13 (1) 423-430, Spring 2021

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

Original Research Paper

Evaluation dietary effect of on some hemolymph biochemical parameters and digestive enzymes of *Litopenaeus vannamei*

Saeid Tamadoni Hahromi [1], Sajjad Pormozafar [2*], Mohsen Gozari [1], Hossein Rameshi [2], Ahmad Reza Jebeleh [3]

[1] *Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran*
[2] *Persian Gulf Mollusks Research Station, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Lengeh, Iran*
[3] *Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*

Key Words

Penaeus vannamei
Sargassum cristaefolium
Amylase
Lipase
Hemolymph

Abstract

Introduction: The objectives of this study, was to evaluate the effect of dietary supplementation of brown algae (*S. cristaefolium*) on hepatopancreas digestive enzymes and hemolymph parameters of white leg shrimp (*Penaeus vannamei*).

Materials & Methods: In this study six hundred *Penaeus vannamei* were fed with diets containing different levels of *S. cristaefolium* powder (control group and then 5 g/kg, 10 g/kg, 20 g/kg, and 40 g/kg w/w) for 60 days. Shrimp were randomly sampled at the end of the experiment.

Result: The results showed that Amylase activity of shrimp fed 10, 20 and 40 g/kg *S. cristaefolium* diets was significantly higher than that of shrimp fed control and 5 g/kg *S. cristaefolium* diets ($p<0.0001$). In addition, the maximum value of lipase activity was found in 40 g/kg *S. cristaefolium* diet and showed significant differences with other diet groups ($p<0.0001$). No significant difference in urea, uric acid, and creatinine were observed ($P>0.05$). The glucose concentration was decreased when the concentration of *S. cristaefolium* was increased ($P<0.05$).

Conclusion: It's seems that the inclusion of *Sargassum cristaefolium* at 40 g/kg have positive effect on digestive enzymes and therefore, it has the potential for use as a diet supplement for *L. vannamei*.

* Corresponding Author's email: sajjad5550@gmail.com
Received: 1 February 2020; Reviewed: 20 April 2020; Revised: 9 June 2020; Accepted: 3 July 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.134463

مقاله پژوهشی

بررسی اثر رژیم غذایی حاوی جلبک *Sargassum cristaefolium* بر برخی از شاخص‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های گوارشی میگوی وانامی (*Penaeus vannamei*)

سعید تمدنی‌جهرمی[۱]، سجاد پورمظفر*[۲]، محسن گذری[۱]، حسین رامشی[۲]، احمدرضا جبله[۳]

[۱] پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرعباس، ایران

[۲] ایستگاه تحقیقات نرم‌تنان خلیج فارس، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرلنگه، ایران

[۳] گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

کلمات کلیدی

میگو پاسفید غربی
S. cristaefolium
لیپاز
آمیلاز
همولنف

چکیده

مقدمه: هدف از این مطالعه بررسی اثر جیره غذایی حاوی جلبک قهوه‌ای *Sargassum cristaefolium* بر آنزیم‌های گوارشی هپاتوپانکراس و شاخص‌های بیوشیمیایی همولنف میگوی پاسفید غربی (*Penaeus vannamei*) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۶۰۰ قطعه پست لارو میگوی پاسفید غربی با رژیم غذایی حاوی جلبک *Sargassum* (شامل تیمار شاهد، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم غذا) به‌مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. تیمارها شامل پنج جیره آزمایشی حاوی سطوح صفر، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم بود. در پایان دوره به‌صورت تصادفی از میگوها نمونه‌برداری شد.

نتایج: نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در میگوهای تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم *Sargassum* افزایش معنی‌داری نسبت به میگوهای تغذیه شده با جیره شاهد و تیمار ۵ گرم داشت ($P<0/0001$). هم‌چنین بیش‌ترین میزان آنزیم لیپاز در تیمار ۴۰ گرم به ثبت رسید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P<0/0001$). از طرفی اختلاف معنی‌داری در میزان اوریک‌اسید، اوره و کراتینین مشاهده نشد ($P>0/05$). براساس نتایج به‌دست آمده با افزایش میزان جلبک *Sargassum*، غلظت گلوکز در همولنف کاهش پیدا می‌کند ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری و بحث: به‌نظر می‌رسد که استفاده از ۴۰ گرم جلبک *S. cristaefolium* اثر مثبت بر فعالیت آنزیم‌های هضمی داشته و می‌تواند به عنوان افزودنی مناسب در جیره غذایی میگوی پاسفید غربی استفاده شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sajjad5550@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۲ بهمن ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۱ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۰ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ تیر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.134463

مقدمه

امروزه صنعت پرورش میگو در دنیا با توسعه چشمگیری همراه بوده است. براساس آخرین آمار ارائه شده از سوی سازمان خواروبار کشاورزی در سال ۲۰۱۸ میزان تولید سخت‌پوستان در دنیا به بیش از ۷ میلیون تن در سال رسیده است که از این مقدار حدود ۴/۸ میلیون تن سهم تولیدات آبزی‌پروری بوده است. هم‌چنین میزان تولید میگوی پاسفید غربی در دنیا بیش از ۴ میلیون تن در سال بوده که نزدیک به ۵۳ درصد کل تولیدات سخت‌پوستان را شامل می‌شود. با وجودافزایش تولید، مزارع پرورش میگو به‌دلیل بروز بیمارهای مختلف با خسارت‌های زیادی روبه‌رو شده‌اند. در دهه‌های اخیر استفاده از انواع مختلفی از آنتی‌بیوتیک‌هادر صنعت آبزی‌پروری مرسوم و متداول بوده است (Pourmozaffar و همکاران، ۲۰۱۹ a). براساس آمار ارائه‌شده توسط سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۶، میزان مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در تولیدات آبزی‌پروری بین ۲ تا ۷۰۰ گرم به ازای هر تن محصول متغیر بوده است (Ng و همکاران، ۲۰۰۹). متأسفانه تنها تعداد کمی از پرورش‌دهندگان اقدام به ارائه جزئیات مربوط به تجویز آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی در استخرهای پرورش میگو خود می‌کنند، از همین رو آمار دقیقی از مقدار استفاده از این مواد در دسترس نمی‌باشد (Holmstroom و همکاران، ۲۰۰۳). براساس آمار موجود در کشور تایلند، مزارع پرورش میگو این کشور سالانه حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ تن آنتی‌بیوتیک مصرف می‌کنند (Defoirdt و همکاران، ۲۰۱۱). امروزه این مواد به‌دلیل اثرات منفی بر محیط‌زیست و سلامت مصرف‌کننده‌نهایی در بسیاری از کشورها استفاده از آن، با محدودیت‌های زیادی روبه‌رو شده است (Pourmozaffar و همکاران، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای برای جایگزینی داروهای شیمیایی با استفاده از موادی هم‌چون پروبیوتیک ها، پریبیوتیک‌ها و اسیدهای آلی انجام گرفته است که منجر به افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، بهبود رشد و فاکتورهای ایمنی شده است (Pourmozaffar و همکاران، ۲۰۱۹؛ Sha و همکاران، ۲۰۱۶؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۲). چند سالی است که نظر محققین به سمت استفاده از جلبک‌های دریایی به‌عنوان جایگزین استفاده از مواد شیمیایی جلب شده است. جلبک‌ها به‌دلیل دسترسی‌آسان و قیمت‌ارزان پتانسیل‌مناسبی برای استفاده در صنعت آبزی‌پروری می‌باشد. آن‌ها با دارا بودن خواص ضدباکتریایی، قارچی و ضدویروسی‌و هم‌چنین ترکیبات بیولوژیک فعال هم‌چون کارتنوئیدها، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی و هم‌چنین نقش مهمی در بهبود رشد و مقاومت میگوها دارد (دشتیان‌نسب و همکاران، ۱۳۹۳)، به‌طوری‌که استفاده خوراکی از عصاره جلبک *Gracilaria tenuistipitata* به‌میزان ۲-۰/۵ گرم به‌ازای هر کیلوگرم غذا موجب بهبود فاکتورهای ایمنی و بازماندگی میگوی پاسفیدغربی‌دربرابرویروس‌لکه سفید و باکتری *Vibrio alginolyticus* شد (Sirirustananun و همکاران، ۲۰۱۱). جلبک *Sargassum* دارای پلی‌ساکاریدهایی بر پایه قند فوکوز (Fucose)می‌باشدکه دارای فعالیت ضدقارچی، باکتریایی و ویروسی است. به‌عنوان مثال، استفاده از ناپلی آرتمیای غنی شده با پلی ساکارید فوکوئیدان (استخراج شده از جلبک *Sargassum wightii*) موجب افزایش مقاومت پست لارو میگوی *Penaeus monodon* در برابر ویروس لکه سفید شد (Sivagnanavel murugan و همکاران، ۲۰۱۲).هم‌چنین‌تجویزخوراکی دو گونه جلبک قهوه‌ای *Sargassum filipendula* و *Undaria pinnatifid* به‌میزان ۰/۵، ۲ و ۴ درصد خوراک، موجب کاهش مرگ و میر میگوی پاسفید غربی (*Penaeus vannamei*) در برابر ویروس لکه سفید شد، درحالی که بر روی رشد بی‌تأثیر بود (Schleder و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه دیگر بلوچ و اژدهاکش‌پور(۱۳۹۶)،به بررسی‌اثر رژیم‌غذایی و هم‌چنین غوطه‌ورسازی میگوی پاسفید غربی در فوکوئیدان استخراج شده از جلبک *Sargassum glaucescens* پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بازماندگی میگوهای دارای بیماری سندرم لکه سفید به طرز چشمگیری افزایش پیدا کرد. متأسفانه در سال ۱۳۹۸، بسیاری از مزارع پرورش میگو در استان های بوشهر، خوزستان و گلستان به‌دلیل شیوع بیماری لکه سفید اقدام به معدوم سازی میگوهای ذخیره شده کردند. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده در فوق، استفاده از این جلبک‌ها در صنعت میگو می‌تواند نقش به‌سزایی در جلوگیری از بروز بیماری و هم‌چنین کاهش استفاده از مواد شیمیایی را به‌دنبال داشته باشد. اکثر مطالعات انجام‌شده بر روی جلبک‌ها بیش‌تر معطوف به سنجش رشد و هم‌چنین بازماندگی میگو در برابر عوامل بیماری‌زا بوده است و کم‌تر به ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی همولنف در میگوها پرداخته شده است. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر رژیم غذایی حاوی *S. cristaefolium* بر آنزیم‌های گوارشی آمیلاز و لیپاز در بافت هپاتوپانکراس و هم‌چنین برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی همولنف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جلبک قهوه‌ای *S. cristaefolium* در اسفند ماه از منطقه بین جزر و مدی شهرستان بندرلنگه جمع‌آوری و به محل اجرای پروژه منتقل شد. شناسایی این جلبک با استفاده از کتاب اطلس جلبک‌های دریایی سواحل خلیج‌فارس و دریای‌عمان انجام گرفت. پس جمع آوری، چندین مرتبه با آب شیرین برای از بین بردن نمک، شن، ماسه و سایر ذرات شستشو داده شد. سپس جلبک‌ها به‌مدت ۷ روز در سایه و دمای اتاق خشک شدند. سپس توسط آسیاب برقی پودر شدند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶). پست لارو ۱۵ میگوی وانامی (*Penaeus*

vannamei) از کارگاه تکثیر میگو واقع در بندر معلم استان هرمزگان تهیه و به محل اجرای پروژه انتقال داده شد. برای سازگاری به محیط آزمایشی، میگوها به‌مدت ۱۵ روز در تانک‌های ۳۰۰ لیتری پلی‌اتیلنی نگه‌داری شدند. پس از این مرحله تعداد ۶۰۰ قطعه میگو به‌صورت تصادفی در ۱۵ تانک (با حجم آبگیری ۲۰۰ لیتر) ذخیره‌سازی شد. در طول دوره آزمایش، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل شوری (۳۹گرم درلیتر)، دما(۲۶-۲۴ درجه‌سانتی‌گراد)و pH (۷/۲)به‌صورت روزانه‌با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر پرتابل (HI98194، HANNA آمریکا) اندازه‌گیری شد. میگوها روزانه ۴ بار در ساعت‌های ۸، ۱۲، ۱۵/۳۰ و ۲۲ با جیره‌های آزمایشی غذادهی شدند. در طول دوره آمایش از غذای فرموله شده براساس مطالعات قبل استفاده شد (Pourmozaffar و همکاران، ۲۰۱۹). پس از دوره سازگاری میگوها با جیره‌های‌غذایی‌صفر(جیره پایه)، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم (Yu و همکاران، ۲۰۱۶) حاوی جلبک *S. cristaefolium* به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. بنابراین، این مطالعه دارای ۵ تیمار و ۳ بود. همه مقادیر مختلف جلبک پس از توزین با ترازوی حساس آزمایشگاهی (۰/۰۱ گرم) با استفاده از ژلاتین ۴ درصد بر روی غذا اسپری شد. پس از ۴۸ ساعت جیره‌های خشک جمع‌آوری و تا زمان استفاده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. برای خارج کردن مدفوع و غذای خورده نشده روزانه ۲۰ درصد از آب تانک‌ها تعویض شد.

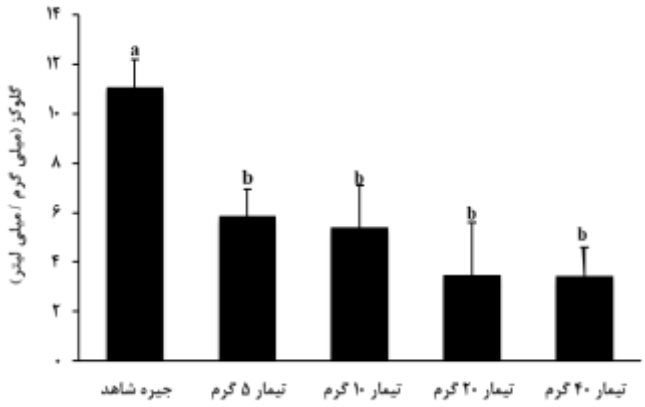
سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی: برای سنجش فعالیت آنزیم آمیلاز و لیپاز از هپاتوپانکراس ۴ میگو (از هر تکرار) نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از آب مقطر شستشو داده شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها با آب مقطر مخلوط و با استفاده از همگن‌ساز عمل یکنواخت‌سازی انجام گرفت. مخلوط به‌دست آمده در سانتریفیوژ (Eppendorf مدل ۵۴۳۰) با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در انتها مایع تجمع یافته در قسمت بالای نمونه‌ها برای سنجش تغییرات آنزیم‌های گوارشی مورد استفاده قرار گرفت (Fernandez Gimenez و همکاران، ۲۰۰۱).میزان فعالیت آنزیم‌آمیلاز براساس‌دستورالعمل‌شرکت سازنده (پارس آزمون، تهران)، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر مورد سنجش قرار گرفت. یک واحد فعالیت آمیلاز به‌صورت مقدار مالتوز آزاد شده در دقیقه به‌ازای میلی‌گرم پروتئین محاسبه می‌شود (ضیایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶). اندازه‌گیری لیپاز بر اساس دستورالعمل‌شرکت‌سازنده‌کیت(پارس‌آزمون تهران)و به‌وسیله اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۸۰ نانومتر انجام شد. فعالیت این آنزیم براساس‌واحدبرمیلی‌گرم پروتئین بیان‌شد(اکبری و همکاران، ۱۳۹۷).

شاخص‌های بیوشیمیایی هملنف: در پایان دوره پرورش، نمونه‌گیری از هملنف میگوهای تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *Sargassum* به‌عمل آمد. برای جلوگیری از بروز استرس ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌گیری غذادهی به میگوها قطع شد و سپس ۶ قطعه از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب شد. نمونه‌گیری به‌وسیله سرنگ انسولین با سوزن شماره ۲۶ از طریق سینوس شکمی انجام شد. سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰۰ (دور بر دقیقه) به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند و از قسمت رویی برای سنجش شاخص‌ها استفاده شد. شاخص‌های بیوشیمیایی به‌وسیله دستگاه اتوآنالیزر با استفاده از کیت تجاری شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. اوره به روش آنزیمی اوره آز-گلوتامات دی هیدروژناز (Urease- GLDH)، اسید اوریک به‌روش آنزیمی PAP، کراتینین به‌روش ژافه (Jaffe) و گلوکز به‌روش آنزیمی گلوکز اکسیداز (GOD-PAP) اندازه‌گیری شد (خواجه و همکاران، ۱۳۸۵).

آنالیز آماری: پراکنش نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف- اسمیرنوف مورد سنجش قرار گرفت. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، اختلاف موجود بین تیمارها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار و ۳ تکرار تعیین و نتایج حاصله با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد (پورمظفر و همکاران، ۱۳۹۶).

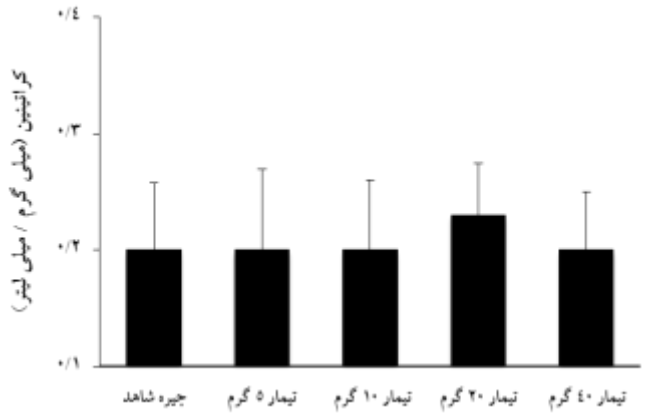
نتایج

نتایج حاصل از فاکتورهای بیوشیمیایی هملنف میگوی وانامی (*P. vannamei*)تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* نشان داد که مقدار گلوکز با افزایش میزان جلبک *Sargassum* در غذای میگو کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (P<۰/۰۵) (شکل ۱). به طوری‌که بیش‌ترین مقدار گلوکز در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۴۰ گرم مشاهده شد. در میان تیمارهای مختلف، میزان کراتینین، اسید اوریک و اوره تقریباً مشابه همدیگر بود و تفاوت معنی‌داری به ثبت نرسید (P>۰/۰۵) (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). ارزیابی میزان فعالیت آنزیم لیپاز نشان داد، که با وجود افزایش اندک در تیمارهای ۵، ۱۰ و ۲۰ گرم تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. درحالی‌که بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار ۴۰ گرم مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) (شکل ۵). میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم به‌ترتیب ۵۲٪، ۳۳ ٪ و ۴۱ ٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت که این اختلاف نیز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). هم‌چنین تفاوتی در میزان فعالیت این آنزیم در تیمار ۵ گرم و شاهد مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (شکل ۶).

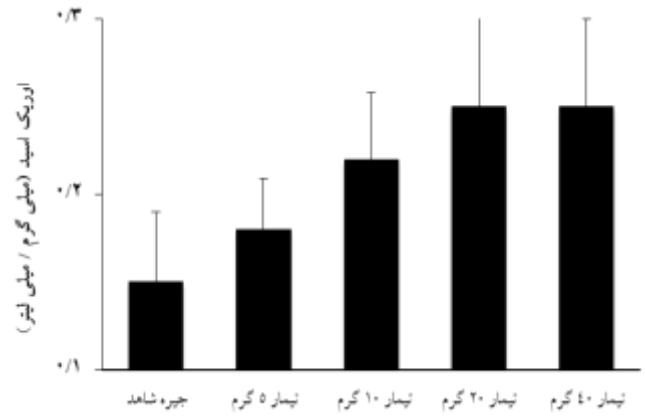


شکل ۱: میزان گلوکز (میانگین ± انحراف معیار) همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز

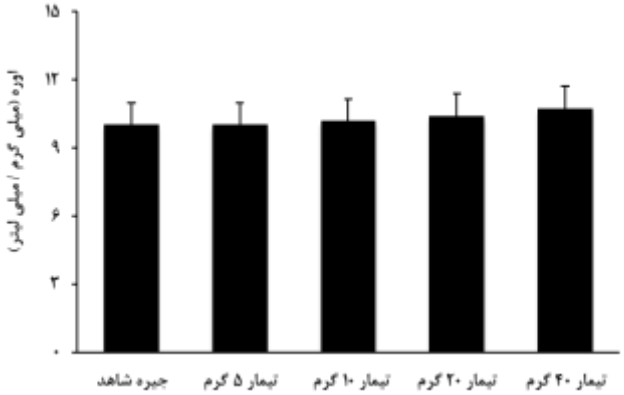
حروف لاتین غیرهمنام، تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).



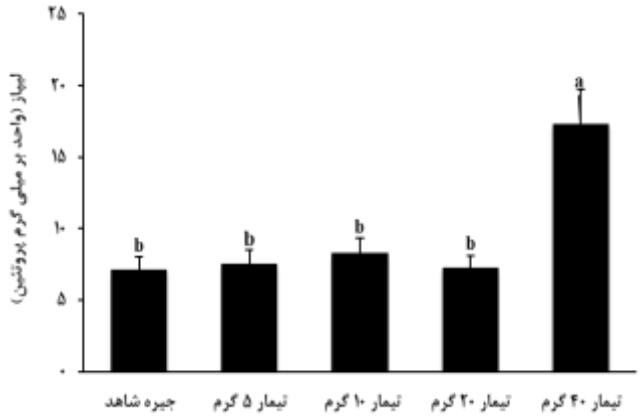
شکل ۲: میزان کراتینین (میانگین ± انحراف معیار) همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز



شکل ۳: میزان اوریک‌اسید (میانگین±انحراف معیار) همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز

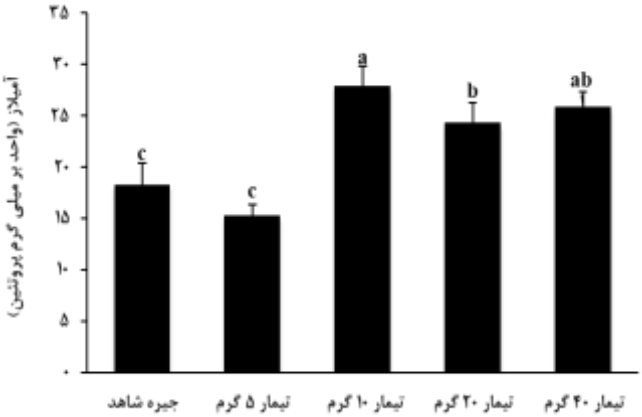


شکل ۴: میزان اوره (میانگین ± انحراف معیار) در همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز



شکل۵:میزان فعالیت لیپاز (میانگین±انحراف معیار) همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز

حروف لاتین غیرهمنام، تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).



شکل۶:میزان فعالیت آمیلاز (میانگین±انحراف معیار) همولنف میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *S. cristaefolium* به‌مدت ۶۰ روز

حروف لاتین غیرهمنام، تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان گلوکز همولنف میگوی پاسفید غربی در اثر افزودن جلبک قهوه‌ای *S. cristaefolium* به جیره غذایی کاهش معنی‌دار پیدا می‌کند، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار در تیمارهای حاوی جلبک سارگاسم مشاهده شد. اکبری و راینی (۱۳۹۸)، بیان کردند که جلبک *Ulva rigida* در جیره غذایی میگوی پاسفید غربی به‌میزان ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم موجب کاهش میزان گلوکز همولنف می‌شود، به طوری‌که کم‌ترین میزان در تیمار ۱/۵ گرم مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر، استفاده خوراکی از جلبک قرمز جانیا (*Jania adhaerens*) به میزان ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا به‌مدت ۶۰ روز، کاهش گلوکز خون ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) را در پی داشت (اکبری و همکاران ۱۳۹۸) که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت و هم‌خوانی‌داشت. به‌علاوه، استفاده از جلبک‌های *Pyropia yezoensis* و *Padina astraulis* موجب کاهش گلوکز خون ماهی کشفک (*Paralichthys olivaceus*) شد (Talpur، ۲۰۱۴؛ Choi و همکاران، ۲۰۱۵). در سخت‌پوستان، هپاتوپانکراس به‌عنوان بافت اصلی ذخیره پلی‌ساکاریدهایی هم‌چون گلوکز مطرح می‌باشد، گلوکز ذخیره شده در این بافت (به شکل گلیکوژن) به‌عنوان یک منبع انرژی برای تولید ATP استفاده می‌شود. زمانی‌که موجود زنده در معرض شرایط استرس‌زا قرار می‌گیرد، به‌سرعت گلیگوژن موجود در بافت کاتابولیزه شده و گلوکز ذخیره شده وارد همولنف می‌شود (Nagur Babu و همکاران، ۲۰۱۲). فوکوسترول موجود در این جلبک‌ها از تبدیل گلیکوژن موجود در بافت به گلوکز جلوگیری می‌کند و در نهایت منجر به کاهش میزان گلوکز خون می‌شود (Lee و همکاران، ۲۰۰۴؛ Gupta و Ghannam، ۲۰۱۱). بنابراین نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که این جلبک نقش مهمی در کاهش ورود گلوکز به همولنف و افزایش ذخیره آن در بافت‌ها ایفا می‌کند. آمونیاک، آمینواسید، اوره و اوریک اسید محصول نهایی متابولیسم پروتئین در سخت‌پوستان می‌باشد. ارزیابی‌این شاخص‌ها نقش‌مهمی درسنجش شرایط پرورش موجودات آبزی ایفا می‌کند (Cheng و همکاران، ۲۰۰۴). در این مطالعه رژیم غذایی حاوی جلبک Sargassum اثر معنی‌داری بر میزان اوریک‌اسید، اوره و کراتینین همولنف نداشت. Madibana و همکاران، (۲۰۱۷) بیان کردند که افزودن ۵۰ گرم جلبک (*Ulva* sp) به‌مدت ۹ هفته تأثیری‌درمیزان‌اوره و کراتینین خون ماهی *Argyrosomus japonicas* نداشت که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. بنابراین به‌نظر می‌رسد پروتئین موجود در جلبک Sargassum تأثیری در میزان این شاخص‌ها ندارد. آنزیم‌های هضمی نقش مهمی در هیدرولیز مواد غذایی ایفا می‌کنند، بنابراین اندازه‌گیری میزان فعالیت آن‌ها وضعیت تغذیه‌ای موجود زنده و قابلیت هضم مواد غذایی را نشان می‌دهد. افزایش میزان فعالیت آنزیم آمیلاز منجر به افزایش ظرفیت هضم کربوهیدرات‌ها می‌شود، درنتیجه استفاده از سایر منابع انرژی هم‌چون پروتئین و لیپید به‌منظور تولید انرژی و گلوکونئوژنز کاهش می‌یابد (Schleder و همکاران، ۲۰۱۸؛ Widanarni و همکاران، ۲۰۱۹). در این مطالعه افزودن ۴۰ گرم جلبک سارگاسوم به جیره غذایی موجب بهبود فعالیت آنزیم لیپاز شد، درحالی‌که فعالیت آنزیم آمیلاز در تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم‌افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت.در مطالعه‌ای که بر روی ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) انجام گرفت، استفاده از عصاره *Apium graveolens* در جیره غذایی به‌میزان ۱، ۵ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم به‌مدت ۴۵ روز باعث افزایش فعالیت آمیلاز و لیپاز شد (Alimohamed و همکاران، ۲۰۱۸). هم‌چنین Omont و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تغذیه میگوی وانامی با عصاره جلبک‌های دریایی (*Eisenia* sp., *Porphyra* sp. و *Ulva lactuca*) در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بر کیلوگرم) موجب افزایش فعالیت آنزیم لیپاز در این گونه می‌شود. به علاوه، بهبود فعالیت آنزیم آمیلاز و لیپاز در میگوی پاسفید غربی پس از تجویز خوراکی عصاره پلی‌ساکارید جلبک *Ulva rigida* به‌میزان ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم توسط اکبری و راینی (۱۳۹۸) گزارش شد که با نتایج این مطالعه مطابقت و هم‌خوانی دارد. افزایش آنزیم‌های گوارشی ناشی از استفاده از افزودنی‌های گیاهی در جیره می‌تواند منجر به افزایش اشتها و بهبود راندمان مصرف مواد غذایی شود. هم‌چنین این مواد به دلیل دارا بودن ترکیبات فعالی هم‌چون آلکالوئیدها، تریپنوئیدها و ساپونین‌ها موجب افزایش ترشحات آنزیم‌های لیپاز و آمیلاز می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی این احتمال وجود دارد که فیبرهای محلول درآب ماکروجلبک‌ها نقش‌مثبت در رشد باکتری‌های مفید روده و هضم بهتر مواد غذایی داشته باشند (Li و Kim، ۲۰۱۱). اما تجویز خوراکی جلبک *Gracilaria puluvinata* به‌میزان ۹۰ گرم در هر کیلوگرم در جیره غذایی ماهی سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) موجب کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز شد (Morshedi و همکاران، ۲۰۱۷) که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت و هم‌خوانی نداشت که می‌تواند ناشی از مقادیر بالای استفاده از جلبک در جیره غذایی باشد. فیبر زیاد منجر به کاهش دسترسی آنزیم‌های گوارشی به مواد مغذی شده و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم‌ها را در پی خواهد داشت. به‌هرحال، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده خوراکی از جلبک *Sargassum* موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی (لیپاز و آمیلاز) و کاهش گلوکز همولنف میگوی پاسفید شد. لذا استفاده از جلبک *S. cristaefolium* به‌میزان ۴۰ گرم در هر کیلوگرم غذا در جیره غذایی میگوی پاسفید غربی توصیه می‌شود.

منابع

۱. **اکبری، پ. و فدایی‌راینی، ر.، ۱۳۹۸.** اثر عصاره پلی ساکارید جلبک‌الوا (*Ulva rigida*) بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی میگوی پاسفید غربی (*Litopeneaus vannamei*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۸، شماره ۴، صفحات ۱۵۱ تا ۱۶۳.

۲. **اکبری، پ.؛ دباشی، ف. و فدایی‌راینی، ر.، ۱۳۹۷.** مطالعه تغییر شاخص بیوشیمیایی خون و آنتی‌اکسیدانی کبد در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) تغذیه شده با عصاره جلبک قرمز (*Jania adhaerens*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۸، شماره ۳، صفحات ۸۹ تا ۹۹.

۳. **اکبری، پ.؛ بلوچ‌امین، ا. و امینی‌خویی، ز.، ۱۳۹۷.** اثر سطوح مختلف عصاره الکی گیاه سالیکورنیا *Salicornia* sp بر برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های گوارشی ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*). فیزیولوژی و تکوین جانوری. دوره ۱۲، شماره ۲۱، صفحات ۱ تا ۱۲.

۴. **بلوچ، گ.م. و آزدهاکش‌پور، ا.، ۱۳۹۶.** تأثیر کاهشی استفاده از عصاره جلبک قهوه‌ای *Sargassum glaucescens* در تلفات میگوی *Penaeus vannamei*. فصلنامه میگو و سخت‌پوستان. دوره ۲، شماره ۱، صفحات ۱۸ تا ۲۱.

۵. **پورمظفر، س.؛ حاجی‌مرادلو، ع.م.؛ احمدنیای مطلق، ح.م. و گودرزی، ر.، ۱۳۹۶.** اثرات رژیم غذایی حاوی اسید آلی و سرکه سیب بر یکپارچگی هپاتوپانکراس و فلور باکتریایی روده در میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*). محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۳۳۷ تا ۳۴۶.

۶. **حیدری، م.؛ قطب‌الدین، ن. و پذیر، م.خ.، ۱۳۹۶.** بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی (*Sargassum angustifolium*) بر روی شاخص‌های رشد و بازماندگی میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*). محیط‌زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۲۲۴ تا ۲۳۰.

۷. **خواجه، غ.م.؛ اکبری، س. و سلیمی‌فرد، ه.، ۱۳۸۵.** بررسی میزان برخی پارامترهای بیوشیمیایی همولنف میگوی پرورشی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*). مجله پژوهش و سازندگی. دوره ۱۹، شماره ۴، صفحات ۱۲۰ تا ۱۲۷.

۸. **دشتیان‌نسب، ع.؛ مصباح، م.؛ پیغان، ر. و کاکولکی، ش.، ۱۳۹۳.** اثر عصاره اتانولی جلبک قهوه‌ای *Sargassum angustifolium* بر عملکرد رشد، درصد بقاء و مقاومت در برابر ویبریوزیس (*Vibrio harveyi*) در میگوی پاسفید غربی *Penaeus vannamei*. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۳، شماره ۳، صفحات ۳۱ تا ۴۱.

۹. **ضیایی‌نژاد، س.؛ لاوت، د. و آبرومند، ع.، ۱۳۹۶.** بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی سفید غربی در مراحل زیستی مختلف. یافته‌های نوین در علوم زیستی. دوره ۴، شماره ۴، صفحات ۳۷۳ تا ۳۷۹.

10. **Akbary, P.; Molazaei, E. and Aminikhoei, Z., 2018.** Effect of dietary supplementation of Ulva rigida C. Agardh extract on several of physiological parameters of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus). Iranian Journal of Aquatic Animal Health.Vol. 4, pp: 59-68.

11. **Ali Mohamed, G.; Daw Amhamed, I.; Alhadi Almabrok, A.B.; Ali Barka, A.; Bilen, S. and Elbeshti, R.T., 2018**. Effect of celery (*Apium graveolens*) extract on the growth, haematology, immune response and digestive enzyme activity of common carp (*Cyprinus carpio*). Marine Science and Technology Bulletin. Vol. 7, pp: 51-59.

12. **Cheng, S.Y.; Lee, W.C.; Shieh, L.W. and Chen, J.C., 2004.** Increased production and excretion of urea in the kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicus*) exposed to combined environments of increased ammonia and nitrite. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 47, pp: 352-362.

13. **Chiew, S.L., 2011**. Dietary administration of a *Gracilaria tenuistipitata* extract enhances the immune response and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus in the white shrimp *Penaeus vannamei*. Fish & Shellfish Immunology. Vol. 31, pp: 848-855.

14. **Choi, Y.H.; Lee, B.J. and Nam, T.J., 2015.** Effect of dietary inclusion of *Pyropia yezoensis* extract on biochemical & immune responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture. Vol. 435, pp: 347-353.

15. **Citarasu, T.; Sivaram, V.; Immanuel, G.; Rout, N. and Murugan, V.,** Influence of selected Indian immunostimulant herbs against white spot syndrome virus (WSSV) infection in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* with reference to haematological, biochemical and immunological changes. Fish and Shellfish Immunology. Vol. 21, pp: 372-384.

16. **Defoirdt, T.; Sorgeloos, P. and Bossier, P., 2011**. Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. Current opinion in microbiology. Vol. 14,

Oreochromis sp., and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. Aquaculture Research. Vol. 40, pp: 1490-1500.

26. **Omont, A.; Quiroz-Guzman, E.; Tovar-Ramirez, D. and Peña-Rodríguez, A., 2019.** Correction to: Effect of diets supplemented with different seaweed extracts on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei*. Journal of Applied Phycology. Vol. 31, pp: 1443.
27. **Pourmozaffar, S.; Hajimoradloo, A. and Miandare, H.K., 2017**. Dietary effect of apple cider vinegar and propionic acid on immune related transcriptional responses and growth performance in white shrimp, *Penaeus vannamei*. Fish & shellfish immunology. Vol. 60, pp: 65-71. **Pourmozaffar, S., Hajimoradloo, A.; Paknejad, H. and Rameshi, H., 2019a.** Effect of dietary supplementation with apple cider vinegar and propionic acid on hemolymph chemistry, intestinal microbiota and histological structure of hepatopancreas in white shrimp, *Penaeus vannamei*. Fish & Shellfish Immunology. Vol. 86, pp: 900-905.
28. **Schleder, D.D.; Peruch, L.G.B.; Poli, M.A.; Ferreira, T.H.; Silva, C.P.; Andreatta, E.R.; Hayashi, L. and do Nascimento Vieira, F., 2018.** Effect of brown seaweeds on Pacific white shrimp growth performance, gut morphology, digestive enzymes activity and resistance to white spot virus. Aquaculture. Vol. 495, pp: 359-365.
29. **Sha; Y.; Wang, L.; Liu, M.; Jiang, K.; Xin, F. and Wang, B., 2016.** Effects of lactic acid bacteria and the corresponding supernatant on the survival, growth performance, immune response and disease resistance of *Penaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 452, pp: 28-36.
30. **Sirirustananun, N.; Chen, J.C.; Lin, Y.C.; Yeh, S.T.; Liou, C.H.; Chen, L.L.; Sim, S.S. and Chiew, S.L, 2011.** Dietary administration of a *Gracilaria tenuistipitata* extract enhances the immune response and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus in the white shrimp *Penaeus vannamei*. Fish & Shellfish Immunology. Vol. 31, pp: 848-855.
31. **Sivagnanavelmurugan, M.; Marudhupandi, T.; Palavesam, A. and Immanuel, G., 2012.** Antiviral effect of fucoidan extracted from the brown seaweed, *Sargassum wightii*, on shrimp Penaeus monodon postlarvae against white spot syndrome virus. Journal of the World pp: 251-258.
17. **Fernandez Gimenez, A.V.; Garcia-Carren, F.L.; Navarrete Del Toro, M.A. and Fenucci, J.L., 2001.** Digestive proteinases of red shrimp *Pleoticus muelleri* (Decapada, Penaeoidea): Partial characterization and relationship with molting. Comparative Biochemistry and Physiology (B). Vol. 130, pp: 331-338.
18. **Holmstroom, K.; Graslund, S.; Wahlstroom, A.; Poungshompoo, S.; Bengtsson, B.E. and Kautsky, N., 2003**. Antibiotic use in shrimp farming and implications for environmental impacts and human health. International J of food science and technology. Vol. 38, pp: 255-266.
19. **Gupta, S. and Abu-Ghannam, N., 2011**. Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. Trends Food Science and Technology. Vol. 22, pp: 315-326.
20. **Li, Y.X. and Kim, S.K., 2011**. Utilization of seaweed derived ingredients as potential antioxidants and functional ingredients in the food industry: An Overview. Food Science Biotechnology. Vol. 20, pp: 1461-1466.
21. **Ling, S; Wu, C.C.; Liu, C.H. and Lian, J.L.; 2013.** Effects of the water extract of *Gynura bicolor* (Roxb. & Willd.) DC on physiological and immune responses to *Vibrio alginolyticus* infection in white shrimp (*Penaeus vannamei*). Fish & Shellfish Immunoloogy. Vol. 35, pp: 18-25.
22. **Madibana, M.G.; Mlambo, V.; Lewis, B. and Fouché, C., 2017.** Effect of graded levels of dietary seaweed (Ulva sp.) on growth, hematological & serum biochemical parameters in dusky kob, Argyrosomus japonicus, sciaenidae. Egyptian J of aquatic research. Vol. 43, pp: 249-254.
23. **Morshedi, V.; Nafisi Bahabadi, M.; Sotoudeh, E.; Azodi, M. and Hafezieh, M., 2017**. Nutritional evaluation of *Gracilaria pulvinata* as partial substitute with fish meal in practical diets of barramundi (*Lates calcarifer*). Journal of applied phycology. Vol. 2, pp: 1-11.
24. **Nagur Babu, K.; Pallavi, P.N.; Reddy, D.C. and Kalarani, V., 2012.** Effect of 5-Hydroxytryptamine and dopamine on the carbohydrate metabolism in the shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). World Journal of Fish and Marine Sciences. Vol. 4, pp: 586-593.
25. **Ng, W.K.; Koh, C.B.; Sudesh, K. and Siti-Zahrah, A., 2009.** Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia,

Aquaculture Society. Vol. 43, pp: 697-706.

32. **Talpur, A.D., 2014**. *Mentha piperita* (Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harvey* infection. Aquaculture. Vol. 420- 421, pp: 71-78.

33. **Widanarni, W.; Taufik, A.; Yuhana, M. and Ekasari, J., 2019.** Dietary mannan oligosaccharides positively affect the growth, digestive enzyme activity, immunity and resistance against *Vibrio harveyi* of pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) larvae. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 19, pp: 271-278.

34. **Yu, Y.; Chen, W.D.; Liu, Y.J.; Niu, J.; Chen, M. and Tian, L.X., 2016**. Effect of different dietary levels of *Gracilaria lemaneiformis* dry power on growth performance, hematological parameters and intestinal structure of juvenile Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture. Vol. 450, pp: 356-362.

35. **Zhao, H.X.; Cao, J.M.; Wang, A.L.; Du, Z.Y.; Ye, C.X.; Huang, Y.H.; Lan, H.B.; Zhou, T.T. and Li, G.L., 2012.** Effect of long-term administration of dietary β-1,3-glucan on growth, physiological, and immune responses in *Penaeus vannamei*. Aquaculture International. Vol. 20, pp: 145-158.