نسخه قبل از انتشار

اثرات سطوح مختلف آلژینات سدیم استخراج شده از ماکروجلبک (*Sargassum angustifolium*) بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های سیستم ایمنی غیراختصاصی سرم خون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*, Wallbaum, ۱۷۹۲)

ردیف	نام و نام خانوادگی	ایمیل
نویسنده مسؤل	ویان ابراهیمی	viyanebrahimi@gmail.com
سایر نویسندگان	عبدالمجید حاجی مرادلو	ahajimoradloo@yahoo.com
	سید حسین حسینی‌فر	hossein.hoseinifar@gmail.com
	رقیه صفری	fisheriessafari@yahoo.com

چکیده:

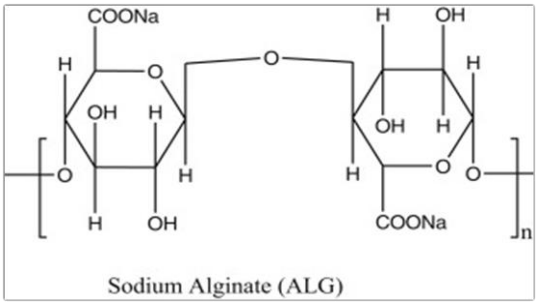
هدف از این مطالعه بررسی اثر آلژینات سدیم به‌عنوان پربیوتیک طبیعی بر عملکرد رشد و برخی پارامترهای ایمنی خون بچه-ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد. به همین منظور تعداد ۴۳۲ قطعه بچه‌ماهی نورس با میانگین وزن اولیه ۰.۳۱ ± ۲.۴۷ گرم با چهار سطح آلژینات سدیم (۰ (شاهد)، ۰.۵، ۱ و ۲) گرم بر کیلوگرم جیره پایه به‌مدت ۸ هفته تغذیه شدند. در پایان دوره پرورش شاخص‌های رشد و خون‌شناسی بر اساس فرمول‌های استاندارد محاسبه و با استفاده از آزمون دانکن آنالیز انجام گرفت. نتایج نشان داد که میزان وزن نهایی (FW)، افزایش وزن (WG)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و فاکتور وضعیت (CF) در تیمارهای تغذیه شده با آلژینات سدیم بهبود یافته و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند ($P<0.05$). میزان نرخ رشد ویژه (SGR) در تیمارهای آلژینات سدیم نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته اما تأثیر معنی‌دار نبوده ($P>0.05$). براساس نتایج بدست آمده از شاخص‌های خون‌شناسی، تیمارهای تغذیه شده با آلژینات سدیم دارای بیشترین میزان هموگلوبین، هماتوکریت، گلبول سفید، گلبول قرمز و MCHC بودند. اما میزان هماتوکریت و گلبول سفید در تیمار ۲ درصد آلژینات سدیم با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$). در شاخص MCH اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نشد($P>0.05$). میزان MCV در تیمارهای حاوی آلژینات سدیم کمترین مقدار بوده و تفاوت نسبت به شاهد معنی‌دار بود ($P<0.05$). بنابراین از این پژوهش می‌توان چنین استنباط کرد که استفاده از آلژینات - سدیم در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند منجر به بهبود عملکرد رشد و برخی پارامترهای خون‌شناسی شود.

کلمات کلیدی: آبزی‌پروری، آلژینات، پربیوتیک، عملکرد رشد وایمنی، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه:

با توجه به جمعیت رو به رشد جهان، تأمین موادغذایی به‌خصوص منابع پروتئینی، تبدیل به دغدغه جهانی شده است، از این رو در دهه‌های أخیر منابع خوارکی با منشأ آبزیان مورد توجه خاصی قرارگرفته است. یکی از گونه‌های با ارزش تجاری بالا، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. با این وجود همواره مشکلاتی از قبیل تراکم بالا و استرس ناشی از تراکم، بیماری‌ها و دیگر تنش‌های محیطی در محیط‌پرورشی این گونه وجود دارد. تنش‌های محیطی می‌تواند باعث ضعیف شدن سیستم ایمنی و در نهایت منجر به مستعد شدن ماهیان برای ابتلا به انواع بیماری‌ها شود، که این امر تولید اقتصادی سیستم‌های آبزی‌پروری را محدود می‌کند (۱). با توجه به حساسیت بچه‌ماهیان در مراحل اولیه رشد، کیفیت و شرایط پرورش در این مرحله، موفقیت در رونق تولید یا شکست برنامه‌های پرورش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طور کلی، افزایش تولید باکیفیت مستلزم تولید بچه‌ماهیان سالم و مقاوم است. به‌عبارت دیگر تقویت سیستم ایمنی از ابتدای مراحل زندگی ماهی منجر به مقاومت در برابر تنش‌های محیطی، افزایش زنده‌مانی، تولید ماهیان مقاوم‌تر و در نهایت افزایش تولید می‌شود. به‌همین منظور استفاده از انواع مکمل‌ها و افزودنی‌های خوراکی محرک‌ایمنی می تواند راهکاری برای تقویت سیستم ایمنی ماهی باشد. از طرف دیگر آنتی-بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی که طی سال‌های گذشته به منظور مبارزه با بیماری‌های آبزیان استفاده می‌شدند، علاوه بر هزینه زیاد و اقتصادی نبودن در صورت استفاده بیش از حد از آنها مقاومت باکتریایی ، تجمع زیستی آنتی‌بیوتیک‌ها در گوشت ماهی و خطرات متعاقب آن در تغذیه انسانی، تضعیف سیستم ایمنی و نیز آلودگی‌های زیست محیطی را موجب می‌شود (۲). به همین دلیل استفاده از محرک‌های ایمنی به عنوان راه حلی برای جایگزینی آنتی بیوتیک‌ها در جهت تحریک ایمنی وکاهش خطر بروز بیماری گسترش یافته است (۳). مکمل‌های پلی‌ساکاریدی مشتق شده از منابع دریایی (MDPs)، یکی از جایگزین‌های بالقوه آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره آبزیان است. امروزه تلاش بر این است که پربیوتیک‌هایی با منشا طبیعی پیدا کنند. اخیراً استفاده از MDP ها در جیره غذایی آبزی‌پروری مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. در آبزی‌پروری از MDP ها به عنوان ماده پربیوتیک استفاده می‌شود که بیشتر به عنوان یک ماده غذایی برای بهبود عملکرد رشد و شرایط بهداشتی پذیرفته می‌شود (۴). از این رو تحقیقات أخیر بر روی جلبک‌ها و گیاهان‌دارویی بیشتر به سمت استخراج هدفمند عصاره‌های طبیعی و ترکیبات زیست فعال سوق پیدا کرده است که یکی از این ترکیبات استخراج شده از ماکروجلبک‌های دریایی، پلی‌ساکاریدها است (۵). در واقع پلی‌ساکاریدها، پلیمرهایی هستند که با حذف یک مولکول آب بین هر جفت واحدهای مونوساکارید به وجود آمده و باعث ایجاد یک ارتباط گلیکوزیدی می‌شوند. ویژگی‌های ساختاری یک پلی‌ساکارید مانند: گروه هیدروکسیلی، نوع و ماهیت پیوند گلیکوزیدها (آلفا یا بتا)، موقعیت گروه‌های سولفات، طول زنجیره، موقعیت شاخه‌ها و در نهایت وزن مولکولی متفاوت است که باعث تفاوت در عملکرد بیولوژیکی آنها شده است (۶). پلی‌ساکاریدها اغلب فعالیت دارویی مانند ضد انعقادی، ضد اکسیداسیون و ضد تومور دارند (۷، ۸، ۹). همچنین به‌عنوان پربیوتیک عمل می‌نماید و موجب رشد باکتری‌های مفید در لوله گوارش، اثرات مثبت بر رشد و ارتقاء سلامتی می‌شود. پربیوتیک‌ها ترکیبات غیرقابل هضم و قابل تخمیر هستند که باعث رشد یا تغییر فعالیت باکتریایی روده به سمت باکتری‌های مفید روده(پروبیوتیک‌ها) و در نهایت تحریک پاسخ ایمنی، افزایش مقاومت به عوامل بیماری‌زا و بهبود عملکرد رشد در انسان و حیوانات به خصوص گونه‌های پرورشی می‌شوند. بسیاری از پربیوتیک‌ها (برای مثال: اسید آلژینیک) از دسته فیبرهای محلول در رژیم غذایی هستند که نقش مثبتی بر لوله گوارش حیوانات ایفاء می‌نمایند و باعث ارتقاء سیستم ایمنی می‌گردند. آلژینات سدیم (sodium alginate)، یک پلیمر آنیونی است

که به‌طور معمول از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای استخراج می‌شود (۱۰)، این ماده که با فرمول شیمیایی $(C_6H_7NaO_6)_n$ شناخته شده است (شکل ۱)، یک پلی‌ساکارید خطی محلول در آب و از مشتقات آلژینیک اسید استخراج شده از جلبک‌های قهوه‌ای است. آلژینات دارای ویژگی‌های متعددی مانند ویژگی‌های ضداکسایشی، ضدالتهابی، ضد سرطانی و توموری، پربیوتیکی، تنظیم کننده سیستم ایمنی، سازگاری زیستی، فعالیت ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی است (۱۱، ۱۲). آلژینات به‌دلیل خواص زیست تخریب‌پذیری، سازگاری با محیط زیست، پایداری، ژل‌سازی در حضور کاتیون‌های چندظرفیتی و خاصیت کشسانی در صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته است (۱۳). أخیراً آلژینات نقش بزرگی را در چندین زمینه پزشکی مانند: داروسازی (۱۴)، دندانپزشکی (۱۵، ۱۶)، مهندسی بافت (۱۷، ۱۸، ۱۹) ایفا می‌کند (۲۰). همچنین طی سال‌های أخیر تحقیقات متعددی در زمینه آبزیان صورت گرفته و اثرات محرک ایمنی و رشد آلژینات سدیم را اثبات کرده است. برای مثال جیره غنی شده با آلژینات سدیم موجب بهبود عملکرد رشد، ایمنی غیراختصاصی و افزایش مقاومت به بیماری در تیلاپیای نیل شد (۲۱، ۲۲، ۲۳). همچنین نتایج تحقیقی تحت عنوان تأثیر آلژینات سدیم بر تحریک شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی و مقاومت به سمیت ناشی از ازن در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد، تجویز خوراکی آلژینات سدیم باعث بهبود عملکرد و تقویت سیستم ایمنی و افزایش مقاومت ماهی به سمیت ناشی از ازن و درنهایت باعث افزایش درصد زنده‌مانی گردید (۲۴). مواد غذایی خوراکی با خاصیت پربیوتیکی برای انجام این تحقیق با تأکید بر مرور منابع و بررسی سابقه پیشین سایر مطالعات، آلژینات سدیم استخراج شده از ماکروجلبک (*Sargassum angustifolium*) می‌باشد.



شکل ۱: فرمول شیمیایی آلژینات سدیم (۲۵)

اهداف و دامنه تحقیق:

۱) افزایش عملکرد رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) با مکمل سازی جیره با آلژینات سدیم استخراج شده از ماکروجلبک (*Sargassum angustifolium*)

۲) بهبود سیستم ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) با مکمل سازی جیره با آلژینات سدیم استخراج شده از ماکروجلبک (*Sargassum angustifolium*)

۳) به دست آوردن سطح مناسب آلژینات سدیم بر عملکرد رشد و ایمنی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

مواد و روش‌ها:

تهیه ماهی و شرایط آزمایشگاهی:

تعداد ۴۳۲ قطعه بچه‌ماهی نورس قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی۰.۴۷ ± ۲ از کارگاه زرین گل واقع در استان گلستان خریداری شد و در کیسه‌های پلاستیکی دوجداره (یک سوم حجم آب کارگاه و حجم باقیمانده اکسیژن تحت فشار) ذخیره-سازی و به آزمایشگاه شهید ناصر فضلی برآبادی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. بچه ماهیان پس از انتقال به مکان آزمایش به مدت ۲ هفته جهت سازگاری با شرایط آزمایش نگهداری و با جیره پایه محصول شرکت ۲۱ بیضاء (جدول۱) تغذیه شدند. سپس ماهیان به صورت تصادفی در ۱۲ مخزن ۲۰۰ لیتری به تعداد ۳۶ عدد در هرتانک تقسیم شدند. آزمایش با ۴ تیمار تغذیه‌ای و هر تیمار با ۳ تکرار انجام شد.

آماده‌سازی جیره غذایی:

استخراج آلژینات سدیم: میزان ۱۰۰ گرم نمونه ماکروجلبک با ۳۰۰ میلی‌لیتر فرمالین (۴۰ درصد) به مدت ۲ ساعت به منظور حذف چربی‌ها و رنگدانه ها شیک شد. سپس نمونه سه بار با آب مقطر شستشو داده و پس از آن ۵۰۰ میلی لیتر محلول آبی HCL (۰.۱ نرمال)، جهت شکستن دیواره سلولی به نمونه اضافه گردید و به مدت ۲۱ ساعت همزده شد تا آلژینات موجود در ماکروجلبک به‌صورت اسیدآلژینیک نامحلول درآید و بعد از آن نمونه را با آب مقطر شستشو داده و به داخل بشر با ۴۰۰ میلی‌لیتر محلول آبی Na_2CO_3 (۲ درصد، PH= ۱۱) به مدت ۵ ساعت با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور شیک-دار همزده شد تا اسید آلژینیک به فرم آلژینات سدیم درآید، سپس نمونه به مدت ۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید، سپس محلول چسبناک رویی جهت خالص سازی آلژینات سدیم جمع‌آوری شده و در ادامه با اضافه کردن اتانول ۹۶ درصد، آلژینات رسوب داده و رسوب حاصل از اتانول جدا گردید و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد خشک شد. بعد از خشک شدن آلژینات را پودرکرده و ترکیب مورد نظر با توجه به مقادیر تعیین شده از مواد انتخابی در ۱۰ میلی‌لیتر آب سوسپانسیون شده و به صورت اسپری به غذا افزوده می‌گردد (۲۶). در انتها برای به حداقل رساندن میزان آبشویی ترکیبات غذایی در محیط آبی، از ژلاتین به عنوان پوشش استفاده شد.

جدول ۱: آنالیز شیمیایی جیره تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر اساس ماده خشک (شرکت ۲۱ بیضاء).

ترکیبات	میزان (درصد)
پروتئین خام	۵۰-۵۵
چربی خام	۹-۱۳
فیبر خام	۱/۵-۲
رطوبت	۱۲
خاکستر	۱۱-۱۵
فسفر قابل دسترس	۱-۱/۴
انرژی (kcal/kg)	
انرژی قابل هضم	۴۳۰۰

تیماربندی و تهیه جیره غذایی: پودر آلژینات سدیم استخراج شده از مرحله قبل، برای انجام آزمون میزان اثرات احتمالی در بدن ماهی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این آزمایش، یک جیره پایه و سه جیره آزمایشی برای بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در نظر گرفته شد. سطوح آلژینات سدیم براساس مقالات قبلی انتخاب شد (۲۷). تیمارهای در نظر گرفته شده مطابق با جدول ۱ بوده که در سه تکرار انجام شد. جهت آماده‌سازی غذا، به ازای هر یک کیلوگرم از جیره غذایی به ۸۰ میلی لیتر از محلول ژلاتین ۳-۵ درصد اسپری شد. میزان آلژینات سدیم هر تیمار محاسبه گردیده و به جیره هر تیمار اسپری شد. غذای اسپری شده و مرطوب در هوای آزاد محیط و با رعایت نکات بهداشتی خشک شدند و تا زمان مصرف در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. غذادهی به صورت دستی بر اساس ۵ درصد وزن توده‌ی زنده محاسبه و روزانه در ۳ نوبت انجام گردید.

جدول ۲: نحوه تیماربندی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد استفاده در آزمایش.

تیمارهای آزمایشی	مکمل‌سازی جیره	کدبندی	آلژینات سدیم (به ازای درصد جیره)
تیمار یک (شاهد)	-	جیره ۱	۰
تیمار دو	آلژینات سدیم ۱	جیره ۲	۰.۵
تیمار سه	آلژینات سدیم ۲	جیره ۳	۱
تیمار چهار	آلژینات سدیم ۳	جیره ۴	۲

فاکتورهای رشد:

پس از ۵۶ روز تغذیه با جیره حاوی مکمل آلژینات سدیم، به‌منظور ارزیابی فاکتورهای رشد، ماهیان به‌مدت ۲۴ ساعت غذادهی نشدند و پس از زیست‌سنجی نهایی فاکتورهای رشد از جمله وزن نهایی(FW)، افزایش وزن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، فاکتور وضعیت (CF)، طبق فرمول‌های زیر محاسبه شد:

افزایش وزن (درصد) = ((وزن نهایی – وزن اولیه)/ وزن اولیه) × ۱۰۰

نرخ رشد ویژه (درصد) = ((لگاریتم وزن نهایی – لگاریتم وزن اولیه) /مدت زمان پرورش) × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی = مقدار غذای خورده شده / مقدار وزن اضافه شده

فاکتور وضعیت = وزن برحسب گرم/ ^{3}(طول برحسب سانتی‌متر) × ۱۰۰

سنجش شاخص‌های خونی:

جهت بررسی شاخص‌های خونی، در پایان دوره پرورش ۱۰ قطعه ماهی از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب و پس از بیهوشی در محلول ppm ۱۰۰ یوجینول، سپس نمونه خون با استفاده از سرنگ از ساقه دومی گرفته شد و در ظرف‌های پلاستیکی هپارینه که حاوی ماده ضدانعقاد بود، ریخته شدند. نمونه‌های خون هپارینه جهت مطالعات خون‌شناسی استفاده شد (۲۸).

سنجش میزان هموگلوبین:

غلظت هموگلوبین به روش استاندارد سیانومتاهموگلوبین (cyanometahemoglobin) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر و میزان هموگلوبین برحسب (g/dl) تعیین گردید (۲۹).

تعیین میزان درصد هماتوکریت:

اندازه گیری هماتوکریت با استفاده از روش لوله‌های میکروهماتوکریت انجام شد (۳۰). بدین منظور ابتدا نمونه‌های خونی به مدت ۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰ g سانتریفیوژ شده و با استفاده از خط‌کش مخصوص میکروهماتوکریت بر حسب درصد میزان هماتوکریت تعیین گردید (۳۱).

شمارش تعداد گلبول‌های قرمز و سفید خون:

شمارش کلی گلبول‌های قرمز خون (RBC) به روش دستی و با استفاده از لام هموسیتومتر نئوبار صورت گرفت. بدین منظور خون به نسبت ۲۰۰ برابر با سرم فیزیولوژی در پیپت ملانژور قرمز رقیق شده و به وسیله لام هموسیتومتر در ۵ خانه شمارش گردید و در عدد ثابت ۱۰۰۰۰ ضرب و تعداد گلبول‌ها در واحد حجم گزارش شد. شمارش گلبول‌های سفید (WBC) هم به روش هموسیتومتر (hemocytometer) با رقیق کردن خون به نسبت ۴۰ برابر با محلول داسیس در پیپت ملانژور سفید رقیق شده و به وسیله لام هموسیتومتر در ۴ خانه مربوط به گلبول‌های سفید شمارش گردید و تعداد در واحد حجم تعیین شد (۳۲).

اندیس‌های گلبولی MCV، MCH و MCHC:

اندیس‌های خونی گلبول قرمز شامل میانگین حجم گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین گلبول قرمز (MCH) و میانگین غلظت هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) براساس روابط استاندارد موجود محاسبه شدند (۳۳).

MCHC=Hb×10/Hct MCV=Hct×10/RBC (million) MCH=Hb×10/RBC (million)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها:

این تحقیق به صورت یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار در سه تکرار (در هر تکرار ۳۶ نمونه) انجام شد. ابتدا نرمالیتی داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogrov – Smirnov) مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح خطا ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار (SPSS22) انجام گرفت.

نتایج و بحث

فاکتورهای رشد:

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی فاکتورهای رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تأثیر استفاده از جیره مکمل شده با سطوح مختلف آلژینات سدیم در جدول ۳ خلاصه شده است. نتایج نشان داد که با افزایش سطح مصرف آلژینات سدیم در جیره میزان وزن نهایی (FW)، افزایش وزن (WG) و فاکتور وضعیت (CF) افزایش یافت. به‌طوری‌که بالاترین مقدار این فاکتورها در ماهیان تغذیه شده با ۱ گرم آلژینات سدیم (تیمار سوم) بوده و تیمارهای ۰.۵ و ۲ گرم آلژینات سدیم هم اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد داشتند ($P<$۰.۰۵). کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) نیز در تیمار سوم (۱ گرم آلژینات سدیم) و بیشترین ضریب تبدیل غذایی در گروه شاهد مشاهده شد و بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<$۰.۰۵). نرخ رشد ویژه (SGR) در ماهیان تغذیه شده با آلژینات سدیم بیشتر از گروه شاهد بوده اما اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P>$۰.۰۵).

جدول ۳: عملکرد رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف آلژینات سدیم به‌مدت ۸ هفته

فاکتورهای رشد	سطوح مختلف مکمل آلژینات سدیم (g/kg)			
	۰	۰/۵ گرم	۱ گرم	۲ گرم
وزن اولیه (گرم)	2.5 ±0.5	2.47 ± 0.06	2.33 ± 0.21	2.57 ± 0.4
وزن نهایی (گرم)	20.33 ± 0.58^{b}	22.67 ± 1.04^{a}	23.5 ± 0.5^{a}	۲۳.۰ ± 0.5^{a}
افزایش وزن (گرم)	۱۷.۵ ± 0.5^{b}	20.2 ± 0.98^{a}	۲۱.۱۷ ± 0.31^{a}	۲۰.۳۷ ± 0.11^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/ روز)	3.76 ± 0.32	3.96 ± 0.05	4.12 ± 0.13	3.92 ± 0.24

ضریب تبدیل غذایی	1.83 ± 0.15 [a]	۱.۷۳± ۰.۰۴[b]	1.68 ± 0.01[bc]	۱.۷۱ ± 0.006c
فاکتور وضعیت	1/13 ± 0/047	1/79 ± 0/21	1/94 ± 0/26	1/74 ± 0/36

پارامترهای خون شناسی:

جدول ۴ نشان‌دهنده نتایج حاصل از آزمایش‌های خون‌شناسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف آلژینات سدیم است. تأثیر غلظت‌های مختلف آلژینات سدیم بر (MCH) تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد (P>۰.۰۵). نتایج حاصل از میزان گلبول‌های قرمز، هموگلوبین، (MCHC) در ماهیان شاهد و تیمارهای ۰.۵ ، ۱ و ۲ گرم آلژینات سدیم نیز براساس آزمون آنالیز واریانس بین تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد (*P*<۰.۰۵). میزان گلبول سفید از (μl/۱۰[۳]×) ۱۹.۳۹ در تیمار شاهد به (μl/۱۰[۳]×) ۲۰.۹۶ در تیمار ۲ گرم آلژینات سدیم و همچنین میزان هماتوکریت از ۴۰ درصد در تیمار شاهد به ۴۳ درصد در تیمار ۲ گرم آلژینات سدیم افزایش یافته و اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (*P*<۰.۰۵).

جدول ۴ : پارامترهای خون شناسی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف آلژینات سدیم به‌مدت ۸ هفته

فاکتورهای خون شناسی	سطوح مختلف مکمل آلژینات سدیم (g/kg)			
	۰	۰/۵ گرم	۱ گرم	۲ گرم
هموگلوبین (g/dl)	4.99 ± 0.24[c]	6.25 ± 0.33[b]	6.30 ± 0.26[b]	7.02 ± 0.54[a]
هماتوکریت (٪)	40 ± 1.01 [b]	40.33 ± 0.58 [b]	41.33 ± 1.15 [b]	۴۳.۶۷ ± 1.53 [a]
گلبول قرمز (۱۰[۶]/میکرولیتر)	۱.۰۶ ± 0.05[c]	1.34 ± 0.08[b]	۱.۴۵ ± 0.03[a]	۱.۵۱ ± 0.02[a]
گلبول سفید (۱۰[۳]/میکرولیتر)	19.39 ± 0.15[b]	20.17 ± 0.71[ab]	20.21 ± 0.29[ab]	20.96 ± 0.62[a]
MCV (fl)	376.84 ± 22.89[a]	300.78 ± 14.54[b]	284.42 ± 6.37[b]	290.42 ± 7.16[b]
MCH (pg)	47.1 ± 3.6	46.68 ± 4.7	43.34 ± 1.2	46.69 ± 3.10
MCHC (g/dl)	12.49 ± 0.29[b]	15.49 ± 0.84[a]	15.25 ± 0.75[a]	16.07 ± 0.67[a]

بحث و نتیجه‌گیری کلی:

مطالعات بسیاری اثرات مثبت استفاده از مکمل‌های غذایی به ویژه پربیوتیک‌ها را در جیره آبزیان بر روی عملکرد رشد و سیستم ایمنی ماهی گزارش کرده‌اند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که تغذیه بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با جیره حاوی مکمل آلژینات سدیم که درواقع یک نوع پربیوتیک طبیعی محسوب می‌شود، در سطح $g.kg^{-1}$ ۰.۵ ، ۱ و ۲ تأثیرات مثبتی را بر عملکرد رشد این گونه در مقایسه با گروه شاهد اعمال کردند. به‌طوری‌که میزان وزن نهایی، افزایش وزن و فاکتور وضعیت در این تیمارها در سطح معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود. همراستا با نتایج به‌دست آمده از این مطالعه سالاروند و همکاران (۲۴)، افزایش وزن نهایی (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWG)، ضریب رشد ویژه (SGR)، و فاکتور وضعیت (CF) و بهبود ضریب تبدیل غذایی (FCR) را در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با آلژینات سدیم به مدت ۴۵ روز گزارش کردند. همچنین نتایج مطالعه Ashuori و همکاران (۲۰۱۸) بر روی ماهیان سی‌باس دریایی (*Lates calcalifer*)، نشان دادند که استفاده از $g\ Kg^{-1}$ ۲ آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین و پربیوتیک *(Pediococcus acidilactici)* در جیره غذایی باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در شاخص افزایش وزن بدن(BWG) و میانگین وزن نهایی(WG) می‌شود (۳۴). نتایج بسیاری از مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از جیره غنی شده با آلژینات سدیم در گونه‌های تیلاپیای نیل (۲۱، ۲۲، ۲۳)، ماهی هامور معمولی (۲۷)، قزل آلای رنگین کمان (۲۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷)، فیل ماهی (۳۸، ۳۹)، کپور (۴۰) و میگو (۴۱)، می‌تواند عملکرد رشد را به شکل مثبتی تحت تأثیر قرار دهد. باتوجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که این فرضیه وجود دارد که دلیل افزایش و بهبود عملکرد رشد در اثر تغذیه با آلژینات سدیم می‌تواند مربوط به خاصیت پربیوتیکی آن باشد، پربیوتیک‌ها می‌توانند با افزایش قابلیت هضم مواد مغذی برعملکرد رشد اثر بگذارند که این افزایش در نتیجه فعالیت جمعیت باکتری‌های روده میزبان همراه است که می‌تواند منجر به افزایش آنزیم‌های گوارشی و فعالیت آنها، افزایش هضم موادغذایی و متعاقباً بهبود عملکرد رشد و کارایی تغذیه شوند (۴۲). در مطالعه حاضر عملکرد رشد تحت تأثیر استفاده از $g\ kg^{-1}$ ۰.۵ ، ۱ و ۲ آلژینات سدیم بهبود یافت که این امر می‌تواند دلیل روشنی بر تخمیر و تجزیه آلژینات سدیم توسط فلور باکتریایی روده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باشد. از طرفی دیگر در مطالعه Yarahmadi و همکاران (۲۰۲۳)، اثرات آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین در دو سطح ۵ و ۱۰ گرم آلژینات سدیم بر عملکرد رشد شانک زرد باله (Acanthopagrus latus) به مدت ۸ هفته بررسی شد، نتایج نشان داد که آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین اثر معنی-داری بر وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی نسبت به گروه شاهد نداشته (۴۳). همچنین سهلی و همکاران (۲۰۲۰)، طی تحقیقی عدم تأثیر آلژینات سدیم (۰.۵٪ ، ۱٪ و ۲٪) با وزن مولکولی پایین بر فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی گزارش کردند (۴۴)، که این موضوع می‌تواند به علت عدم تجزیه و تخمیر آلژینات سدیم در روده ماهی کپورمعمولی و شانک زرد باله توسط فلور باکتریایی باشد. به طورکلی سن، اندازه، نوع گونه پرورشی، مدت تجویز پربیوتیک، نوع پربیوتیک انتخابی، نحوه‌ی اضافه کردن مکمل به جیره، نوع استراتژی تغذیه، شرایط محیطی بهداشتی نگهداری موجود و فرمولاسیون جیره غذایی همگی می‌توانند در تأثیر متفاوت پربیوتیک روی رشد و بازماندگی نقش داشته باشند (۴۵).

بررسی شاخص‌های خون‌شناسی می‌تواند اطلاعات مفیدی را در رابطه با وضعیت سلامت ماهی نشان دهند (۳۶). به‌عنوان مثال کاهش در میزان هماتوکریت نشان می‌دهد که غذا توسط ماهی مصرف نشده یا امکان بیماری عفونی وجود دارد. همچنین افزیش معنی‌دار میزان (MCV) همراه با افزایش هماتوکریت و کاهش میزان (MCHC) در پاسخ به مواجه با ترکیبات ارگانوفسفره مشاهده شده است (۴۶). نتایج بررسی شاخص‌های خون‌شناسی این مطالعه نشان داد که جیره حاوی ۰.۵، ۱ و ۲ گرم آلژینات سدیم موجب افزایش میزان هموگلوبین، گلبول قرمز، گلبول سفید، هماتوکریت و (MCHC) می-شود. میزان گلبول سفید و هماتوکریت در تیمار چهارم (۲ گرم آلژینات سدیم) بیشترین مقدار بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<0.5$). همچنین میزان (MCV) در تیمارهای حاوی آلژینات سدیم کاهش داشته و با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<0.5$) که این نتیجه در تیمار تغذیه شده با ۱۰ گرم بر کیلوگرم آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین در مطالعه Ashuori و همکاران، (۳۴) مطابقت دارد. اما تفاوتی در میزان (MCH) در هیچکدام از تیمارها مشاهده نشد که مشابه با مطالعه Ashuori و همکاران، (۳۴) می‌باشد. افزایش تعداد گلبول قرمز و گلبول سفید در قزل‌آلای رنگین‌کمان (۳۵ و ۳۶)، سی‌باس دریایی (۳۴) و فیل ماهی (۳۸ و ۳۹) تغذیه شده با آلژینات مشاهده شد.

به‌طور کلی باتوجه به نتایج این مطالعه می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از سطوح مختلف آلژینات سدیم تأثیر مثبت بر عملکرد رشد و شاخص‌های خون‌شناسی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان داشته. به بیان دقیق‌تر سطح ۲ گرم آلژینات سدیم بهترین نتیجه را در شاخص‌های خون‌شناسی و تمام سطوح آلژینات سدیم (۰.۵، ۱ و ۲)، بهبود عملکرد رشد را به همراه داشت. باتوجه به مطالعات انجام شده و خواص ویژه آلژینات سدیم استخراج شده از ماکروجلبک‌های دریایی، و همچنین وفور این ماکروجلبک‌ها در ایران و کشورهای دارای مرز دریایی و با نظر به اینکه تولید این محصول فرآیند پیچیده‌ای نیاز ندارد، تولید و استفاده از آلژینات سدیم در صنعت آبزی‌پروری مقرون به‌صرفه می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که از آلژینات سدیم در مطالعات بیشتری به‌ویژه روی ماهیان اقتصادی و تعیین دوز بهینه آن صورت گیرد.

منابع:

(1) Sado, R.Y., Bicudo, Á.J.D.A. and Cyrino, J.E.P., 2008. Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, Oreochromis niloticus, has no effect on hematological parameters and showed decreased feed consumption. *Journal of the world Aquaculture Society*, *39*(6), pp.821-826.

(2) Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B. and Sasal, P., 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, *433*, pp.50-61.

(3) Kapetanović, D., Kurtović, B. and Teskeredžić, E., 2005. Differences in bacterial population in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbum) fry after transfer from incubator to pools. *Food technology and biotechnology*, *43*(2), pp.189-193.

(4) Mohan, K., Ravichandran, S., Muralisankar, T., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., Seedevi, P., Abirami, R.G. and Rajan, D.K., 2019. Application of marine-derived polysaccharides as immunostimulants in aquaculture: A review of current knowledge and further perspectives. *Fish & shellfish immunology*, *86*, pp.1177-1193.

(5) Deepika, R.C., 2017. Fucose-containing sulfated polysaccharides from Sargassum wight II: Extraction technology and anticancer activity assessment. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*, *7*(3).

(6) El-Sayed, M., Fleita, D., Rifaat, D. and Essa, H., 2018. Assessment of the state-of the-art developments in the extraction of antioxidants from marine algal species. *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food*, pp.367-397.

(7) Hamed, I., Özogul, F., Özogul, Y. and Regenstein, J.M., 2015. Marine bioactive compounds and their health benefits: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *14*(4), pp.446-465.

(8) De Jesus Raposo, M.F., De Morais, A.M.B. and De Morais, R.M.S.C., 2015. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Marine drugs*, *13*(5), pp.2967-3028.

(9) Rahman, M.A., 2016. An overview of the medical applications of marine skeletal matrix proteins. *Marine Drugs*, *14*(9), p.167.

(10) Lee, K.Y. and Mooney, D.J., 2012. Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in polymer science*, *37*(1), pp.106-126.

(11) Alboofetileh, M., & Jeddi, S. 2022. A review on sources, extraction methods, properties and applications of alginate extracted from brown seaweeds. *Advanced Aquaculture Sciences Journal*, *6*(7), 25-35.

(12) Kelishomi, Z.H., Goliaei, B., Mahdavi, H., Nikoofar, A., Rahimi, M., Moosavi-Movahedi, A.A., Mamashli, F. and Bigdeli, B., 2016. Antioxidant activity of low molecular weight alginate produced by thermal treatment. *Food chemistry*, *196*, pp.897-902.

(13) Oussalah, M., Caillet, S., Salmiéri, S., Saucier, L. and Lacroix, M., 2006. Antimicrobial effects of alginate-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of Food Protection*, *69*(10), pp.2364-2369.

(14) Agarwal, T., Narayana, S.G.H., Pal, K., Pramanik, K., Giri, S. and Banerjee, I., 2015. Calcium alginate-carboxymethyl cellulose beads for colon-targeted drug delivery. *International journal of biological macromolecules*, *75*, pp.409-417.

(15) Al-Enazi, T.A. and Naik, A.V., 2016. Disinfection of alginate and addition silicon rubber-based impression materials: comparative analysis of 1% sodium hypochlorite and 2% glutaraldehyde. *international journal of stomatology & occlusion medicine*, *8*(Suppl 1), pp.44-48.

(16) Demajo, J.K., Cassar, V., Farrugia, C., Millan-Sango, D., Sammut, C., Valdramidis, V. and Camilleri, J., 2016. Effectiveness of disinfectants on antimicrobial and physical properties of dental impression materials. *The International journal of prosthodontics*, *29*(1), pp.63-67.

(17) Venkatesan, J., Nithya, R., Sudha, P.N. and Kim, S.K., 2014. Role of alginate in bone tissue engineering. *Advances in food and nutrition research*, *73*, pp.45-57.

(18) Venkatesan, J., Bhatnagar, I., Manivasagan, P., Kang, K.H. and Kim, S.K., 2015. Alginate composites for bone tissue engineering: A review. *International journal of biological macromolecules*, *72*, pp.269-281.

(19) Venkatesan, J., Jayakumar, R., Anil, S., Chalisserry, E.P., Pallela, R. and Kim, S.K., 2015. Development of alginate-chitosan-collagen based hydrogels for tissue engineering. *Journal of Biomaterials and Tissue Engineering*, *5*(6), pp.458-464.

(20) Venkatesan, J., Anil, S. and Kim, S.K., 2017. Introduction to seaweed polysaccharides. In *Seaweed polysaccharides* (pp. 1-9). Elsevier.

(21) Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Tapingkae, W. and Khamtavee, P., 2017. The effects of dietary kefir and low molecular weight sodium alginate on serum immune parameters, resistance against Streptococcus agalactiae and growth performance in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Fish & Shellfish Immunology*, *62*, pp.139-146.

(22) Van Doan, H., Tapingkae, W., Moonmanee, T. and Seepai, A., 2016. Effects of low molecular weight sodium alginate on growth performance, immunity, and disease resistance of tilapia, Oreochromis niloticus. *Fish & shellfish immunology*, *55*, pp.186-194.

(23) Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Tapingkae, W., Tongsiri, S. and Khamtavee, P., 2016. Combined administration of low molecular weight sodium alginate boosted immunomodulatory, disease resistance and growth enhancing effects of Lactobacillus plantarum in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Fish & Shellfish Immunology*, *58*, pp.678-685.

(24) Salarvand, S., Jalali, S. A. H., Mahboobi Soofiani, N., Allafchian, A. 2020. 'Effect of Sodium Alginate on Non-Specific Immune Parameters and Resistance to Ozone Toxicity in Rainbow Trout Fingerlings (Oncorhynchus mykiss)', *Journal of Animal Environment*, 12(4), pp. 343-352. doi: 10.22034/aej.2020.129981.

(25) Berdimurodov, E., Eliboev, I., Kholikov, A., Akbarov, K., El Ibrahimi, B., Verma, D.K., Berdimuradov, K., Dagdag, O. and Haldhar, R., 2023. Pharmaceutical drugs as prominent corrosion inhibitors: fundamental and computational aspects of density functional theory. In *Computational Modelling and Simulations for Designing of Corrosion Inhibitors* (pp. 461-479). Elsevier.

(26) Aanyu, M., 2016. Effects of phytogenic compounds on growth and nutritional physiology of Nile tilapia (Oreochromis niloticus).

(27) Yeh, S.P., Chang, C.A., Chang, C.Y., Liu, C.H. and Cheng, W., 2008. Dietary sodium alginate administration affects fingerling growth and resistance to Streptococcus sp. and iridovirus, and juvenile non-specific immune responses of the orange-spotted grouper, Epinephelus coioides. *Fish & shellfish immunology*, *25*(1-2), pp.19-27.

(28) Ross, N.W., Firth, K.J., Wang, A., Burka, J.F. and Johnson, S.C., 2000. Changes in hydrolytic enzyme activities of naive Atlantic salmon Salmo salar skin mucus due to infection with the salmon louse Lepeophtheirus salmonis and cortisol implantation. *Diseases of aquatic organisms*, *41*(1), pp.43-51.

(29) Larsen, H.N. 1964. Comparison of various methods of hemoglobin detection of channel catfish blood. *J. Progressive Fish-Culturist*. 26: 11-15.

(30) Blaxhall, P.C., 1972. The haematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature. *Journal of fish biology*, *4*(4), pp.593-604.

(31) Goldenfarb, P., Bowyer, F.P., Hall, E., and Brosious, E. 1971. Reproductibility in the hematology laboratory: the microhematocrite determination. *J. Clinic. Pathol*. 56: 3. 35-39.

(32) Leonard, J.B.K., and Cormick, S.D. 2005. Changes in haematology during up stream migration to American shad. J. Fish Biol. 54: 1218-1230.

(33) Lee, R.G., Foerster, J., Jukens, J., Paraskevas, F. and Greer, J.P., 1998. Rodgers GM. Wintrobe s-Clinical Hematology, New York, USA.

(34) Ashouri, G., Soofiani, N.M., Hoseinifar, S.H., Jalali, S.A.H., Morshedi, V., Van Doan, H. and Mozanzadeh, M.T., 2018. Combined effects of dietary low molecular weight sodium alginate and Pediococcus acidilactici MA18/5M on growth performance, haematological and innate immune responses of Asian sea bass (Lates calcalifer) juveniles. *Fish & shellfish immunology*, *79*, pp.34-41.

(35) Heidarieh, M., Mirvaghefi, A.R., Akbari, M., Farahmand, H., Sheikhzadeh, N., Shahbazfar, A.A. and Behgar, M., 2012. Effect of dietary Ergosan on growth performance, digestive enzymes, intestinal histology, hematological parameters and body composition of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Fish physiology and biochemistry*, *38*, pp.1169-1174.

(36) Akbari, M., Heidarieh, M., Mirvafeghi, A., Farahmand, H., Sheikhzadeh, H. and Najafi Hajivar, E., 2015. Effect of dietary Ergosan and Hilyses on growth performance, hematological variables and immune response in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal*, *1*(1), pp.1-6.

(37) Sheikhzadeh, N., Pashaki, A.K., Nofouzi, K., Heidarieh, M. and Tayefi-Nasrabadi, H., 2012. Effects of dietary Ergosan on cutaneous mucosal immune response in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Fish & shellfish immunology*, *32*(3), pp.407-410.

(38) Heidarieh, M., Soltani, M., Tamimi, A.H. and Toluei, M.H., 2011. Comparative effect of raw fiber (Vitacel) and alginic acid (Ergosan) on growth performance, immunocompetent cell population and plasma lysozyme content of giant sturgeon (Huso huso). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *11*(3).

(39) Jalali, M.A., Ahmadifar, E., Sudagar, M. and Takami, G.A., 2009. Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (Huso huso Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. *Aquaculture Research*, *40*(7), pp.804-809.

(40) Kumar, S., Prakash, C., Chadha, N.K., Gupta, S.K., Jain, K.K. and Pandey, P.K., 2018. Effects of dietary alginic acid on growth and haemato-immunological responses of Cirrhinus mrigala (Hamilton, 1822) fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *19*(5), pp.373-382.

(41) Montero-Rocha, A., McIntosh, D., Sanchez-Merino, R. and Flores, I., 2006. Immunostimulation of white shrimp (Litopenaeus vannamei) following dietary administration of Ergosan. *Journal of Invertebrate Pathology*, *91*(3), pp.188-194.

(42) Shan, X., Xiao, Z., Huang, W. and Dou, S., 2008. Effects of photoperiod on growth, mortality and digestive enzymes in miiuy croaker larvae and juveniles. *Aquaculture*, *281*(1-4), pp.70-76.

(43) Yarahmadi, M. H. A., Nafisi, M., Elabd, H., Sotoudeh, E., Morshedi, V., & Mahboub, H. 2023. Dietary sodium alginate effect on growth, digestion, body composition, antioxidant capacity, and mucous immune response in yellowfin sea bream. *Annals of Animal Science*.

(44) Sahli, M., Paknezhad, H., Hoseinifar, S. H., Sudagar, M., Mazandarani, M., Sanchooli, H. 2020. 'The effects of different levels of low molecular weight sodium alginate on growth performance and mucus immune parameters in common carp (Cyprinus carpio)', *Journal of Animal Environment*, 12(2), pp. 195-202.

(45) Akrami, R., Karimabadi, A., Mohammadzadeh, H., Ahmadifar, E., 2010. Effect of dietary mannanoligosaccharide on growth performance, survival, body composition and salinity stress resistance in Kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry stage. *Journal of marine sciences and technology*, 8(3-4), 47-57.

(46) Banaei, M., MIR, V.A., Rafei, G.R. and Majazi, A.B., 2008. Effect of sub-lethal diazinon concentrations on blood plasma biochemistry. *International Journal of Environmental Research, 2(2): 189-198.*

The effects of different levels of sodium alginate extracted from macroalgae (Sargassum angustifolium) on growth performance and some indicators of the non-specific immune system of blood serum in rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss,* Wallbaum, 1792)

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of sodium alginate as a natural prebiotic on growth performance and some hematological parameters in rainbow trout . For this purpose, 432 rainbow trout with an average initial weight of 2.47 ± 0.31 were fed diets containing four levels of sodium alginate (0 (control), 0.5, 1, and 2) gr per kg of diet for 8 weeks. At the end of the experiment, growth and hematological indices were evaluated based on standard formulas and means were analyzed using

Duncan test. The results showed that the final weight (FW), weight gain (WG), food conversion ratio (FCR) and condition factor (CF) improved in the treatments fed with sodium alginate and significantly different from those of control treatment ($p < 0.05$). specific growth rate (SGR) in the treatments fed with sodium alginate was the highest but there were no significantly differences between treatments ($P>0.05$). Based on the results obtained from the hematological indicators, the treatments fed with sodium alginate had the highest level of hemoglobin concentration, hematocrit (%), the number of red blood cells and white blood cells counts and MCHC. however, significant difference in Hematocrit (%), and the number of white blood cells was observed between treatments fed with 2% sodium alginate and other treatments ($P<0.05$). No significant difference was observed in the MCH index between the experimental treatments and the control group ($P>0.05$). There were no significantly differences in MCH, between the experimental treatments and control group ($P>0.05$). MCV values in the treatments fed with sodium alginate was the lowest and the difference was significant compared to the control ($P<0.05$). Therefore, it can be concluded that the use of sodium alginate in the diet of rainbow trout leads to the improvement of growth performance and some hematological indices.

Keywords
Aquaculture, alginate, prebiotic, growth performance and immunity, rainbow trout