ارزیابی اقتصادی و تولید میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei* Boone, ۱۹۳۱) در سیستم‌های آبزی‌پروری معمولی و توده‌ساز زیستی

- **محمدحسین خانجانی***: گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
- **میرمسعود سجادی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
- **مرتضی علیزاده**: مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق، ایران
- **ایمان سوری‌نژاد**: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۸

چکیده

در مطالعه حاضر عملکرد اقتصادی و تولید میگوی سفید غربی در سیستم‌های آبزی‌پروری سنتی و توده‌ساز زیستی مورد ارزیابی قرار گرفت. میگوی سفید غربی در مرحله جوانی با وزن ۰/۳۳± ۲/۵۶ گرم (میانگین ± انحراف از معیار) به‌مدت ۵ هفته در ظروف فایبرگلاس با حجم آبگیری ۱۸۰ لیتر و با تراکم یک گرم بیومس در لیتر در چهار تیمار شامل یک تیمار تعویض آب (۱۰۰٪ غذادهی کنسانتره) و سه تیمار توده‌ساز به‌ترتیب با ۱۰۰، ٦٦/٦ و ۳۳/۳٪ غذای کنسانتره (بدون تعویض آب) تغذیه شدند. براساس نتایج به‌دست آمده، تفاوت معنی‌داری در مقادیر پارامترهای شاخص‌های کیفی آب (P<۰/۰۵) و هم‌چنین بین عملکرد تولید و اقتصادی میگوی سفید غربی در دو سیستم وجود داشت (P<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان افزایش وزن بدن، سرعت رشد (۰/۱۳٦ گرم در روز)، ضریب رشد ویژه (۳ درصد در روز)، ضریب بقاء (۹۰/٤۸ درصد) و بازده غذایی در تیمارهای توده‌ساز به‌دست آمد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین سودآوری در سیستم‌های توده‌ساز مشاهده شد که با سیستم معمولی اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). نتایج تحقیق بیانگر این است که با سیستم توده‌ساز زیستی می‌توان عملکرد تولید میگوی سفید غربی را در مرحله جوانی افزایش داد و حضور توده‌های زیستی سبب بهبود عملکرد اقتصادی میگوی سفید غربی در سیستم بدون تعویض آب می‌شود.

کلمات کلیدی: آبزی‌پروری، سیستم توده‌ساز زیستی، میگوی سفید غربی

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

مقدمه

باتوجه به افزایش جمعیت، صنعت تولید غذا از قبیل آبزی‌پروری نیاز هست که به‌خوبی گسترش یابد. امروزه آبزی‌پروری در همه ابعاد ازجمله سیستم‌ها و روش‌های پرورش توسعه یافته، به‌طوری‌که حدود نیمی از آبزیان تولیدی در جهان حاصل فعالیت‌های آبزی‌پروری می‌باشد. به‌کارگیری سیستم‌های آبزی‌پروری سازگار با محیط‌زیست جهت دستیابی به توسعه پایدار امری ضروری است (Avnimelech و همکاران، ۲۰۱۲). پرورش میگو در بسیاری از کشورها از سه دهه گذشته برای تحول در صنعت تولید به‌سرعت رشد یافته و فعالیت اقتصادی آن قابل توجه بوده است. این صنعت به‌دلیل بازده اقتصادی بالا نقش مهمی در توسعه اقتصادی بسیاری از کشورهای گرمسیری دارد (Islam، ۲۰۰۸). با این‌حال، شواهد نشان می‌دهد که تولید پایدار تا حدودی با ظرفیت قابل تحمل اکوسیستم‌های ساحلی (حاوی آبزی‌پروری) محدود شده است (Sa و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه براین، رشد سریع این صنعت در یک مسیر نامتعارف منجر به برخی مشکلات زیست محیطی، فنی، اقتصادی و اجتماعی شده است که به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات بین‌المللی گزارش شده‌است (Neiland و همکاران، ۲۰۰۱). تبدیل زمین‌های حساس ساحلی، ازجمله مانگروها، به‌استخرهای پرورش میگو در بسیاری از مکان‌ها و دوره‌ها، انتقاد اصلی به صنعت در حال توسعه پرورش میگو است (Sa و همکاران، ۲۰۱۳). در مزرعه‌های پرورش متراکم میگو، آب تخلیه شده از یک مزرعه با آب ورودی مزرعه همسایه مخلوط شده که منجر به آلودگی مزارع و گسترش بیماری بین جمعیت میگو می‌شود. اخیراً به‌کارگیری فن‌آوری نوین توده‌ساز زیستی (Biofloc technology) جهت رفع مشکلات آبزی پروری پایدار توصیه شده است. این فن‌آوری اخیراً توجه زیادی را به خود معطوف کرده است و یک روش پایدار برای کنترل کیفیت آب و تولید خوراک پروتئین‌دار در سیستم پرورش می‌باشد (Crab و همکاران، ۲۰۱۲). سیستم توده‌ساز زیستی براساس تعویض آب محدود، تنظیم نسبت کربن به نیتروژن (بالای ۱۰)، افزودن مواد آلی کربن‌دار به سیستم و هوادهی شدید جهت رشد و توسعه باکتری‌های هتروتروف می‌باشد (Avnimelech، ۲۰۰۹؛ Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۳). در فن‌آوری توده‌ساز زیستی، تحقیقات در زمینه استفاده از توده به عنوان یک منبع پروتئینی (ترکیب با خوراک‌های تجاری) متمرکز شده است. چنین منبع غذایی که در این حالت تولید می‌شود، "biofloc meal" و اساساً بیوراکتور نامیده می‌شود (Kuhn و همکاران، ۲۰۰۸). توده زیستی را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای از مواد آلی در محیط پرورش تعریف نمود که در تراکم بالایی از توده به‌صورت ذرات معلق شکل می‌گیرد (Cuzon و همکاران، ۲۰۰۴؛ Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۲) که شامل ترکیباتی: از مواد آلی (۶۰ تا ۷۰ درصد) ترکیبی ناهمگن از میکروارگانیسم ها (قارچ، جلبک، باکتری، پروتوزوآ، روتیفر، نماتود) و مواد غیرآلی (۳۰ تا ۴۰ درصد) مثل کلوئیدها، پلیمرهای آلی، یون‌های دوظرفیتی، نمک‌ها و سلول‌های مرده می‌باشند (Chu و Lee، ۲۰۰۴)، که توسط آبزی مصرف شده و سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود (Khanjani و همکاران، ۲۰۱۶؛ ۲۰۱۷). فاکتورهای اصلی که بر رشد و توسعه صنعت آبزی‌پروری تاثیر می‌گذارد حفظ محیط‌زیست و تامین هزینه خوراک می‌باشد (Erondu و همکاران، ۲۰۰۶؛ Avnimelech، ۲۰۰۹). کاهش هزینه‌های تولید و سودآوری بیش‌تر از اهداف مهم پرورش دهندگان میگو می‌باشد، به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین در پرورش میگو جهت دستیابی به سود بیش‌تر و درنهایت ارزآوری امری ضروری است. میگوی سفیدغربی با نام علمی (*Penaeus vannamei*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی میگو در کشور می‌باشد. این گونه نسبت به شوری‌های مختلف تحمل خوبی داشته و دارای رشد بالایی است و در مقابل بیماری‌های ویروسی و دیگر پاتوژن‌ها نیز مقاومت بالایی دارد (Cuzon و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به شرایط زیست، تحمل تراکم‌پذیری بالا، تغذیه از جیره‌های با مقادیر پروتئین پایین‌تر نسبت به گونه‌های دیگر، گونه‌ای مناسب برای پرورش در سیستم توده‌ساز زیستی می‌باشد. با توجه به مزایای ذکر شده در مورد سیستم توده‌ساز زیستی، به‌کارگیری این فن‌آوری در کشور برای پرورش آبزیان ضروری می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد کیفیت آب، رشد و مقایسه اقتصادی تولید در سیستم توده‌ساز زیستی نسبت به سیستم معمولی برای میگوی سفید غربی در مرحله جوانی، طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

نوجوان‌های میگوی سفید غربی با وزن ۰/۳۳± ۲/۵۶ گرم و طول ۲/۴۵± ۶۱/۹ میلی‌متر (میانگین ± انحراف از معیار) از مزرعه پرورشی آقای درویشی به مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان خلیج فارس واقع در بندرکلاهی منتقل شدند. ۱۵ مخزن فایبرگلاس (مساحت کف ۰/۳۸ متر مربع) برای این آزمایش درنظر گرفته شد. هر یک از مخازن با ۱۸۰ لیتر آب تصفیه شده با فیلتر شنی پر شدند و سپس تعداد ۷۰ میگوی سفید غربی (بیومس ۱ گرم در لیتر) در هر مخزن ذخیره‌سازی شد. چهار تیمار آزمایشی برای تحقیق حاضر درنظر گرفته شد که شامل تیمار تعویض آب (آب شفاف، شاهد) که روزانه ۳۵ تا ۵۰ درصد آب داخل مخزن پرورش با آب تازه با شوری یکسان قبل از غذادهی تعویض می‌شد. تیمارهای توده‌زیستی (۱۰۰٪ غذای کنسانتره، ۶۶/۶٪ غذای کنسانتره و ۳۳/۳٪ غذای کنسانتره، بدون تعویض آب) درنظر

گرفته شد (جدول ۱). در تیمارهای بدون تعویض آب، قبل از ذخیره سازی، نیم میلی‌لیتر توده زیستی به‌ازای هر لیتر به‌عنوان استوک اولیه به مخازن تیمارها اضافه شد. غذادهی ۳ مرتبه در روز (۸ صبح، ۱۴ عصر، ۲۰ شب) با جیره حاوی ۳۶٪ پروتئین (ساخت شرکت هوراش بوشهر، با سایز ۱/۲ تا ۲/۲ میلی‌متر) به‌طور مشابه در همه تیمارها انجام شد. برای هوادهی و تامین اکسیژن، ۳ عدد سنگ هوا در کف مخازن که به منبع هواده متصل بود نصب گردید. جهت تحریک و توسعه فلاک در طول دوره آزمایش، به تیمارهای توده زیستی بعد از وعده غذایی ساعت ۱۴، ماده کربن‌دار ملاس (حاوی ۵۹/۴۸٪ ماده خشک، ۷۵/۴٪ کربوهیدرات) جهت توسعه توده زیستی و کنترل کیفیت آب با درنظر گرفتن نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ براساس روش (Avnimelech، ۲۰۰۹) اضافه شد. ملاس پس از توزین به‌درون ظروف پلاستیکی یک لیتری ریخته شده و به‌خوبی با آب مخزن پرورش مخلوط گردید و به‌طور یکنواخت در سرتاسر سطح مخزن بعد از استفاده خوراک توزیع شد. تا توسعه توده‌های زیستی را تقویت کند. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی، شوری آب ۳۲گرم در لیتر، اکسیژن محلول ۶/۱ میلی‌گرم در لیتر، pH ۸/۱، دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۵ هفته انجام شد.

جدول ۱: مشخصات تیمارهای استفاده شده در طی آزمایش

تیمار	نحوی غذادهی کنسانتره
تعویض آب (Clear Water, CW)	۱۰۰٪ غذای کنسانتره
توده زیستی ۱ (BFT۱)	۱۰۰٪ غذای کنسانتره+ شرایط بدون تعویض آب
توده زیستی ۲ (BFT۲)	۶۶/۶٪ غذای کنسانتره+ شرایط بدون تعویض آب
توده زیستی ۳ (BFT۳)	۳۳/۳٪ غذای کنسانتره+ شرایط بدون تعویض آب

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب: اندازه‌گیری عوامل کیفی آب که شامل دما (Digital Thermometer)، pH (pH Lutron 208, pH meter) و اکسیژن محلول (DO Lutron 510 Oxygen meter) روزانه دو بار در ساعت ۸ تا ۹ صبح و ۱۶ تا ۱۷ عصر و شوری (Salinity Refractometer) روزانه در ساعت ۹ انجام شد. اندازه‌گیری آمونیاک، نیتریت و نیترات آب با استفاده از روش طیف سنجی به‌کمک دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل ۹۲۰۰ Cecil, CE) و بر اساس (MOOPAM، ۱۹۹۹) سنجیده شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد: به‌منظور محاسبه و مقایسه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن، سرعت رشد، بیومس، ضریب رشد ویژه، ضریب رشد روزانه بین تیمارها، زیست‌سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری طول و وزن در ابتدای آزمایش و انتهای دوره پرورش انجام شد. تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده در ابتدای آزمایش و تعداد میگوهای باقی‌مانده در انتهای آزمایش ثبت شد تا براساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. هم‌چنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارآیی تغذیه براساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (Tacon و همکاران، ۲۰۰۲):

افزایش وزن (برحسب میلی‌گرم): (وزن ثانویه- وزن اولیه)

درصد افزایش وزن بدن: (وزن نهایی- وزن ابتدایی)/ (وزن ابتدایی)× ۱۰۰

سرعت رشد (افزایش وزن روزانه): (وزن نهایی- وزن ابتدایی)/(دوره پرورش به روز)

بیومس (میلی‌گرم): (میانگین وزن نهایی- میانیگن وزن ابتدایی) ×میزان بقاء

درصد بقاء: (تعداد میگوهای انتهای دوره/تعداد میگوهای ابتدای دوره)× ۱۰۰

میزان افزایش طول بدن (برحسب میلی‌متر): طول ثانویه- طول اولیه

ضریب رشد ویژه (Specific growth rate, SGR) (درصد در روز):

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

شاخص‌های تغذیه‌ای و اقتصادی:

ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio, FCR):

میزان غذای خشک خورده شده / میزان افزایش وزن بدن

ضریب کارآیی تغذیه (بازده غذایی (Feed efficiency, FE):

(وزن نهایی- وزن ابتدایی)/ کل غذای مصرفی ×۱۰۰

نیاز غذایی = کل تولید (گرم) × ضریب تبدیل غذایی

کل سود= کل تولید (کیلوگرم) × قیمت میگو

برآورد اقتصادی و عوامل توسعه پایدار: به‌منظور برآورد اقتصادی هزینه هرکیلوگرم‌خوراک ۵۰،۰۰۰ ریال، هر قطعه پست لارو ۲۲۰ ریال، هر کیلو گرم ملاس ۱۰،۰۰۰ ریال و فروش هر کیلوگرم میگو ۲۰۰،۰۰۰ ریال درنظر گرفته شد. سه اصل توسعه پایدار نیز به‌صورت کیفی و توصیفی در دو سیستم توده‌ساز و معمولی طبق نتایج و مطالعات به‌دست آمده مقایسه گردید. بدین‌صورت که عوامل خوراک، آب، زیست محیطی و اقتصادی با توجه به نتایج به‌دست آمده مورد ارزیابی توصیفی قرار گرفت.

آنالیز داده‌ها: کلیه داده‌ها توسط 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 چنددامنه‌دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد و کلیه محاسبات نیز با اکسل نسخه ۲۰۱۳ انجام گردید.

نتایج

مقادیر (میانگین±انحراف معیار) برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، اکسیژن محلول، pH، شوری، آمونیاک، نیتریت و نیترات در طول دوره آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، در مقادیر دما و اکسیژن محلول (درصبح)

از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نگردید(P>۰/۰۵). کم‌ترین میزان اکسیژن محلول (۰/۵۸±۵/۴۵ میلی‌گرم در لیتر) و بیش‌ترین میزان اکسیژن محلول (۰/۵۸±۶/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب در تیمار BFT۳ در بعد از ظهر و تیمار CW در صبح به‌دست آمد. در مقادیر شوری، آمونیاک، نیتریت، نیترات، pH و اکسیژن محلول (در بعدازظهر) تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید(P<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان pH(۰۸/۱۰±۸/۰) و کم‌ترین میزان pH (۹۳/۱۳±۷/۰) به‌ترتیب در تیمار CW در صبح و تیمار BFT۱ در بعدازظهر به‌دست آمد، که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (P<۰/۰۵). میزان شوری در تیمارهای BFT نیز در مقایسه با تیمار CW افزایش و تفاوت معنی داری‌نشان داد(P<۰/۰۵). مقادیر آمونیاک ۰/۵۴±۰/۶۸، ۰/۲۸±۰/۲۷، ۲۱/۲۲±۲۰/۰، ۱۹/۰±۰/۰، ۳۲/۲۹±۰/۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب برای تیمار CW، تیمار توده‌زیستی BFT۱، BFT۲، BFT۳، به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری بین برخی تیمارها مشاهده گردید (P<۰/۰۵). بیش‌ترین غلظت نیتریت و نیترات به‌ترتیب در تیمار CW و BFT۱ به‌دست آمد. مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) شاخص‌های رشد، تغذیه‌ای و محاسبه سود به‌دست آمده از هر تیمار در جدول ۳ ارائه شده است. بیش‌ترین میزان وزن نهایی (۷/۰±۳۰/۳۹ گرم)، طول نهایی(۸۷/۵۷±۱/۸۹ میلی‌متر)، افزایش وزن بدن (۴/۰±۷۵/۳۹ گرم)، درصدافزایش‌وزن بدن(۱۸۵/۱۵±۴/۲۱٪)، سرعت‌رشد (۰/۰۱±۰/۱۳۶ گرم)، افزایش بیومس (۲۴/۵۳±۲۹۹/۱گرم)، ضریب رشد ویژه در وزن (۰±۳/۱۵ درصد بر روز) و ضریب رشد ویژه در طول (۰/۰۶±۰/۹۹ درصد در روز) در تیمار BFT۱ به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای CW، BFT۳ نشان داد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۶۰/۱۲۹±۱/۰) و کم‌ترین بازده غذایی (۳۶/۰۲±۶۲/۵٪) در تیمار CW مشاهده گردید. مقادیر (میانگین ± انحراف‌معیار) بازماندگی میگوی سفیدغربی در تیمارهای مختلف در جدول ۳ آورده شده است. مقادیر بازماندگی ۲/۱۸±۸۳/۸۱، ۲/۴۷±۹۰/۰، ۲/۱۸±۹۰/۴۸، ۴۳/۴۲±۸۱/۱ درصد به‌ترتیب در تیمار CW، BFT۱، BFT۲، BFT۳ به‌دست آمد.

جدول ۲: مقادیر برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره آزمایش (میانگین ± انحراف معیار)

پارامترها	CW	BFT۱	BFT۲	BFT۳
O۲ صبح (میلی‌گرم/لیتر)	۶/۰±۳۳/۳۸ a	۶/۰±۰۲/۲۸ a	۶/۰±۲۱/۴۴ a	۶/۰±۲۹/۴۷ a
O۲ بعداز ظهر (میلی‌گرم/لیتر)	۵/۰±۸۶/۴۲ a	۵/۰±۴۵/۵۸ b	۵/۰±۶۲/۴۳ ab	۵/۰±۷۹/۵۴ ab
pH صبح	۸/۰±۰۸/۱۰ ab	۸/۰±۰۴/۱۱ b	۸/۰±۰۵/۱۲ b	۸/۰±۰۵/۰۹ b
pH بعد از ظهر	۸/۰±۰۲/۰۵ b	۷/۰±۹۳/۱۳ c	۸/۰±۰۰/۰۵ b	۷/۰±۹۹/۰۴ bc
شوری (ppt)	۳۲/۰±۸۸/۶۶ b	۳۳/۱±۶۹/۰۶ ab	۳۳/۱±۵۶/۰۶ a	۳۳/۰±۶۳/۹۵ a
NH_3 (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰±۶۸/۵۴ a	۰/۰±۲۷/۲۸ ab	۰/۰±۲۱/۲۲ b	۰/۰±۱۹/۲۰ b
NO_2 (میلی‌گرم/لیتر)	۶/۳±۶۸/۴۳ a	۵/۱±۱۲/۸۵ ab	۴/۱±۶۱/۶۳ ab	۴/۱±۵۳/۶۴ ab
NO_3 (میلی‌گرم/لیتر)	۴/۱±۰۱/۶۳ b	۸/۴±۲۵/۷۴ a	۶/۳±۸۳/۴۰ ab	۵/۲±۹۴/۸۲ ab

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵). (CW= تیمار آب شفاف،۱۰۰٪ غذای کنسانتره)، (BFT۱= ۱۰۰ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی، BFT۲= ۶۶/۶ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی، BFT۳= ۳۳/۳ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی)

جدول ۳: شاخص‌های رشد، تغذیه‌ای و اقتصادی برای نوجوان‌های میگوی سفید غربی پرورش یافته تحت تاثیر تیمارهای مختلف پس از ۵ هفته دوره آزمایش (میانگین ± انحراف از معیار)

شاخص‌های رشد	CW	BFT۱	BFT۲	BFT۳
وزن نهایی (میلی‌گرم)	۶/۸۲ ±۰/۳۴ b	۷/۳۰ ±۰/۳۹ a	۷/۲۵ ±۰/۳۸ a	۶/۵۹ ±۰/۳۷ c
طول نهایی (میلی‌متر)	۸۶/۳۰ ±۲/۵۲ b	۸۷/۵۷± ۱/۸۹ a	۸۷/۱۸ ±۲/۰۴ a	۸۵/۶۸± ۲/۳۴ b
میزان افزایش وزن بدن (گرم)	۴/۲۶ ۰±/۳۴ b	۴/۰±۷۵/۳۹ a	۴/۰±۷۰/۳۸ a	۴/۰۳ ±۰/۳۷ c
میزان افزایش طول بدن (میلی‌متر)	۲۴/۳۹± ۲/۵۲ b	۲۵/۶۷ ±۱/۸۹ a	۲۵/۲۸± ۲/۰۴ a	۲۳/۷۸± ۲/۳۴ b
درصد افزایش وزن بدن (درصد)	۱۶۶/۱۳±۶/۴۳ b	۱۸۵/۱۵±۴/۲۱ a	۱۸۳/۵ ۱۴±/۹۸ a	۱۵۷/۱۴±۴/۵۲ c
سرعت رشد (گرم)	۰/۰±۱۲۲/۰۱ b	۰/۰±۱۳۶/۰۱ a	۰/۰±۱۳۴/۰۱ a	۰/۰±۱۱۵/۰۱ c
افزایش بیومس (گرم)	۲۵۰/۲۰±۲/۱۷ b	۲۹۹/۲۴±۱/۵۳ a	۲۹۷/۲۴±۵/۲۹ a	۲۲۹/۲۱±۷/۱۸ c
ضریب بقاء (٪)	۸۳/۲±۸۱/۱۸ b	۲±۹۰/۴۷ a	۹۰/۲±۴۸/۱۸a	۸۱/۱±۴۳/۴۲ b
(SGR) در وزن (درصد روز)	۲/۰±۸/۱۴ b	۰±۳/۱۵a	۲/۰±۹۸/۱۵ a	۲/۰±۷/۱۶ c
شاخص‌های تغذیه‌ای و اقتصادی				
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰±۶۰/۱۲۹ b	۱/۰±۳۴/۱۱ a	۰/۰±۹۰/۰۷ c	۰/۰±۵۸/۰۵۳ d
بازده غذایی (٪)	۶۲/۵±۳۶/۰۲ d	۷۴/۶±۵۵/۱۱ c	۱۱۱/۹±۳۰/۰۹ b	۱۷۲/۱۵±۰۱/۸۶ a
نیاز غذایی (گرم)	۴۰۰/۲±۳۲/۶۰ a	۴۰۰/۲±۸/۷ a	۲۶۷/۱±۷۵/۷۰ b	۱۳۳/۱±۲۲/۰۸ c
کل سود (ریال)	۴۰۳±۵۰۰۴۰/۴b	۴۹۰±۵۹۸۲۰/۶ a	۴۸۵±۵۹۵۰۰/۸a	۴۲۳±۴۵۹۴۰/۶c

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵). (CW= تیمار آب شفاف،۱۰۰٪ غذای کنسانتره)، (BFT۱= ۱۰۰ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی، BFT۲= ۶۶/۶ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی، BFT۳= ۳۳/۳ ٪ غذای کنسانتره+ توده زیستی)

محاسبات اقتصادی: باتوجه به ضریب تبدیل غذایی، گران‌ترین و ارزان‌ترین جیره به‌ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمارهای توده زیستی می‌باشد (جدول ۴). هزینه ثابت به‌طور متوسط برای شاهد و تیمارهای توده ساز یکسان درنظر گرفته شده است زیرا هزینه‌هایی مثل تعداد زیاد کارگر و پمپاژ آب در سیستم‌های مرسوم، با هزینه‌هایی مانند نیروی برق، افزایش تلاطم و چرخش آب و هوادهی بیش‌تر در سیستم تولید توده زیستی تقریباً برابر می‌شوند. میزان کربوهیدرات مورد نیاز در سیستم بدون تعویض آب نیز محاسبه شده است. تیمار BFT۳ با ٪۵۶ سود بیش‌ترین میزان سوددهی، درحالی‌که تیمار تعویض آب کم‌ترین میزان سوددهی را نشان داد.

جدول ۴: برآورد اقتصادی و محاسبه هزینه و سود در تیمارهای مختلف (با توجه به ضریب تبدیل غذایی بدست آمده)

تیمار	FCR	هزینه واحد غذا	هزینه غذا برای تولید یک کیلو میگو	هزینه لارو	هزینه ثابت	کربوهیدرات مصرفی (گرم)	هزینه کربوهیدرات	هزینه کل	سود خالص	درصد سوددهی
CW	۱/۶	۵۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۳۰۰۰۰	-	-	۱۳۲۰۰۰	۶۸۰۰۰	٪۳۴
BFT۱	۱/۳۴	۵۰۰۰۰	۶۷۰۰۰	۲۲۰۰۰	۳۰۰۰۰	۷۰۰	۷۰۰۰	۱۲۶۰۰۰	۷۴۰۰۰	٪۳۷
BFT۲	۰/۹	۵۰۰۰۰	۴۵۰۰۰	۲۲۰۰۰	۳۰۰۰۰	۷۰۰	۷۰۰۰	۱۰۴۰۰۰	۹۶۰۰۰	٪۴۸
BFT۳	۰/۵۸	۵۰۰۰۰	۲۹۰۰۰	۲۲۰۰۰	۳۰۰۰۰	۷۰۰	۷۰۰۰	۸۸۰۰۰	۱۱۲۰۰۰	٪۵۶

* هزینه لارو: به فرض اینکه ۱۰۰ قطعه لارو تولید یک کیلوگرم میگو را می‌کند (با در نظر گرفتن ضریب بقاء) ** هزینه کل برای تولید هر کیلوگرم میگو بر حسب ریال برابر است با هزینه غذا برای تولید یک کیلو میگو به‌علاوه هزینه لارو به علاوه هزینه ثابت به‌علاوه هزینه کربوهیدرات

در جدول ۵ عوامل مورد مطالعه در دو سیستم توده‌ساز زیستی و معمولی ارائه شده است که نشان می‌دهد سیستم توده‌ساز زیستی اهداف آبزی‌پروری پایدار را دنبال می‌کند و سیستمی سازگار با محیط زیست می‌باشد و هم‌چنین تبادلات آبی در این سیستم کاهش یافته که با توجه به کمبود آب در سطح جهانی و به‌ویژه کشورهای خشک و نیمه‌خشک اهمیت این سیستم را افزایش می‌دهد.

جدول ۵: بررسی توصیفی عوامل مورد مطالعه در سیستم‌های توده‌ساز زیستی و معمولی

عامل	سیستم توده ساز زیستی	سیستم معمولی
کارایی مصرف غذا	کارایی مصرف غذا بالاتر نشان داد و مواد مغذی اضافی و از دسترس خارج شده دوباره بازیافت می‌شود	کارایی مصرف غذا نسبت به سیستم توده‌ساز زیستی کم‌تر بود
مصرف آب	مصرف آب در این سیستم به‌دلیل محدود بودن تبادلات آبی و حضور باکتری‌های موثر در جهت بهبود کیفیت آب، بالاست. فقط مقدار ناچیز آب جهت جبران میزان تبخیر و خروج پساب‌های زائد (موادی که قابلیت و کارایی لازم را در سیستم ندارند و از دسترس آبزی خارج می‌شوند و به حاشیه‌های مخزن متصل می‌شوند و به نوعی توده‌های زیستی قدیمی هستند) اضافه می‌گردد	مصرف آب به‌دلیل تعویض روزانه بالاتر است
زیست محیطی	بهبود کیفیت آب پرورش و کاهش پساب آبزی‌پروری این سیستم را سیستمی سازگار با محیط زیست معرفی نموده است، عدم تعویض آب و بازیافت مواد مغذی اثرات زیست محیطی سیستم را کاهش می‌دهد.	آلودگی زیست محیطی در این سیستم به‌دلیل تخلیه آب خروجی به محیط، بالاست.
اقتصادی	با توجه به نتایج به‌دست آمده، کارایی مصرف غذا در این سیستم به‌دلیل بازیافت مواد مغذی، خوراک‌های خورده نشده، مدفوع و در نهایت تولید پروتئین میکروبی، بالاست. خوراک به‌عنوان بخش هزینه‌بر آبزی پروری از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به هزینه انجام شده و سود کسب شده این سیستم تولیدی کاراتر می‌باشد. توسعه برنامه‌های غذادهی موثرتر، سیستم تولیدی ارزان، فن‌آوری با بازدهی بالا و انرژی‌بری کم‌تر (در جهت تولید) به‌لحاظ اقتصادی حائز اهمیت است.	طبق نتایج به‌دست آمده، سودآوری آبزی پروری در سیستم معمولی و سنتی نسبت به سیستم توده‌ساز زیستی کم‌تر می‌باشد.

بحث

در مطالعه حاضر مقدار اکسیژن محلول و pH در تیمارهای توده ساز کم‌تر از تیمار آب شفاف بود که احتمالاً به‌دلیل حضور جامعه هتروتروفیک و افزایش ضریب تنفس و هم‌چنین اضافه کردن مواد آلی کربن‌دار که منجر به کاهش اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن در مخازن توده‌ساز می‌شود (Wasielesky و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات نشان داده که اضافه کردن مواد آلی کربن‌دار به مخازن پرورش منجر به کاهش موقتی در میزان اکسیژن محلول می‌شود (De Schryver و Verstraete، ۲۰۰۹). میزان شوری نیز در تیمارهای توده‌ساز نسبت به تیمار آب شفاف افزایش نشان داد که احتمالاً به‌دلیل تبخیر آب در تیمارهای بدون تعویض آب توده‌ساز باشد که

منجر به افزایش شوری نسبت به تیمار آب شفاف می‌شود. در سیستم‌های توده‌ساز با تنظیم نسبت کربن به نیتروژن (۲۰-۱۵ به ۱) می‌توان از تجمع نیتروژن غیرآلی سمی در مخازن پرورش جلوگیری کرد که همراه با جذب نیتروژن غیرآلی و کربن آلی اضافه شده توسط باکتری‌های هتروتروف می‌باشد (Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه حاضر بیش‌ترین میزان آمونیاک (۰/۶۸ میلی‌گرم در لیتر)، نیتریت (۶/۶۸ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار CW، بیش‌ترین میزان نیترات (۸/۲۵ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار BFT۱ و کم‌ترین میزان آمونیاک (۰/۱۹ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار BFT۳ به‌دست آمد. در مطالعه Maicá و همکاران (۲۰۱۴) میزان کل نیتروژن آمونیاکی، نیتریت، نیترات و فسفات به‌ترتیب ۱/۷۵، ۷/۱۱، ۱۰/۱۳ و فسفات ۰/۶ (میلی‌گرم در لیتر) گزارش گردید. اضافه کردن ملاس به تیمارهای توده‌ساز سبب فعالیت باکتری‌های هتروتروفیک و نیتریفیکانت شده که منجر به کاهش سطوح آمونیاک و نیتریت و افزایش میزان نیترات در تیمارهای توده ساز در مقایسه با تیمار آب شفاف شده است که با نتایج Gaona و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. اضافه کردن ملاس به مخازن توده ساز منجر به تحریک و توسعه توده‌های زیستی شد که با افزایش تراکم جوامع میکروبی و تولید توده همراه بود که با نتایج سایر محققین (Burford، ۲۰۰۴؛ Megahed، ۲۰۱۰؛ Gao و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه (Megahed، ۲۰۱۰) اثرات تغذیه از پلت‌های با سطوح مختلف پروتئین را در حضور و عدم حضور توده زیستی بر کیفیت آب، بقاء و رشد میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) در سیستم پرورش متراکم بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که حضور توده‌زیستی رشد میگو را بهبود می‌دهد و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تیمار در میانگین نهایی وزن بدن و هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایش در محصول نهایی میگو در هنگام برداشت مشاهده گردید. نتایج آن‌ها تفاوت قابل توجهی بین سطوح غلظت‌های نیترات، نیتریت و کل نیتروژن آمونیاکی در بین تیمارهای مختلف نشان داد، در نتیجه‌گیری بیان شد که کم‌ترین میزان درصد پروتئین خام (با جیره ۱۶/۲۵٪ پروتئین) در تیمار توده زیستی، کم‌ترین هزینه خوراک، بهترین کیفیت آب و تولید اقتصادی را در مقایسه با جیره شاهد رایج دارد. تیمارهای توده زیستی برای کاهش هزینه‌های تولید میگو موفقیت‌آمیز است و اضافه کردن کربوهیدرات به ستون آب سطوح نیترات، نیتریت و کل نیتروژن آمونیاکی را در مخزن پرورش کاهش می‌دهد و در پایان استفاده از توده زیستی به‌عنوان یک منبع غذایی توسط میگو مورد تائید قرار گرفت. نتایج پارامترهای کیفیت آب در مطالعه حاضر نشان داد که حضور توده زیستی منجر به بهبود کیفیت آب در مخازن پرورش میگوی سفید غربی می‌شود که با نتایج محققین دیگر هم‌خوانی دارد (Xu و Pan، ۲۰۱۲؛ Gao و همکاران، ۲۰۱۲).

حضور توده‌های زیستی در مخازن پرورش میگو سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی (Krummenauer و همکاران، ۲۰۱۴؛ Wasielesky و همکاران، ۲۰۰۶)، افزایش کارایی خوراک (Xu و Pan، ۲۰۱۲)، بهبود عملکرد رشد (Megahed، ۲۰۱۰؛ Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۲؛ Khanjani و همکاران، ۲۰۱۷؛ ۲۰۱۶)، کاهش هزینه خوراک، افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و تاثیر بر ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگو (Xu و Pan، ۲۰۱۲) می‌شود. پلت‌های تجاری ممکن است که همه مواد مغذی لازم را برای رشد میگو تامین نکند، توده‌ها ذرات غنی حاوی مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند که می‌توانند به‌عنوان غذای مکمل برای رشد میگو استفاده شوند (Avnimelech، ۲۰۰۹). در مطالعه حاضر افزایش وزن، طول، درصد افزایش وزن بدن، سرعت رشد و ضریب رشد ویژه در تیمارهای BFT۱ و BFT۲ عملکرد بهتری را در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند ($P<0/05$). تفاوت معنی‌داری در عملکرد رشد میگو بین تیمار BFT۱ و BFT۲ مشاهده نگردید. هم‌چنین مشخص شد که رشد و میزان بقاء در تیمار BFT۲ و بدون تعویض آب بهتر از تیمار شاهد با سطح غذادهی بیش‌تر (۱۰۰٪ کنسانتره) به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($P<0/05$). بر طبق نتایج حضور توده‌ساز ضریب تبدیل غذایی را کاهش و کارایی خوراک را افزایش داد و هم‌چنین مشخص شد که بیش از ۳۰٪ خوراک ورودی میگوی سفیدغربی نوجوان را می‌توان با توده‌های زیستی جایگزین کرد بدون این‌که تفاوت معنی‌داری در رشد حاصل شود. در تیمارهای BFT مشخص شد که توده زیستی تنها می‌تواند بخشی از جیره غذایی میگو را تامین کند. در مطالعه Ray و همکاران (۲۰۱۰) مشخص شد که تولید میگو در سیستم توده‌ساز زیستی ۴۱٪ افزایش یافت. مطالعات نشان داده که حضور فلاک سبب بهبود سیستم گوارشی میگو، افزایش رشد تا ۱۵٪ و کاهش ضریب تبدیل غذایی تا ۴۰٪ می‌شود (Wasielesky و همکاران، ۲۰۰۶). حضور میکروارگانیسم‌های وابسته به توده زیستی در تیمارهای BFT منجر به بهبود عملکرد رشد نسبت به تیمار آب شفاف می‌شود. ذرات توده‌های غنی توسط میگوی سفیدغربی استفاده می‌شوند به‌طوری‌که مطالعات نشان داده بیش از ۲۹٪ غذای روزانه میگوی سفید غربی را می‌توان با توده زیستی جایگزین نمود (Burford و همکاران، ۲۰۰۴). مصرف توده‌های زیستی در تیمارهای بدون تعویض آب ضریب تبدیل غذایی را (۱/۳۹ به ۱/۰۳) کاهش و ضریب رشد را (۰/۳۹ تا ۱/۲۵ گرم در هر هفته) افزایش می‌دهد (Wasielesky و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه حاضر ضریب تبدیل غذایی ۱/۶، ۱/۳۴، ۰/۹ و ۰/۵۸ و ضریب رشد ۰/۸۵۴، ۰/۹۵۲، ۰/۹۳۸ و ۰/۸۰۵ گرم در هفته به‌ترتیب در تیمارهای CW، BFT۱، BFT۲ و BFT۳ به‌دست آمد. ضریب تبدیل غذایی برای نوجوان‌های میگوی سفیدغربی ۱/۹۵ و ۱/۴۵ به‌ترتیب در تیمار آب شفاف و تیمار توده‌ساز با

نسبت کربن ۱۵ به نیتروژن ۱ به‌دست آمده است (Xu و Pan، ۲۰۱۲). سرعت رشد ۱/۴۴ گرم در هفته(McAbee و همکاران، ۲۰۰۳) و ۱/۳۰ گرم در هفته (Krummenauer و همکاران، ۲۰۱۴) در سیستم توده ساز گزارش شده است. در مطالعات مختلف گزارش شده است که به‌کارگیری فن آوری توده‌ساز زیستی در آبزی‌پروری، منجر به عملکرد بهتر رشد آبزی، افزایش بقاء، ضریب تبدیل غذایی بهتر و کاهش بیماری می‌گردد (Azim و Little، ۲۰۰۸). میزان بقاء در مطالعه حاضر ۸۳/۸۱، ۹۰، ۹۰/۴۸، ۸۱/۴۳ و ۷۵/۲۴٪ به‌ترتیب در تیمارهای CW، BFT۱، BFT۲ و BFT۳ مشاهده گردید. ضریب بقاء ۹۰/۵- ۹۲/۶٪ (Xu و Pan، ۲۰۱۲)، ۹۰/۹۳- ۹۹/۰۶٪ (Krummenauer و همکاران، ۲۰۱۴) و ۸۸/۳٪ (Maicá و همکاران، ۲۰۱۴) برای میگوی سفیدغربی در سیستم توده‌ساز گزارش شده است. به‌طورکلی میزان بقاء در تیمارهای توده‌ساز در شرایط بدون تعویض آب نسبت به تیمار آب شفاف و شاهد بالاست (Wasielesky و همکاران، ۲۰۰۶؛ Kuhn و همکاران، ۲۰۰۸).سیستم‌های توده‌ساز زیستی مزیت‌های قابل توجهی نسبت به سیستم‌های سنتی دارند (Browdy و همکاران، ۲۰۰۱). تعویض آب محدود، کاهش اثرات زیست‌محیطی، امنیت زیستی، کاهش ورود پاتوژن‌های، مدیریت جوامع میکروبی مفید به‌طوری‌که عوامل بیماریزا را محدود کرده از مزایایی سیستم توده‌ساز نسبت به سیستم معمولی و سنتی می‌باشد (Moss و Leung، ۲۰۰۶). میزان رشد و ضریب تبدیل غذایی نقش مهمی را در هزینه‌های آبزی‌پروری بازی می‌کنند که در مطالعه حاضر در سیستم توده‌ساز نسبت به سیستم معمولی بهبود نشان داد و سودآوری نیز در تیمارهای توده‌ساز بهتر بود. بازیافت بهتر خوراک و بهبود ضریب تبدیل غذایی از اجزء کلیدی‌در مدیریت‌هزینه‌های آبزی‌پروری می‌باشد. در مطالعه Hanson و همکاران (۲۰۰۹)، مشخص شد که پارامترهای بیولوژیکی نظیر میزان بقاء از عوامل تاثیرگذار در بازگشت هزینه‌ها و سودآوری می‌باشد. افزایش تراکم ذخیره‌سازی (تا ۲۰٪) یا افزایش ضریب رشد، به‌ترتیب ۵۷ و ۴۵٪ سودآوری را افزایش می‌دهد (Browdy و همکاران، ۲۰۰۱). از طرف دیگر ۲۰٪ کاهش در هزینه غذا تاثیر به‌سزائی بر سودآوری دارد. به‌طور مشخص سرمایه‌گذاری در پایه آبزی‌پروری مثل تخم، لارو و خوراک ضریب بقاء، میزان رشد و تراکم ذخیره‌سازی را افزایش می‌دهد که تاثیر مثبتی بر بازگشت هزینه‌ها دارد. در محاسبات اقتصادی بالاترین نرخ سود نسبت به تیمار شاهد، متعلق به تیمار BFT۳ می‌باشد (۲۲٪ سود بیش‌تر نسبت به شاهد)که به‌دلیل کم‌ترین میزان مصرف غذای کنسانتره، استفاده از توده‌های زیستی و در نتیجه کاهش قیمت غذا صورت گرفته است. تولید یک کیلو میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) با استفاده از توده زیستی با ۳۳٪ (Megahed، ۲۰۱۰) و برای ماهی تیلاپیا با ۱۰٪ کاهش هزینه (De Schryver و Verstraete، ۲۰۰۹) همراه بوده است که به‌گونه، جیره‌غذایی، میزان‌مصرف‌توده‌زیستی‌وقیمت کربوهیدرات مصرفی بستگی دارد. سیستم توده‌ساز زیستی هم‌چنین اهداف آبزی پروری پایدار را دنبال می‌کند به‌طوری‌که اهداف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در جهت بهبود رشد پیوسته و گسترش آبزی پروری بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی بخشی از کارکردهای این سیستم می‌باشد،به‌طورکلی مطالعه حاضر نشان دادکه حضور توده‌های زیستی سبب بهبود کیفیت آب پرورش نسبت به سیستم معمولی می‌شود و به‌کارگیری این فن‌آوری در پرورش میگوی سفیدغربی منجر به عملکرد تولید و سودآوری بهتر نسبت به سیستم‌های معمولی و سنتی می‌گردد.

تشکر و قدردانی

از مدیریت و کارکنان مرکز تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی، میناب، به‌ویژه مهندس سیرپور، مهندس درویشی، مهندس محمدپور و مهندس اسلامی که در فراهم کردن امکانات این تحقیق نهایت همکاری را مبذول داشتند، قدردانی می‌شود.

منابع

۱. **Avnimelech, Y., 2009**. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182 p.

۲. **Avnimelech, Y., 2012.** Biofloc Technology: A Practical Guide Book, 2nd Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272 p.

۳. **Azim, M.E. and Little, D.C., 2008.** The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, Biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus).* Aquaculture. Vol. 283, pp: 29-35.

۴. **Browdy, C.L.; Bratvold, D.; Stokes, A.D. and Mcintosh, R.P., 2001**. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture (ed. by E.D. Jory and C.L. Browdy), The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. pp: 20-34.

۵. **Burford, M.A.; Thompson, P.J.; McIntosh, R.P.; Bauman, R.H. and Pearson, D.C., 2004.** The contribution of flocculated material to shrimp (*Penaeus vannamei*) nutrition in a high intensity, zero-exchange system. Aquaculture. Vol. 232, pp: 525-537.

۶. **Chu, C.P. and Lee D.J., 2004**. Multiscale structures of biological flocs. Chemical Engineering Science. Vol. 59, pp: 1875-1883.

۷. **Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P. and Verstraete, W., 2012**. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. Aquaculture. Vol. 356-357, pp: 351-356.

۸. **Cuzon, G.; Addison, L.; Gaxiola, G.; Rosas, C. and Guillaume, J., 2004.** Nutrition of *Penaeus vannamie* reared in tank or in ponds. Aquaculture. Vol. 235, pp: 513-551.

۹. **De Schryver, P. and Verstraete, W., 2009.** Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. Bioresource Technology.Vol. 100, pp:1162-1167.

۱۰. **Emerenciano, M.; Ballester, E.L.C.; 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.

۱۱. **Emerenciano, M.; Cuzon, G.; Goguenheim, G.J. and Gaxiola, G., 2013.** Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Penaeus stylirostris.* Aquaculture Research. Vol. 44, pp: 75-85.

۱۲. **Erondu, E.; Bekibele, D. and Gbulubo, A., 2006**. Optimum crude protein requirement of Cat fish, *Chrysichthys nigrodigitatus.* Journal of Fisheries International. Vol. 1, pp: 40-43.

۱۳. **Gao, L.; Shan, H.W.; Zhang, T.W.; Bao, W.Z. and Ma, S.J., 2012.** Effects of carbohydrate addition on *Penaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange system. Aquaculture. Vol. 342, pp: 89-96.

۱۴. **Gaona, C.A.; Poersch, P.L.; Krummenauer, H.D.; Foes, G.K. and Wasielesky, W.Jr., 2011**. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Penaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. International Journal of Recirculating Aquaculture. Vol. 12, pp: 54-73.

۱۵. **Hanson, T.R.; Posadas, B.; Samocha, T.M.; Stokes, A.D.; Losordo, T. and Browdy, C.L., 2009.** Economic factors critical to the profitability of super-intensive biofloc recirculating production systems for marine shrimp *Penaeus vannamei*. In *The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming* (Browdy, C.L. and Jory, D.E.,). pp: 268-83. World Aquaculture Society, Baton Rouge.

۱۶. **Islam, M.S., 2008**. From Pond to Plate: Towards a Twin Driven Commodity Chain in Bangladesh Shrimp Aquaculture. Food Policy. Vol. 33, pp: 209-223.

۱۷. **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.

۱۸. **Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.M.; Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2015.** Effect of different feeding levels on water quality, growth performance and survival of Western white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) post larvae with application of biofloc technology. Iranian Scientific Fisheries Journal. Vol. 24, pp: 13-28.(In Persian).

۱۹. **Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.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.

۲۰. **Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.M.; Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2016.** Production and evaluation of biofloc for use in zero- water exchange rearing system, Journal of Aquaculture Development. Vol. 10, pp: 33-40. (In Persian).

۲۱. **Krummenauer, D.; Samocha, T.; Poersch, L.; Lara, G. and Wasielesky, W.Jr., 2014**. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, in BFT system. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 45, pp: 3-14.

۲۲. **Kuhn, D.D.; Boardman, G.D.; Craig, S. R.; Flick, G.J. and McLean, E., 2008.** Use of microbial flocs generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp *Penaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems. J of the World Aquaculture Society. Vol. 39, pp: 72-82.

۲۳. **Maicá, P.F.; de Borba, M.R.; Martins, T.G. and Junior, W.W., 2014.** Effect of salinity on performance and body composition of pacific white shrimp juveniles reared in a super-intensive system. Revista Brasileira de Zootecnia. Vol. 43, pp: 343-350.

۲۴. **McAbee, B.J.; Bruce, J.W.; Weirich, C.R.; Stokes, A.D. and Browdy, C.L., 2003.** Use of super-intensive greenhouse-enclosed raceway systems for the production of juvenile *Penaeus vannamei*. p. 169. In: Abstracts of Aquaculture America 2003. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.

۲۵. **Megahed, M.E., 2010.**The effect of microbial Biofloc on water quality, survival and growth of the Green tiger shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) fed with different crude protein levels. Journal of the Arabian Aquaculture Society. Vol. 5, pp: 119-141.

۲۶. **MOOPAM. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutants analysis methods (Third Edition). The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), Kuwait.

۲۷. **Moss, S.M. and Leung, P.S., 2006.** Comparative cost of shrimp production: earthen ponds versus recirculating aquaculture systems. In Shrimp Culture: Economics, Marketing and Trade (Ed. by Leung, P.S. and Engle, C.R.,). pp: 291-300. Blackwell Publishing, Ames.

۲۸. **Neiland, A.E.; Soley, N.; Varley, J.B. and Whitmarsh, D.J., 2001**. Shrimp Aquaculture: Economic Perspectives for Policy Development. Marine Policy. Vol. 25, pp: 265-279.

۲۹. **Ray, J.A.; Lewis, B.L.; Browdy, C.L. and Loffler, J.W., 2010.** Suspended solids removal to improve shrimp (*Penaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, super intensive culture systems. Aquaculture. Vol. 299, pp: 89-98.

۳۰. **Sa, D.T.; Sousa, R.R.De.; Rocha, I.R.C.B.; Lima, G.C.De. and Costa, F.H.F., 2013**. Brackish shrimp farming in northeastern Brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability, Natural Resources. Vol. 4, pp: 538-550.

۳۱. **Tacon, A.G.J.; Cody, J.J.; Conquest, L.D.; Divakaran, S.; Forster, I.P. and Decamp, O.E., 2002.** Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition. Vol. 8, pp: 121-139.

۳۲. **Wasielesky, W.; Atwood, H.; Stokes, A.; Browdy, C.L., 2006**. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Penaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 258, pp: 396-403.

۳۳. **Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2012.** Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Penaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. Aquaculture. Vol. 356, pp: 147-152.