University of Hormozgan

Journal of Aquatic Ecology

ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355

Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

The Effect of Diet Containing Fucoidan from the Brown Algae Sargassum (*Sargassum* sp) on the Growth and Survival of Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Osman Balouch Lashari, Salim Sharifian✉

Fisheries Department, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 6 June 2025
Accepted: 16 July 2025
Published: 9 August 2025

✉**Corresponding Author:**
sharifian.salim@hotmail.com

Keywords:
Whiteleg shrimp,
Diet,
Fucoidan,
Brown seaweed,
Oman Sea.

ABSTRACT

Nutrition is a key determinant of growth and health in farmed shrimp. Natural extracts, such as those derived from seaweeds, have gained attention as dietary supplements for improving nutrient utilization and overall performance. This study evaluated the effects of fucoidan-enriched extract from *Sargassum* brown seaweed, supplemented at 1%, 3%, and 5% dietary levels, on growth performance, feed efficiency, digestive enzyme activity, and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) over a 35-day trial, compared with a control diet without supplementation. Shrimp in all treatments exhibited significant increases in total length and body weight ($p < 0.05$), with the greatest improvements observed in the 5% fucoidan group. Key growth indices—including weight gain, growth rate, specific growth rate (SGR), and feed conversion ratio (FCR)—were significantly enhanced by the 5% fucoidan diet, while no significant differences were detected between the 1% fucoidan and control groups ($p > 0.05$). In line with growth outcomes, shrimp fed 5% fucoidan showed higher activities of digestive enzymes (amylase, protease, lipase) and greater muscle protein and lipid contents than other groups ($p < 0.05$). These results demonstrate that dietary inclusion of 5% fucoidan-enriched extract effectively promotes growth, feed utilization, digestive physiology, and body composition in *L. vannamei* under intensive culture conditions.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is the most widely farmed shrimp species worldwide, valued for its fast growth, disease resistance, and salinity tolerance (Castillo et al., 2014). Feed accounts for over 50% of production costs, making nutritional optimization central to aquaculture success (Monier *et al*., 2023). Functional feed additives from natural sources, particularly macroalgae, are increasingly explored for their growth-promoting and health-enhancing properties. Fucoidan, a sulfated polysaccharide abundant in brown seaweeds such as *Sargassum*, exhibits antioxidant, antimicrobial, and immunomodulatory activities. Despite these benefits, its dietary application in shrimp culture remains limited. This study evaluated the effects of dietary fucoidan supplementation (1%, 3%, 5%) on growth performance, survival, digestive enzyme activity, and body composition of *L. vannamei* during a 35-day trial.

Materials and Methods

Sargassum spp. were collected from the coastal waters of Chabahar, southeastern Iran. Fucoidan was extracted by hot-water treatment, calcium chloride precipitation, and ethanol purification (Borazjani *et al*., 2018). A commercial extruded diet served as the basal feed, with fucoidan incorporated at 1%, 3%, or 5% using gelatin as a binder. Post-larvae shrimp (PL15; ~0.19 g) were acclimated for 10 days, then stocked into twelve 400-L tanks (four treatments × three replicates) at equal density. Shrimp were fed daily at 5% body weight for 35 days. Growth indices—final weight, weight gain (WG), specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR), and survival—were recorded. At trial end, proximate composition (moisture, protein, fat, ash) and digestive enzyme activities (amylase, protease, lipase) were analyzed following AOAC (2000). Data were tested using one-way ANOVA with LSD post hoc analysis ($p < 0.05$).

Results

The 5% fucoidan diet significantly outperformed all other treatments ($p < 0.05$). Shrimp in this group reached the highest final body weight (1167 ± 40.62 mg), WG (1094.88 ± 25.00 mg), and SGR (3.32 ± 0.05%/day), with the lowest FCR (1.21 ± 0.05). Survival was also highest (90.67 ± 0.76%) compared with the control (83.50 ± 1.32%). Digestive enzyme activities increased with fucoidan inclusion, peaking in the 5% group for amylase (0.84 ± 0.06 U/mg protein), protease (1.04 ± 0.04 U/mg), and lipase (0.07 ± 0.01 U/mg). Proximate analysis revealed significantly higher muscle protein (74.47 ± 0.13%) and lipid (5.58 ± 0.14%) contents in the 5% fucoidan group, indicating improved nutrient utilization.

Conclusion

Dietary inclusion of 5% *Sargassum*-derived fucoidan markedly enhanced growth performance, feed efficiency, digestive enzyme activity, and survival in *L. vannamei*, while improving body composition. These findings highlight the potential of fucoidan as a natural functional additive

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

for sustainable shrimp aquaculture. Further work should assess cost-effectiveness, long-term physiological effects, and applications under commercial farming conditions.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

تاثیر جیره غذایی حاوی فوکوئیدان جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum* sp) بر رشد و بازماندگی میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*)

عثمان بلوچ لاشاری ، سلیم شریفیان ✉
گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸

✉ **نویسنده مسئول:**
sharifian.salim@hotmail.com

کلیدواژه‌ها:
میگوی وانامی،
جیره غذایی،
فوکوئیدان،
جلبک قهوه‌ای،
دریای عمان.

چکیده

در میان عوامل مختلف، تغذیه نقش حیاتی در میزان رشد و سلامت پرورش میگو دارد. استفاده از عصاره‌های طبیعی به عنوان مکمل‌های تغذیه‌ای در جیره غذایی، می‌تواند سبب افزایش هضم یا جذب مواد غذایی و در نتیجه، استفاده کاراتر آبزی از ریزمغذی‌های موجود در جیره غذایی گردد. در مطالعه حاضر تأثیر استفاده از عصاره غنی شده با فوکوئیدان (۱، ۳ و ۵ درصد) استخراج شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در جیره غذایی بر عملکرد رشد، تغذیه، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ترکیب شیمیایی بدن بدن میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در طی یک دوره پرورش ۳۵ روز بررسی و با تیمار شاهد (بدون عصاره) مقایسه گردید. در طی ۵ هفته، طول و وزن تمامی تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$)، با این وجود میزان افزایش در گروه‌های مختلف، متفاوت بود و بیش‌ترین افزایش وزن و طول در تیمارهای فوکوئیدان ۵ درصد به دست آمد ($p<۰/۰۵$). در شاخص‌های میزان وزن کسب شده، افزایش وزن بدن، نرخ رشد، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی بهترین عملکرد در میگوهای وانامی تغذیه شده با جیره‌غذایی حاوی ۵ درصد فوکوئیدان وجود داشت، در حالی که تفاوت این شاخص بین تیمارهای ۱٪ و شاهد معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). مشابه شاخص‌های رشد و تغذیه، اندازه‌گیری فعالیت نسبی آنزیم‌های اصلی گوارشی یعنی آمیلاز، پروتئاز و لیپیاز و هم چنین ترکیبات تقریبی بدن (پروتئین، لیپید) در انتهای دوره پرورش نشان داد که فعالیت آنزیم‌های گوارشی در میگوهای تغذیه شده فوکوئیدان ۵ درصد در مقایسه با دیگر تیمارها بیش‌تر بوده و این میگوها دارای میزان بالاتری از پروتئین و چربی نیز در گوشت خود می‌باشند. به طور کلی نتایج این نشان داد که استفاده از فوکوئیدان در سطح ۵ درصد در جیره غذایی می تواند باعث بهبود عملکرد رشد، تغذیه، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ترکیب شیمیایی بدن میگوی وانامی در طی دوره پرورش گردد.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

مقدمه

با رشد روز افزون جمعیت در دو دهه اخیر و متعاقباً افزایش تقاضا برای غذا، صنعت تکثیر و پرورش آبزیان مختلف از جمله میگو رشد چشمگیری داشته است. یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در رشد سریع پرورش میگو، ارتقای رشد نرمال و حفظ سلامت میگو با استفاده از جیره غذایی مناسب و با کیفیت بالا بوده است (Castillo *et al*., 2014). تغذیه و نحوه مدیریت آن یکی از اصلی‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در طی دوره لاروی و پس از معرفی لارو میگو به مزارع می‌باشد. چرا که تغذیه علاوه بر اینکه ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه‌های تولید را شامل می‌شود، یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر رشد میگو یا لارو آن نیز می‌باشد. در محیط‌های پرورشی به دلیل تراکم بالا و و عدم تکافوی غذای طبیعی موجود در استخر پرورشی، انتخاب جیره غذایی مناسب اهمیت مضاعفی یافته است. از این رو در طی سال‌های اخیر تحقیقات و تلاش‌های زیادی برای افزایش کارایی جیره‌های غذایی و متعاقباً افزایش شاخص‌های رشد و سلامت در آبزیان پرورشی انجام شده است. هدف اصلی این تحقیقات استفاده از جیره‌های غذایی بوده است که همزمان با برآورده کردن نیازهای اولیه و ضروری آبزی، باعث افزایش رشد و تولید بیشتر در واحد سطح یا حجم نیز گردد (Monier *et al*., 2023). به طور موازی، در طی دهه اخیر، پژوهش‌های مختلفی نیز صرف یافتن ترکیباتی شده است که استفاده از آن‌ها در جیره غذایی به عنوان مکمل‌های تغذیه‌ای، می‌تواند سبب افزایش هضم یا جذب مواد غذایی و در نتیجه، استفاده کاراتر آبزی از ریزمغذی‌های موجود در جیره غذایی گردد. تاکنون از مواد و عصاره‌های مختلفی به عنوان محرک‌های رشد استفاده شده است (Balouch Lashari and Sharifian, 2022; Akbary *et al*., 2020; Akrami *et al*., 2019).

فوکوئیدان‌ها پلی ساکاریدهای سولفاته‌ای هستند که انواع جلبک‌های دریایی قهوه‌ای آن‌ها را تولید می‌کنند و فعالیت‌های زیستی آن‌ها بسیار مورد مطالعه قرارگرفته است، این ترکیبات از لحاظ ساختارهای دارای ترکیبات قندی گوناگونی از قبیل گالاکتوز، زیلوز و گلوکورونیک اسید و فوکوز می‌باشند. کاربردهای تجاری پلی ساکاریدهای سولفاته بسیار متنوع است. از آن‌ها در صنایع غذایی و نوشیدنی‌ها عموماً به عنوان امولیسفایر، قوام‌دهنده و تثبیت کننده استفاده می‌شود. هم‌چنین این ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی می‌باشند و پتانسیل استفاده در صنایع دارویی و آرایشی و بهداشتی را دارند. تاکنون پلی‌ساکاریدهای متعددی از گونه‌های مختلف جلبک‌های دریایی جداسازی شده است که از جمله آن‌ها می‌توان اولون از جلبک‌های سبز، کاراگینان از جلبک‌های قرمز و فوکوئیدان و لامیناران از جلبک‌های قهوه‌ای را نام برد (Borazjani *et al*., 2018).

میگوی وانامی یا پاسفید غربی با نام علمی *Litopenaeus vannamei* مهم‌ترین گونه پرورشی میگو در ایران و جهان است. در منابع مختلف مزیت‌های پرورشی متعددی از قبیل نیاز پروتئینی کمتر، تحمل بالاتر شوری‌های مختلف، رشد بالا و مقاومت در برابر بیماری‌های ویروسی برای این گونه ذکر شده است (Akbary *et al*., 2023). با توجه به اهمیت بالای این گونه، بهبود وضعیت تغذیه آن با استفاده از عصاره‌های گیاهی یا ترکیبات استخراج شده همواره مورد توجه محققین در جهان و ایران بوده است. Akbary و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر افزودن عصاره میکروجلبک *Dunaliella salina* به جیره غذایی در دوره پرورش میگوی وانامی را معنی‌دار و مثبت گزارش نمودند. در تحقیقی دیگر Shahraki و همکاران (۲۰۲۰) توصیه به تجویز خوراکی عصاره زنجبیل (*Zingiber officinale*) در جیره غذایی نمودند و اثر این عصاره بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی میگوی وانامی را ایده‌آل گزارش نمودند. هم‌چنین گزارش شده است که استفاده همزمان عصاره ترکیبی ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (*Padina australis*، *Sargassum ilicifolium* و *Stoechospermum marginatum*) و پروبیوتیک تک‌سل (Bacillus subtilis IS0) در جیره غذایی میگوی وانامی می تواند عملکرد رشد را ارتقاء و فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی را بهبود بخشد (Akbary *et al*., 2024). پژوهش قبلی ما نشان داد که استفاده از فلوروتانین به عنوان یک ترکیب زیست‌فعال طبیعی استخراج شده از جلبک سارگاسوم در سطح ۵ درصد در جیره غذایی می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد، تغذیه، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ترکیب شیمیایی بدن میگوی وانامی در طی دوره پرورش گردد (Balouch Lashari and Sharifian, 2022). بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که علی‌رغم استفاده گسترده از عصاره‌ها و ترکیبات مختلف، تاکنون گزارشی از استفاده از فوکوئیدان به عنوان محرک‌های رشد در جیره غذایی میگوی پرورشی وجود ندارد. از این هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر افزودن غلظت‌های

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

مختلف فوکوئیدان استخراج شده از جلبک قهوه‌ای *Sargassum* sp. به عنوان محرک رشد به جیره غذایی بر میزان رشد، ترکیب بیوشیمیایی بدن و فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی وانامی در طی یک دوره پرورشی ۳۵ روزه بوده است.

مواد و روش

جلبک قهوه‌ای از جنس *Sargassum* sp. از سواحل منطقه چابهار (دریا بزرگ)، استان سیستان و بلوچستان در ماه آبان ۱۴۰۲ به‌صورت دستی جمع‌آوری شد. نمونه‌ها بلافاصله با آب دریا شسته شده و برای حذف ناخالصی‌های سطحی با آب شیرین تمیز شدند. سپس در سایه و هوای آزاد خشک گردیده و با آسیاب صنعتی پودر شدند. استخراج فوکوئیدان با استفاده از آب داغ و از روش ذکر شده توسط Borazjani و همکاران (۲۰۱۸) با مقداری تغییرات انجام شد. ۱۰۰ گرم جلبک با ۲۰۰ میلی‌لیتر کلروفرم مخلوط و فاز جامد با استفاده از کاغذ صافی جداسازی گردید. در ادامه تفاله جلبک با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۶۰ درجه سلسیوس) مخلوط گردید و به مدت ۲ ساعت در دمای محیط بهم زده شد. مخلوط حاصله، سانتریفیوژ (۶۰۰۰ rpm؛ ۱۰ دقیقه)، مایع رویی جداسازی و به منظور رسوب آلژینات، کلرید کلسیم به آن اضافه گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شد. در ادامه به کمک سانتریفیوژ بخش مایع مخلوط، جمع‌آوری، با اتانول مخلوط و به مدت یک شبانه روز در یخچال نگهداری گردید. بخش جامد رسوب کرده یعنی ترکیبات پلی ساکاریدی فوکوئیدان توسط سانتریفیوژ جمع‌آوری و چندین بار با استون آب زدایی و تا هنگام آزمایش در ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری گردید.

تعداد تقریبی ۳۰۰۰ پست لارو میگوی پاسفید غربی ۱۵ روزه (PL15) از مرکز تکثیر اژدر میگو واقع در کنارک خریداری و در پلاستیک‌های حمل دو لایه حاوی یک سوم آب و دو سوم اکسیژن به کارگاه تکثیر و پرورش دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی منتقل شد. پس از انتقال، دوره سازگاری میگوها به مدت ۱۰ روز انجام شد. در طول دوره سازگاری میگوها با غذای کنسانتره شرکت اهورراش بوشهر تغذیه و آب مخازن به صورت روزانه به میزان یک سوم حجم کل آب استخر تعویض گردید. پس از طی دوره سازگاری میگوها، تیماربندی آزمایش به شرح ذیل انجام و میگوهای هر تیمار به مخازن پلی اتیلنی ۴۰۰ لیتری منتقل شد. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد و تمامی آزمایشها با ۳ تکرار انجام گرفت: ۱) تیمار شاهد (فاقد فوکوئیدان) ۲) تیمار فوکوئیدان ۱٪ ۳) تیمار فوکوئیدان ۳٪ ۴) تیمار فوکوئیدان ۵٪ به منظور اضافه نمودن سطوح مختلف فوکوئیدان (۱، ۳ و ۵ درصد) به غذای کنسانتره ابتدا مقدار غذای لازم برای کل دوره ۵ هفته‌ای تحقیق برای هر تیمار را محاسبه و سپس سطوح مشخص فلورتانین در آب مقطر حل و با اسپری کننده‌های جداگانه به سطح غذا اسپری گردید. در ادامه جیره غذایی را در زیر هود آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت خشک و آماده مصرف شد. جیره غذایی تیمار شاهد تنها با آب مقطر اسپری گردید (Choi *et al*., 2015). غذادهی بر اساس تخمین ۵ درصد زیتوده کل میگو درهر مخزن (هر دو هفته یکبار) و در دو وعده صبح و عصر انجام شد.

در پایان دوره آزمایش به مدت ۳۵ روز (۵ هفته)، زیست‌سنجی میگوها انجام شد. برای این منظور، ابتدا غذادهی میگوها به‌مدت ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌گیری قطع گردید، سپس به‌طور تصادفی از هر تیمار تعداد مناسبی از نمونه‌ها (n=10) انتخاب و طول کل (mm) و وزن بدن (mg) آن‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم) اندازه‌گیری شد (Akbary *et al*., 2024).

شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در طول دوره آزمایش در فواصل زمانی یک هفته بر اساس روابط زیر محاسبه گردید (Choi *et al*., 2015):

افزایش وزن= وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)

درصد افزایش وزن بدن (٪)=(میانگین وزن ثانویه–میانگین وزن اولیه)/ وزن اولیه × ۱۰۰

نرخ رشد ویژه= (لگاریتم طبیعی وزن نهایی– لگاریتم طبیعی وزن اولیه)/ روزهای پرورش × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی= غذای مصرف شده (گرم)/ افزایش وزن (گرم)

درصد بازماندگی= (تعداد لاروهای ذخیره شده در پایین دوره/ تعداد لاروهای ذخیره شده در ابتدای دوره) × ۱۰۰

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

در پایان دوره آزمایش، جهت تعیین ترکیبات تقریبی بدن، از هر تیمار تعداد مشخصی از میگوها (n=5) به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌ها پس از ناشتایی ۲۴ ساعته، کشته شده، خشک و به‌طور کامل آسیاب و همگن شدند. سنجش ترکیبات شامل رطوبت، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد AOAC (۲۰۰۰) انجام گرفت. برای تعیین رطوبت، نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. پروتئین خام با استفاده از روش کلدال و ضریب تبدیل نیتروژن ۶/۲۵ اندازه‌گیری شد. چربی خام با استفاده از روش استخراج سوکسله و حلال اتر تعیین گردید. همچنین خاکستر کل از طریق احتراق نمونه‌ها در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت محاسبه شد.

برای سنجش فعالیت آنزیمی، دستگاه گوارشی ده میگو به صورت تصادفی از هر تیمار انتخاب، جدا و در بافر فسفات سدیم هموژن گردید. محلول حاصل با استفاده از کاغذ صافی، صاف و به عنوان عصاره آنزیمی روده در نظر گرفته شد (Akbary *et al*., 2020). برای سنجش آمیلاز، سوبسترا با استفاده از ۱ درصد نشاسته در ۲۰ میلی مولار فسفات بافر سدیم (اسیدیته ۶/۹، محتوی ۰/۶ میلی مولار کلرید سدیم) تهیه شد (Natalia *et al*., 2004). ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی روده با ۰/۵ میلی‌لیتر سوبسترا مخلوط و وارد انکوباتور گردید (۳ دقیقه، ۵۵ درجه سانتیگراد). به مخلوط حاصل، ۰/۵ میلی‌لیتر اسید دی‌نیتروسالسیلیک اضافه و پس از قرار گرفتن در حمام آب جوش و خنک شدن، جذب در ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید. میزان مالتوز آزاد شده (برحسب میلی‌گرم) در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد در طی ۳ دقیقه به عنوان یک واحد فعالیت آمیلاز در نظر گرفته شد. هر آزمون با سه تکرار انجام و میزان فعالیت بر حسب واحد آنزیم بر میلی گرم پروتئین گزارش شد. میزان فعالیت آنزیم پروتئاز بر اساس روش ذکر شده توسط Natalia و همکاران (۲۰۰۴) و با استفاده از کازئین (٪ ۰/۶۵ وزنی/حجمی) به عنوان سوبسترا و تیروزین (۱/۱ میلی‌مولار) به عنوان استاندارد اندازه گیری شد. مقدار تیروزین آزاد شده (برحسب میکروگرم) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه به عنوان یک واحد فعالیت پروتئاز در نظر گرفته و میزان فعالیت به صورت واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین گزارش شد. اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم لیپاز بر اساس روش ذکر شده توسط Furné و همکاران (۲۰۰۵) و با استفاده از سوبسترا امولسیون روغن زیتون بکر در پلی‌وینیل الکل انجام گرفت. به صورت خلاصه ۱ میلی‌لیتر سوبسترا امولسیفه شده در محلول پلی‌وینیل الکل ۱٪ و اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، با ۰/۵ میلی‌لیتر بافر سیترات فسفات (pH = ۸) و ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و به مدت ۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتیگراد انکوبه گردید. پس از انکوباسیون، توقف واکنش با محلول استون–اتانول (۱:۱) انجام شد. در ادامه، به مخلوط واکنش چند قطره اندیکاتور فنل فتالئین (۱٪ در اتانول) اضافه و با هیدروکسید سدیم ۰/۰۵ نرمال تیتر گردید. در ادامه جذب محلول در ۴۸۰ نانومتر قرائت شد. هیدرولیز ۱ میکرواکی‌والانت از اسیدهای‌چرب در مدت زمان یک ساعت در شرایط آزمایش (pH=۷/۷ و دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به عنوان یک واحد فعالیت آنزیم لیپاز در نظر گرفته شد.

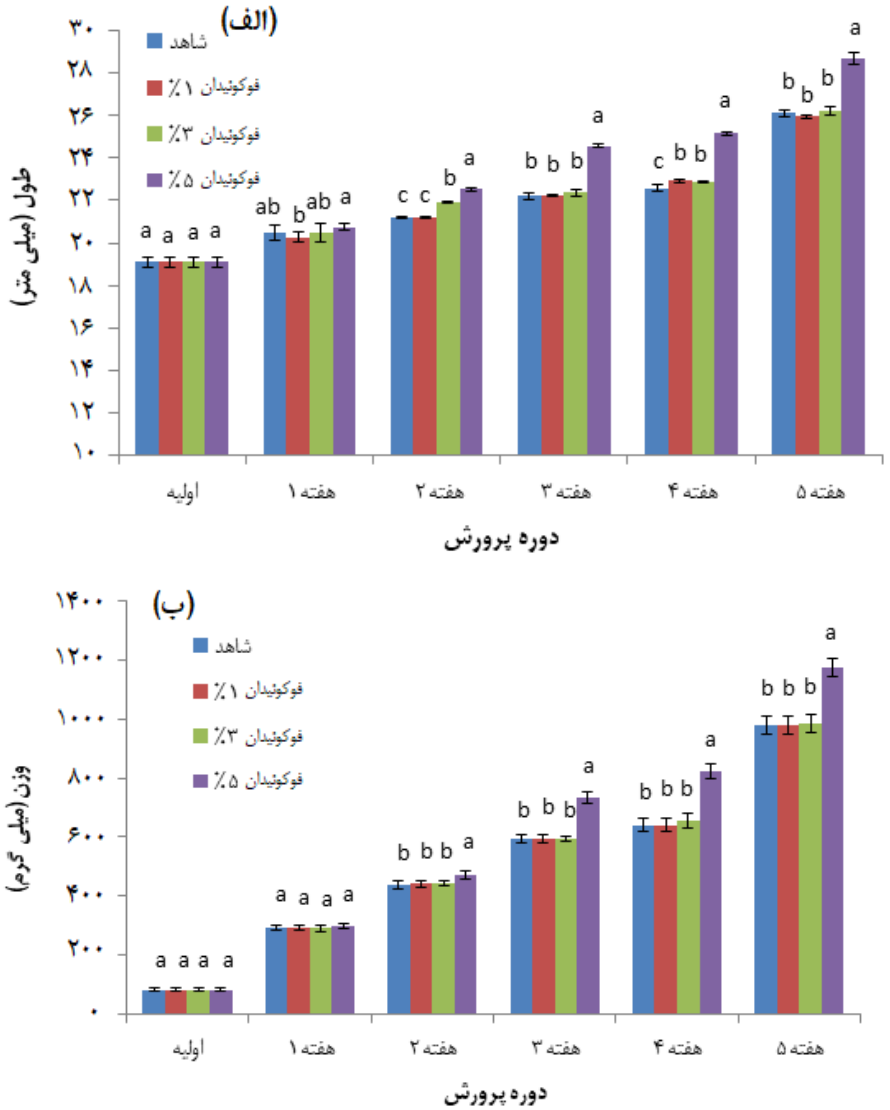
تجزیه و تحلیل آماری داده ها با نرم افزار SPSS نگارش ۲۲ انجام شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک (Shapiro–Wilk) انجام شد. برای بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار از روش تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون حداقل تفاوت معنادار LSD در سطح ۵ درصد بین مقادیر حاصل از هر شاخص یا تیمار استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها با حداقل سه تکرار انجام و داده‌ها به صورت میانگین همراه با انحراف معیار گزارش شد.

نتایج

میانگین طول و وزن پست لارو میگوی وانامی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی غلظت‌های مختلف فوکوئیدان طی دوره پرورشی ۵ هفته‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است. در شروع آزمایش میانگین طول و وزن پست لاروهای میگو به ترتیب برابر ۱۹/۱۰ میلی‌متر و ۸۱/۴۴ میلی‌گرم بود. در طی ۵ هفته، طول و وزن تمامی تیمارها به طور معنی داری افزایش یافت (p<۰/۰۵)، اگرچه میزان افزایش در گروه‌های مختلف، متفاوت بود. در هفته پنجم یعنی انتهای دوره آزمایش، بالاترین طول (۲۸/۶۸ میلی‌متر) و وزن (۱۱۶۷/۰۹ میلی‌گرم) نسبت به دیگر تیمارها در میگوهای تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۵٪ فوکوئیدان وجود داشت (p<۰/۰۵)، در حالی که در میان تیمارهای دیگر یعنی فوکوئیدان ۲ و ۱ درصد و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

تأثیر جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف فوکوئیدان بر شاخص‌های رشد و تغذیه پست لارو میگوی وانامی در طی ۵ هفته پرورش در جدول ۱ نشان داده شده است. در تمامی شاخص‌های بررسی شده بالاترین کارایی در جیره‌غذایی حاوی ۵ درصد فوکوئیدان وجود داشت ($p<۰/۰۵$)، در حالی که تفاوت بین جیره‌های غذایی شامل شاهد، فوکوئیدان ۱ و ۳ درصد بر شاخص‌های رشد و تغذیه معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). میزان وزن کسب شده، افزایش وزن بدن، نرخ رشد، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در میگوهای وانامی تغذیه شده با جیره‌غذایی حاوی ۵ درصد فوکوئیدان به ترتیب برابر با ۱۰۹۴/۸۸ میلی‌گرم، ۱۱۷۴/۷۰ درصد، ۳۳/۵۶ میلی‌گرم در روز، ۳/۳۲ درصد در روز و ۱/۲۱ بود. میانگین میزان بازدارندگی در میان گروه‌های مختلف، از ۸۳/۵۰ در گروه شاهد (بدون فوکوئیدان) تا ۹۰/۶۷ درصد در پست‌لاروهای تغذیه شده با جیره حاوی ۵ درصد فوکوئیدان متغیر بود ($p<۰/۰۵$). تفاوت معنی‌داری در درصد بقاء بین پست لاروهای شاهد، فوکوئیدان ۱٪ و ۳٪ وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).



شکل ۱. میانگین طول (الف) و وزن (ب) پست لارو میگوی وانامی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی غلظت‌های مختلف فوکوئیدان طی ۳۵ روز (حروف کوچک انگلیسی بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بین جیره‌های غذایی می‌باشد)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

جدول ۲. تأثیر جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف فوکوئیدان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی پست لارو میگوی وانامی در طی ۵ هفته پرورش (میانگین ± انحراف معیار)

	جیره غذایی			
	شاهد	فوکوئیدان ۱٪	فوکوئیدان ۳٪	فوکوئیدان ۵٪
وزن کسب شده (mg)	۹۰۲/۵۵ ± ۴۰/۶۴ [a]	۹۰۲/۹۹ ± ۴۰/۵۸ [a]	۹۰۷/۶۶ ± ۴۰/۶۲ [a]	۱۰۹۴/۸۸ ± ۲۵/۰۰ [b]
افزایش وزن بدن (٪)	۹۸۲/۳۶ ± ۳۵/۱۲ [a]	۹۸۲/۸۰ ± ۳۵/۰۶ [a]	۹۸۷/۴۸ ± ۳۵/۱۰ [a]	۱۱۷۴/۷۰ ± ۳۰/۵۰ [b]
نرخ رشد (mg/day)	۲۸/۰۷ ± ۱/۰۰ [a]	۲۸/۰۸ ± ۱/۰۲ [a]	۲۸/۲۱ ± ۱/۰۰ [a]	۳۳/۵۶ ± ۰/۸۷ [b]
نرخ رشد ویژه (%/day)	۳/۱۰ ± ۰/۱۳ [a]	۳/۱۲ ± ۰/۱۱ [a]	۳/۱۱ ± ۰/۰۷ [a]	۳/۳۲ ± ۰/۰۵ [b]
ضریب تبدیل غذایی	۲/۱۰ ± ۰/۱۸ [a]	۲/۰۹ ± ۰/۱۴ [a]	۲/۱۱ ± ۰/۱۳ [a]	۱/۲۱ ± ۰/۰۵ [b]
بازماندگی (٪)	۸۳/۵۰ ± ۱/۳۲ [b]	۸۳/۱۷ ± ۲/۲۵ [b]	۸۴/۱۷ ± ۲/۵۷ [b]	۹۰/۶۷ ± ۰/۷۶ [a]

* حروف کوچک انگلیسی بیانگر تفاوت معنی‌دار هر شاخص در سطح ۵٪ بین جیره‌های غذایی می‌باشد.

تغییرات فعالیت آنزیم‌های گوارشی آمیلاز، پروتئاز و لیپاز (بر حسب واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) میگوی وانامی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی درصدهای مختلف فوکوئیدان در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاترین فعالیت آنزیم آمیلاز در تیمار حاوی ٪۵ فوکوئیدان با مقدار ۰/۰۶ ± ۰/۸۴ واحد ثبت شد، در حالی‌که کمترین فعالیت این آنزیم مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۰/۰۴± ۰/۵۴ واحد بود. فعالیت آنزیم پروتئاز نیز در تیمار ۵٪ فوکوئیدان بیشترین مقدار را نشان داد (۰/۰۴ ± ۱/۰۴)، در حالی که تیمار شاهد دارای کمترین فعالیت بود (۰/۰۳ ± ۰/۸۹). فعالیت آنزیم لیپاز نیز در تیمارهای ۵٪ و ۳٪ فوکوئیدان به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۱ ± ۰/۰۷ و ۰/۰۱ ± ۰/۰۶ بیشترین مقدار را نشان دادند، در حالی‌که تیمارهای شاهد و ۱٪ فوکوئیدان کمترین فعالیت لیپاز را داشتند.

جدول ۲. تأثیر جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف فوکوئیدان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی پست لارو میگوی وانامی در طی ۵ هفته پرورش (میانگین ± انحراف معیار)

	جیره غذایی			
	شاهد	فوکوئیدان ۱٪	فوکوئیدان ۳٪	فوکوئیدان ۵٪
آمیلاز	۰/۵۴ ± ۰/۰۴ [b]	۰/۵۷ ± ۰/۰۳ [b]	۰/۵۲ ± ۰/۰۲ [b]	۰/۸۴ ± ۰/۰۶ [a]
پروتئاز	۰/۸۹ ± ۰/۰۳ [b]	۰/۹۱ ± ۰/۰۶ [b]	۰/۹۲ ± ۰/۰۲ [b]	۱/۰۴ ± ۰/۰۴ [a]
لیپاز	۰/۰۱ ± ۰/۰۰ [b]	۰/۰۲ ± ۰/۰۰ [b]	۰/۰۶ ± ۰/۰۱ [a]	۰/۰۷ ± ۰/۰۱ [a]

تمامی آنزیم‌ها بر حسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان شده است. حروف کوچک انگلیسی بیانگر تفاوت معنی‌دار هر شاخص در سطح ۵٪ بین جیره‌های غذایی می‌باشد.

تغییرات در میزان پروتئین، چربی و خاکستر در میگوی وانامی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی غلظت‌های مختلف فوکوئیدان در جدول ۳ نشان داده شده است. در میان تیمارهای مختلف، بالاترین میزان پروتئین یعنی ۷۴/۴۷ درصد در میگوهای تغذیه شده با جیره حاوی ۵ درصد فوکوئیدان به دست آمد که به طور معنی‌داری نسبت به دیگر گروه‌ها بالاتر بود ($p<0/05$). میگوهای تغذیه شده با فوکوئیدان یک درصد و سه درصد، تفاوت معنی داری از نظر میزان پروتئین نداشتند ($p<0/05$). بالاترین میزان چربی نیز

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

مشابه پروتئین در میگوهای تغذیه شده با جیره حاوی ۵ درصد فوکوئیدان و برابر با ۵/۵۸ درصد به دست آمد که به طور معنی‌داری نسبت به دیگر گروه‌ها بالاتر بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳. میانگین همراه با انحراف معیار ترکیبات تقریبی میگوی وانامی وانامی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی غلظت‌های مختلف فوکوئیدان طی ۳۵ روز

	جیره غذایی			
	شاهد	فوکوئیدان ۱٪	فوکوئیدان ۳٪	فوکوئیدان ۵٪
ماده خشک (٪)	۲۴/۳۳ ± ۰/۴۲ ^{b}	۲۴/۴۲ ± ۰/۳۵ ^{b}	۲۴/۷۲ ± ۰/۲۷ ^{b}	۲۵/۳۹ ± ۰/۱۶ ^{a}
پروتئین[۱]	۷۳/۱۱ ± ۰/۶۷ ^{b}	۷۳/۳۱ ± ۰/۲۹ ^{b}	۷۳/۶۹ ± ۰/۲۲ ^{b}	۷۴/۴۷ ± ۰/۱۳ ^{a}
چربی[۱]	۵/۰۸ ± ۰/۱۱ ^{b}	۵/۱۱ ± ۰/۰۴ ^{b}	۵/۲۱ ± ۰/۱۱ ^{ab}	۵/۵۸ ± ۰/۱۴ ^{a}
خاکستر[۱]	۱۱/۲۵ ± ۰/۲۳ ^{a}	۱۰/۸۴ ± ۰/۵۳ ^{a}	۱۰/۹۹ ± ۰/۲۴ ^{a}	۱۱/۱۲ ± ۰/۳۶ ^{a}

[۱] به صورت درصد از ماده خشک بیان شده است؛ حروف کوچک انگلیسی بیانگر تفاوت معنی‌دار هر شاخص در سطح ۵٪ بین جیره‌های غذایی می‌باشد.

بحث

تغذیه مناسب یکی از اصلی‌ترین ارکان موفقیت در صنعت پرورش میگو به‌شمار می‌رود، چرا که نقش مستقیم و تعیین‌کننده‌ای در رشد، بازماندگی، سلامت و عملکرد فیزیولوژیکی آبزیان دارد (Borges *et al*., 2024). با توجه به هزینه‌بر بودن خوراک در سیستم‌های پرورشی، افزایش بهره‌وری از طریق بهبود قابلیت هضم، جذب و تبدیل مواد مغذی اهمیت زیادی دارد. در این راستا، افزودن ترکیبات زیست‌فعال طبیعی مانند عصاره‌های گیاهی و جلبکی به جیره غذایی، روشی کارآمد و پایدار برای ارتقای عملکرد میگو محسوب می‌شود (Akrami *et al*., 2019; Akbary *et al*., 2024). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از فوکوئیدان استخراج‌شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در سطح ۵ درصد در جیره غذایی میگوی وانامی تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد، بازماندگی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ترکیب شیمیایی بدن دارد. تیمار حاوی ۵٪ فوکوئیدان بهترین نتایج را در شاخص‌هایی مانند افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) نشان داد. بنابر اطلاع مؤلفین تاکنون در زمینه بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه در میگوی پا سفید غربی با استفاده از مکمل‌های فوکوئیدان استخراج شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم گزارشی منتشر نشده است، اما گزارش‌های تحقیقی متعددی درباره افزایش رشد و تغذیه با استفاده عصاره جلبک‌ها یا گیاهان خشکی‌زی حاوی ترکیبات زیست‌فعال در آبزیان وجود دارد. به عنوان مثال پژوهش قبلی ما (Balouch Lashari and Sharifian, 2022) نشان داد که استفاده از پنج درصد فلوروتانین استخراج شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم به طور معنی‌داری باعث بهبود شاخص‌های رشد در پست لاروهای میگو وانامی می‌شود که در تطابق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. در پژوهشی دیگر Akbary و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان دادند که استفاده از توأم از عصاره‌های ماکروجلبک‌های *Padina australis*، *Sargassum ilicifolium* و *Stoechospermum marginatum* با غلظت ۲ گرم بر ۱۰۰ گرم به طور معنی‌داری باعث بهبود عملکرد رشد در پست‌لاروهای میگوی وانامی طی دوره پرورشی ۶۰ روزه شده است. Akbary و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی دیگر نیز نشان دادند که استفاده از غلظت ۱۵ گرم در کیلوگرم غذا عصاره جلبک‌های *Sargassum ilicifolium*، *Nizimuddiania zanardini*، *Padina australis* و *Cystoseira indica* شاخص‌های رشد در میگوی وانامی در طی دوره پرورش را به طور معنی‌داری افزایش داده است که با نتایج تحقیق ما همخوانی دارد. مقایسه تأثیر غلظت‌های مختلف (۱، ۳ و ۵٪) فوکوئیدان در جیره غذایی در مطالعه حاضر نشان داد که برخلاف غلظت ۵٪، تفاوت معنی‌داری بین رشد در میگوهای تغذیه شده با جیره غذایی شاهد (بدون فوکوئیدان) و جیره ۱٪ و ۳٪ وجود نداشته است. این نتایج در تطابق با Dashtiannasab و همکاران (۲۰۱۴) است که در پژوهش خود نشان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

دادند که میزان رشد در میگوهای پا سفید غربی تغذیه شده با جیره‌های حاوی نسبت‌های مختلف جلبک سارگاسوم (*Sargassum angustifolium*) به طور معنی‌داری متفاوت و وابسته به غلظت بوده است. سودمندی جلبک‌ها یا عصاره‌های جلبکب در بهبود عملکرد جیره و افزایش رشد احتمالاً به دلیل وجود ویتامین‌ها، مواد معدنی، ترکیبات زیست فعال و متعاقباً تعدیل متابولیسم لیپیدها و بهبود جذب مواد غذایی می‌باشد (Radhakrishnan *et al*., 2016). همچنین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد درصد بازماندگی در تیمار ۵٪ فوکوئیدان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بوده است، که این احتمالاً ناشی از خواص آنتی‌اکسیدانی و ایمنی‌زای این ترکیب می‌باشد. ترکیبات سولفاته موجود در فوکوئیدان می‌توانند نقش تعدیل‌کننده در سیستم ایمنی آبزیان ایفا کنند. این نتیجه با یافته‌های Akbary و همکاران (۲۰۲۴) و Pourazad و همکاران (۲۰۲۴) در تطابق است که به ترتیب نشان دادند استفاده از عصاره‌های جلبکی و پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج شده از جلبک قهوه‌ای بر بقاء و ایمنی میگوی وانامی تأثیر مثبتی داشته است. وجود و میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی در بدن آبزیان پرورشی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی پذیرش غذا، ظرفیت گوارش و تخمین میزان نیاز غذایی آبزیان در طول دوره پرورش است (Akbary *et al*., 2020). نتایج بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی وانامی تغذیه شده با جیره حاوی نسبت‌های مختلف فوکوئیدان نشان داد که فعالیت آنزیم‌های گوارشی تحت تأثیر سطوح فوکوئیدان قرار گرفته است. در تیمار ۵٪، میزان فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، که این امر بیانگر بهبود فرایند گوارش و قابلیت استفاده بهتر از خوراک است. مطالعات قبلی نیز گزارش کرده‌اند که استفاده از ترکیبات طبیعی مانند عصاره زنجبیل (Shahraki *et al*., 2020) یا عصاره جلبک‌های قهوه‌ای (Zhang *et al*., 2023) می‌تواند فعالیت آنزیم‌های گوارشی را در میگو تقویت کند. در مطالعه‌ای دیگر Akbary و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان دادند که استفاده از عصاره جلبک‌های قهوه‌ای باعث بهبود فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در میگوی وانامی در طی دوره پرورش شده است. Omnet و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر مثبت و معنی‌دار گنجاندن عصاره جلبک‌های دریایی *Ulva acuata*، *Eisenia* sp. و *Porphyra* sp. در سطح ۵ درصد بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی کیموتریپسین، لیپاز و آمیلاز را گزارش نمودند که در تطابق با مطالعه حاضر می‌باشد. تحقیقات پیشین نشان داده است ترکیبات زیست فعال علاوه بر خواص آنتی‌اکسیدانی، منجر به افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و تسهیل هضم سریع مواد غذایی به ویژه چربی‌ها می‌گردند (Monier *et al*., 2023; Balouch Lashari and Sharifian, 2022; Oment *et al*., 2019). هم‌چنین مشخص شده است که مکمل‌های غذایی نقش مهمی در تولید آنزیم‌های گوارشی برونزا دارند که مسئول جذب مواد مغذی بوده و باعث تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی درون‌زا دستگاه گوارش در لاروهای میگوی پا سفید غربی می‌شوند (Zhou *et al*., 2009). نتایج این مطالعه هم‌چنین در تطابق با نتایج Khan و همکاران (۲۰۱۲) است که گزارش نمودند ترکیبات زیست فعال موجود در عصاره گیاهان دارویی باعث تحریک فعالیت دستگاه گوارش، کاهش زمان عبور غذا از دستگاه گوارش و جذب سریع مواد غذایی در شرایط پرورشی می‌گردد.

ترکیبات تقریبی بدن آبزیان، از جمله میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر، شاخص‌های مهمی برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای، بازدهی خوراک و سلامت عمومی آن‌ها محسوب می‌شود. این فاکتورها نه‌تنها بازتاب‌دهنده کیفیت و ترکیب رژیم غذایی هستند، بلکه نشان می‌دهند تا چه میزان مواد مغذی دریافتی به مصرف رشد و ساختار بدنی جاندار رسیده‌اند. به‌ویژه در پرورش گونه‌هایی مانند میگوی وانامی که ارزش اقتصادی بالایی دارند، سنجش دقیق این ترکیبات می‌تواند نقش کلیدی در بهینه‌سازی فرمولاسیون جیره و انتخاب مکمل‌های غذایی مؤثر ایفا کند (Monier *et al*., 2023). در مطالعه حاضر سنجش ترکیبات تقریبی گوشت میگوها در پایان دوره پرورش نشان داد که ترکیب شیمیایی بدن میگوها با افزایش سطح فوکوئیدان بهبود یافته است، به‌گونه‌ای که تیمار ۵٪ دارای بیشترین مقدار پروتئین و چربی بدن در مقایسه با گروه شاهد و تیمارهای ۱ و ۳٪ فوکوئیدان بود. این امر می‌تواند ناشی از جذب بهتر مواد مغذی و افزایش کارایی استفاده از جیره غذایی باشد. نتایج مشابهی توسط Akbary و همکاران (۲۰۲۳) و Omnet و همکاران (۲۰۱۹) در مورد بهبود ترکیب بدن با استفاده از مکمل‌های جلبکی در میگوی گزارش شده است. در مطالعه‌ای دیگر Akbary و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر افزودن سطوح مختلف عصاره جلبک دونالیلا (*Dunaliella salina*) به جیره غذایی میگوی وانامی را بررسی و گزارش نمودند که افزودن ۱ گرم عصاره در هر کیلوگرم جیره غذایی به طور معنی‌داری ترکیب اسیدهای چرب گوشت میگو را بهبود بخشیده است. Bameri و همکاران (۲۰۲۱) نیز اثر مثبت و معنی‌دار افزودن ۵ درصد عصاره اتانولی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

گیاه هالوفیت سالیکورنیا (*Salicornia persica*) در جیره غذایی بر ترکیبات شیمیایی بدن پست‌لاروهای میگوی وانامی در انتهای دوره پرورش را گزارش نمودند که در تطابق با مطالعه حاضر می‌باشد. مطالعه قبلی ما نیز نشان داد که افزودن فلورتانین استخراج شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در سطح ۵ درصد می‌تواند به طور معنی‌داری ترکیبات شیمیایی پست لاروهای میگوی وانامی در انتهای دوره را بهبود بخشد (Balouch Lashari and Sharifian, 2022). عموماً دلیل بهبود ترکیب شیمیایی بدن میگو در پژوهش‌های با جیره غذایی مرتبط با جلبک یا ترکیبات جلبکی به خوش طعم بودن و سطح بالای پروتئین (۵۳ درصد)، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب در جلبک‌ها یا عصاره آن‌ها نسبت داده شده، که با قرار گرفتن در وعده غذایی میگو می‌تواند به طور مستقیم باعث افزایش سرعت رشد و بهبود ترکیب شیمیایی بدن گردد (Monier *et al*., 2023; Akbary *et al*., 2023; Oment *et al*., 2019).

نتیجه گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که افزودن فوکوئیدان استخراج‌شده از جلبک قهوه‌ای سارگاسوم به جیره غذایی میگوی وانامی می‌تواند به‌طور معنی‌داری عملکرد رشد، بازماندگی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ترکیب شیمیایی بدن را بهبود بخشد. در میان سطوح مختلف استفاده‌شده، تیمار حاوی پنج درصد فوکوئیدان بهترین نتایج را در اغلب شاخص‌ها نشان داد. افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در این تیمار نشان‌دهنده بهبود قابلیت هضم و جذب مواد مغذی بوده و موجب رشد بهتر و افزایش ذخیره پروتئین و چربی در بدن میگوها شد. همچنین، بالاتر بودن درصد بازماندگی در این تیمار، کارایی و ایمنی استفاده از این ترکیب را در تغذیه میگو تأیید می‌کند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از فوکوئیدان به‌عنوان یک افزودنی طبیعی و زیست‌فعال در سطح ۰٫۵٪ در جیره غذایی، پتانسیل بالایی برای بهبود بهره‌وری پرورش میگوی وانامی دارد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده بر ارزیابی تأثیرات بلندمدت، بررسی عملکرد در مقیاس صنعتی و تحلیل اقتصادی این افزودنی تمرکز داشته باشند.

سپاسگزاری

از کارشناسان محترم آزمایشگاه مرکزی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار که ما را در انجام آزمایش‌های این پژوهش یاری نمودند سپاسگزاری می‌شود. هم‌چنین از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

Akbary, P., Ali, M., Gholamhosseini, A. and Amini khoei, Z., 2020. Growth performance and fatty acid composition in shrimp, *Litopenaeus vannamei* fed with different concentrations of *Dunaliella salina* extract. *Iranian Science of Fisheries Journal*, 29 (4), pp. 61-71. (In Persian). http://isfj.ir/article-1-2307-en.html

Akbary, P., Ajdari, A. and Ajang, B., 2023. Growth, survival, nutritional value and phytochemical, and antioxidant state of *Litopenaeus vannamei* shrimp fed with premix extract of brown *Sargassum ilicifolium*, *Nizimuddinia zanardini*, *Cystoseira indica*, and *Padina australis* macroalgae. *Aquaculture International*, 31(1), pp. 681-701. https://doi.org/10.1007/s10499-022-00994-5

Akbary, P., Mirozehi, J., Mirozehi, Z. and Aramoon, A., 2024. Investigation of growth performance and digestive enzymes whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed with combined extract of brown macroalgae (MPE) and the single-cell probiotic *Bacillus subtilis*. *Aquaculture Sciences*, 12(2), pp. 54-67. (In Persian). https://www.aquaculturesciences.ir/article_210473.html?lang=en

Akrami, R., Dousti, A., Chitsaz, H. and Razeghi Mansour, M., 2019. Effect of dietary prebiotic Mannan oligosaccharide on growth, survival and body composition of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juvenile. *New Technologies in Aquaculture Development (Journal of Fisheries)*, 4 (24), pp. 59-66. (In Persian). https://journals.iau.ir/article_529839.html

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official Methods of Analysis, 15th ed.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Balouch Lashari, O. and Sharifian, S., 2022. The effect of different levels of dietary-phlorotannins-rich extract on the growth and nutritional indices of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries*, 75(2), pp. 317-328. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jfisheries.2022.336776.1307

Bameri, S., Rezaei Tavabe, K., Rafiee, G. and Amini khoei, Z., 2021. Effect of different levels of ethanolic extract of *Salicornia persica* halophytic plant on growth indices, body composition and antioxidant enzymes activities of the *Litopenaeus vannamei* shrimp. *Iranian Science of Fisheries Journal*, 30 (1), pp. 135-147. (In Persian). http://isfj.ir/article-1-2231-en.html

Borazjani, N.J., Tabarsa, M., You, S. and Rezaei M., 2018. Purification, molecular properties, structural characterization, and immunomodulatory activities of water soluble polysaccharides from *Sargassum angustifolium*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, pp.793–802. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.059

Borges, E., Pompermayer Machado, L., Louzã, A., Ramaglia, A., Santos, M. and Augusto A., 2024. Physiological effects of feeding whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) with the fresh macroalgae *Chaeto morphaclavata*. *Aquaculture Reports*, 37(1-3), p. 102222. http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102222

Castillo, S., Rosales, M., Pohlenz, C. and Gatlin, D.M., 2014. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenop socellatus*. *Aquaculture*, pp. 433, 6-12. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.038

Choi, Y.H., Lee, B.J. and Nam, T. J., 2015. Effect of dietary inclusion of *Pyropiayezoensis* extract on biochemical andimmune responses of olive flounder *Paralichthys* olivaceus. *Aquaculture*, 435, pp. 347–353. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.010

Dashtiannasab, A., Mesbah, M., Peyghan, R. and Kakoolaki, S., 2014. The effects of brown algae *Sargassum angustifolium* extract on growth performance, survival and *Vibriosis resistance* in shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Science of Fisheries Journal*, 23 (3), pp. 31-40. (In Persian). http://isfj.ir/article-1-1277-en.html

Furné, M., Hidalgo, M.C., Lópezeza, A., García-Gallego, M., Moralesa, A.E., Domezainb, A., Domezainé, J. and Sanz, A., 2005. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: A comparative study. *Aquaculture*, 250 (1), pp. 391-398. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.017

Khan, R.U., Naz, S., Nikousefat, Z., Tufarelli, V., Javdani, M., QureshiI, M.S. and Laudadio, V., 2012. Potential applications of ginger (*Zingiber officinale*) in poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 68(2), pp. 245-252. https://doi.org/10.1017/S004393391200030X

Monier, M.N., Kabary, H., Elfeky, A., Saadony, S.,El-Hamed, N.N.B., AbdEissa, M.E.H. and Eissa, E.S.H., 2023. The effects of Bacillus species probiotics (*Bacillus subtilis* and *B. licheniformis*) on the water quality, immune responses, and resistance of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Fusarium solani* infection. *Aquaculture International*, 31, pp. 3437-3455. https://doi.org/10.1007/s10499-023-01136-1

Natalia, Y., Hashim, R., Ali, A. and Chong, A., 2004. Characterization of digestive enzymes in a carnivorous ornamental fish, the Asian bonytongue *Scleropages formosus* (Osteoglossidae). *Aquaculture*, 233 (1–4), pp. 305–320. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.012

Pourazad, M., Beghari, D., Sotoudeh, E. and Ghasemi., A., 2024. Effects of dietary sulfated polysaccharides extracted from brown macroalgae *Sargassum ilicifolium* on growth indices, antioxidant status, and immune genes expression in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, 39, p. 102387. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102387

Radhakrishnan, S., Belal, I.E.H., Seenivasan, C., Muralisankar, T. and Bhavan, P. S., 2016. Impact of fishmeal replacement with *Arthrospira platensis* on growth performance, body composition and digestive enzyme activities of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Reports*, 3, pp. 35-44. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.11.005

Shahraki, N., Iman Pour, M. R. and Akbary, P., 2020. Effect of dietary administration of a *Zingiber officinale* extract on digestive enzyme activity and some biochemical parameters of western

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]

whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Science of Fisheries Journal*, 29 (3), pp. 45-55. (In Persian). http://isfj.ir/article-1-2321-en.html

Zhang, Z., Shi, X., Wu, Z., Wu, W., Zhao, Q. and Li, E., 2023. Macroalgae Improve the Growth and Physiological Health of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, p. 8829291. https://doi.org/10.1155/2023/8829291

Zhou, X.X., Wang, Y. and Li, W.F., 2009. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture*, 287 (3-4), pp. 349–353. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.046

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-08-25]