تأثیر کیتوزان بر عملکرد رشد و شاخص‌های ایمنی ماهیان خاویاری پرورشی

دنیا ذاکری[۱] ، محمود محسنی[۲]*

۱- دانش آموخته دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، زیست شناسی دریا، جانوران دریا، تهران، ایران

۲- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق‌پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

چکیده

تولید جیره غذایی اقتصادی با تأکید بر نیازمندی غذایی گونه، افزایش تولید در واحد سطح، ارائه محصولات با کیفیت و متنوع با ارزش افزوده بالاتر، جهت توسعه پایدار صنعت ماهیان خاویاری در کشور ضروری است. با توجه به توسعه روزافزون پرورش ماهیان خاویاری در کشور انتظار می‌رود که این ماهیان نیز در روند پرورش با انواع بیماری‌های عفونی و غیرعفونی مواجه شوند. اغلب عوامل بیماریزا، فرصت‌طلب بوده و منجر به بروز بیماری در ماهیانی می‌شوند که دارای نقص در سیستم ایمنی خود باشند. کیتوزان یک نوع پلی ساکارید با خاصیت تحریک رشد و تقویت ایمنی در آبزیان بوده که از نظر ساختار شیمیایی پلیمری از گلوکز آمین (Glucosamin) می‌باشد که از استیل‌زدایی (Deacetylation) کیتین به دست می‌آید. گزارش‌های متعددی در خصوص اثر کیتوزان بر پارامترهای رشد، شاخص‌های خونی، بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مورفولوژی روده، مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و مقاومت به استرس در گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری از جمله فیل‌ماهی، تاسماهی سیبری و ازون‌برون پرورشی به چاپ رسیده است. بر اساس پژوهش صورت گرفته، با افزودن میزان ۰/۵ درصد مکمل کیتوزان در جیره غذایی ماهیان خاویاری با میانگین وزنی ۲ تا ۲۰۰ گرم، باعث بهبود عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی از جمله لیزوزیم، کمپلمان، ایمونوگلوبولین کل و ایمونوگلوبولین M (IgM) و نیز افزایش بیان ژن‌های مرتبط با رشد و ایمنی نسبت به گروه شاهد شد. بر این اساس می‌توان بیان نمود، استفاده از کیتوزان در جیره غذایی، ضمن ارتقای روند رشد، افزایش توان عملکردی دستگاه ایمنی و بهبود شاخص‌های سلامت می‌تواند در سودآوری پرورش دهندگان و توسعه پایدار صنعت آبزی پروری ماهیان خاویاری کشور، مؤثر واقع گردد.

کلمات کلیدی: کیتوزان، عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی، ماهیان خاویاری

نویسنده مسئول: mahmoudmohseni73@gmail.com

بیان مسئله

اهمیت آبزی پروری ماهیان خاویاری به دلیل قیمت بالای گوشت و خاویار در بازار داخلی و به عنوان یک محصول صادراتی با ارزآوری مناسب می‌باشد. نظر به توسعه روزافزون پرورش ماهیان خاویاری در کشور و جهان و همچنین ضرورت حفظ برند خاویار ایران در بین کشورهای تولید کننده، توجه و تاکید به عدم ورود ماهیان خاویاری در شکل‌های گوناگون نظیر تخم چشم زده، بچه ماهی و غیره می‌تواند در توسعه پایدار این صنعت در کشور نقش بسزایی داشته باشد. در برنامه پنج ساله هفتم توسعه، سازمان شیلات ایران ایجاد گله‌های بزرگ مولدین اهلی ماهیان خاویاری و پرورش تمام دورهای تاسماهیان از مرحله بچه ماهی تا مولد به‌منظور تولید گوشت و خاویار را در دستور کار خود قرار داد و به‌همین جهت برنامه‌ریزی لازم جهت تجهیز مراکز تکثیر خاویاری و احداث سایت‌های جدید و افزایش تولید در استان‌ها صورت گرفت. افق برنامه سازمان شیلات تا پایان برنامه هفتم توسعه (۱۴۰۷) تولید ۲۰ هزار تن گوشت و ۲۰۰ تن خاویار میباشد. در این راستا باید به طور متوسط میزان ۴۲۳۶۲ تن غذا به ارزش حدودی ۳۷۸۰۰ میلیارد ریال تولید شود. کاهش هزینه‌های تولید بخصوص هزینه غذا که درصد عمده هزینه تولید را تشکیل می‌دهد. افزایش بهره‌وری غذا از نظر کیفیت و کمیت در راستای کاهش هزینه‌های تولید بخصوص هزینه غذا که درصد عمده هزینه نهایی را نیز تشکیل می‌دهد و همچنین تلاش بر تولید محصولات با کیفیت و متنوع با ارزش افزوده بالاتر، دو اقدام ضروری جهت توسعه پایدار این صنعت نوپای ماهیان خاویاری در کشور می‌باشد.

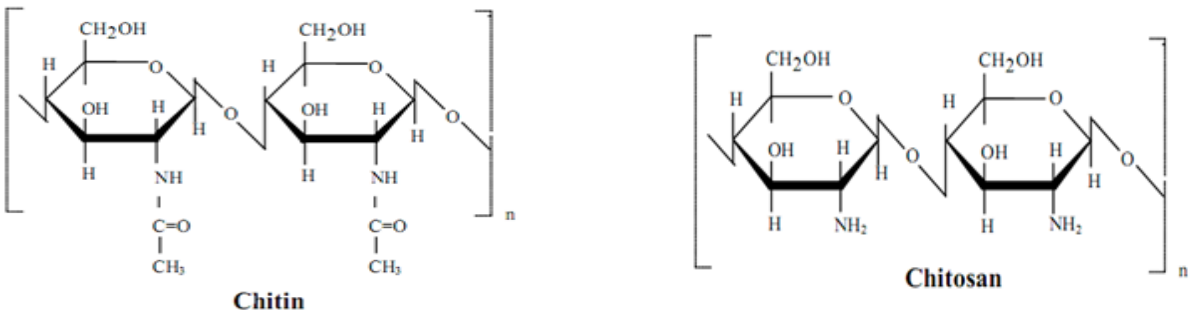
ذکر این نکته نیز ضروری است که برخی مزارع پرورشی ماهیان خاویاری کشور از شرایط نامناسبی نظیر تغییرات pH، پایین بودن اکسیژن محلول، نوسانات دمایی و نیز مدیریت نامناسب پرورشی و به تبع آن تغذیه نامناسب و ناکافی برخوردار بوده (Mohseni *et al.,* 2023) و این عوامل موجب ایجاد استرس در محیط پرورشی گردیده، در نتیجه کاهش روند رشد، تنزل کارایی تغذیه، تضعیف سیستم ایمنی و ایجاد بیماری (بازاری‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۱) را به همراه خواهند داشت. لذا استفاده از جاذب ها و محرک های رشد و ایمنی در غذای مصرفی آبزیان، در محیط‌های پرورشی می‌تواند در ارتقاء سلامت و پیشگیری از بروز بیماری‌ها در این ماهیان حائز اهمیت باشد. ترکیبات فوق سبب افزایش بهبود کیفیت غذای مصرفی، به حداقل رسانیدن زمان غذا گیری ماهی، کاهش زمان ماندن غذا در آب و در نتیجه سبب کاهش از بین رفتن مواد مغذی موجود در غذا گشته و به تبع آن آلودگی آب نیز به حداقل خواهد رسید.

بروز بیماری در مزارع پرورشی بسته به شرایط پرورش از قبیل مدیریت نامناسب تغذیه و پرورش از جمله جیره غذایی نامناسب، افزایش تراکم کشت، تغییرات شدید در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و ... غیرقابل اجتناب می‌باشد. امروزه استفاده از محرک‌های رشد با منشاء طبیعی به دلیل عواملی مانند ارزش اقتصادی و کم هزینه بودن تولید آنها، نداشتن اثرات تخریبی بر محیط زیست (داروهای ارگانیک)، خاصیت ضد اکسایشی برای به حداقل رساندن یا جلوگیری از آسیب در شرایط تنش با تقویت دستگاه دفاعی و بهبود خصوصیات فیزیولوژیک، کم بودن عوارض جانبی در مقایسه با داروهای شیمیایی و عدم ایجاد مقاومت نسبی عوامل بیماریزا به این محرک‌ها منجر شده تا این منابع ارزشمند دارویی از ارزش و جایگاه خاصی در درمان برخوردار باشند (محسنی و همکاران، ۱۴۰۲). گزارش شده که محرک هایی مانند گلوکان (Glucan)، لاکتوفرین (Lactoferin)، کیتین

(Chitin)، کیتوزان (Chitosan) و لوامیزول (Levamisole)، باعث تحریک دستگاه ایمنی ماهی و میگو شده‌اند. این محرک‌ها سبب تسهیل عمل یاخته‌های بیگانه خوار و افزایش فعالیت ضدباکتریایی آن‌ها شده است (Bhoopathy *et al.*, 2022).

کیتین: کیتین یک پلیمر زیستی طبیعی است که که از واحد های β-(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine (NADG) تشکیل شده است. بخش اعظم کیتین تولید شده در طبیعت در اقیانوس ها در بی‌مهرگانی مانند حشرات، جلبک‌ها مثل دیاتومه‌ها، قارچ‌ها، سخت‌پوستان دریایی مثل خرچنگ‌ها، میگوها، لابسترها و در بین نرم تنان دریایی در اسکلت داخلی سرپایان و پوسته گروهی از شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها وجود دارد. کیتین، کربنات‌کلسیم و پروتئین‌ها حدود۹۰ درصد از وزن خشک پوسته سخت‌پوستان را شامل می‌شوند. پردازش پوسته‌های سخت‌پوستان عمدتا شامل حذف پروتئین ها و کربنات‌کلسیم می‌باشد که هر دو در پوسته سخت‌پوستان با غلظت های بالا، میکروفیبر های کیتین را محصور می‌کنند. کیتین استخراج شده را می‌توان برای تولید مشتقات کیتین مانند کیتوزان، کیتوالیگوساکاریدها و گلوکوزآمین استفاده کرد (Rinaudo, 2006).

کیتوزان: کیتوزان پلیمری خطی، نامحلول، غیرسمی، زیست تخریب پذیر و زیست سازگار و دارای یک گروه آمین فعال و گروه هیدروکسیل اولیه و ثانویه فعال می‌باشد. از نظر شیمیایی کیتوزان هتروپلی ساکارید است که از دو مونوساکارید N-acetyl-D-glucosamine (واحد استیله) و D-glucosamine (واحد داستیله) تشکیل شده است که با پیوندهای گلیکوزیدی β-(1→4)به یکدیگر متصل شده‌اند. این ماده توسط داستیلاسیون قلیایی از کیتین زمانی که درجه داستیلاسیون به۵۰ درصد رسد، به دست می‌آید. استخراج ترکیبات زیست فعال مثل کیتوزان از ضایعات موجودات دریایی جدا از کاربرد های آن در صنایع، موجب کاهش آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از فرآوری غذاهای دریایی نیز شده است (El-Naggar *et al.*, 2022). کیتوزان جدا از کاربردهای آن در صنایع غذایی، یک راه حل سازگار با محیط‌زیست برای آلودگی ناشی از فرآوری غذاهای دریایی است. تخمین زده می‌شود سالانه ۶۰ تا ۸۰ هزار تن محصول جانبی پوسته در سراسر جهان تولید می شود. این مقادیر زیاد زباله بسیار کند تجزیه می شود و یک نگرانی زیست‌محیطی می باشد. تبدیل ضایعات پوسته به کیتین و سپس به کیتوزان، یک راه حل ارزشمند برای حل این مشکل است (Divya *et al.*, 2014).



شکل ۱. ساختار کیتین و کیتوزان (Rinaudo, 2006)

کاربرد کیتوزان در آبزی‌پروری:

کیتوزان دارای عملکردهای فیزیولوژیک از جمله آنتی‌اکسیداسیون، ضد باکتریایی، تحریک سیستم ایمنی و افزایش رشد در آبزیان می باشد (Bhoopathy *et al.,* 2022).

محرک رشد در آبزیان: کیتوزان یک محرک رشد فعال است و می‌تواند به عنوان یک عنصر اساسی برای رشد آبزیان در نظر گرفته شود. اثر اصلی کیتوزان بهبود ساختار روده (مورفولوژی روده) بوده که با افزایش سطح پرز روده موجب افزایش سطح جذب موادمغذی، افزایش استفاده از ازت و قابلیت هضم اسیدآمینه و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد رشد می‌شود (Xu *et al.,* 2023). بطور قابل توجهی کیتوزان، به عنوان عامل ضدباکتری در برابر باکتری‌های بیماری‌زا در پرورش آبزیان استفاده می‌شود. کیتوزان فراوانی پروبیوتیک ها را افزایش می‌دهد و باکتری‌های بیماری‌زا را کاهش می‌دهد. تنوع میکروبی در دستگاه گوارش ماهی و ترکیب موادمغذی موجود در آب و خوراک به شدت در تنظیم ایمنی روده نقش دارد (Ahmed *et al.,* 2019).

محرک ایمنی در آبزیان: تقویت سیستم ایمنی بدن در گونه‌های با ارزش و اقتصادی از اصلی‌ترین نیازهای پرورش‌دهندگان و مهم‌ترین رویکرد محققان به خصوص در مراحل لاروی می‌باشد. افزایش تراکم در آبزی‌پروری باعث افزایش شیوع بیماری‌ها گردیده و از طرفی ممنوعیت استفاده از آنتی‌بیوتیک در سراسر اتحادیه اروپا به دلیل عوارض جانبی در تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۰۶ صادر شد (Castanon, 2007). لذا استفاده از محرک‌های سیستم ایمنی در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های تولید آبزیان، بسیار حایز اهمیت است. کیتوزان تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر سیستم ایمنی با توجه به توانایی مهار بالای رادیکال‌های آزاد (۸۳/۴ درصد)، به دلیل وجود گروه های یون آمونیوم (NH_3^+) موجود در ساختار کیتوزان دارد. محرک‌های ایمنی فعالیت فاگوسیتی، تولید پادتن، تولید لیزوزیم، انفجار تنفسی، همچنین ساخت پروتئین را برای تولید بیش‌تر مولکول‌های درگیر در ایمنی غیراختصاصی مانند کمپلمان ها و لیزوزیم افزایش می‌دهند. مشخص گردید کیتوزان به عنوان محرک سیستم ایمنی غیراختصاصی در گونه‌های مختلف آبزیان از جمله ماهیان خاویاری، عملکرد سلول‌های التهابی، از جمله گلبول‌های سفید، ماکروفاژها و همچنین تولید لیزوزیم‌ها را تقویت می‌کند. از سوی دیگر کیتوزان خاصیت مهار طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را دارد. با این حال باکتری‌های گرم منفی نسبت به گرم مثبت حساسیت بیش‌تری به کیتوزان نشان می‌دهند (Simůnek *et al.,* 2006).

خواص آنتی‌اکسیدانی کیتوزان: آنتی‌اکسیدان‌ها به مواد شیمیایی گفته می‌شود که فرآیند اکسیداسیون را کاهش یا از آن جلوگیری می‌کنند. کیتوزان و بسیاری از مشتقات آن به عنوان منابع آنتی‌اکسیدانی، در رژیم‌های غذایی برای بهبود سلامت آبزی استفاده می‌شوند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان را می‌توان به مهار رادیکال‌های آزاد بر روی رادیکال‌های هیدروکسیل نسبت داد. کیتوزان از طریق اهدای هیدروژن یا یک جفت الکترون، یون‌های فلزی را کلات می‌کند یا رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برد (Ngo and Kim, 2014).

استخراج کیتوزان (Chitosan extraction): استخراج کیتوزان از پوسته میگو (*Penaeus semisulcatus*) طی چهار مرحله صورت خواهد گرفت: حذف موادمعدنی مخصوصا کربنات‌کلسیم (Demineralization)، حذف ترکیبات پروتئینی (Deproteinization)، حذف چربی‌ها و رنگدانه‌ها

(Decoloration) و در نهایت کیتین بدست آمده با Deacetylation تبدیل به کیتوزان می‌شود. مرحله Demineralization با استفاده از هیدروکلریک اسید ۷ درصد به مدت ۴ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد با نسبت پودر به اسید (w/v) ۱:۲۰ صورت گرفت. مرحله Deproteinization با استفاده از هیدروکسید سدیم ۹ درصد با نسبت (w/v) ۱:۲۰به مدت ۴ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون انجام شد. مرحله Decoloration نیز با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۰/۳۲ ٪ به مدت ۵ دقیقه در دمای محیط به نسبت (w/v) ۱:۱۵ انجام شد و پلیمر کیتین حاصل شد. برای حصول کیتوزان از کیتین Deacetylation توسط هیدروکسید سدیم ۵۵ درصد به مدت ۱ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با نسبت (w/v) ۱:۲۰صورت گرفت (Fernandez-Kim, 2004). جهت تعیین درجه Deacetylation عدد جذبی کیتوزان توسط Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) در طول موج 400-4000 cm^{-1} ثبت شد. درجه deacetylation کیتوزان به میزان ۸۰ درصد محاسبه گردید. تنوع روش‌های تولید کیتوزان باعث تفاوت در درجه داستیلاسیون، طول زنجیره کیتوزان شده که بر میزان حلالیت و سایر خواص کیتوزان اثر می‌گذارد (Devlieghere *et al.*, 2004). وزن مولکولی کیتوزان بر فعالیت زیستی آن موثر است، مثلا کیتوزان با وزن مولکولی ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دالتون خواص زیستی بالایی را نشان می‌دهد (Chen *et al.*, 2021).

توصیه ترویجی:

در بررسی حاضر، سطوح مختلف کیتوزان در اسید استیک یک درصد حل و سپس با اسپری‌کننده‌های جداگانه بر روی جیره غذایی اسپری شد. نتایج نشان داد، به کارگیری مقادیر بهینه کیتوزان (سطوح ۰/۵ درصد) در جیره غذایی، موجب افزایش روند رشد، کارایی غذا، ارتقای سیستم ایمنی در بچه ماهیان خاویاری گردید. کیتوزان نقش مهمی در تعدیل بسیاری از گیرنده‌ها از جمله گیرنده بویایی، افزایش هضم و جذب مواد مغذی دارد و این بهبود عملکرد رشد احتمالا به دلیل نقش کیتوزان بعنوان محرک رشد در فعال‌سازی آنزیم‌های گوارشی از طریق تعدیل مناسب فلور میکروبی روده و در نتیجه فعال کردن پروبیوتیک‌ها می‌باشد. پروبیوتیک‌ها آنزیم‌های گوارشی را برای هضم و جذب مواد مغذی از طریق پرزهای روده ترشح می‌کنند. همچنین کیتوزان می‌تواند موجب بهبود ساختار مورفولوژیک روده در نتیجه‌ی افزایش سطح پرزهای روده شده و جذب مواد مغذی و در نتیجه عملکرد رشد را بهبود بخشد.

جدول ۱- مقایسه شاخص‌های رشد بچه فیل‌ماهی تغذیه شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان به مدت ۱۲ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n =۳)

	تیمارهای مورد بررسی					
Parameters	**Control**	**T2 (0.15% chitosan)**	**T3 (0.3% chitosan)**	**T4 (0.45% chitosan)**	**T5 (0.6% chitosan)**	**T6 (0.75% chitosan)**
وزن اولیه (گرم)	2.88 ± 0.05^{a}	2.88 ± 0.09^{a}	2.86 ± 0.11^{a}	2.86 ± 0.09^{a}	2.87 ± 0.07^{a}	2.87 ± 0.07^{a}
وزن نهایی (گرم)	100.22 ± 6.67^{b}	104.30 ±3.01^{b}	110.41 ± 4.58^{b}	122.17 ± 6.40^{a}	131.00 ± 5.62^{a}	122.58 ± 7.29^{a}
افزایش وزن بدن (درصد)	3378.7 ± 282.9^{b}	3522.1 ± 171. 7^{b}	3762.7 ± 166.9^{b}	4180.1 ± 206.8^{a}	4474.3 ± 299.5^{a}	4174.1 ± 159. 5^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	4.22 ± 0.10^{c}	4.27 ± 0.06^{bc}	4.35 ± 0.05^{b}	4.47 ± 0.06^{a}	4.55 ± 0.08^{a}	4.47 ± 0.04^{a}
شاخص کبدی (درصد)	3.64 ± 0.05^{a}	2.99 ± 0.02^{b}	3.16 ± 0.26^{b}	3.05 ± 0.08^{b}	3.16 ± 0.04^{b}	2.99 ± 0.04^{b}
ضریب تبدیل-غذایی	1.28 ± 0.06^{a}	1.22 ± 0.03^{ab}	1.17 ± 0.04^{b}	1.06 ± 0.04^{c}	0.99 ± 0.07^{c}	1.07 ± 0.06^{c}
نسبت کارایی پروتئین	2.18 ± 0.11^{b}	2.27 ± 0.05^{b}	2.38 ± 0.07^{b}	2.62 ± 0.10^{a}	2.82 ± 0.19^{a}	2.60 ± 0.15^{a}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P\leq ۰/۰۵$).

منابع

بازاری مقدم، س.، باقرزاده لاکانی، ف.، جلیل پور، ج.، معصوم زاده، م. و شناور ماسوله، ع.، ۱۴۰۱. اثرات عصاره‌های پودری سرخارگل (*Echinacea purpurea*) و سیر (*Allium sativum*) بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و آنزیم‌های کبدی فیل‌ماهی (Huso huso) پرورشی. مجله تغذیه آبزیان. سال هشتم، شماره ۱. ۳۹-۲۵.

محسنی، م.، پژند، ذ.، قیاسی، س.، پوردهقانی، م.، قربانی واقعی، ر.، حسنی، ح.، یگانه، ه. و قاسمیان، س. ۱۴۰۲. اثر غوطه‌وری تخم در سطوح مختلف تیامین محلول در آب بر بهبود شاخص‌های انکوباسیون و رشد لارو فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران، ۳۲ (۲): ۱۲-۱.

Ahmed, F., Soliman, F.M., Adly, M.A., Soliman, H.A.M., El-Matbouli, M., Saleh, M., 2019. Recent progress in biomedical applications

of chitosan and its nanocomposites in aquaculture: A review. Res. Vet. Sci. 126, 68–82. https://doi. org/10.1016/j.rvsc. 2019. 08. 05

Bhoopathy, S., Inbakandan, D., Rajendran, T., Chandrasekaran, K., Kasilingam, K., Gopal, D., 2021. Curcumin loaded chitosan nanoparticles fortify shrimp feed pellets with enhanced antioxidant activity. Materials Science & Engineering C 120. DOI: 10.1016/j.msec.2020.111737.

Castanon, J.I.R., 2007. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. Poult. Sci. 86, 2466–2471. https://doi.org/10.3382/ps.2007-00249

Chen, G., Yin, B., Liu, H., Tan, B., Dong, X., Yang, Q., Chi, S., Zhang, S., 2021. Supplementing chitosan oligosaccharide positively affects hybrid hrouper (Epinephelus fuscoguttatus ♀ × E. lanceolatus ♂) fed dietary fish meal replacement with cottonseed protein concentrate: Effects on growth, gut microbiota, antioxidant function and im. Front. Mar. Sci. 8, 707627. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.707627

Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J., 2004. Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiol. 21, 703–714. https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.02.008

Divya, K., Rebello, S., Jisha, M.S., 2014. A simple and effective method for extraction of high purity chitosan from shrimp shell waste, in: Proceedings of the International Conference on Advances in Applied Science and Environmental Engineering-ASEE. pp. 141–145.

El-Naggar, M., Medhat, F., Taha, A. 2022. Applications of chitosan and chitosan Aquaculture 289: 310-316. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.02.001.

Fernandez-Kim, S., 2004. Physicochemical and functional properties of crawfish chitosan as affected by different processing protocols. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.

Mohseni, M., Ghelichpour, M., Sayed Hassani, M.H., Pajand, Z., Ghorbani Vaghei, R.m 2023. Efficacy of dietary thiamine supplementation on growth performance, digestive enzymes, immunological responses, and antioxidant capacity of juvenile beluga (*Huso huso*). Aquaculture Reports, 31: 1-8.

Ngo, D.H., Kim, S.K., 2014. Antioxidant effects of chitin, chitosan, and their derivatives. Adv. Food Nutr. Res. 73, 15–31. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800268-1.00002-0

Simůnek, J., Tishchenko, G., Hodrová, B., Bartonová, H., 2006. Effect of chitosan on the growth of human colonic bacteria. Folia Microbiol. (Praha). 51, 306–8. https://doi.org/10.1007/BF02931820

Rinaudo, M., 2006. Chitin and chitosan: Properties and applications. Prog. Polym. Sci. 31, 603–632.

Xu, H., Wang, X., Liang, Q., Xu, R., Liu, J., Yu, D., 2023. Dietary chitosan moderates the growth rate, antioxidant activity, immunity, intestinal morphology and resistance against Aeromonas hydrophila of juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser baerii*♀ × *Acipenser schrenckii*♂). Int. J. Biol. Macromol. 224, 1012–1024. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.185

Zakeri, D., Pazooki, J., Mohseni, M. and Jamshidi, S.H. 2023. Effect of dietary chitosan on the growth performance, intestinal histology and growth-related gene expression in stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juveniles. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 108 (4):1152-1163. DOI: 10.1111/jpn.13961.

The use of Chitosan on growth performance and immune-biochemical indices of farmed sturgeon fingerlings

Donya Zakeri[1], *Mahmoud Mohseni* [2]*

[1]Department of Animal Sciences and Marine Biology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

[2]International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Corresponding author: *mahmoudmohseni73@gmail.com

Abstract

Producing economic rations with an emphasis on the nutritional requirements of the species, increasing production per unit area, and providing quality and diverse products with higher added value are essential for the sustainable development of the sturgeon industry in the country in Iran. According to the rapid expansion of sturgeon farming, these fish are increasingly susceptible to various infectious and non-infectious diseases. Most pathogens are opportunistic, causing disease in fish with compromised immune systems. Chitosan, a polysaccharide derived from the deacetylation of chitin, composed of glucosamine polymers, is known for its growth-promoting and immune-enhancing properties in aquatic species. Numerous studies have reported chitosan's positive effects on growth performance, hematological parameters, antioxidant activity, gut morphology, resistance to pathogens, and stress tolerance in various sturgeon species, including Beluga (*Huso huso*), Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*). In this study, supplementing the diet of sturgeon (mean weight: 2 – 200 g) with 0. 5% chitosan resulted increase in growth rate, Immune indices, including lysozyme, complement, total immunoglobulin, and immunoglobulin M (IgM), also showed significant improvements in the chitosan-supplemented groups compared to the control. These findings suggest that adding chitosan into sturgeon diets can enhance growth performance, strengthen immune function, improve health indices, and reduce environmental pollution from crustacean processing waste. This approach can contribute to the profitability of sturgeon farmers and the sustainable development of the sturgeon aquaculture industry in Iran.

Keywords: Chitosan, Growth Performance, Immunological indices, Sturgeon