اثر عصاره پلی‌ساکارید محلول در آب جلبک پادینا (*Padina australis* Hauck) بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*)

پریا اکبری[1*]، زهرا امینی خویی[2]

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران
۲- سازمان جهاد کشاورزی، انستیتو تحقیقات علمی شیلات ایران، مرکز تحقیقات شیلات آبهای دور چابهار، ایران
*مسئول مکاتبات: paria.akbary@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۲٤

چکیده

در تحقیق حاضر، عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک پادینا (*Padina australis*) در غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم غذا برای سنجش توانایی عصاره در بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی و شاخص‌های بیوشیمیایی به جیره غذایی میگوی پا سفید غربی (*Litopenaus vannamei*) با میانگین وزنی ۰/۱ ± ۱ گرم اضافه شد. بر طبق تغذیه از این رژیم‌های غذایی به‌مدت ٦۰ روز، بیشترین فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و لیپاز در تیمار حاوی ۱/۵ گرم عصاره پلی‌ساکارید جلبک بر کیلوگرم غذا مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). سطح آلبومین و پروتئین تام در تیمارهای حاوی سطوح مختلف عصاره پلی ساکارید جلبک بیشتر از تیمار شاهد بود ($p < ۰/۰۵$). کمترین میزان گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، آسپارتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز در تیمار حاوی ۱/۵ گرم عصاره پلی ساکارید جلبک بر کیلوگرم غذا مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند ($p < ۰/۰۵$). نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از ۱/۵ گرم عصاره پلی ساکارید جلبک پادینا بر کیلوگرم غذا ممکن است عملکرد هضم، سلامت کبد و سیستم ایمنی غیر اختصاصی میگوی پاسفید غربی را افزایش دهد.

کلمات کلیدی: عصاره پلی ساکارید، جلبک پادینا، میگوی پاسفید غربی، آنزیم‌های گوارشی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی.

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش سریع جمعیت، گوشت میگو به عنوان یکی از منابع مهم تامین پروتئین در برنامه غذایی انسان محسوب می‌شود. میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) مهم‌ترین گونه سخت‌پوستان پرورشی است که به‌دلیل رشد سریع، قابلیت تراکم پذیری بالا، قابلیت تحمل شوری بالا و دمای کم، نیاز به پروتئین کم‌تر در جیره،بالا بودن بازماندگی پست لارو در مقایسه با میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*)، و مقاومت نسبتا بالا به عوامل بیماری‌زا مورد توجه قرار گرفته است (۹).

امروزه صنعت پرورش میگو در کشور به‌علت بروز بیماری‌های مختلف از جمله بیماری ویروسی لکه سفید و بیماری‌های باکتریایی مختلف دچار خسارات زیادی شده است. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های درمانی با ایجاد میکروارگانیسم‌های مقاوم و باقی ماندن در بافت

موجود، مشکلات زیست محیطی متعددی را ایجاد نموده است (۱۳).

یکی از روش‌های ایده‌آل برای کنترل بیماری‌ها در آبزی‌پروری تقویت سیستم مکانیسم دفاعی با اجرای اقدامات پیش‌گیرانه و تحریک سیستم ایمنی است (۲۱).

محرک‌های سیستم ایمنی ترکیباتی هستند که غالباً منجر به تحریک غیراختصاصی سیستم ایمنی بدن می‌شوند. معروف‌ترین محرک‌های سیستم ایمنی ترکیباتی از دیواره سلولی جلبک‌ها مانند پلی‌ساکاریدها می‌باشند (٤٤).

به‌عنوان مثال، در سخت‌پوستان استفاده از عصاره پلی‌ساکارید محلول در آب جلبک دریایی الوا (*U. rigida*) در جیره غذایی میگوی پاسفید غربی (*L. vannamei*) (۱) منجر به افزایش سطح ایمنی و افزایش حمایت میگو در مقابل باکتری *فوتوباکتریوم دامسلا* (*Photobacterium damselae*) شد.

ازجلبک‌های دریایی، پلی‌ساکاریدهایی که معمولا بخشی از دیواره سلولی آن‌ها می‌باشد استخراج می‌شود. آن‌ها ماکرومولکول‌هایی هستند که در صنعت و پزشکی از جلبک‌های قرمز (کاراژینان و آگار)، جلبک‌های قهوه‌ای (آلژینات و فوکوئیدان) و جلبک‌های سبز (اولون) جداسازی می‌شوند (۱۵).

هریک از پلی‌ساکاریدها دارای ساختار شیمیایی تعریف شده‌ای هستند که ممکن است بسته به گونه، مراحل زندگی، فصل برداشت، زیستگاه و روش‌های استخراج متفاوت باشند. علاوه بر این از منابع تجدیدپذیر، غیرسمی و قابل دسترس هستند و به‌علت خواص بیولوژیکی دارای اهمیت می‌باشند (۳۳، ۳۸).

فوکوئیدان موجود در ماتریکس مخاطی جلبک‌های قهوه‌ای دارای خواص بیولوژیکی از جمله آنتی‌اکسیدانی، ضد التهاب، ضد ویروسی، ضد فشارخون، ضد افزایش چربی، ضد افزایش قند، کاهش‌دهنده کلسترول، حمایت کبد و تحریک تجزیه چربی باشد (٤، ٤٤).

جلبک پادینا (*Padina australis*) از جلبک‌های قهوه‌ای از شاخه Phaeophyta و خانواده Dictyotaceae می‌باشد و به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین، ویتامین، مواد معدنی، آمینواسیدهای ضروری، اسیدهای چرب، رنگ‌دانه‌های آنتی اکسیدانی نظیر بتاکاروتن و تقویت کننده‌ی سیستم ایمنی در آبزی‌پروری مطرح است (۲). مطالعات متعددی در ارتباط با اثر عصاره جلبک‌های ماکروسکوپی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی (۱۱، ۲٦، ۲۷، ۳۲) و پارامترهای بیوشیمیایی خون (۱۰، ۱۷، ۲۵، ۳٦) گونه‌های مختلف ماهی صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، اثر سطوح مختلف (۳، ٦ و ۹ درصد) جلبک گراسیلاریا (*G.pulvinata*) در جیره غذایی ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) توسط Morshedi و همکاران (۲۷) و اثر جلبک قرمز *Eucheuma denticulatum* در جیره غذایی کفشک ماهی ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) توسط Ragaza و همکاران (۳٤) بر فاکتورهای بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به نقش ترکیبات پلی ساکارید موجود در جلبک دریایی در تقویت سیستم ایمنی، حفاظت کبد و متابولیسم چربی و قند در مطالعات پیشین، این تحقیق با هدف بررسی اثر عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک پادینا بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و شاخص‌های بیوشیمیایی میگوی پاسفید غربی انجام پذیرفت..

مواد و روش‌ها

میگو و شرایط پرورش: ۱۰۰۰ قطعه پست لارو میگوی پاسفید غربی با میانگین وزنی ۰/۱ ± ۱ گرم پس از خریداری از مرکز تکثیر میگوی آقای مهندس مدنی از شهرستان کنارک توسط کیسه‌های دوجداره

(حاوی دو سوم هوا و یک سوم آب) به مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور چابهار انتقال داده شد. به منظور سازگاری با شرایط آزمایشگاهی (دمای آب ۲±۲۹ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن ۰/۵ ± ۷ میلی‌گرم بر لیتر، اسیدیته ۷/۵ و شوری ۰/۳۵ ± ۳۳/۲ گرم بر لیتر)، به‌مدت ۲ هفته قبل از شروع آزمایش، با جیره تجاری شرکت هوورراش بوشهر (۳۹ درصد پروتئین، ۷ درصد چربی، ۸ درصد خاکستر و ۵ درصد رطوبت)، سه وعده در روز معادل ۵ درصد وزن بدن تغذیه شدند (۸، ۱۳، ۱۷). سپس پست لاروها با تراکم ۵۰ قطعه به صورت تصادفی در ۱۲ مخزن پلاستیکی ۶۰ لیتری توزیع شدند. هوادهی به هریک از مخازن توسط یک پمپ هواده مرکزی که متصل به شلنگ‌های هواده و سنگ هوا بود صورت گرفت و روزانه ۳۰ درصد آب هریک از مخازن تعویض گردید. تیمارها شامل، تیمار شاهد که تنها به غذای کنسانتره تغذیه شد و تیمار ۲، ۳ و ٤ که به ترتیب با جیره غذایی حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم عصاره جلبک پادینا بر کیلوگرم غذا به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. هر تیمار دارای سه تکرار بود و هر ۱۵ روز یک بار جهت محاسبه میزان غذا برای وزن کل زیست‌توده هر مخزن زیست سنجی صورت گرفت (۱).

آماده‌سازی عصاره و طرح آزمایش: در آذر ماه ۱۳۹۵ هنگام جذر، جلبک پادینا از سواحل دریا بزرگ بندر چابهار جمع‌آوری و پس از تائید با کلید شناسایی مرکز تحقیقات شیلات (Taxonomy ID: 200424)، با آب مقطر شست وشو داده شدند سپس در مجاورت سایه خشک و توسط میکسر پودرشدند.

استخراج پلی ساکارید جلبک طبق روش Tabarso و همکاران (۳۹) با اندکی تغییر صورت گرفت. به منظور استخراج پلی ساکارید جلبک، ۲۰ گرم جلبک با ۲۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۵ درصد به مدت یک شبانه روز بر روی شیکر مخلوط گردید. سپس با دور ۱۸۵۰۰ در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس رسوب جمع‌آوری شده با استون شسته شد و در دمای اتاق خشک گردید. سپس ۲۰ گرم بیوماس به‌دست آمده با ٤۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت به‌وسیله شیکر به‌هم زده شد و مجدد با دور اولیه در همان دما و زمان سانتریفیوژ گردید. و مایع رویی توسط دستگاه تبخیر در شرایط خلاء چرخشی (مدل STRIKE-300، ایتالیا) در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ (۱۰۰ میلی‌لیتر) گردید ۱۸۵۰۰ سپس اتانول ۹۹ درصد به‌آن اضافه شد و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک شبانه روز قرار گرفت. سپس پلی ساکارید خام جلبک توسط عبور از فیلتر استخراج و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و تا زمان استفاده در دمای ۲۰- درجه سانتی-گراد نگهداری شد. پلی‌ساکارید استخراج شده با سطوح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم غذا به‌همراه نسبت مشخص (۱:۱) روغن و آب مقطر (٤۰ میلی-لیتر) به غذای تجاری میگو به‌صورت کامل اسپری شد و پس از خشک شدن جیره‌ها در مجاورت هوا آن‌ها تا زمان مصرف در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۱۰).

نمونه‌برداری: نمونه برداری از روده ٦ قطعه میگو به-صورت تصادفی از هرتیمار به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی صورت گرفت ابتدا پس از ۲٤ ساعت قطع غذادهی، در مجاورت یخ کالبد شکافی صورت گرفت و با دقت روده جدا شد سپس پس از شستشو با سرم فیزیولوژی، به‌همراه محلول بافر فسفات سرد با اسیدیته ۷ (۱:۱۰ حجم/وزن) به‌مدت دو دقیقه هموژن گردید. مخلوط حاصل در دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید و محلول رویی حاصل از هر نمونه جمع آوری و تا زمان انجام آنالیز

در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۵). جهت سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی از ٦ قطعه میگو از هر تیمار به‌صورت تصادفی استفاده شد و با استفاده از محلول بافر فسفات (۱:۱۰) (w/v) (حاوی ۸ گرم کلید سدیم، ۰/۲ گرم کلرید پتاسیم، ۱/٤۲ گرم هیپو فسفات سدیم، ۰/۲٤ گرم هیپوفسفات پتاسیم در اسیدیته ۷/۲) در مجاورت یخ هموژنزیزه شدند و محلول حاصل از هموژنیزه شده با دور ۱٦۱۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید و سپس محلول رویی حاصل از هر نمونه جمع آوری و تا زمان انجام آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۱).

سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی: جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی از کیت‌های تهیه شده از شرکت پارس آزمون تهران و دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CA-400، شرکت Furuno ژاپن) استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم پروتئاز به روش King (۱۹) طول موج ٤۱۰ نانومتر، میزان میزان فعالیت آنزیم لیپاز به‌روش Furne و همکاران (۱٤) در طول موج ٤۱۵ نانومتر و فعالیت آنزیم آمیلاز بر اساس روش Natalia و همکاران (۲۸) در طول موج ٤۸۰ نانومتر، مورد سنجش قرار گرفتند. فعالیت آنزیم‌ها برار تیمار با سه تکرار و بر اساس واحد بر میلی‌گرم پروتئین بافت بیان شدند.

سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی: سنجش گلوکز، آلبومین و گلوبین (٤۱)، کلسترول و تری‌گلیسیرید (۳۵) و فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز (ASP)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP) (۱٤)، با استفاده از کیت‌های تهیه شده از شرکت پارس آزمون تهران و با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CA-400، شرکت Furuno ژاپن) انجام شد.

آنالیز آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌روش تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p < ۰/۰۵$) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS19 انجام شد. نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون کالموگراف اسمیرنف مورد ارزیابی قرار گرفت برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. داده‌های آماری به‌صورت میانگین ± خطای معیار گزارش شد.

نتایج

فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهی: میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز روده میگوی پاسفید غربی تغذیه شده با رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش (روز ٦۰) در جدول ۱ آورده شده است. اضافه نمودن سطوح مختلف عصاره پلی‌ساکارید جلبک پادینا به جیره غذایی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در مقایسه با تیمار شاهد شد ($p < ۰/۰۵$). بیشترین میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در تیمار ۳ و ٤ مشاهده شد در حالی‌که بیشترین میزان فعالیت آنزیم لیپاز و پروتئاز در تیمار ٤ مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان دادند ($p <۰/۰۵$).

شاخص‌های بیوشیمیایی خون: میزان شاخص‌های بیوشیمیایی میگوی پا سفید غربی در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. کمترین میزان فعالیت آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسیرید در تیمار حاوی ۱/۵ گرم عصاره پلی ساکارید جلبک پادینا بر کیلوگرم غذا مشاهد شد و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان دادند ($p < ۰/۰۵$). بیشترین میزان پروتئین تام و آلبومین نیز در تیمار ٤ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($p < ۰/۰۵$). میزان گلوبولین بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۱- تغییرات میانگین ± خطای معیار فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگوی پا سفید غربی در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

فعالیت آنزیم‌ها (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	تیمارها			
	۱	۲	۳	٤
لیپاز	۱۹/۲۳±۱/٤۱c	۲۱±۲/٦٤c	۲٥±۲/۰۲b	۳۰±۱a
پروتئاز	۱۰٦/٦٦±۷/۰٥d	۱۱/٥٦±۱۱/٥۱c	۱۱۷/۳٤±۱۰/۲۲b	۱۲٤/۲۳±۱۳/۰٤a
آمیلاز	۱۳٥±۱/٥٦c	۱۳۹/٤٦±۷/٥۲b	۱٤۷/۲۳±۱/۷۷a	۱٤۹±۱/٥۱a

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار است (p <۰/۰٥). تیمار۱ تا ٤ به‌ترتیب حاوی ۰، ۰/٥، ۱ و ۱/٥ گرم عصاره جلبک پادینا بر کیلوگرم غذا است.

جدول۲- تغییرات میانگین ± خطای معیار شاخص‌های بیوشیمیایی میگوی پا سفید غربی در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

شاخص‌های بیوشیمیایی	تیمارها			
	۱	۲	۳	٤
پروتئین تام (گرم بر دسی لیتر)	۳/٥۳ ± ۰/۱^{d}	۳/۹۱ ± ۰/۸۰^{c}	٤/٤۳ ± ۰/۱٥^{b}	٥/۰٦ ± ۰/۲^{a}
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	۱۰٦/۲۳۳ ± ٥/٥۰^{a}	۹۹ ± ۱^{b}	۹۳/٥٦ ± ۳/۲۱^{b}	۸٤ ± ۱/۰۷^{c}
کلسترول (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	٤٦/٥٦ ± ۱/٥۲^{a}	۳۷ ± ۱^{b}	۳۳ ± ۱/۱۲^{c}	۲۹ ± ۱/۲^{d}
تری گلیسیرید (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	۹۸/٥٦ ± ۳/٦٦^{a}	۹۰/۳۷ ± ۲/٥۱^{a}	۷٥/۳٦ ± ۲/۰۸^{c}	۷۰/۲۳ ± ۳/٤۱^{d}
آلبومین (گرم بر دسی لیتر)	۱/۷۹ ± ۰/٦^{d}	۲/۱۰ ± ۰/۱۰^{c}	۳/٦ ± ۰/۲۰^{b}	۳/۱۳ ± ۰/۱٥^{a}
گلوبولین (گرم بر دسی لیتر)	۱/۷۷ ± ۰/۰٤^{a}	۱/۸۱ ± ۰/۰۱^{a}	۱/۸۳ ± ۰/۱٥^{a}	۱/۹۳ ± ۰/۱۱^{a}
آلانین آمینو ترانسفراز (واحد بر لیتر)	۸٦ ± ۱/۰۹^{a}	۷۹/۲۳ ± ۱/٥۲^{b}	۷۲/۱۳ ± ۲/۰۸^{c}	٦٤/۳٦ ± ۱/٤۹^{d}
آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد بر لیتر)	۷۸ ± ۲^{a}	۷٤/۲۳ ± ۲/٤٤^{a}	٦۸ ± ۱/۳٤^{b}	٥٤/۱۸ ± ۲/۰٤^{c}
آلکالین فسفاتاز (واحد بر لیتر)	٤۸/۸٥ ± ۱/۳۲^{a}	۳۹/٤۳ ± ۱/۱۳^{b}	۳۱/۲۳ ± ۲/۰۹^{c}	۲۲/٥۲ ± ۱/۱٤^{d}

حروف نامشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰٥). میانگین داده‌ها بر اساس واریانس یک طرفه مورد مقایسه قرار گرفتند. تیمار۱ تا ٤ به‌ترتیب حاوی ۰، ۰/٥، ۱۰ و ۱/٥ گرم عصاره جلبک پادینا بر کیلوگرم غذا است.

بحث

تغییرات غذا و مکمل‌های غذایی بر تولید آنزیم‌های گوارشی درون‌زاد و برون‌زاد موثر می‌باشند (۳۷). از فعالیت آنزیم‌های گوارش به‌عنوان شاخص جهت سنجش کارایی مصرف غذا و عملکرد هضم استفاده می‌شود (٤۲). در این تحقیق نتایج نشان داد که افزایش سطوح فعالیت آنزیمی حاصل از رژیم غذایی حاوی سطوح مختلف عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک پادینا می‌تواند هضم پروتئین، نشاسته، چربی و سلولز را بهبود بخشد. با توجه به این‌که تحقیقی در ارتباط با اثر عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک‌های دریایی بر روی فعالیت آنزیم‌های گوارشی آبزیان صورت نگرفته است و اکثر مطالعات انجام شده به بررسی اثر عصاره خام این جلبک‌ها بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی آبزیان پرداخته اند. لذا

مقایسه نتایج این مطالعه با تحقیقات صورت گرفته بر روی سایر محرک‌های ایمنی انجام گرفته است.

استفاده هم‌زمان و مجزا از پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* و پربیوتیک زایلوالیگوساکارید اختلاف معنی‌داری را در فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به وجود نیاورده است (۷) که با نتایج این تحقیق همخوانی نداشت که دلیل عدم همخوانی می‌تواند به میزان انباشتگی روده، گونه آبزی، وضعیت تغذیه، پیچیدگی ساختار سوبسترا، ریتم‌های فیزیولوژیکی، شرایط مختلف آزمایشگاهی و روش‌های مختلف جمع‌آوری نمونه جهت سنجش آنزیم‌های گوارشی مربوط باشد (۱۶، ۲۳). در حالی که Ye و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که ترکیب پروبیوتیک *Bacillus clausii* و پری‌بیوتیک فروکتوز و مانان الیگوساکارید به جیره غذایی کفشک ماهی زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی شد. Mollazaei نیز نشان داد که استفاده از ۱۰ گرم عصاره جلبک الوا (*Ulva rigida*) منجر به افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) شده است (۲۶) که با تحقیق حاضر همخوانی داشتند. شواهدی وجود دارد که اثر پری بیوتیکی پلی ساکارید جلبک‌های دریایی را بر سلامت حیوانات تایید می‌نماید (۲۰).

با توجه به مطالعات انجام شده، در بین کربوهیدرات‌ها اسید آلژینیک و فوکوئیدان موجود در جلبک‌های قهوه‌ای به‌عنوان پربیوتیک در جیره غذایی مورد استفاده قرار گرفته و استفاده آن منجر به کاهش حضور عوامل بیماری‌زا در فلور روده‌ای، افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده از جمله بیفیدوباکترها و در نهایت منجر به افزایش جذب مواد مغذی قابل دسترس در موش شده است (۱۲، ۲۰، ۲۴، ۲۹، ۴۳).

پری‌بیوتیک‌ها از طریق اپی تلیوم روده جذب و با ازدیاد باکتری‌های مفید روده باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز می‌شوند (۳۵). این باکتری‌ها با ترشح آنزیم‌های خارج سلولی نظیر برخی آنزیم‌های گوارشی نقش مهمی در افزایش فعالیت ویژه این آنزیم‌ها در روده ماهیان دارند و می‌توانند منجر به افزایش قابلیت هضم پذیری پروتئین، چربی و کربوهیدرات می‌شوند (۸).

با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در زمینه اثر عصاره پلی ساکاریدهای محلول در آب جلبک‌های ماکروسکوپی بر فاکتورهای بیوشیمیایی در آبزیان صورت نگرفته است لذا نتایج این تحقیق با سایر محرک‌های ایمنی مورد مقایسه قرار گرفته است. Andrew و همکاران (۶) نشان دادند که استفاده از پری بیوتیک مانان الیگوساکارید در جیره غذایی ماهی روهو (*Labeo rohita*) منجر به افزایش معنی‌دار سطوح پروتئین تام و آلبومین در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین Talpur نشان داد که استفاده از عصار جلبک قرمز (*Pyropia yezoensis*) منجر به کاهش معنی دار سطوح گلوکز و تری‌گلیسرید در کفشک ماهی ژاپنی شده است (۴۰) که با تحقیق حاضر همخوانی داشتند.

می‌توان گفت که افزایش پروتئین و آلبومین احتمالا نشان‌دهنده بهبود سیستم ایمنی غیر اختصاصی در آبزیان می‌باشد و کاهش آنزیم‌های آمینوترانسفراز احتمالا نشان‌دهنده سلامت سلول‌های کبد می‌باشد (۶). در حالی‌که Akrami و همکاران نشان دادند که استفاده از ۲ و ٤ گرم پری بیوتیک مانان الگوساکارید بر کیلوگرم غذا در جیره غذایی فیل ماهی (*Huso huso*) تفاوت معنی‌داری را در تمام شاخص‌های بیوشیمیایی اشاره شده در این تحقیق ایجاد ننمود (۳) که با نتایج این تحقیق همخوانی نداشت که می‌توان دلیل عدم همخوانی را به گونه آبزی، نوع پری بیوتیک

و میزان غلظت پری بیوتیک مورد استفاده مربوط دانست (۳). سطح کلسترول و فشارخون بالا، علل بیماری قلبی و عروقی است (۱۸).

پلی ساکاریدهای حاصل از جلبک‌های دریایی مانند آلژینات، کاراژینان، اولون، لامینارن، فوکوئیدان و پورفیران قادر به کاهش چربی و کاهش جذب کلسترول از روده می‌باشند (۳۰).

به‌ویژه، فوکوئیدان در جلبک‌های قهوه‌ای دارای اثرات ضد فشار خون و کاهش قند است و در بهبود سلامت ظاهری و عملکرد سلول، تسریع ترشح انسولین، تحریک مصرف قند در بافت کبد و ماهیچه، کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن، کاهش چربی خون موثر است (۲۲).

به‌علاوه دارای توانایی کاهش کلسترول از طریق فعال نمودن لیستین کلسترول آسیل ترانسفراز و کاهش تری‌گلیسرید از طریق فعال نمودن آنزیم لیپاز می‌باشد (۳۱).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، می‌توان گفت که استفاده از سطوح مختلف عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک پادینا در جیره غذایی میگوی پاسفید غربی منجر به اثرات معنی‌دار مثبتی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و پارامترهای بیوشیمیایی اعم از متابولیسم چربی، قند، سلامت کبد و تقویت سیستم ایمنی غیراختصاصی شد و بهینه‌ترین سطح ۱/۵ گرم بر کیلوگرم غذا گزارش شد. لذا استفاده از غلظت ۱/۵ گرم عصاره پلی ساکارید محلول در آب جلبک پادینا به‌منظور بهبود کارایی مصرف غذا، هضم، ;کاهش چربی، کاهش قند، سلامت کبد و سیستم ایمنی غیراختصاصی در پرورش میگوی پاسفید غربی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری ریاست و پرسنل محترم مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور چابهار و کارشناس محترم آزمایشگاه تخصصی آسیب‌شناسی و پاتوبیولوژی صدف تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Akbary P., Aminikhoei Z., 2018. Effect of polysaccharides extracts of algae *Ulva rigida* on growth, antioxidant, immune response and resistance of shrimp, *Litopenaeus vannamei* against *Photobacterium damselae*. *Aquaculture Research*, 49: 2503-25101

2. Akbary P., Shahraki N., 2016. Effect of *Padina atraulis* extract on growth, feed, fatty acids profile and carcass composition in *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(2): 160-170.

3. Akrami R., Razeghi-Mansour M., Ghobadi Sh., Ahmadifar E., Shaker-Khoshroudi M., Moghimi-Haji M.S., 2013. Effect of prebiotic mannan oligosaccharide on hematological and blood serum biochemical parameters of cultured juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus,1754). *Journal of Applied Ichthyology*, 29(6): 1-5.

4. Atashrazm F., Lowenthal R.M., Woods G.M., Holloway A.F., Dickinson J.L., 2015. Fucoidan and cancer: a multifunctional molecule with anti-tumor potential. *Marine Drugs*, 13: 2327-2346.

5. Atli G., Canli M., 2010. Response of antioxidante systemof freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 1884-1889.

6. Andrews S.R., Sahu N.P., Pal A.K., Kumar S., 2009. Haematological modulation and growth of *Labeo rohita* fingerlings: effect of dietary mannan oligosaccharide, yeast extract, protein hydrolysate and chlorella. *Aquaculture Research*, 41:61-69.

7. Bahram-Beigi M., 2013. Study of using synbiotic *Lactobacillus plantarum* probiotic and xylo oligosaccharides prebiotic on growth indices, digestive enzymes activity, immune responses and environmental shocks in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Thesis of Master of Science, Urmia University, 107 pp (In Persian).

8. Bairagi A., Sarkar-Ghosh K., Sen S.K., Ray A.K., 2002. Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. *Aquaculture*, 10:109-121.

9. Briggs M., Smith S.F., Subasinghe R., Phillips M., 2004. Introduction and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and Pacific. Food and agriculture organization of the United Nations regional office for Asia and Pacific, Bangkok, 79 pp.

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

11. Debashi F., 2017. Effect of red seaweed, *Jania adhaerens* extract on the growth performance, feed utilization, body composition and digestive enzymatic activities of grey mullet *Mugil cephalus*. M.Sc thesis. Marine Sciences Department, Chabahar Maritime University. 60 pp. (In Persian)

12. Deville C., Damas J., Forget P., Dandrifosse G., Peulen O., 2004. Laminarin in the dietary fiber concept. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1030-1038.

13. Esiobu N., Armenta L., Ike J., 2002. Antibiotic resistance in soil and water environments. *International Journal of Environmental Health Research*, 12: 133-144.

14. Furne M., Hidalgo M.C., López A., García-Gallego M., Morales A.E., Domenzain A., Domezain J., Sanz A., 2005. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. *Aquaculture*, 250(1-2): 391-398.

15. Graham L.E., Wilcox, L.W., 2000. Algae. Prentice-Hall, New Jersey, 76 pp.

16. Hidalgo M.C., Urea A., Sanz A., 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture,* 170: 267-283.

17. Khalafalla M.M., El-Hais A.M.A., 2015. Evaluation of seaweeds *Ulva rigida* and *Pterocladia capillaceaas* dietary supplements in Nile Tilapia Fingerlings. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 6(3): 1-5.

18. Kim K.J., Lee B.Y., 2012. Fucoidan from the sporophyll of Undaria pinnatifida suppresses adipocyte differentiation by inhibition of inflammation-related cytokines in 3T3-L1 cells. *Nutrition Research*, 32: 439-447.

19. King J., 1972. Practical clinical enzymology. 2nd ed, London:the University of Michigan press;. P. 250-286.

20. Kuda T., Yano T., Matsuda N., Nishizawa M., 2005. Inhibitory effects of laminaran and low molecular alginate against the cells accompanied by activation of caspase-3 and down-regulation of ERK pathways. *American Journal of Hematology*, 78: 7-14.

21. Kumar P N J., Jyothsana S., Reddy M.H., Sreevani S., 2013. Effect of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus rhamnosus* incorporated probiotic diet on growth pattern and enzymes in *Penaeus vannamei*. *International journal of Life Science and Pharma Research*, 3(4): 6-11.

22. Li D.Y., Xu Z., Huang L.M., Wang H.B., Zhang S.H., 2001. Effect of fucoidan of L. japonicaon rats with hyperlipidaemia. *Food Science*, 22: 92-95.

hepatic tissue. *International Immunopharmacology*, 7: 1497-1506.

30. Panlasigui L.N., Baello O.Q., Dimatangal J.M., Dumelod B.D., 2003. Blood cholesterol and lipidlowering effects of carrageenan on human volunteers. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12: 209-214.

31. Park M.K., Jung U., Roh C., 2011. Fucoidan from marine brown algae inhibits lipid accumulation. Marine Drugs. Electronic Resource, 9: 1359-1367.

32. Peixoto M.J., SvendsenJ.C., Malte H., Pereira L.F., Carvalho P., Pereira R., Rifai N., Bachorik P.S., Albers J.J., 1999. Lipids, lipoproteins and apolipoproteins. In: Burtis CA, Ashwood ER, editors. Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 3rd ed. Philadelphia: W. B . Saunders Company, 809 pp.

33. Pomin V.H., 2011. Structure and use of algal sulfated fucans and galactans. In: Kim S-K (ed) Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phycology. Wiley, Chichister, pp: 229-261.

34. Ragaza J.A., Koshio S., Mamauag R.E., Ishikawa M., Yokoyama S., Villamor S.S., 2015. Dietary supplemental effects of red seaweed *Eucheuma denticulatumon* growth performance, carcass composition and blood chemistry of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Research*, 46: 647-657.

35. Reilly P., Sweeney T., Pierce K.M., Callan J.J., Julka A., O'Doherty J.V., 2008. The effect of seaweed extracts inclusion ongut health and immune status of the weaned pig. *Animal*, 2: 1465-1473.

36. Shahraki N., 2016. Effect of *Padina astraulis* Hauck extract on growth, carcass chemical composition, fatty acids and some of liver parameters in grey mullet (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758) larvae. M.Sc Thesis of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, 60 pp. (In Persian).

23. Lopez-Vasquez K., Castro-Perez C. A., Val A.L., 2009. Digestive enzymes of eight Amazonian teleosts with different feeding habits. *Journal of Fish Biology*, 74: 1620-1628.

24. Lynch M.B., Sweeney T., Callan J. J., O'Sullivan J.T., O'Doherty J.V., 2010. The effect of dietary Laminaria derived laminarin and fucoidan on intestinal microflora and volatile fatty acid concentration in pigs. *Livestock Science*, 133: 157e160

25. Madibana M.J., Mlambo V., Lewis B., Fouché C., 2017. Effect of graded levels of dietary seaweed (Ulvasp.) on grow hematological and serum biochemical parameters in dusky *Argyrosomus japonicus*, sciaenidae. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 107: 1-5.

26. Mollazaei E., 2017. Effect of different levels of dietary supplementation of *Ulva rigida* extract on growth performance, body chemical compositions and digestive enzymes in grey mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus 1758. M.Sc Thesis of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, 60 pp. (In Persian).

27. Morshedi V., Nafisi-Bahabadi M., Sotoudeh E., Azodi M., 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*, 2: 1-11.

28. Natalia Y., Hashim R., Ali A., Chong A., 2004. Characterization of digestive enzymes in a carnivorous ornamental fish, the Asian bony tongue *Scleropages formosus* (Osteoglossidae). *Aquaculture*, 233(1-4): 305.320.

29. Neyrinck A.M., Mouson A., Delzenne N.M., 2007. Dietary supplementation with laminarin, a fermentable marineb (1e3) glucan, protects against hepatotoxicity induced by LPS in rat bymodulating immune response in the

37. Sunde J., Taranger G., Rungruangsak-Torrissen K., 2001. Digestive protease activities and free amino acids in white muscle as indicators for feed conversion efficiency and growth rate in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 25: 335-345.

38. Synytsya A., Čopíková J., Kim W.J., Park Y.I., 2015. Cell wall polysaccharides of marine algae. In: Kim S-K (ed) Springer handbook of marine biotechnology. Springer, Berlin, pp: 543-590.

39. Tabarsa M., Rezaei M, Ramezanpour Z., Waaland J.R., 2012. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia (*Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of Science Food Agriculture*, 92: 2500-2506.

40. 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*, 420-421: 71-78.

41. Thomas L., 1998. Clinical Laboratory Diagnostics. 1st ed. Frankfurt: TH-Books Verlagsgesellschaft, 652 pp.

42. Ueberschar B., 1995. The use of tryptic enzyme activity measurement as a nutritional condition index: laboratory calibration data and field application. ICES Marine Science Symposium, 201: 119-129.

43. Wang Y., Xu Z., Bach S., Mac Allister T., 2009. Sensitivity of *Escherichia colito* seaweed (*Ascophyllum nodosum*) phlorotannins and terrestrial tannins. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 22: 238-245.

44. Xue C.H., Fang Y., Lin H., Chen L., Li Z.J., Deng D., Lu C.X., 2001. Chemical characters and antioxidative properties of sulfated polysaccharides from *Laminaria japonica*. *Journal of Applied Phycology*, 13(1): 67-70.

45. Ye J.D., Wang K., Li F.D., Sun Y.Z., 2011. Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausiion* the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Nutrition*, 17: 902-911.