

اثرات سطوح مختلف سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین بر عملکرد رشد و شاخص‌های ایمنی موکوس در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

- منیره سهلی*: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- حامد پاک‌نژاد: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- سیدحسین حسینی‌فر: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- محمد سوداگر: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- محمد مازندرانی: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- حبیب‌ا... سنجولی: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات به کارگیری سطوح مختلف سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در جیره غذایی ماهی کپور بر عملکرد رشد و شاخص‌های ایمنی موکوس در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بود. بدین منظور تعداد ۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی کپور با میانگین وزنی حدود $19/12 \pm 0/40$ گرم تهیه و در ۱۲ مخزن ۲۰۰ لیتری (۴ تیمار و هر تیمار در ۳ تکرار) ذخیره‌سازی شدند. در انتهای دوره آزمایش شاخص‌های رشد، پروتئین کل موکوس، ایمونوگلوبولین کل موکوس و لیزوزیم موکوس اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در شاخص‌های رشد، ایمونوگلوبولین کل موکوس و لیزوزیم موکوس بین تیمارهای تغذیه شده با سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0/05$). ولی افزایش معنی‌دار پروتئین کل موکوس در همه تیمارهای حاوی سدیم آلزینات نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0/05$) و بیش‌ترین میزان پروتئین کل موکوس در تیمار ۱٪ سدیم آلزینات مشاهده شد ($P < 0/05$). به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که جیره حاوی سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین با افزایش معنی‌دار میزان پروتئین کل موکوس باعث تحریک و افزایش ایمنی در ماهی کپور معمولی می‌شود.

کلمات کلیدی: آلزینات سدیم، وزن مولکولی پایین، عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی موکوس، ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)



مقدمه

صنعت آبی‌پروری در طی سال‌های اخیر رشد و توسعه قابل توجهی داشته است، به‌طوری‌که میزان رشد آن قابل قیاس با سایر بخش‌های تولیدکننده غذا برای انسان‌ها نیست (FAO, ۲۰۱۴). عدم کنترل بیماری‌های موثر در پرورش ماهی، خود به مهم‌ترین عامل محدود کننده ثبات تولید ماهی بدل شده است (Bairwa و همکاران، ۲۰۱۲). استفاده از محرک‌های ایمنی یک راهکار مفید در آبی‌پروری در پیشگیری از بیماری‌ها است (Syahidah, ۲۰۱۵). به‌طور کلی، محرک‌های سیستم ایمنی شامل یک گروه از ترکیبات بیولوژیک و سنتتیک هستند که موجب افزایش دفاع غیراختصاصی و یا اختصاصی در حیوانات شده (Anderson و Jeney, ۱۹۹۳) و باعث ارتقای مقاومت بدن آن‌ها نسبت به طیف گسترده‌تری از آلودگی‌های پاتوزنی و عوامل عفونی نسبت به استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و بسیاری واکسن‌های گرد، بدون این‌که بیماری بالینی، خطر مسمومیت و سرطان را به‌وجود آورند (Bairwa و همکاران، ۲۰۱۲). محرک‌های ایمنی برای کنترل بیماری‌ها حائز اهمیت هستند و باعث تسهیل در عمل سلول‌های بیگانه‌خوار شده و فعالیت‌های ضدباکتریایی آن‌ها را افزایش می‌دهند و باعث افزایش مدت‌زمان پاسخ سیستم ایمنی (ایمنی هومورال و ایمنی سلولی)، بعد از واکسیناسیون می‌شوند (Bairwa و همکاران، ۲۰۱۲). محرک‌های ایمنی هم‌چنین باعث افزایش مقاومت در برابر استرس‌هایی نظیر کمبود اکسیژن، دما و شوری (Keferstein و Reilly, ۱۹۹۷) و هم‌چنین تحریک رشد، تحریک اشتها و افزایش رشد می‌شوند (Mahdavi و همکاران، ۲۰۱۳). سدیم آلژینات نمک آلژینیک اسید می‌باشد با فرمول شیمیایی $\text{Na } \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_7$ نوعی صمغ است که از جلبک قهوه‌ای Phaeophyceae به‌دست می‌آید و در مجاورت با آب ایجاد یک توده ژل مانند می‌نماید. مشخص شده است که این ماده دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطان و ضدباکتری می‌باشد. درصد بالای پلی ساکارید در این عصاره باعث می‌شود که به یک انتخاب بالقوه تحقیقات به‌عنوان یک پریبیوتیک تبدیل شود. این پلی‌ساکارید با وزن مولکولی پایین به‌تازگی منافع خود را برای استفاده به‌عنوان پریبیوتیک جدید نشان داده است. Doan و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه‌ای را به‌منظور بررسی اثر آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین به‌عنوان منبع پریبیوتیک بالقوه بر عملکرد رشد، ایمنی و مقاومت به بیماری تیلاپیا و تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) انجام دادند. نتایج نشان داد که SGR و FCR در ماهی تغذیه شده با رژیم غذایی ۱۰ گرم بر کیلوگرم سدیم آلژینات پس از ۶۰ روز تغذیه آزمایشی، به‌طور معنی‌داری بهبود داشت. لیزوزیم، فاگوسیتوز، انفجار تنفسی و فعالیت‌های مکمل در ماهی‌های تغذیه شده با سدیم آلژینات با وزن مولکولی پایین نسبت

به شاهد به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. میزان بقای تیلاپیای نیل به‌طور قابل توجهی در ماهی تغذیه شده با رژیم غذایی سدیم آلژینات با وزن مولکولی پایین پس از چالش با استرپتوکوک آگالاکتیا در ۱۸ روز بهبود یافته بود. با این حال، تفاوت قابل توجهی در میزان زنده ماندن در رژیم‌های غذایی اضافه شده سدیم آلژینات وجود نداشت. مشخص شد که ماهی تغذیه شده با رژیم‌های غذایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم بر کیلوگرم آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین می‌تواند عملکرد رشد، ایمنی و مقاومت به بیماری تیلاپیا را در مقابل استرپتوکوک آگالاکتیا تحریک نماید. Doan و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای دیگر بررسی اثرات کفیر در رژیم غذایی و آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین (تکی یا ترکیبی) بر پاسخ غیراختصاصی ایمنی، مقاومت به بیماری و عملکرد رشد تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) را انجام دادند، این یافته‌ها نشان داد که استفاده ترکیبی از کفیر و سدیم آلژینات با وزن مولکولی پایین می‌تواند برای بهبود پاسخ ایمنی، مقاومت به بیماری و عملکرد رشد تیلاپیای نیل در نظر گرفته شود. Doan و همکاران (۲۰۱۶) پژوهشی را در مورد اثرات تجویز ترکیبی یا مکملی آلژینات سدیم با وزن مولکولی پایین و *Lactobacillus plantarum* بر پاسخ ایمنی، مقاومت به بیماری و عملکرد رشد تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که ترکیب سدیم آلژینات و *L. plantarum* را می‌توان به‌عنوان محرک سیستم ایمنی و افزایش‌دهنده رشد در رژیم غذایی تیلاپیای نیل در نظر گرفت. رابطه بین تغذیه و ایمنی سال‌ها قبل برای محققین به‌اثبات رسیده است و یکی از راه‌های افزایش کارایی و کیفیت غذا در آبزیان استفاده از مکمل‌های غذایی می‌باشد هم‌چنین بررسی تغذیه ماهیان در سنین پایین‌رشد به‌خصوص ماهیان پرورشی می‌تواند ضامن شناسایی نیازهای مبرم آن و رفع مشکلات اساسی این دوره باشد (شکوری، ۱۳۹۶). بنابراین در تحقیق حاضر به بررسی اثرات سدیم آلژینات با وزن مولکولی پایین بر عملکرد رشد و شاخص‌های ایمنی موکوس در ماهی کپور معمولی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سالن آبی‌پروری شهیدناصرفضلی برآبادی دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. ماهیان مورد استفاده در این طرح بچه‌ماهیان کپور بودند که از مرکز تکثیر و پرورش بخش خصوصی تهیه شدند. تعداد ۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی (میانگین وزنی حدود $19/12 \pm 0/4$ گرم) تامین و با تراکم ۲۰ قطعه بچه‌ماهی در مخازن آزمایشی رهاسازی و به‌مدت ۲ هفته جهت سازگاری با شرایط آزمایشی نگهداری شدند و



۱۰۰× تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش / تعداد ماهیان مرده در دوره آزمایش - تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش

سنجش فعالیت آنزیم لیزوزیم: سنجش آنزیم لیزوزیم به روش کدورت سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (Subramanian و همکاران، ۲۰۰۷). برای سنجش این آنزیم از باکتری میکروکوکوس لوتئوس به عنوان سوبسترا استفاده شد.

اندازه گیری پروتئین کل موکوس: برای اندازه گیری پروتئین محلول موکوس از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) و منحنی استاندارد سرم گاوی استفاده شد. با اضافه کردن معرف رنگی فولین سیوکالتیو به ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه های رقیق شده موکوس و قرائت نوری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد و با انتقال جذب نوری به دست آمده، به منحنی استاندارد، میزان پروتئین محلول موکوس محاسبه شد. **اندازه گیری ایمونوگلوبولین کل:** جهت اندازه گیری ایمونوگلوبولین کل از روش Siwicki و Anderson (۱۹۹۳) استفاده گردید. میزان پروتئین موکوس تعیین شده و سپس به نمونه موکوس پلی اتیلن گلیکول ۱۲ درصد اضافه و پس از ۲ ساعت در دمای اتاق نمونه ها سانتریفیوژ شده و غلظت پروتئین در قسمت بالایی محلول مجدداً توسط روش بردفورد اندازه گیری شد (Kruger، ۱۹۹۴).

نتایج

شاخص های رشد: شاخص های رشد بچه ماهیان کپور تغذیه شده با سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در جدول ۱ نشان داده شده است. در هیچ یک از شاخص های رشد تفاوت معنی داری بین گروه شاهد و تیمارهای تغذیه شده با سدیم آلزینات مشاهده نشد ($P > 0.05$).

سپس با سطوح مختلف سدیم آلزینات به مدت ۷ هفته تغذیه شدند. سدیم آلزینات به جیره غذایی پایه اضافه شد. این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت که شامل ۴ تیمار و هر کدام در ۳ تکرار بود. تیمارهای غذایی شامل تغذیه بچه ماهی کپور با جیره های غذایی حاوی سطوح ۰ (شاهد)، ۰.۵٪، ۱٪ و ۲٪ سدیم آلزینات بود (Doan و همکاران، ۲۰۱۶). برای تهیه جیره آزمایشی سطح مدنظر سدیم آلزینات به جیره غذایی پایه افزوده شد و به صورت پلت آماده گردید. پس از زیست سنجی و تعیین بیوماس، بچه ماهیان هر تیمار با جیره های غذایی به صورت دستی و براساس حداکثر ۳٪ وزن توده بدنی در ۲ نوبت (ساعت ۸ صبح و ۱۲ ظهر) در روز تغذیه شدند.

شاخص های رشد و بازماندگی: به منظور بررسی چگونگی عملکرد سطوح مختلف سدیم آلزینات در جیره غذایی، داده های به دست آمده از زیست سنجی ها براساس فرمول های موجود آنالیز شده، برخی از فاکتورهای رشد شامل میانگین رشد روزانه، افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی تعیین شدند. همچنین درصد زنده ماندی در انتهای دوره و با مقایسه تعداد بچه ماهیان اولیه و تعداد آن ها در پایان دوره آزمایش محاسبه شد.

وزن اولیه - وزن نهایی = افزایش وزن بدن (Tacon، ۱۹۹۰)
= درصد افزایش وزن بدن (Bekcan و همکاران، ۲۰۰۶)
 $100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)})$
= نرخ رشد ویژه (Hevroy و همکاران، ۲۰۰۵)
 $100 \times (\text{طول دوره پرورش} / \text{لگاریتم وزن اولیه} - \text{لگاریتم وزن نهایی})$
= ضریب تبدیل غذایی (Hevroy و همکاران، ۲۰۰۵)
مقدار کل وزن اضافه شده (گرم) / مقدار کل غذای خورده شده (گرم)
= بقاء (Ai و همکاران، ۲۰۰۶)

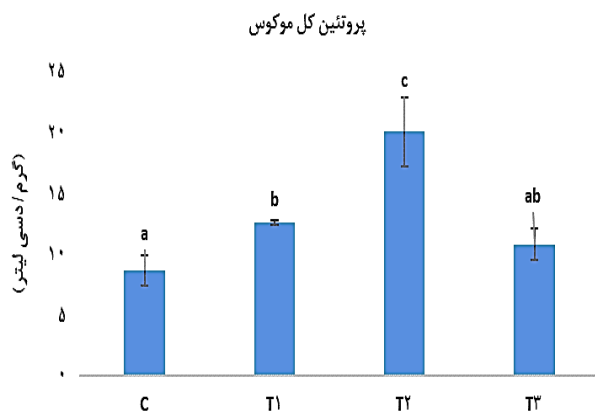
جدول ۱: تاثیر سطوح مختلف سدیم آلزینات بر روی شاخص های رشد نمونه های مورد مطالعه

شاخص های رشد	شاهد	سدیم آلزینات ۰.۵٪	سدیم آلزینات ۱٪	سدیم آلزینات ۲٪
وزن اولیه (گرم)	۱۹/۰۸±۰/۱۴	۱۹/۰۸±۰/۳۱	۱۹/۳۷±۱/۰۷	۱۸/۹۷±۰/۰۸
وزن نهایی (گرم)	۲۸/۲۵±۰/۸۳	۲۷/۸۷±۱/۲۷	۲۶/۶۸±۰/۹۴	۲۸/۰۰±۰/۲۵
درصد افزایش وزن بدن	۴/۵۶±۰/۰۹	۴/۵۳±۰/۱۶	۴/۳۶±۰/۰۹	۴/۵۶±۰/۰۴
ضریب رشد ویژه (درصد/روز)	۰/۶۵±۰/۰۴	۰/۶۸±۰/۱۱	۰/۶۰±۰/۰۹	۰/۶۵±۰/۰۲
ضریب تبدیل غذایی	۱/۳۹±۰/۱۵	۱/۵۰±۰/۲۱	۱/۷۱±۰/۳۶	۱/۲۸±۰/۲۲
بقاء (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

تغذیه شده با سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در شکل ۲ نشان داده شده است. تفاوت معنی داری بین تیمارهای تغذیه شده با سدیم آلزینات و گروه شاهد در میزان پروتئین کل مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین میزان پروتئین کل موکوس در تیمار حاوی ۱٪ سدیم آلزینات مشاهده شد ($P < 0.05$).

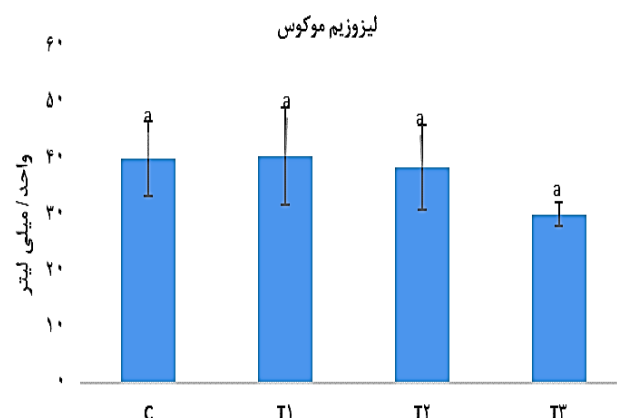
لیزوزیم موکوس: میزان لیزوزیم موکوس بچه ماهیان کپور تغذیه شده با سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در شکل ۱ نشان داده شده است. تفاوت معنی داری بین تیمارهای تغذیه شده با سدیم آلزینات و گروه شاهد در میزان لیزوزیم مشاهده نشد ($P > 0.05$). **پروتئین کل موکوس:** میزان پروتئین کل موکوس بچه ماهیان کپور





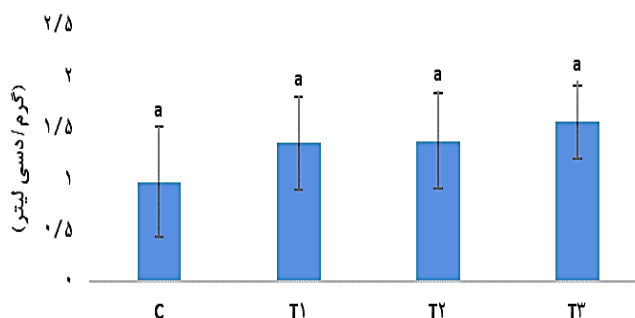
شکل ۲: تاثیر سطوح مختلف سدیم آلزینات بر روی پروتئین کل موکوس نمونه‌های مورد مطالعه

وجود حروف غیرهمنام کوچک روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$)



شکل ۱: تاثیر سطوح مختلف سدیم آلزینات بر روی لیزوزیم موکوس نمونه‌های مورد مطالعه

ایمونوگلوبولین کل موکوس



شکل ۳: تاثیر سطوح مختلف سدیم آلزینات بر روی ایمونوگلوبولین کل موکوس نمونه‌های مورد مطالعه

وجود حروف غیرهمنام کوچک روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$)

باکتری‌های اسیدلاکتیک ناشی از تخمیر پریبیوتیک‌ها در روده باعث افزایش رشد، راندمان تغذیه و حفظ جاندار در برابر عوامل بیماری‌زا می‌شود (Schley و Field، ۲۰۰۲). در مطالعه حاضر هیچ‌یک از شاخص‌های رشد معنی‌دار نبود و جیره حاوی سدیم آلزینات تأثیری بر رشد ماهی کپور نداشت این موضوع احتمالاً به دلیل عدم تخمیر و تجزیه سدیم آلزینات توسط فلور باکتریایی روده کپورماهیان می‌باشد. به هر حال نتایج این تحقیق حاکی از عدم تأثیر سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین بر فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی می‌باشد. Doan و همکاران (۲۰۱۶) طی تحقیقی با بررسی اثرات آلزینات سدیم با وزن مولکولی کم بر عملکرد رشد، ایمنی و مقاومت به بیماری در ماهی‌ها به این نتیجه دست یافتند که تغذیه با رژیم غذایی ۱۰ گرم بر کیلوگرم (سدیم آلزینات) به طور معنی‌داری پس از ۶۰ روز تجویز خوراکی، FCR و SGR را بهبود بخشید، هم‌چنین میزان زنده ماندن به طور

ایمونوگلوبولین کل موکوس: میزان ایمونوگلوبولین کل موکوس بچه‌ماهیان کپور تغذیه شده با سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در شکل ۳ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای تغذیه شده با سدیم آلزینات و گروه شاهد در میزان ایمونوگلوبولین مشاهده نشد ($P > 0.05$).

بحث

ایده به کارگیری پریبیوتیک در آبی‌پروری از آن‌جا ناشی شده که مواد پریبیوتیکی به صورت گزینشی توسط بیفیدوباکترها، لاکتوباسیلوس‌ها، باسیلوس‌ها و باکتری‌ها که جزء باکتری‌های غالب فلور دستگاه گوارش هستند، تخمیر شده و سبب تحریک رشد این باکتری‌های مفید در روده انسان شده و اثرات سودمندی بر سلامتی میزبان می‌گذارند (Mahious و Ollevier، ۲۰۰۵). تولید اسیدهای چرب زنجیر کوتاه و



آنزیم‌هایی نظیر لیزوزیم، لکتین‌ها و آگلوتینین‌ها عمل می‌کند (Cho و همکاران، ۲۰۰۲؛ Nakamura و همکاران، ۲۰۰۴).

در مطالعه حاضر میزان لیزوزیم موکوس در سدیم آلزینات ۵/۰٪ افزایش یافته ولی در تیمارهای حاوی ۱٪ و ۲٪ سدیم آلزینات کاهش داشته است ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و گروه شاهد وجود نداشت ($P>0.05$). تنوع در میزان فعالیت لیزوزیم می‌تواند به دلیل عواملی از جمله پاسخ به استرس، دستکاری، بلوغ، غذا، جنسیت، تنوع گونه‌ای و تنوع ژنتیکی باشد (Subramanian و همکاران، ۲۰۰۸). در تایید نتایج به‌دست آمده، سپهرفر و همکاران (۱۳۹۷) تاثیر استفاده تلفیقی پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* و پربیوتیک رافینوز در ماهیان طلایی را بررسی کردند و تفاوت معنی‌داری در میزان لیزوزیم موکوس مشاهده نشد. در اختلاف با نتایج به‌دست آمده، نتایج Bohlouli و Sadeghi (۲۰۱۶) که به بررسی عملکرد رشد و شاخص‌های هماتولوژیک و ایمنولوژیک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرداختند نشان داد که اختلاف معنی‌داری در رژیم غذایی و گروه شاهد در خصوص شاخص‌های ایمنولوژیک، از جمله لیزوزیم وجود داشت.

ایمونوگلوبولین‌ها جزو آنتی‌بادی‌های طبیعی بوده و به‌صورت کاملاً تنظیم شده در غیاب محرک آنتی ژنتیک خارجی تولید و محافظت فوری، بلافاصله و گسترده‌ای را در برابر عوامل بیماری‌زا ایجاد می‌کنند. به‌همین دلیل به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم سیستم ایمنی غیراختصاصی ماهی مدنظر قرار می‌گیرند. ایمونوگلوبولین کل موکوس با افزایش سطوح سدیم آلزینات در جیره غذایی افزایش یافته و در تیمار ۲٪ سدیم آلزینات دارای بیش‌ترین مقدار خود بود اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و گروه شاهد وجود نداشت ($P>0.05$). در تایید نتایج به‌دست آمده، سپهرفر و همکاران (۱۳۹۷) تاثیر استفاده تلفیقی پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* و پربیوتیک رافینوز در ماهیان طلایی را بررسی کردند و تفاوت معنی‌داری در میزان ایمونوگلوبولین کل موکوس مشاهده نشد. در مطالعه‌ای که توسط Soleimani و همکاران (۲۰۱۳) در زمینه اثر پربیوتیک فروکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، ایمنی غیراختصاصی، مقاومت در برابر استرس و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) انجام گرفت، پاسخ ایمنی (ایمونوگلوبولین کل و فعالیت لیزوزیم) در سطح ۱٪ نسبت به دو سطح دیگر بالاتر بود. در اختلاف با نتایج به‌دست آمده Doan و همکاران (۲۰۱۶) طی تحقیقی با بررسی اثرات آلزینات سدیم با وزن مولکولی کم بر ایمنی و مقاومت به بیماری در ماهی‌ها به این نتیجه رژیم (سدیم آلزینات) می‌تواند عملکرد رشد، ایمنی ذاتی و مقاومت به بیماری در تیلاپیا علیه *S. Agalactiae* را تحریک کند. هم‌چنین نتایج Bohlouli و Sadeghi (۲۰۱۶) که به بررسی عملکرد رشد و

قابل توجهی در ماهی تغذیه شده با رژیم غذایی (سدیم آلزینات) به‌مدت ۱۸ روز بهبود یافته بود. با این‌حال، تفاوت قابل‌توجهی در میزان زنده ماندن در رژیم‌های غذایی اضافه شده (سدیم آلزینات) وجود نداشت که از نظر درصد زنده‌مانی با تحقیق حاضر مطابقت دارد. هم‌چنین در تحقیقات Ayala و همکاران (۲۰۱۲) با عنوان اثر سدیم آلزینات در پارامترهای بدن و رشد عضله شیر ماهی نیز دریافتند که رشد بدن به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت ولی میزان بقاء معنی‌دار نبود که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. در مطالعه‌ای دیگر که توسط (کریمی، ۱۳۹۶) با عنوان بررسی اثرات رافینوز بر بچه‌ماهی کپور معمولی انجام گرفت، نتایج نشان داد که رافینوز تاثیری بر عملکرد رشد و تغذیه بچه‌ماهی کپور معمولی نداشت که در جهت تایید نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر است. هم‌چنین اکرمی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که مانان الیگوساکارید اثری بر شاخص‌های رشد ماهی سفید (*Rutilus kutum*) ندارد. در اختلاف با نتایج به‌دست آمده نتایج Doan و همکاران (۲۰۱۶) در مورد اثرات تجویز ترکیبی یا مکملی آلزینات سدیم با وزن مولکولی پایین و *Lactobacillus plantarum* روی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) نشان داد که ترکیب سدیم آلزینات و *L. plantarum* را می‌توان به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد در رژیم غذایی تیلاپیای نیل در نظر گرفت. هم‌چنین نتایج تحقیقات Hajibeglou و Sudagar (۲۰۱۱) در بررسی اثر پربیوتیک ایمنونوال روی ماهی دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*) نشان داد که پربیوتیک ایمنونوال به‌خصوص در تیمار ۱٪ ایمنونوال تاثیر مثبتی روی فاکتورهای رشد ماهی دم‌شمشیری دارد. عدم قطعیت در نتایج محققان مختلف را می‌توان به نوع گونه پرورشی، اندازه، سن، گونه پرورشی، مدت تجویز پربیوتیک، نوع پربیوتیک انتخابی، نوع استراتژی تغذیه، نحوه اضافه کردن جیره، شرایط محیطی بهداشتی نگهداری موجود، رفتارهای تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک موجود و فرمولاسیون جیره غذایی نسبت داد که ممکن است در تاثیرات متفاوت پربیوتیک روی رشد و بازماندگی نقش داشته باشد (اکرمی و همکاران، ۱۳۸۸).

موکوس پوست مکانیسمی بسیار قوی برای به‌دام انداختن پاتوژن‌ها می‌باشد و با از بین بردن پاتوژن‌ها پیش از تماس با سطوح اپیتلیال، از پیشرفت آن‌ها جلوگیری می‌کند (Cone، ۲۰۰۹). سلول‌های اپیتلیالی موکوس به‌طور مداوم مخاطی با خاصیت ویسکوزیته و غنی از پروتئین و گلیکوپروتئین را تولید می‌کنند تراوشات این سلول‌ها از لایه زیرین پوست صورت می‌گیرد (Olafsen و Ottesen، ۱۹۹۷) و غالب آن از یک ماتریس کلاژنی مرکب، رگ‌های خونی، گیرنده‌های عصبی، سلول‌های رنگدانه و سلول‌های ایمنی‌زا تشکیل شده است این لایه در برابر عوامل بیماری‌زا به‌عنوان یک مانع فیزیکی از طریق پپتیدهای مختلف،



۲. سپهرفر، د.؛ سروی مغاللو، ک.؛ حسینی فر، س.؛ پاک‌نژاد، ح. و جافرنوده، ع.، ۱۳۹۷. تاثیر استفاده مجزا و تلفیقی پریبیوتیک *Pediococcus acidilactici* و پودر *Agaricus bisporus* بر شاخص‌های ایمنی موکوس و هیستومورفولوژی روده در بچه‌ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه فیزیولوژی و تکوین جانوری. شماره ۴۱، جلد ۱۱، صفحات ۲۷ تا ۳۶.
۳. شکوری، م.، ۱۳۹۶. اثرات به‌کارگیری لیزوزیم خوراکی در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، برخی فاکتورهای ایمنی غیراختصاصی و بیان ژن‌های ایمنی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۷۸ صفحه.
۴. کریمی، م.، ۱۳۹۶. بررسی اثرات سطوح مختلف پریبیوتیک رافینوز بر عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی سرم و موکوس و الگوی پروتئینی موکوس در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۶۸ صفحه.
۵. Ai, Q.; Mai, K.; Tan, B.; Xu, W.; Duan, Q.; Ma, H. and Zhang, L., 2006. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture. Vol. 260, pp: 255-263.
۶. Akrami, R.; Iri, Y.; Khoshbavar Rostami, H.A. and Razeghi Mansour, M., 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology. Vol. 35, pp: 1235-1239.
۷. Ayala, M.D.; Lopez-Albors, O.; Garcia-Alcazar, A.; Arizcun, M. and Abdel, I., 2012. Effect of Sodium Alginate Dietary in Body Parameters and Muscle Growth of Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata* L. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 12, No. 3, pp: 627-633.
۸. Bairwa, M.K.; Jakhar, J.K.; Satyanarayana, Y. and Reddy, A.D., 2012. Animal and plant originated immunostimulants used in aquaculture. Journal of Natural Products and Plant Resources. Vol. 2, No. 3, pp: 397-400.
۹. Bekcan, S.; Dogankaya, L. and Cakiroglu, G.C., 2006. Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis* L.) fed diets containing different percentages of protein. The Israel Journal of Aquaculture- Bamidgheh. Vol. 58, No. 2, pp: 137-142.
۱۰. Bohlouli, S. and Sadeghi, E., 2016. Growth performance and haematological and immunological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings supplemented with

شاخص‌های هماتولوژیک و ایمونولوژیک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرداختند نشان داد که اختلاف معنی‌داری در رژیم غذایی و گروه شاهد در خصوص شاخص‌های ایمونولوژیک، از جمله ایمونوگلوبولین وجود داشت. هرچند عوامل مختلف از جمله جنس و گونه ماهی، طول دوره پرورش، نوع پریبیوتیک مورد استفاده و غلظت آن می‌تواند در عملکرد بهینه این تاثیرگذاری موثر باشد، کما این‌که احتمالاً این عوامل در معنی‌دار نبودن برخی از شاخص‌های ایمنی موکوسی در تیمارهای مختلف می‌تواند نقش داشته باشد (سپهرفر و همکاران، ۱۳۹۷).

در تمامی گروه‌های سدیم آلزینات افزایش معنی‌دار میزان پروتئین کل موکوس نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین میزان پروتئین کل موکوس در تیمار حاوی سدیم آلزینات ۱٪ مشاهده شد. در مطالعه‌ای، Kolangi Miandare و همکاران (۲۰۱۶) به این نتیجه رسیدند که استفاده از پریبیوتیک گالاکتو الیگوساکارید می‌تواند پروتئین کل ماهی کاراس را بهبود بخشد که با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. هم‌چنین طی تحقیقی که Sharifian و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که استفاده از رتینول استات (ویتامین آ) باعث افزایش پروتئین کل موکوس در ماهی کلمه می‌شود که در جهت تایید نتایج به‌دست آمده می‌باشد. با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که احتمالاً سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین در روده باعث بهبود وضعیت بافت‌های لنفوییدی شده و در نتیجه ترشح موکوس در سطح پوست افزایش یافته و موجب افزایش مقدار پروتئین کل شده است.

به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که جیره حاوی سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین تاثیر بر شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی ندارد. هم‌چنین تاثیر بر میزان لیزوزیم و ایمونوگلوبولین کل موکوس نداشته ولی باعث افزایش معنی‌دار میزان پروتئین کل موکوس نسبت به گروه شاهد می‌شود بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سدیم آلزینات با وزن مولکولی پایین باعث تحریک و افزایش ایمنی در ماهی کپور معمولی می‌شود.

منابع

۱. اکرمی، ر.؛ کریم‌آبادی، ع.؛ محمدزاده، ح. و احمدی‌فر، ا.، ۱۳۸۸. تاثیر پریبیوتیک مانان الیگوساکارید بر رشد، بازماندگی، ترکیب بدن و مقاومت به تنش شوری در بچه‌ماهی سفید (*Rutilus kutum*). مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۸، شماره ۳-۴، صفحات ۴۷ تا ۵۷.



- of galactooligosaccharide on systemic and mucosal immune response, growth performance and appetite related gene transcript in goldfish (*Carassius auratus gibelio*). Fish & Shellfish immunology. Vol. 55, pp: 479-483.
۲۱. **Kruger, N.J., 1994.** The Bradford method for protein quantitation. Basic Protein and Peptide Protocols. pp: 9-15.
 ۲۲. **Lowry, O.H.; Rosebrough, N.J.; Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951.** Protein measurement with the folin phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry. Vol. 193, pp: 265-275.
 ۲۳. **Mahious, A.S. and Ollevier, F., 2005.** Probiotics and Prebiotics in Aquaculture: A Review. 1st Regional Workshop on Techniques for Enrichment of Live Food for Use in Larviculture. Artemia and aquatic Animals Research Institute. pp: 17-26.
 ۲۴. **Mahdavi, M.; Hajimoradloo, A. and Ghorbani, R., 2013.** Effect of Aloe vera extract on growth parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). World Journal of Medical Sciences. Vol. 9, No. 1, pp: 55-60.
 ۲۵. **Nakamura, O.; Tazumi, Y.; Muro, T.; Yasuhara, Y. and Watanabe, T., 2004.** Active uptake and trans-port of protein by the intestinal epithelial cells in embryo of viviparous fish, *Neoditrema ransonneti* (Perciformes: Embiotocidae). J. Exp. Zool. Vol. 301A, pp: 38-48.
 ۲۶. **Ottesen, O.H. and Olafsen, J.A., 1997.** Ontogenetic development and composition of the mucous cells and the occurrence of saccular cells in the epidermis of *Atlantic halibut*. J. Fish Biol. Vol. 50, pp: 620-633.
 ۲۷. **Reilly, A. and Keferstein, F., 1997.** Food safety hazards and the application of the principles of the hazard analysis and critical control point (HACCP) for their control in Aquaculture production. Aquaculture Research. Vol. 28, No. 10, pp: 735-752.
 ۲۸. **Schley, P.D. and Field, C.J., 2002.** The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. Br. J. Nut. Vol. 87, pp: 221-230.
 ۲۹. **Sharifian, M.; Hajimoradloo, A.; Ghorbani, R. and Hoseinifar, S.H., 2017.** Effects of Dietary Retinol Acetate on Growth Performance, Skin Mucus Immune Responses and Haematological Parameters of Caspian Roach (*Rutilus caspicus*). Aquaculture Nutrition. Vol. 23, No. 5, pp: 893-898.
 ۳۰. **Siwicki, A.K. and Anderson, D.P., 1993.** Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum dietary *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss. Acta Veterinaria Brno. Vol. 85, No. 3, pp: 231-238.
 ۱۱. **Cho, J.H.; Park, I.Y.; Kim, H.S.; Lee, W.T.; Kim, M.S. and Kim, S.C., 2002.** Cathepsin D produces antimicrobial peptide I from histone H2A in the skin mucosa of fish. J. FASEB. Vol. 16, pp: 429-431.
 ۱۲. **Cone, R.A., 2009.** Barrier properties of mucus. Advanced Drug Delivery reviews. Vol. 61, pp: 75-85.
 ۱۳. **Doan, H.V.; 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 and shellfish Immunology. Vol. 58, pp: 678-685.
 ۱۴. **Doan, H.V.; 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 and shellfish Immunology. 38 p.
 ۱۵. **Doan, H.V.; 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 and shellfish Immunology. 39 p.
 ۱۶. **FAO. 2014.** Aquaculture Department 2014. The state of world fisheries and aquaculture 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 243 p.
 ۱۷. **Hajibeglou, A. and Sudagar, M., 2011.** Effect of Dietary Probiotic Level on the Reproductive Performance of Female Platy (*Xiphophorus maculatus*). Agricultural Journal. Vol. 6, pp: 119-123.
 ۱۸. **Hevroy, E.; Espe, M.; Waagbo, R.; Sandnes, K.; Ruud, M. and HEMRE, G.I., 2005.** Nutrient utilization in *Atlantic salmon* (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquaculture Nutrition. Vol. 11, pp: 301-313.
 ۱۹. **Jeney, G. and Anderson, D.P., 1993.** Glucan injection or bath exposures given alone or in combination with bacterin enhance the non-specific defense mechanisms in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 116, No. 4, pp: 315-329.
 ۲۰. **Kolangi Miandare, H.; Farvardin, Sh.; Shabani, A.; Hoseinifar, S.H. and Ramezanpour, S., 2016.** The effects



- and organs and total immunoglobulin level in serum. Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn, Poland. pp: 105-112.
۳۱. **Soleimani, N.; Hoseinifar, S.H.; Merrifield, D.L.; Barati, M. and Abadi, Z.H., 2013.** Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. Fish & Shellfish Immunology. Vol. 32, pp: 316-321.
۳۲. **Subramanian, S.; MacKinnon, Sh.L. and Ross, N.W., 2007.** A comparative study on innate immune parameters in the epidermal mucus of various fish species. Comprative Biochemistry and Physiology, part B. Vol. 148, pp: 256-263.
۳۳. **Subramanian, S.; Ross, N.W. and MacKinnon, S.L., 2008.** Comparison of antimicrobial activity in the epidermal mucus extracts of fish. Comparative Biochemistry and Physiology. Vol. 150, pp: 85-92.
۳۴. **Syahidah, A.; Saad, C.R.; Daud, H.M. and Abdelhadi, Y.M., 2015.** Status and potential of herbal applications in aquaculture: A review. Iranian Journal of Fisheries Sciences. Vol. 14, No. 1, pp: 27-44.
۳۵. **Tacon, A., 1990.** Standards methods for the nutrition and feeding of farmel fish and shrimp. 208 p.

