰۹)، نسبت کربن به نیتروژن ۱۲/۵، ۱۳/۸۸، ۱۵/۱۵ و ۱۶/۶۶ به ترتیب در تیمار ۴، ۳، ۲ و ۱ به‌دست آمد. نسبت کربن به نیتروژن بر اساس روابط زیر قابل محاسبه است (Avnimelech، ۲۰۰۹).

میزان پروتئین خالص خوراک و کربوهیدرات اضافه شده=

میزان پروتئین خوراک/ (۱+ میزان کربوهیدرات مکمل افزوده شده به سیستم)

نسبت کربن به نیتروژن خالص =

۰/۵/ (میزان پروتئین خالص خوراک و کربوهیدرات اضافه شده × ۰/۱۶)

پارامترهای کیفی آب: اندازه‌گیری عوامل کیفی آب شامل دما، pH و اکسیژن محلول روزانه دو بار ساعت ۸ تا ۹ صبح و ۱۶ تا ۱۷ عصر انجام شد. برای تعیین میزان مواد معلق قابل ته نشین، یک لیتر آب مخزن را به‌داخل قیف مدرج شده مخروطی شکل ریخته و به‌مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته تا ته نشین شود (Khanjani و همکاران ۲۰۲۰a). برای اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مخزن را با کاغذ صافی واتمن فیلتر نموده و در آون در درجه حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ ساعت قرار داده تا خشک شود. اندازه‌گیری آمونیاک، نیتریت و نیترات آب با استفاده از روش طیف‌سنجی به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و براساس MOOPAM (۱۹۹۹) سنجیده شد.

محاسبه شاخص‌های رشد: به‌منظور محاسبه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن و طول، سرعت رشد، بیومس و ضریب رشد ویژه بین تیمارها، زیست‌سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری طول و وزن در ابتدای آزمایش و هر هفته در طی دوره پرورش انجام شد. تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده در ابتدای تحقیق و تعداد باقی‌مانده در انتهای تحقیق ثبت شد تا براساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. هم‌چنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و بازده غذایی براساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۷).

افزایش وزن (میلی‌گرم):

(وزن ثانویه- وزن اولیه)

سرعت‌رشد(گرم):

{(وزن نهایی– وزن ابتدایی)/(دوره پرورش به روز)}

بیومس (گرم):

{(وزن نهایی–وزن ابتدایی) ×میزان بقاء× تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده

درصد بقاء:

{(تعداد میگوهای انتهای دوره/تعداد میگوهای ابتدای دوره)} × ۱۰۰

ضریب رشد ویژه (درصد در روز):

{(لگاریتم طبیعی وزن نهایی- لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی)/دوره پرورش (روز)} × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی:

(میزان غذای خورده شده/ میزان گوشت تولید شده)

کارایی خوراک:

{(وزن نهایی– وزن ابتدایی)/ کل غذای مصرفی} ×۱۰۰

آنالیز بیوشیمیایی توده میکروبی: در پایان دوره پرورش آب مخازن هر تیمار از تورهای با مش ۲۰ میکرون فیلتر شد و توده میکروبی تولید شده از هر تیمار در داخل فویل‌های آلومینیومی از پیش شماره‌گذاری شده، گذاشته شد و در آون در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت نگه‌داری تا خشک شد و سپس توده‌های خشک‌شده از هر تیمار در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی نگه‌داری شد. فاکتورهای شیمیایی پروتئین، چربی، ماده‌خشک و خاکستر آن‌ها با استفاده‌از روش AOAC (۲۰۰۵) مورد سنجش قرار گرفت.

آنالیز داده‌ها: کلیه داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در ابتدا برای تعیین نرمال بودن

داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد و سپس برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد و محاسبات نیز با اکسل نسخه ۲۰۱۳ انجام گردید.

نتایج

نتایج حاصل از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج‌نشان داد که مقادیر اکسیژن محلول و pH در تیمار جیره غذایی با ۴۰ درصد پروتئین بالاتر می‌باشد. کم‌ترین میزان pH در بعدازظهر و به‌مقدار ۷/۹۲ در تیمار جیره غذایی با ۳۰ درصد پروتئین به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌تر مقدار نیتروژن آمونیاکی کل ۱/۱۱ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین مقدار نیترات ۵/۶۵ میلی‌گرم در لیتر در تیمار جیره غذایی با ۴۰ درصد پروتئین مشاهده شد. نمودار تغییرات میزان مواد جامد ته نشین شده و کل مواد جامد معلق درشکل ۱ آورده شده است. بیش‌ترین میزان مواد جامد ته‌نشین شده (۱۰/۴ میلی‌لیتر بر لیتر) در روز ۳۵ آزمایش و در تیمار p۳۰ به‌دست آمد. متوسط مقدار مواد جامد قابل ته‌نشین در تیمارهای مختلف ۶/۶۶، ۵/۸۶، ۵/۵۱ و ۵/۱۳ میلی‌لیتر بر لیتر به‌ترتیب در تیمار P۳۰، P۳۳، P۳۶ و P۴۰ به‌دست آمد. بالاترین مقادیر ۱۰/۴، ۹/۸، ۸/۶ و ۷/۸ میلی‌لیتر بر لیتر به‌ترتیب در تیمار P۳۰، P۳۳، P۳۶ و P۴۰ مشاهده شد. متوسط مقدار کل مواد جامد معلق ۱۵۷/۱۳، ۱۳۶/۶۶، ۱۲۷ و ۱۱۸/۱۷ میلی‌گرم برلیتر به‌ترتیب درتیمار P۳۰، P۳۳، P۳۶ و P۴۰ مشاهده شد. بالاترین مقادیر ۲۵۳، ۲۱۰، ۱۹۸ و ۱۸۷ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در تیمار P۳۰، P۳۳، P۳۶ و P۴۰ به‌دست آمد. نتایج حاصل از عملکرد رشد و تغذیه‌ای میگوی سفید غربی در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است، نتایج نشان می‌دهد عملکرد رشد و تغذیه‌ای بهتری در تیمارهای P۳۳ و P۳۶ نسبت به‌تیمارهای P۳۰ و P۴۰ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری نشان داد. ضریب بقاء ۹۱/۱۴، ۹۶/۳۵، ۹۵/۸۳ و ۹۱/۶۶ درصد به‌ترتیب در تیمارهای P۳۰، P۳۳، P۳۶ و P۴۰ به‌دست آمد. مقادیر ترکیبات بیوشیمیایی توده میکروبی‌تحت تاثیر جیره‌های غذایی با پروتئین‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد پروتئین‌های مختلف جیره بر کیفیت و ارزش غذایی توده میکروبی شامل پروتئین، چربی و خاکستر تاثیر می‌گذارد. بیش‌ترین میزان پروتئین ۳۳/۳۱ درصد، چربی ۲/۱۷ درصد و خاکستر ۳۵/۴۴ درصد به‌ترتیب در تیمار P۴۰، P۳۰ و P۳۰ به‌دست آمد.

جدول ۲: مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب در تیمارهای مختلف (میانگین ± انحراف معیار).

پارامترها	P۳۰	P۳۳	P۳۶	P۴۰
اکسیژن محلول صبح (میلی‌گرم/لیتر)	۶/۱۳±۰/۲۸ a	۶/۱۸±۰/۱۸ a	۶/۲۱±۰/۳۴ a	۶/۲۷±۰/۲۷ a
اکسیژن محلول بعداز ظهر (میلی‌گرم/لیتر)	۵/۴۲±۰/۳۲ b	۵/۵۵±۰/۲۸ b	۵/۶۷±۰/۳۸ ab	۵/۸۹±۰/۳۴ a
pH صبح	۸/۰۴±۰/۰۸ a	۸/۰۵±۰/۰۹ a	۸/۰۷±۰/۰۸ a	۸/۰۸±۰/۰۷ a
pH بعد از ظهر	۷/۹۲±۰/۰۴ c	۷/۹۹±۰/۰۶ b	۷/۹۹±۰/۰۴ b	۸/۰۴±۰/۰۳ a
شوری (ppt)	۳۲/۹۱±۰/۶۹ a	۳۲/۸۸±۰/۷ a	۳۲/۸۷±۰/۶۵ a	۳۲/۹۴±۰/۹۳ a
نیتروژن آمونیاکی کل (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۴±۰/۳۶ c	۰/۴۷±۰/۳۶ c	۰/۷۸±۰/۳۳ b	۱/۱۱±۰/۳۷ a
نیتریت (میلی‌گرم/لیتر)	۴/۳±۱/۳۳ b	۴/۵۳±۱/۶ b	۵/۵۶±۱/۸۴ a	۵/۹۷±۲/۰۴ a
نیترات (میلی‌گرم/لیتر)	۸/۱۵±۲/۷۴ a	۷/۹۴±۲/۳۹ a	۶/۴۵±۲/۴۰ b	۵/۶۵±۲/۳۴ c

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵).

جدول ۳: شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای میگوی سفید غربی پرورش یافته تحت تاثیر تیمارهای مختلف (میانگین ± انحراف از معیار).

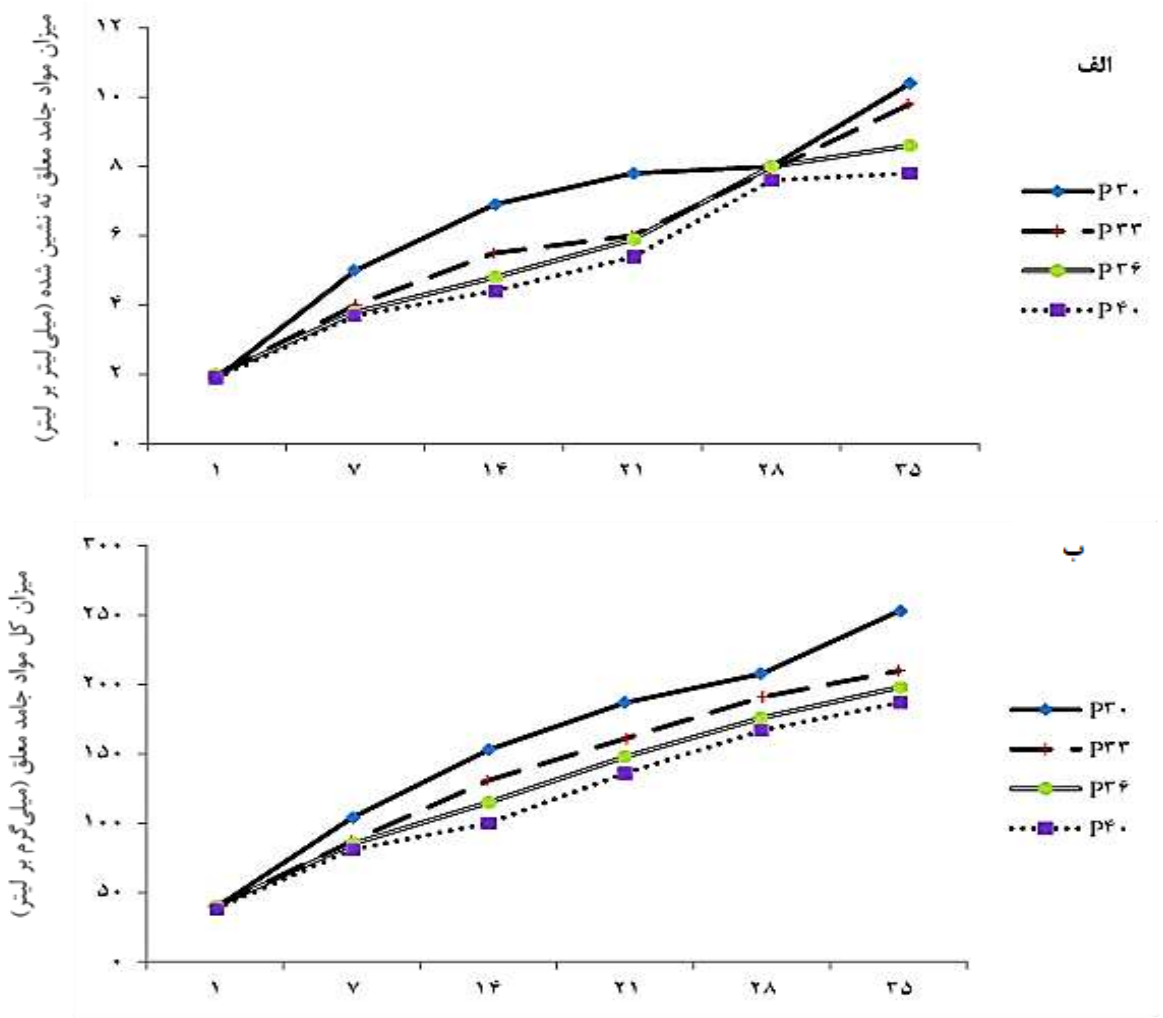
شاخص‌های رشد	P۳۰	P۳۳	P۳۶	P۴۰
وزن نهایی (گرم)	۶/۲۴ ±۰/۳۱ b	۶/۷۸ ±۰/۳۶۱ a	۶/۷۴ ±۰/۳۸ ۴ a	۶/۲۹ ±۰/۲۸۴ b
میزان افزایش وزن بدن (گرم)	۳/۷۴ ±۰/۳۱ b	۴/۲۸±۰/۳۶۱ a	۴/۲۴±۰/۳۸۴ a	۳/۷۹۱ ±۰/۲۸۴ b
سرعت رشد (گرم)	۰/۱۰۵±۰/۰۱ b	۰/۱۲±۰/۰۱ a	۰/۱۱۹±۰/۰۱ a	۰/۱۰۸±۰/۰۱ b
افزایش بیومس (گرم)	۲۱۴/۷±۱۹/۱۸ b	۲۶۰/۲±۲۳/۴۳ a	۲۵۶/۳۶±۲۳/۲۸ a	۲۲۲/۴±۲۰/۰۸ b
ضریب بقاء (٪)	۹۱/۱۴±۲/۲۸ b	۹۶/۳۵±۰/۹۲ a	۹۵/۸۳±۰/۹a	۹۱/۶۶±۰/۹ b
ضریب رشد ویژه (درصد بر روز)	۲/۶۱±۰/۱۴ b	۲/۸۵±۰/۱۵a	۲/۸۳±۰/۱۵ a	۲/۶۳±۰/۱۴ b
ضریب تبدیل غذایی	۲/۰±۰/۱۲۶ b	۱/۶۵±۰/۱۳ a	۱/۶۷±۰/۱۳۱ a	۱/۹۳±۰/۱۲ b
کارایی خوراک (٪)	۴۹/۹۱±۵/۰۱ b	۶۰/۵۱±۵/۳۱ a	۵۹/۶۱±۵/۷۹ a	۵۱/۷۱±۴/۳۶ b

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵). (P۳۰ = جیره غذایی با ۳۰ درصد پروتئین)، (P۳۳ = جیره غذایی با ۳۳ درصد پروتئین)، P۳۶ = جیره غذایی با ۳۶ درصد پروتئین، P۴۰ = جیره غذایی با ۴۰ درصد پروتئین)

جدول ۴: مقادیر ترکیبات تقریبی (برحسب وزن خشک) توده زیستی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش (میانگین ± انحراف معیار).

تیمارها	ماده خشک (٪)	پروتئین خام (DW%)	چربی خام (DW%)	خاکستر (DW%)
P۳۰	۲۲/۶±۰/۶۵ a	۲۷/۴۵±۰/۸۳ d	۲/۱۷±۰/۱۶ a	۳۵/۴۴±۱/۶۵ a
P۳۳	۲۱/۹±۰/۹۷ ab	۲۸/۱۹±۰/۷۵ c	۱/۳۹±۰/۱۷ b	۳۲/۹±۱/۳۷ b
P۳۶	۲۱/۷۳±۰/۴۴ b	۳۰/۱±۱/۱۵ b	۱/۴۳±۰/۱۹ b	۳۲/۸۴±۱/۷۲ b
P۴۰	۲۱/۴۳±۰/۸ b	۳۳/۳۱±۱/۱۱ a	۱/۲۵±۰/۴۲ b	۳۰/۸۷±۱/۱۸ c

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد باهم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵).



شکل ۱: نمودار تغییرات میزان مواد جامد معلق ته نشین شده (الف) و میزان کل مواد جامد معلق (ب) تحت تاثیر تیمارها در روزهای مختلف آزمایش

بحث

پارامترهای کیفی آب (اکسیژن محلول، pH، نیتروژن آمونیاکی کل، نیتریت و نیترات) در محدوده مناسب برای پرورش میگوی سفید غربی‌در هر دو سیستم بود (Boyd و Gautier، ۲۰۰۰). مقادیر اکسیژن محلول و pH در تیمار تغذیه شده با پروتئین ۳۰ درصد کم‌تر بود که احتمالاً به‌دلیل میزان تنفس بالا به سبب حضور بیش‌تر جوامع هتروتروفیک در مخازن پرورش باشد که غلظت دی اکسیدکربن را در سیستم‌های با تعویض آب محدود افزایش می‌دهد (Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار pH مناسب برای پرورش گونه‌های میگو ۷ تا ۹ می‌باشد (Boyd و Gautier، ۲۰۰۰) که با مقادیر به‌دست‌آمده در تیمارهای مختلف آزمایش مطابقت داشت. در مطالعه Hari و همکاران

(۲۰۰۶) میگوی مونودون تحت تاثیر جیره‌های با سطوح مختلف پروتئین ۲۵ و ۴۰ درصد پرورش داده شد نتایج نشان داد که نیتروژن آمونیاکی کل در مخازن میگوهای تغذیه شده با ۴۰ درصد پروتئین بالاتر است که مطابق با نتیجه مطالعه حاضر می‌باشد. نیتروژن آمونیاکی کل در تیمارهای تغذیه شده با ۴۰ درصد پروتئین در سیستم با تعویض آب محدود تقریباً مشابه تیمار تغذیه شده با ۲۵ درصد پروتئین در سیستم تعویض آب می‌باشد (Hari و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه Martinez-Cordova و همکاران (۲۰۰۳) تفاوت معنی‌داری در مقادیر پارامترهای کیفی آب در پرورش میگوهای دریایی (*L. vannamei* و *L. stylirostris*) تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئین مشاهده نشد. در مطالعه حاضر هنگامی که میگوهای سفید غربی با سطوح مختلف پروتئین (۳۰ تا ۴۰ درصد) در سیستم با تعویض آب محدود همراه با افزودن ملاس پرورش داده شدند، بین ترکیبات ازته تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید به‌طوری‌که بالاترین نیتروژن آمونیاکی کل در تیمار ۴۰ درصد پروتئین و بیش‌ترین مقدار نیترات در تیمار ۳۰ درصد پروتئین به‌دست آمد، که احتمالاً به‌دلیل نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن به‌وجود آمده در تیمارهای مختلف باشد. در مطالعه Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) میگوهای سفید غربی در سطوح مختلف پروتئین (۲۴/۳ درصد تا ۳۶/۷ درصد) پرورش داده شد و نتایج نشان داد که افزودن مواد آلی کربن‌دار در سیستم با تعویض آب محدود (با توده زیستی بالغ) منجر به بهبود و حفظ کیفیت آب می‌شود و از افزایش نیتروژن آمونیاکی کل جلوگیری می‌شود. در مطالعه حاضر مقدار مواد جامد ته‌نشین شده و کل مواد جامد معلق در مخازن تغذیه شده با پروتئین ۳۰٪ بالاتر مشاهده شد که احتمالاً به‌دلیل نسبت کربن به نیتروژن بیش‌تر در این تیمار باشد که منجر به توسعه و فعالیت بیش‌تر توده میکروبی می‌شود. تنظیم کل مواد جامد معلق در رنج مطلوب پرورش میگوی سفید غربی حائز اهمیت است، به‌طوری‌که بالاتر از ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی گرم در لیتر نباشد. افزایش بیش از حد مواد جامد ته‌نشین شده منجر به انسداد آبشش‌ها، کاهش رشد، بقاء و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰) که در مطالعه حاضر در حد مطلوب حفظ گردید. در مطالعه Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) بیش‌ترین میزان کل مواد جامد معلق (۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مخازن تغذیه شده با ۳۶/۷ درصد پروتئین به‌دست آمد که به جذب بیش‌تر غذا توسط میگوی سفید غربی در این تیمار نسبت داده شد. در مطالعات قبلی مقدار کل مواد جامد معلق کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در استخر پرورش متراکم نوزادگاهی میگوی سفید غربی (Mishra و همکاران، ۲۰۰۸) و ۱۲۳ تا ۴۱۴ میلی‌گرم در لیتر در سیستم پرورش بدون تعویض آب میگو توسط Emerenciano و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شد. غلظت مناسب مواد جامد معلق ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای میگوی سفید غربی پیشنهاد شده است (Avnimelech، ۲۰۰۹). توده های میکروبی به‌عنوان منبع غذایی با پتانسیل خوب و محرک رشد برای آبزی پرورش یافته مورد مطالعه و تائید شده است (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷؛ Taw، ۲۰۱۰؛ Michaud و همکاران، ۲۰۰۶؛ Avnimelech، ۲۰۰۶). در مطالعه حاضر میگوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۳۳ و ۳۶ درصد پروتئین عملکرد رشد بهتری نسبت به میگوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۳۰ و ۴۰ درصد نشان دادند. در مطالعه Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) عملکرد رشد میگوهای تغذیه شده با ۳۰/۳ درصد پروتئین در سیستم تولید توده میکروبی مشابه میگوهای تغذیه شده با ۳۵ درصد پروتئین نشان داد. تفاوت مشاهده شده در عملکرد رشد میگوهای پرورش یافته در سیستم با تعویض آب محدود احتمالاً مربوط به کیفیت جیره غذایی و توده میکروبی تولید شده در مخازن پرورش می‌باشد. سیستم‌های با تعویض آب محدود و تولید توده میکروبی سیستم‌های انتقالی از هتروتروفیک به اتوتروفیک و به شیموتروفیک هستند که ارزش غذایی توده میکروبی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مدیریت سیستم و مرحله توسعه و تولید توده میکروبی است (Ebeling و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه حاضر با توجه به افزایش نیترات و فرآیند نیتروفیکاسیون توسعه توده میکروبی در مرحله شیموتروفیک می‌باشد (Jatobá و همکاران، ۲۰۱۴). تفاوت در عملکرد رشد *L. vannamei* (McIntosh، ۲۰۰۱)، *P. monodon* (Hari و همکاران، ۲۰۰۶) (*Farfantepenaeus paulensis* (Ballester و همکاران، ۲۰۱۰) تحت تاثیر سطوح مختلف پروتئین در سیستم با تعویض آب محدود گزارش شده است. در مطالعه حاضر رشد کمتر در تیمارهای ۳۰ و ۴۰ درصد پروتئین مشاهده شد. در مطالعه Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) رشد کم‌تر در تیمار ۲۴/۳٪ به‌دست آمد که با نتایج Scopel و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت. کاهش رشد در تیمار ۴۰ درصد پروتئین احتمالاً به‌دلیل کاهش کیفیت آب و افزایش نیتروژن آمونیاکی کل نسبت به تیمارهای دیگر باشد که منجر به کاهش رشد می‌شود (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). در مطالعه McIntosh و همکاران (۲۰۰۱) میزان بقا (۶/۲ درصد)، رشد (۱۵/۴ درصد) و کارایی خوراک (۲۲/۴ درصد) کم‌تری در میگوهای تغذیه شده با ۲۱ درصد پروتئین در مقایسه با میگوهای تغذیه شده با ۳۱ درصد پروتئین مشاهده شد. نتایج مشابه‌ای در مطالعه Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) به‌دست آمد که عملکرد رشد در تیمار تغذیه شده با ۲۴/۳ درصد پروتئین کم‌تر بود. در مطالعه حاضر بیش‌ترین ضریب رشد ویژه در تیمارهای تغذیه شده با ۳۳ و ۳۶ درصد پروتئین مشاهده شد. احتمالاً به‌دلیل کیفیت توده‌های میکروبی و پروتئین متعادل در این تیمارها باشد که نسبت کربن به نیتروژن مناسبی جهت رشد و توسعه توده‌های میکروبی ایجاد شده است. ضریب رشد بیش‌تر برای

میگوهای تغذیه‌شده با سطح پروتئین ۳۶/۷ درصد (Jatobá و همکاران، ۲۰۱۴) و سرعت رشد ۱/۹۹ گرم در هفته (Gong و همکاران، ۲۰۱۲) گزارش شده است. این تفاوت‌ها بیش‌تر به کیفیت توده میکروبی و تنوع جوامع میکروبی شکل گرفته در سیستم با تعویض آب محدود می‌باشد (Gong و همکاران، ۲۰۱۲). ضریب بقاء در مطالعه حاضر در همه تیمارها بالاتر از ۹۰ درصد مشاهده شد. مطالعات مختلف نشان داده به‌طورکلی میزان بقاء در سیستم‌های با تعویض آب محدود بالا می‌باشد (Khanjani و همکاران، a و b ۲۰۲۰). کیفیت آب و غذای در دسترس از جمله عواملی هستند که بر بقای آبزی پرورش یافته تاثیر می‌گذارند. در سیستم‌های بدون تعویض آب توده‌های میکروبی دو نقش عمده شامل: حفظ کیفیت آب و تولید خوراک را بر عهده دارند که منجربه بهبود بقای آبزی پرورش یافته می‌گردد (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). توده‌های میکروبی ارزش غذایی بالایی دارند که آن‌ها را به‌عنوان منبع غذایی طبیعی خوب برای میگوی پرورش یافته می‌توان استفاده‌نمود، به‌طورکلی توده‌های میکروبی دارای ۴۵-۲۰ درصد پروتئین، ۸-۱ درصد چربی، ۶۰-۱۵ درصد خاکستر، ۱۵-۱ درصد فیبر و ۳۵-۱۸ درصد کربوهیدرات می‌باشند (El-Sayed، ۲۰۲۰). در مطالعه حاضر کیفیت توده‌ها تحت تاثیر سطوح مختلف پروتئین قرار گرفت، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان چربی و خاکستر در تیمار تغذیه شده با ۳۰ درصد پروتئین و بیش‌ترین میزان پروتئین در تیمار تغذیه شده با ۴۰ درصد پروتئین مشاهده شد. مطالعات مختلف نشان داده کیفیت توده‌زیستی تحت تاثیر نوع منبع کربن (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۷)، نسبت کربن به نیتروژن (Minabi و همکاران، ۲۰۲۰)، سطح و ترکیبات جیره غذایی (Xu و Pan، ۲۰۱۴)، شدت نور، ترکیبات و سن توده زیستی، میزان کل مواد جامد معلق، تراکم فیتوپلانکتون‌ها و باکتری، بستر مصنوعی و شرایط پرورش (Porchas-Cornejo، ۲۰۱۳، Avnimelech، ۲۰۱۵) قرار می گیرد.

در نتیجه‌گیری کلی مطالعه حاضر نشان داد که مدیریت غذا در پرورش میگوی سفید غربی حائز اهمیت است به‌طوری‌که پروتئین بیش‌تر در غذا تاثیر مثبت بر عملکرد رشد در سیستم با تعویض آب محدود ندارد. هم‌چنین میزان پروتئین جیره بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی توده میکروبی شکل گرفته در سیستم با تعویض آب محدود تاثیر می‌گذارد. تیمار ۳۳ و ۳۶ درصد پروتئین عملکرد بهتری در رشد نشان دادند، با توجه به این‌که تفاوت معنی‌داری در عملکرد رشد بین تیمارهای پروتئین ۳۳ درصد با پروتئین ۳۶ درصد مشاهده‌نگردید و بخش اعظم هزینه جیره غذایی به پروتئین آن مربوط می‌شود، پیشنهاد می‌شود در سیستم با تعویض آب محدود برای پرورش میگوی سفید غربی در مرحله نوجوانی جیره‌های با پروتئین ۳۳ درصد جهت کاهش هزینه، بهبود کیفیت آب و عملکرد بهتر رشد استفاده گردد.

منابع

1. **Anand, S.; Sudhayam, P.; Kumar, S.; Kohli, M.P.; Sundaray, J.K. and Sinha, A., 2017.** Dietary biofloc supplementation in black tiger shrimp, *Penaeus monodon*: effects on immunity, antioxidant and metabolic enzyme activities. Aquaculture Research. Vol. 48, pp: 4512-4523.
2. **AOAC. 2005.** Official methods of analysis. Association of official analytical chemists (p. 245). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, Inc.
3. **Avnimelech, Y., 2006.** Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. Aquacultural Engineering. Vol. 34, pp: 172-178.
4. **Avnimelech, Y., 2009.** Biofloc Technology: A Practical Guide Book. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182 p.
5. **Avnimelech, Y., 2015.** Biofloc Technology. A Practical Guidebook, 3rd edn. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
6. **Ballester, E.; Abreu, P.; Cavalli, R.; Emerenciano, M.; De Abreu, L. and Wasielesky, W. Jr., 2010.** Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. Aquaculture Nutrition. Vol. 16, pp: 163-172.
7. **Crab, R.; Kochva, M.; Verstraete, W. and Avnimelech, Y., 2009**. Bioflocs technology application in over-wintering of tilapia. Aquaculture Engeneering. Vol. 40, pp: 105-112.
8. **Ebeling, J.M.; Timmons, M.B. and Bisogni, J.J., 2006.** Engineering analysis of thestoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal ofammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture. Vol. 257, pp: 346-358.
9. **El-Sayed, A.F.M., 2020**. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. Reviews in Aquaculture. pp: 1-30. Doi: 10.1111/raq.12494.
10. **Emerenciano, M.; Ballester, E.L.; Cavalli, R.O. and Wasielesky, W., 2012**. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). Aquaculture Research. Vol. 43, pp: 447-457.
11. **Esparza-Leal, H.M.; Ponce-Palafox, J.T.; Alvarez-Ruiz, P.; Lopez-Alvarez, E.S.; Vazquez-Montoya, N. and Lopez-Espinoza, M., 2020.** Effect of stocking density and water exchange on performance and stress tolerance to low and high salinity by *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared with biofloc in intensive nursery phase. Aquaculture International. pp: 1-11.
12. **FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2020**. Global Aquaculture Production 1950–2018. http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en
13. **Fourooghifard, H.; Matinfar, A.; Mortazavi, M.S.; Roohani Ghadikolaee, K. and Roohani Ghadikolaee, M., 2018**. Nitrogen and phosphorous budgets for integrated culture of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* with red seaweed Gracilaria corticata in zero water exchange system. Iranian Journal of Fisheries Sciences. Vol. 17, pp: 471-486.

limited water discharge. Aquacultural Engineering. Vol. 25, pp: 69-82.

26. **Michaud, L.; Blancheton, J.P.; Bruni, V. and Piedrahita, R., 2006**. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. Aquaculture Engineering.Vol. 34, pp: 224-233.

27. **Minabi, K.; Sourinejad, I.; Alizadeh, M.; Rajabzadeh Ghatrami, E. and Khanjani, M.H., 2020.** Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. Aquaculture International. https://doi.org/10.1007/s10499-020-00564-7

28. **Mishra, J.; Samocha, T.; Patnaik, S.; Speed, M.; Gandy, R. and Ali, A., 2008**. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. Aquacultural Engineering. Vol. 38, pp: 2-15.

29. **Moopam, R., 1999**. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods (Vol. 1, p. 20). Kuwait: ROPME.

30. **Olier, B.S.; Tubin, J.S.; de Mello, G.L.; Martınez-Porchas, M. and Emerenciano, M.G., 2020.** Does vertical substrate could influence the dietary protein level and zootechnical performance of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system? Aquaculture International. Vol. 28, pp: 1227-1241.

31. **Porchas-Cornejo, M.A.; Martınez-Cordova, L.R.; Martınez-Porchas, M.; Barraza-Guardado, R. and Ramos-Trujillo, L., 2013**. Study of zooplankton communities in shrimp earthen ponds, with and without organic nutrient-enriched substrates. Aquaculture International. Vol. 21, pp: 65-73.

32. **Taw, N., 2010**. Biofloc technology expanding at white shrimp farms biofloc systems deliver high productivity with sustainability. Global Aquaculture Advocate. Vol. 2, No. 5/6, pp: 20-22.

33. **Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2014**. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. Aquaculture. Vol. 426, pp: 181-188.

14. **Gong, H.; Jiang, D.; Alig, F. and Lawrence, A.L., 2012**. Effects of dietary protein level and source on the growth and survival of two genetic lines of specific-pathogen-free Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 29, pp: 118-123.

15. **Hamidoghli, A.; Yun, H.; Shahkar, E.; Won, S.; Hong, J. and Bai, S.C., 2018**. Optimum dietary protein-to-energy ratio for juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in a biofloc system. Aquaculture Research. Vol. 49, pp: 1875-1886.

16. **Hari, B.; Kurup, B.M.; Varghese, J.T.; Schrama, J.W. and Verdegem, M.C.J., 2006.** The effect of carbohydrate addiction on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. Aquaculture. Vol. 252, pp: 248-263.

17. **Huang, J.; Yang, Q.; Ma, Z.; Zhou, F.; Yang, L. and Deng, J., 2017.** Effects of adding sucrose on *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) growth performance and water quality in a biofloc system. Aquaculture Research. Vol. 48, pp: 2316-2327.

18. **Jatoba, A.; Correa, B.; Souza, J.; Vieira, N.; Luiz, J. and Mourino, P., 2014**. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and bio floc systems. Aquaculture. Vol. 432, pp: 365-371.

19. **Khanjani, M.H. and Sharifinia, M., 2020**. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. Reviews in Aquaculture. pp: 1-15. DOI: 10.1111/RAQ.12412.

20. **Khanjani, M.H.; Alizadeh, M. and Sharifinia, M., 2020a.** Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: The effects of different food sources and salinity levels. Aquaculture Nutrition. Vol. 26, No. 2, pp: 328-337.

21. **Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.; Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2016.** Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. Iranian Journal of Fisheries Sciences.Vol. 15, pp: 1465-1484.

22. **Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.M.; Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2017**. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. Aquaculture research. Vol. 48, pp: 1491-1501.

23. **Khanjani, M.H.; Sharifinia, M. and Hajirezaee, S., 2020b.** Effects of different salinity levels on water quality, growth performance and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultured in a zero water exchange heterotrophic system. Annals of Animal Scienc. DOI: 10.2478/aoas.2020-0036

24. **Martinez-Cordova, L.R.; Torres, A.C. and Porchas-Cornejo, M.A., 2003**. Dietary protein level and natural food managment in the culture of blue (*Litopnaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopnaeus vannamei*) in microcosms. Aquaculture Nutrition. Vol. 9, pp: 155-160.

25. **McIntosh, D.; Samocha, T.M.; Jones, E.R.; Lawrence, A.L.; Horowitz, S. and Horowitz, A., 2001.** Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus Lannamei* in an outdoor tank system with