

تأثیر سطوح مختلف مکمل غذایی سلماناکس مایع بر پارامترهای رشد، تغذیه و فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسمای خون در فیل ماهیان (*Huso huso* Linnaeus, 1758) پرورشی در آب لب شور و محیط محصور

مجید رضایی^{۱*}، حجت الله جعفریان^۱، هادی ریسی^۱، سید مصطفی عقیلی نژاد^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان

۲- شرکت مادر تخصصی ماهیان خاویاری آشوراده، گلستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۶

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف پرپیوتیک تجاری سلماناکس مایع بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه، شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی سرم خون فیل ماهیان (*Huso huso*) در یک دوره غذایی ۱۲۰ روزه انجام شد. به این منظور، تعداد ۱۲۰ عدد فیل ماهی پروراری با میانگین وزنی $0/26 \pm 4/66$ کیلوگرم در ۱۲ عدد قفس توری ساخته شده به ابعاد $2 \times 1 \times 1/20$ متر در عمق ۱/۵ متری دریا قرار داده و در یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و سه تکرار که شامل گروه شاهد (فاقد پرپیوتیک) و تیمارهای آزمایشی حاوی ۰/۵، ۱، ۱/۵ گرم بر کیلوگرم پرپیوتیک در جیره غذایی بود، پرورش داده شدند. نتایج به دست آمده نشان داد استفاده از پرپیوتیک سلماناکس مایع به خصوص در سطح ۰/۵ گرم بر کیلوگرم، بهبود معنی‌دار نرخ وزن نسبی، درصد رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و غذای نسبی خورده شده را به همراه داشت ($p < 0/05$)، اما تأثیر معنی‌داری بر نسبت کارایی پروتئین و چربی مشاهده نشد ($p > 0/05$). همچنین، اندازه‌گیری شاخص‌های خونی حاکی از وجود اختلافی معنی‌داری بین تیمارهای تحت تأثیر پرپیوتیک در مقایسه با گروه شاهد در میزان هموگلوبین، حجم متوسط گلبولی، میانگین هموگلوبین گلبولی و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی بود ($p < 0/05$). تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های بیوشیمیایی بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در میزان پروتئین کل، گلوکز و تری‌گلیسرید خون فیل ماهیان بود. در مجموع، با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از سطح ۰/۵ گرم بر کیلوگرم از پرپیوتیک سلماناکس مایع در جیره غذایی می‌تواند به شکل مؤثری باعث ارتقای عملکرد رشد، کارایی تغذیه و شاخص‌های خونی فیل ماهیان پرورشی شود.

کلمات کلیدی: سلماناکس، شاخص‌های خونی، پرپیوتیک، فیل ماهی، رشد

مقدمه

این است که آنها دارای اجزای غذایی طبیعی هستند و اضافه کردنشان به جیره غذایی نیاز به تدبیر ایمنی خاصی ندارد و به رغم برخی نگرانی‌ها درباره ایمنی و اثربخشی آن‌ها، این کار به آسانی انجام می‌شود (Gatesoupe, 2005; Yousefian and Sheikholeslami Amiri, 2009).

سلماناکس (Celmanax) یک محصول پربیوتیکی ساخت شرکت وای کور ایالات متحده آمریکاست. این ترکیب، شامل سه محصول مخمر هیدرولیز شده، عصاره مخمر و محیط کشت مخمر ساکارومایسیس سروسیسه است که از دیواره سلولی مخمرها، قارچ‌ها و جلبک‌های بزرگ به دست می‌آیند (Li and Gatlin, 2004; Salze et al. 2008). همچنین، این افزودنی حاوی حداقل ۲۰٪ پروتئین خام، اسیدهای آمینه و ویتامین‌های گروه B است (Kaur and Bansal, 2006).

مطالعه حسینی‌فر و همکاران در سال ۱۳۹۰ بر روی تغذیه بچه‌فیل‌ماهیان با سطوح مختلف الیگوفروکتوز مشخص کرد که سطح ۲٪ این پربیوتیک به طور معنی‌داری بر شاخص‌های خونی اثرگذار است. Esterabadi Mohajer و همکاران نیز در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که سطوح مختلف پربیوتیک ایمونوزن قابلیت تأثیرگذاری زیادی بر افزایش عملکرد رشد و کارایی تغذیه در فیل‌ماهی پرورشی دارد. Ibrahem و همکاران (۲۰۱۰) در طی ۸ هفته تغذیه ماهی نیل تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) با پربیوتیک اینولین نشان دادند که مقدار ۵٪ این ترکیب در جیره سبب افزایش رشد، نرخ رشد ویژه و بقا در این ماهی می‌شود. Yilmaz و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای سطوح صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ گرم مانان الیگوساکارید به ازای هر کیلوگرم جیره را در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به مدت ۹۰ روز بررسی کردند. در این بررسی، بهترین عملکرد رشد در ماهیان تغذیه شده با ۱/۵ گرم مانان الیگوساکارید به دست آمد.

با توجه به کمبود آب شیرین در حوضه‌های آبی، پرورش آبزیان در آبهای شور و لب شور (پرورش در قفس) رواج پیدا کرده است. پرورش ماهی در قفس، این امکان را فراهم

در دریای خزر ۶ گونه از مهمترین ماهیان خاویاری جهان (*Acipenser persicus*, *A. nudiiventris*, *A. stellatus*, *A. gueldenstaedtii*, *A. ruthenus*, *Huso huso*) زیست می‌کنند (De Meulenaer and Raymakers, 1996) که همگی در معرض خطر انقراض قرار دارند (IUCN, 2015). فیل ماهی با نام علمی *Huso Linnaeus, 1758* از رده ماهیان استخوانی، زیررده شعاع بالگان، بالاراسته ماهیان غضروفی استخوانی و راسته تاسماهی شکلان است. این ماهی از نظر شیلاتی اهمیت فراوانی دارد و خاویار آن از نوع درجه یک محسوب می‌شود. به راحتی به غذای کنسانتره عادت می‌کند، قابلیت رشد و پرورش در آب شیرین را دارد و پرورش آن با استفاده از آب رودخانه و چاه در بیشتر مناطق کشور میسر است. رشد این ماهی سریع‌تر از دیگر ماهیان خاویاری است (پورعلی و همکاران، ۱۳۸۹).

به دنبال شناسایی باکتری‌های اسیدلاکتیک در فلور باکتریایی روده ماهی و میگو در دهه اخیر و مشخص شدن نقش آن‌ها در سلامتی و رشد میزبان، نظریه کاربرد پربیوتیک‌ها به عنوان جایگزینی مناسب‌تر برای پروبیوتیک‌ها نیز شکل گرفت (Mahious et al. 2005). این مکمل‌های غذایی ضمن ایجاد محافظت غیراختصاصی در برابر عوامل بیماری‌زا به عنوان عوامل ارتقا دهنده رشد نیز عمل می‌کنند (Das et al. 2017)، به طوری که استفاده از پربیوتیک‌ها به دلیل تخمیر گزینشی توسط باکتری‌های مفید روده، سبب افزایش تعداد و غالبیت آن‌ها می‌شود (Roberfroid, 2007). در واقع پربیوتیک‌ها نوع بسیار خاصی از مواد غذایی غیرقابل هضم در دستگاه گوارش هستند که به طور انتخابی سبب تحریک رشد و یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌های روده بزرگ شده و با تغییرات سودمند خود منجر به بهبود سلامت میزبان می‌شوند (Manning and Gibson, 2004). استفاده از این محصولات در جیره غذایی، دارای نتایج سودمند زیادی از جمله افزایش نرخ رشد، بهبود عملکرد دستگاه ایمنی و همچنین، تغییر باکتریایی دستگاه گوارش است، اما اصلی‌ترین تفاوت پربیوتیک‌ها در مقایسه با پروبیوتیک‌ها

هیدرولیز شده، عصاره مخمر و محیط کشت ساکارومایسیس سرویسیه است. محیط اخیر یک فرآورده طبیعی حاوی بتاگلوکان، مانان الیگوساکارید، پروتئین، اسیدهای آمینه، مواد معدنی و ویتامین‌های گروه B ساخت شرکت وای کور است (جدول ۱). مانان الیگوساکارید سلماناکس دوره پرهیز از مصرف ندارد و فاقد هر گونه عوارض جانبی است و با هیچ دارویی تداخل ندارد. مقدار مورد نیاز برای هر تیمار توسط سمپلر با حجم مناسب برداشته شد و به طور جداگانه در ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل درون بشرهای شیشه‌ای جداگانه توسط همزن برقی IKA مدل RW20 Digital به خوبی هم زده شد و پس از تهیه سوسپانسیون پریبیوتیکی مورد نظر در غلظت‌های مناسب، بر روی یک کیلوگرم غذا افشانه شد و با غذا به خوبی مخلوط شد و پس از یکنواخت شدن، درون دستگاه انکوباتور با دمای 60°C (Ghosh et al. 2003) به مدت ۵ ساعت خشک شد و سپس بر اساس برنامه زمان‌بندی شده غذایی در اختیار ماهیان قرار گرفت. جیره‌های غذایی غنی شده تا زمان استفاده در فریزر در دمای منفی ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غذادهی به صورت دستی بر اساس وزن تر (به میزان ۳٪ وزن بدن) در ۳ وعده (۷ صبح، ۱۳ بعدازظهر، ۷ عصر) در روز انجام شد. برای تعیین وضعیت رشد ماهیان، هر سه هفته یک بار عملیات زیست‌سنجی انجام شد. برای انجام زیست‌سنجی، ماهیان هر تکرار از تیمارها را پس از بیهوشی با پودر گل میخک (به میزان ۰/۷ گرم در هر لیتر آب به مدت ۷/۵ دقیقه (حلاجیان و همکاران، ۱۳۸۹) به وسیله ترازوی دیجیتال Kern مدل KB360-3N با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و اطلاعات حاصل ثبت شد. همچنین، برای زیست‌سنجی ماهیان از متر استفاده شد. برای محاسبه بازده رشد و تغذیه ماهیان در تیمارهای مورد بررسی بر اساس منابع موجود از روابط زیر استفاده شد (جعفریان و همکاران، De Silva & Anderson, 1995; Austreng, ۱۳۸۶ 2000; Hevroy et al. 2005; Mazurkiewicz, 2009).

می‌کند تا مزرعه‌داران به پهنه‌های آبی فراساحلی و بلااستفاده، به عنوان فرصتی مناسب در جهت بهره‌برداری از این مناطق روی آورند. از مزایای پرورش ماهی در قفس می‌توان به سهولت کار نسبت به استخرهای خاکی و بتونی، چه در احداث و چه در اجرا، هزینه سرمایه‌گذاری کمتر و تولید بیشتر در واحد سطح، استفاده اصولی از منابع آب‌های طبیعی و نیمه طبیعی با توان تولید پایین، محصور کردن ماهیان در یک سطح کم و مصرف انرژی کمتر، تبدیل انرژی به ماده بیشتر، امکان توسعه بیشتر، قابلیت جابه‌جایی راحت‌تر، استفاده از غذای طبیعی و زنده و در نتیجه، کیفیت گوشت بالاتر اشاره کرد (Woo et al. 2002). مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف پریبیوتیک تجاری سلماناکس در جیره غذایی فیل‌ماهیان پرورشی در قفس بر شاخص‌های رشد، کارایی غذا، شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مرکز پرورش ماهیان خاویاری آشوراده (استان گلستان) در زمستان ۱۳۹۶ طی مدت ۱۲۰ روز با تعداد ۱۲ عدد قفس توری به ابعاد $2 \times 1 \times 1/20$ متر در عمق ۱/۵ متری دریا انجام شد. پیش از شروع آزمایش ۱۲۰ عدد فیل ماهی پرورشی با وزن اولیه $0/26 \pm 4/66$ کیلوگرم (میانگین \pm انحراف معیار) و ۳ سال سن از مرکز پرورشی چالاش آشوراده تهیه شدند. غذای مورد استفاده در این آزمایش غذای شرکت کوپنز هلند (دارای ۴۸٪ پروتئین خام، ۱۲٪ چربی خام، ۱۳٪ فیبر خام، ۹/۶٪ خاکستر و ۲۹/۱٪ دیگر ترکیبات) بود. پس از سازگاری ماهیان با جیره پایه مورد استفاده در این مطالعه به مدت ۷ روز، تعداد ۱۰ عدد ماهی در هر قفس و مجموعاً ۱۲ قفس توزیع شدند. در مجموع، ۴ تیمار با ۳ تکرار که شامل شاهد، سلماناکس ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم بود، در نظر گرفته شد. به منظور آماده سازی جیره‌های غذایی، ابتدا مقدار غذا برای کل دوره آزمایش برای هر تیمار محاسبه شد. سلماناکس پریبیوتیکی حاوی سه محصول مخمر

$$SRG (\%/day) = [LnWt_2 - LnWt_1/t_2.t_1] \times 100$$

نرخ رشد ویژه^۱

LnWt₁ = لگاریتم طبیعی وزن نهایی ماهی (گرم); LnWt₂ = لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی (گرم)

$$CF = [W(g)/L^3(cm)] \times 100$$

ضریب چاقی^۲

W = وزن ماهی (گرم); L = طول کل ماهی (سانتی متر)

درصد افزایش وزن بدن یا نرخ وزن نسبی:

$$RGR(\%) = [W_2 - W_1/W_1] \times 100$$

W₁ = وزن اولیه ماهی (گرم); W₂ = وزن نهایی ماهی (گرم)

میانگین رشد روزانه^۳

$$DGC (\%) = 100 \times [(W_{t_2}^{0.333} - W_{t_1}^{0.333}) / \text{day of experiment}]$$

W₁ = وزن اولیه ماهی (گرم); W₂ = وزن نهایی ماهی (گرم)

غذای نسبی خورده شده^۴

$$RFI (\%) = [(\text{مدت مطالعه} \times \text{افزایش وزن}) / 0.5] / \text{غذای خورده شده} \times 100$$

ضریب تبدیل غذایی^۵

$$FCR = \text{dry feed intake} / (W_t - W_0)$$

W₀ = وزن اولیه ماهی (گرم); W_t = وزن نهایی ماهی (گرم); Feed intake (g) = غذای خورده شده (گرم)

کارایی تبدیل غذایی^۶

$$FCE (\%) = [(W_t - W_0) / \text{g dry feed intake}] \times 100$$

g feed intake = غذای خشک خورده شده (گرم); W₀ = وزن اولیه ماهی (گرم); W_t = وزن نهایی ماهی (گرم)

جدول ۱۱ اجزای تشکیل دهنده پری بیوتیک سلماناکس (Church and Dwight Co. 2015).

مقدار (%)	اسید آمینه	مقدار (%)	مواد معدنی	مقدار (%)	مواد مغذی
۰/۴۶	آلانین	۰/۲۶	سدیم	۸۰	رطوبت
۰/۱۷	آرژنین	۰/۰۵	کلسیم	۲۰	ماده خشک
۰/۶۹	آسپارتیک اسید	۳/۳ ppm	مس	۶/۵	پروتئین خام
۰/۱۲	سیستین	۳۰ ppm	آهن	۱/۶	چربی خام
۰/۸۰	گلوتامیک اسید	۴ ppm	منگنز	۲/۵	خاکستر
۰/۱۵	هیستیدین	۰/۱۴	منیزیم	۰/۳۵	فیبر خام
۰/۴۱	لیزین	۰/۰۴	فسفر		
۰/۰۸	تریپتوفان	۰/۲۹	پتاسیم		
		۱۱ ppm	روی		

1. Specific growth rate
2. Condition factor
3. Relative gain rate
4. Daily growth coefficient
5. Relative feed intake
6. Feed conversion ratio
7. Feed conversion efficiency

مشخص شد. نرم افزار آماری SPSS (version 22) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار برده شد.

نتایج

آنالیز داده‌های به دست آمده از جدول ۲ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های نرخ وزن نسبی، ضریب چاقی، نرخ رشد ویژه و ضریب رشد روزانه مابین تیمارهای پرپیوتیکی با تیمار شاهد بود ($p < 0.05$)، به طوری که بیشترین مقدار آنها در تیمار سلماناکس ۰/۵ گرم دیده شد. هر چند که در مورد ضریب رشد روزانه، به‌رغم بهبود تیمارهای پرپیوتیکی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد دیده نشد ($p > 0.05$).

تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از جدول ۳، نشان داد که در خصوص شاخص‌های کارایی تبدیل غذا، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی و غذای نسبی خورده شده، بین تیمارهای پرپیوتیکی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$)، این در حالی است که در مورد همه شاخص‌های مذکور، پرپیوتیک سلماناکس سبب بهبود آنها نسبت به تیمار شاهد شد. البته در خصوص ضریب تبدیل غذایی و غذای نسبی خورده شده، اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

پس از انتقال لوله‌های آزمایش درب‌دار حاوی ۳ میلی‌لیتر خون به آزمایشگاه، جداسازی پلاسماي خون برای تعیین شاخص‌های بیوشیمیایی توسط سانتریفیوژ (مدل ۲۰۰ Labofuge ساخت شرکت Heraeus Sepatech آلمان) به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور انجام شد. سپس، با استفاده از پیپت پاستور، پلاسما به ظروف اپندورف‌های شماره‌گذاری‌شده و با مشخصات کامل منتقل و تا زمان سنجش شاخص‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Patriche et al. 2011). همچنین، برای سنجش پروتئین از روش بیورت، آلبومین از روش بروموکرزول و کلسترول از روش کلسترول اکسیداز استفاده شد (Doumas et al. 1981).

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در ابتدا آزمون همگنی گروه‌ها با آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) انجام شد. در صورت همگن بودن داده‌ها، برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه‌ای از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای داده‌های غیرهمگن از آزمون غیرپارامتریک کروسکال والیس (Kruskal Wallis) استفاده شد. معنی‌دار بودن گروه‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون مربع کای (Chi-Square) در سطح احتمال ۰/۵٪

جدول ۲ اثر پرپیوتیک سلماناکس بر شاخص‌های رشد فیل ماهیان پرورشی.

پارامتر تیمار	شاهد	سلماناکس ۰/۵	سلماناکس ۱	سلماناکس ۱/۵
نرخ وزن نسبی (٪)	۳۵/۶۱ ± ۱۰/۶۴ ^b	۳۹/۹۱ ± ۷/۰۴ ^a	۳۷/۵۴ ± ۱۱/۱۸ ^b	۳۶/۲۸ ± ۹/۰۵ ^b
ضریب چاقی (٪)	۰/۶۴۰ ± ۰/۰۶۳ ^b	۰/۷۴۱ ± ۰/۱۱۱ ^a	۰/۷۲۳ ± ۰/۱۸۹ ^a	۰/۶۹۸ ± ۰/۱۷۰ ^a
نرخ رشد ویژه (٪)	۰/۵۵۶ ± ۰/۱۳ ^b	۰/۶۰۳ ± ۰/۱۰ ^a	۰/۵۸۸ ± ۰/۱۹ ^{ab}	۰/۵۶۹ ± ۰/۲۱ ^b
ضریب رشد روزانه (٪)	۳/۲۰ ± ۱/۰۰ ^a	۳/۵۹ ± ۰/۸۶ ^a	۳/۴۷ ± ۱/۰۵ ^a	۳/۳۲ ± ۰/۹۸ ^a

* حروف نامشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۳ اثر پریبیوتیک سلماناکس بر شاخص‌های تغذیه‌ای فیل ماهیان پروراری (میانگین \pm انحراف معیار).

پارامتر تیمار	شاهد	سلماناکس ۰/۵	سلماناکس ۱	سلماناکس ۱/۵
ضریب تبدیل غذا	۳/۳۷ \pm ۱/۰۷ ^a	۲/۴۴ \pm ۰/۸۴ ^b	۲/۸۲ \pm ۱/۱۰ ^{ab}	۳/۰۵ \pm ۱/۱۱ ^a
کارایی تبدیل غذا (%)	۳۶/۴۰ \pm ۱۲/۳۱ ^a	۴۷/۷۱ \pm ۱۵/۱۱ ^a	۴۲/۲۳ \pm ۱۰/۱۹ ^a	۳۹/۶۸ \pm ۱۲/۶۰ ^a
نسبت کارایی پروتئین	۱/۰۶ \pm ۰/۲۸ ^a	۱/۴۳ \pm ۰/۳۴ ^a	۱/۳۷ \pm ۰/۲۵ ^a	۱/۲۸ \pm ۰/۳۳ ^a
نسبت کارایی چربی	۲/۶۳ \pm ۰/۴۴ ^a	۴/۵۱ \pm ۰/۷۴ ^a	۴/۲۶ \pm ۰/۶۸ ^a	۳/۷۰ \pm ۰/۸۷ ^a
غذای خورده شده	۵/۱۲ \pm ۰/۶۰ ^a	۴/۹۲ \pm ۰/۸۱ ^b	۵/۰۲ \pm ۰/۷۹ ^{ab}	۵/۰۷ \pm ۰/۶۲ ^{ab}

* حروف نامتشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p < 0.05$).

جدول ۴ تغییرات شاخص‌های خون‌شناسی فیل ماهیان پروراری (میانگین \pm انحراف معیار).

تیمار	شاهد	سلماناکس ۰/۵	سلماناکس ۱	سلماناکس ۱/۵
WBC (10^3 mm^{-3})	۰/۷۱ \pm ۰/۱۳ ^a	۰/۷۸ \pm ۰/۰۷ ^a	۰/۷۵ \pm ۰/۱۱ ^a	۰/۷۲ \pm ۰/۰۹ ^a
RBC (10^6 mm^{-3})	۹۳۵۰ \pm ۱۳۷۹/۱۴ ^a	۹۶۴۳ \pm ۱۸۹۷/۸۶ ^a	۹۴۲۶ \pm ۲۱۳۵/۳۱ ^a	۹۱۲۰ \pm ۱۷۴۵/۲۳ ^a
Hb (g/dL)	۴/۵۶ \pm ۰/۶۶ ^b	۶/۲۲ \pm ۰/۲۱ ^a	۵/۸۰ \pm ۰/۵۱ ^a	۵/۰۱ \pm ۰/۸۳ ^b
HCT (%)	۲۹/۳۵ \pm ۲/۱۹ ^a	۲۹/۱۷ \pm ۲/۶۹ ^a	۲۷/۴۰ \pm ۳/۳۱ ^a	۲۸/۵۲ \pm ۳/۴۷ ^a
MCV (fL)	۳۸۵/۲۸ \pm ۴۱/۰۵ ^a	۳۷۹/۱۹ \pm ۲۲/۱۳ ^a	۳۶۳/۱۱ \pm ۲۱/۰۹ ^{ab}	۳۲۸/۹۷ \pm ۲۶/۵۳ ^b
MCH (pg/cell)	۶۵/۴۱ \pm ۲/۸۱ ^b	۸۲/۵۶ \pm ۶/۶۵ ^a	۷۵/۳۱ \pm ۳۲/۰۸ ^a	۷۱/۲۲ \pm ۳/۴۳ ^{ab}
MCHC (%)	۱۷/۷۱ \pm ۲/۳۴ ^b	۲۵/۰۸ \pm ۳/۸۰ ^a	۲۲/۸۲ \pm ۱/۴۱ ^{ab}	۲۱/۷۶ \pm ۲/۹۲ ^b
Lym (%)	۶۴/۶۶ \pm ۱۴/۵۵ ^a	۵۸/۵۶ \pm ۱۲/۳۳ ^a	۵۸/۳۶ \pm ۱۴/۲۹ ^a	۵۹/۹۰ \pm ۶/۳۳ ^a
Neu (%)	۹/۳۹ \pm ۴/۲۶ ^a	۶/۱۲ \pm ۲/۳۳ ^a	۵/۹۲ \pm ۲/۴۳ ^a	۵/۴۹ \pm ۲/۱۳ ^a
Eos (%)	۲۵/۴۵ \pm ۸/۳۱ ^a	۳۵/۶۱ \pm ۶/۴۴ ^a	۳۵/۴۲ \pm ۹/۲۳ ^a	۳۴/۱۶ \pm ۸/۶۱ ^a

* حروف نامتشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p < 0.05$).

WBC = گلبول سفید؛ RBC = گلبول قرمز؛ Hb = هموگلوبین؛ HCT = هماتوکریت؛ MCV = حجم متوسط گلبولی؛ MCH = میانگین هموگلوبین گلبولی؛ MCHC = غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی؛ Ly = لنفوسیت؛ Neu = نوتروفیل؛ Eos = ائوزینوفیل

پریبیوتیک اختلاف معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد نشان ندادند ($p > 0.05$)، درحالی که در غلظت هموگلوبین، حجم متوسط گلبولی، میانگین هموگلوبین گلبولی و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی، اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

اثر پریبیوتیک سلماناکس مایع بر شاخص‌های خون‌شناسی فیل ماهیان پروراری در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده، تعداد گلبول‌های قرمز و سفید، درصد هماتوکریت، مونوسیت، لنفوسیت و ائوزینوفیل در بین تیمارهای تغذیه کرده از جیره‌های غذایی غنی شده با

جدول ۵ تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون فیل ماهیان پرورشی (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار	شاهد	سلماناکس ۰/۵	سلماناکس ۱	سلماناکس ۱/۵
پروتئین کل (g/dL)	۴/۱۰ ± ۰/۷۱ ^a	۴/۴۸ ± ۰/۳۲ ^a	۳/۹۸ ± ۰/۲۹ ^a	۳/۴۶ ± ۰/۶۱ ^a
گلوکز (mg/dL)	۳۷/۸۰ ± ۲/۲۱ ^b	۶۰/۱۲ ± ۶/۷۲ ^a	۵۴/۲۲ ± ۳/۱۲ ^a	۴۱/۴۵ ± ۴/۶۰ ^b
آلبومین (g/dL)	۰/۸۸ ± ۰/۰۷ ^a	۱/۲۷ ± ۰/۰۸ ^a	۱/۱۹ ± ۰/۰۵ ^a	۱/۱۶ ± ۰/۰۷ ^a
گلوبولین (mg/dL)	۳/۳۷ ± ۰/۷۹ ^a	۲/۹۷ ± ۰/۶۵ ^a	۲/۹۹ ± ۰/۴۱ ^a	۳/۲۸ ± ۰/۱۸ ^a
تری گلیسرید (mg/dL)	۱۵۷/۲۲ ± ۱۲/۰۸ ^b	۲۰۲/۲۳ ± ۱۵/۶۴ ^a	۱۷۴/۳۱ ± ۱۸/۴۳ ^{ab}	۱۴۹/۴۹ ± ۱۱/۵۵ ^b
کلسترول (mg/dL)	۵۹/۳۲ ± ۲/۷۵ ^a	۵۹/۲۶ ± ۵/۸۰ ^a	۵۸/۶۸ ± ۳/۲۲ ^a	۵۸/۴۷ ± ۴/۹۰ ^a
اوریک اسید (mg/dL)	۴/۲۲ ± ۰/۹۱ ^b	۸/۲۸ ± ۱/۴۱ ^a	۶/۸۲ ± ۰/۳۱ ^a	۶/۷۹ ± ۱/۰۹ ^a
کراتینین (mg/dL)	۱/۰۸ ± ۰/۳۴ ^a	۱/۹۱ ± ۰/۱۹ ^a	۱/۶۵ ± ۰/۲۳ ^a	۱/۴۸ ± ۰/۴۲ ^a
آمیلاز (U/L)	۱۱/۴۳ ± ۱/۰۱ ^a	۱۰/۸۷ ± ۰/۱۰ ^a	۱۰/۰۲ ± ۰/۲۲ ^a	۹/۴۶ ± ۰/۶۱ ^a
لیپاز (U/L)	۱۲/۷۲ ± ۳/۱۷ ^b	۱۹/۳۵ ± ۰/۵۴ ^a	۱۴/۲۷ ± ۲/۸۱ ^b	۱۶/۸۰ ± ۲/۲۴ ^{ab}

*حروف نامتشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p < 0.05$).

با آبریان بر لزوم استفاده از ترکیب مانان الیگوساکارید (MOS) تاکید دارند، زیرا اولاً این ترکیب باعث افزایش بقا، بهبود عملکرد رشد و افزایش کارایی تغذیه شده است. ثانیاً اثرات مفید آن بر سلامت روده از طریق ارتقای فرآیندهای هضم و جذب مواد غذایی، افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده و در نهایت، تحریک دستگاه ایمنی اختصاصی و غیر اختصاصی در برابر عوامل بیماری‌زای شایع در گونه‌های هدف به اثبات رسیده است (Sang and , 2010, Fotedar).

شاخص‌های رشد و تغذیه

همانطور که از نتایج تحقیق حاضر بر می‌آید، افزودن ۰/۵ گرم برکیلوگرم پربیوتیک سلماناکس حاوی MOS، سبب شده است که ماهیان تغذیه شده با این پربیوتیک رشد بهتری را نسبت به گروه شاهد در مدت ۱۲۰ روز نشان دهند، به طوری که نرخ وزن نسبی، شاخص رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی به طور معنی‌داری در ماهیان تغذیه شده با سلماناکس ۰/۵٪ در مقایسه با گروه شاهد افزایش پیدا کرد. مطالعات محققان نشان داد که MOS موجود در ساختار مکمل‌های پربیوتیکی از جمله سلماناکس سبب تولید گلوکز کبدی شده که انرژی لازم برای سوخت و ساز بافت‌های بدن را فراهم آورده و باعث ارتقای رشد و بهتر

نتایج آنالیز شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون فیل ماهیان پرورشی در تیمارهای مختلف آزمایشی در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، بالاترین مقدار پروتئین کل، گلوکز و تری‌گلیسرید در تیمار تغذیه کرده از سلماناکس ۰/۵ ثبت شد که در مقایسه با گروه شاهد، اختلاف معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). بالاترین میزان آلبومین، اوریک اسید و لیپاز نیز در تیمار تغذیه کرده از پربیوتیک سلماناکس مایع ۰/۵ ثبت شد ($p < 0.05$).

اندازه‌گیری مقدار کراتینین نشان داد که بین تیمارهای مختلف فیل ماهیان در سطح این شاخص، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$). سطح آمیلاز در تیمارهای مختلف فیل ماهیان تغذیه کرده از پربیوتیک سلماناکس اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p > 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه استفاده از جیره‌های غذایی غنی شده با محرک‌های ایمنی از قبیل بتا گلوکان و مانان الیگوساکارید به عنوان ترکیبات اصلی سازنده مخمرها در آبی‌پروری توصیه می‌شود، چرا که آنها قادر به فائق آمدن بر اثرات منفی استرس‌های شایع در پرورش متراکم ماهیان از طریق تقویت دستگاه ایمنی هستند (Welker et al. 2007). در بین انواع مختلفی از پربیوتیک‌ها، بسیاری از مطالعات در ارتباط

گوناگون مخمر، فرآیند تخمیر و فرآوری همگی می‌توانند بر عملکرد کربوهیدرات‌ها اثر بگذارند (Newman, 2007). استفاده از ترکیباتی که دارای MOS به عنوان پربیوتیک هستند، برای ارتقای شاخص‌های رشد ماهیان نیاز به مطالعات بیشتری بر روی گونه‌های مختلف ماهیان دارد تا بتوان نتایج ضد و نقیض دانشمندان را تفسیر کرد. با وجود این، اختلاف موجود در نتایج محققان را می‌توان به گونه پرورشی، اندازه، سن گونه، طول دوره پرورش، شرایط محیطی، رفتارهای تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک گونه، نوع مواد اولیه به کار رفته در تهیه جیره‌های غذایی و کمیت و کیفیت آنها، فرمول نویسی جیره‌های غذایی، نوع پربیوتیک مصرفی و سطح مورد استفاده ربط داد.

نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج Gultepe و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت که بر روی سیم دریایی (*Sparus aurata*) با سطوح مختلف MOS انجام شد. آنها افزایش معنی‌داری را از نظر شاخص‌های رشد و تغذیه در ماهیان تغذیه شده با پربیوتیک، در مقایسه با شاهد مشاهده کردند. اگرچه، تحقیقات انجام شده توسط Pryor و همکاران (۲۰۰۳) که با اضافه کردن MOS به میزان ۳ گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی تاسماهی خلیج (A. *oxyrinchus desotoi*) همراه بود، با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت.

شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و ایمنی

بر اساس نتایج به دست آمده، سطوح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم پربیوتیک سلماناکس در جیره غذایی فیل ماهیان، سبب بروز اختلاف معنی‌دار در غلظت هموگلوبین، حجم متوسط گلبولی، میانگین هموگلوبین گلبولی و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی بین تیمارهای پربیوتیکی با شاهد شد.

ترکیب بتا ۱، ۳ گلوکان از دیواره سلولی مخمر آجو (*Saccharomyces cerevisiae*) مشتق شده و مقاومت موجود را نسبت به عفونت‌های باکتریایی و ویروسی افزایش می‌دهد. بتاگلوکان قادر است فعالیت بیگانه خوارها و دیگر بخش‌های مختلف دستگاه ایمنی ذاتی یا غیراختصاصی را هم در ماهیان و هم در پستانداران تنظیم کند (1994)

شدن ضریب تبدیل غذایی می‌شود (Staykov et al. 2007). همچنین، اثر MOS بر کارایی تغذیه ممکن است در ارتباط با سیری محیطی (سیری و پیام‌های اشتها) و یا در ارتباط با ذخیره دراز مدت انرژی بدن باشد که اطلاعاتی را برای دستگاه مرکزی تغذیه‌ای هیپوتالاموس ارسال می‌کند (Torrecillas et al. 2007). MOSها منبع تغذیه‌ای مناسبی برای رشد و فعالیت باکتری‌های فلور دستگاه گوارش مانند باکتری‌های اسید لاکتیک، لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکترها هستند (Ringg et al. 1998) و به عنوان منبع انرژی توسط باکتری‌های اسید لاکتیک مصرف می‌شوند (Miles, 1993).

چسبیدن باکتری‌ها به روده نقش مهمی در تشکیل کلونی و بیماری‌زایی آنها دارد. سلول‌های موکوسی بافت پوششی روده در برابر اتصال باکتری‌ها، دارای مکانیسم‌های دفاعی شامل ترشح موکوس، دربرگرفتن باکتری‌ها و فعالیت موسین هستند. موسین‌ها اجزای مهم ضدچسبندگی اند که دستگاه دفاعی اولیه را برای جلوگیری از اتصال باکتری‌ها تحریک می‌کنند (Bavington et al. 2000; Sandberg et al. 2004). به نظر می‌رسد که تاثیر پربیوتیک‌ها بر عملکرد رشد ماهیان، به دلیل جلوگیری ترکیب MOS از تجمع باکتری‌های بیماری‌زا در روده به خاطر تولید ترکیبات ضد باکتریایی (باکتریوسین) است.

یکی از عوامل اقتصادی بودن پرورش آبزیان، ضریب تبدیل غذایی است، زیرا علاوه بر کاهش هزینه‌های غذا و غذادهی، به سبب مقدار کمتر غذادهی، از آلودگی ثانویه آب محیط پرورش و به تبع آن، کاهش پارامترهای کیفی آب جلوگیری خواهد کرد (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر، بهترین ضریب تبدیل در جیره حاوی سلماناکس ۰/۵ مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد داشت که گویای کارایی و قابلیت هضم بهتر این ترکیب است. از طرف دیگر، مطالعات با میکروسکوپ الکترونی نشان داد که MOS می‌تواند تراکم ریزپرزها را در هر دو بخش جلویی و عقبی روده افزایش دهد. افزایش تراکم ریزپرزها، ضریب جذب غذا را ارتقا می‌دهد که علت این افزایش تراکم را تخمیر کربوهیدرات در روده عنوان می‌کنند. پیچیدگی ساختار کربوهیدرات در دیواره سلولی مخمر، نژادهای

روی این گیرنده‌ها قرار می‌گیرد، سلول‌ها شروع به بلعیدن باکتری‌ها می‌کنند و باعث ترشح سایتوکین‌ها می‌شوند. ترکیبات اخیر، باعث تحریک بیشتر گلبول‌های سفید جدید می‌شوند.

اطلاعات در مورد اثر پریبیوتیک‌ها، MOS و بتاگلوکان بر شاخص‌های خونی ماهیان محدود است. در تحقیق حاضر اثر سلماناکس مایع بر برخی از شاخص‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین، در این تحقیق، از هیچ آزمایش استرس فیزیکی، شیمیایی و باکتریایی استفاده نشد. از طرف دیگر، چون فیل ماهیان دارای مراحل طولانی رشد و سن بالای رسیدگی جنسی‌اند، لذا، مطالعه اثرات این پریبیوتیک‌ها بر شاخص‌های خونی و ایمنی نیاز به زمان بیشتری دارد. البته به نظر می‌رسد نوسانات و تفاوت‌ها در شاخص‌های خونی در تحقیقات گوناگون به خصوصیات گونه‌ای ماهی مورد مطالعه، میزان دوز القا شده MOS و بتا گلوکان، ترکیبات جیره‌های غذایی، دوره پرورش و غیره وابسته باشد. طبق نظر Sado و همکاران (۲۰۰۸) با توجه به خون‌سرد بودن ماهیان، اثر عوامل محیطی ممکن است قابل توجه باشد.

نتایج تحقیق حاضر، همسو با تحقیقات امانی (۱۳۹۰) است که تاثیر سطوح مختلف پریبیوتیک MOS را بر برخی از شاخص‌های خونی و بیوشیمی سرم خون بچه ماهیان قزل-آلای رنگین‌کمان گزارش کرد. نتایج این محقق نشان داد که اضافه کردن MOS منجر به تفاوت معنی‌دار در میزان گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، اسید اوریک، پروتئین کل و بیلی روبین نمی‌شود، اما بروز اختلاف معنی‌دار در جمعیت گلبول‌های سفید تیمارهای آزمایشی با شاهد را گزارش کرد. Imanpoor و Roohi (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای اثر مکمل غذایی سنگروویت بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، در بچه ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) را بررسی کرده و دریافتند استفاده از این مکمل سبب ارتقای کارایی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص‌های رشد فیل ماهیان پرورشی، مقدار ۰/۵ گرم بر کیلوگرم سلماناکس مقدار مناسب و مطلوبی برای پرورش فیل‌ماهیان به شمار می‌رود، زیرا باعث افزایش معنی‌داری در نرخ وزن نسبی،

(Robertson et al.)، بتا ۱، ۳ گلوکان باعث افزایش فعالیت پروتئین‌های ضد میکروبی مانند لیزوزیم و کمپلمان، تحریک سلول‌های بیگانه‌خوار مانند ماکروفاژها و تولید آنتی‌بادی می‌شود که افزایش سطح ایمنی اختصاصی و غیر اختصاصی بدن، افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و کاهش مرگ و میر در ماهیان را به همراه دارد (Sakai, 1999; Ortuno et al. 2002; Dalmo and Bogwald, 2008).

در ماهیان، دستگاه ایمنی ذاتی یا غیراختصاصی یک مکانیسم دفاعی اساسی در برابر عوامل بیماری‌زا محسوب می‌شود. تقویت این دستگاه برای ماهیان پرورشی بسیار ارزشمند است، زیرا ماهیان در شرایط پرورشی در برابر بسیاری از عوامل باکتریایی فرصت طلب آسیب‌پذیر هستند (Dixon and Stet, 2001). اتصال بتا گلوکان به گیرنده‌های سلولی، فرآیند بیگانه‌خواری را از طریق فعال‌سازی مسیرهای کمپلمان تقویت می‌کند. مطالعات نشان داده است که تغذیه کوتاه مدت با محرک‌های ایمنی سبب تولید اثرات مفید بر دستگاه ایمنی و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌شود (Chen and Ainsworth, 1992). گزارش‌های متعدد نشان داده‌اند که گیرنده‌های گلوکان در ماهیان روی ماکروفاژها قرار داشته (Engstad and Robertsen, 1993) و می‌توانند از طریق فعال کردن مستقیم این بیگانه‌خوارها، باعث ارتقای ایمنی غیر اختصاصی شوند (Robertsen, 1999). گیرنده مانوز یک گیرنده داخل سلولی ماکروفاژها و سلول‌های اندوتلیال است. لیگندهای حاوی مانوز به دیگر گیرنده‌ها متصل و سبب فعال شدن گلبول‌های سفید و تولید سایتوکاین‌های ضد التهابی می‌شوند (Linehan et al. 2000).

در تحقیق حاضر، تعداد گلبول‌های سفید در گروه‌های آزمایشی تغذیه شده با محرک سلماناکس، افزایش غیرمعنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشتند. گلبول‌های سفید یکی از مهمترین سلول‌هایی هستند که می‌توانند واکنش‌های ایمنی غیر اختصاصی را در ماهیان تحریک کنند (Raa, 1996). افزایش در تعداد گلبول‌های سفید ناشی از ترکیبات بتاگلوکان است، زیرا آنها گیرنده‌های خاصی را بر روی گلبول‌های سفید شناسایی می‌کنند. وقتی بتاگلوکان بر

جعفریان، ح.، آذری تاکامی، ق.، کمالی، ا.، سلطانی، م.، حبیبی رضایی، م. ۱۳۸۶. استفاده از باسیلوس های پروبیوتیکی غنی شده با ناپلی آرتمیا ارومیانا به منظور رشد و بقاء لاروهای تاس ماهی ایرانی ۱۴: ۷۷-۸۷.

حسینی فر، س.ح.، میرواقفی، ع.، مجازی امیری، ب.، خوشباور رستمی، ح.، درویش بسطامی، ک. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر پربیوتیک لیگوفروکتوز بر پاره ایی از شاخص های خونی، بیوشیمیایی سرمی و آنزیم های کبدی بچه فیل ماهی. مجله علمی شیلات ایران ۲۰: ۲۷-۳۶.

حلاجیان، ع.، کاظمی، ر. و یوسفی جوردهی، ا. ۱۳۸۹. اثر پودر گل میخک بر مدت زمان بیهوشی و بازگشت از بیهوشی در فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی ۴ ساله. مجله شیلات ۵: ۱۴۰-۱۳۳.

فلاحتکار، ب.، سلطانی، م.، ابطحی، ب.، کلباسی، م.ر.، پورکاظمی، م. و یاسمی، م. ۱۳۸۵. تاثیر ویتامین C بر برخی پارامترهای رشد، نرخ بازماندگی و شاخص کبدی در فیل ماهیان جوان پرورشی. مجله پژوهش و سازندگی ۱۹: ۱۰۳-۹۸.

Austreng, E. 2000. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* 13: 265-272.

Bavington, C.D., Lever, R., Mulloy, B., Grundy, M.M., Page, C.P., Richardson, N.V. McKenzie, J.D. 2004. Anti-adhesive glycoproteins in echinoderm mucus secretions. *Comparative Biochemistry and Physiology* 139: 607-617.

Chen, D., Ainsworth, A.J. 1992. Glucan administration potentiates immune defense mechanisms of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of Fish Diseases* 15: 295-304.

Dalmo, A.R., Bogwald, J. 2008. Glucans as conductors of immune symphonies. *Fish and Shellfish Immunology* 25: 384-396.

Das, S., Mondal, K., Haque, S. 2017. A review on application of probiotic,

شاخص رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب کارایی پروتئین، ضریب چاقی، نسبت کارایی پروتئین و کاهش معنی دار ضریب تبدیل غذایی در فیل ماهیان پرورشی می شود. در مورد شاخص های خونی و ایمنی، به نظر می رسد که فیل ماهیان پرورشی باید به مدت بسیار طولانی تر در معرض این ترکیبات قرار گیرند، تا با توجه به طولانی بودن مراحل رشد آنها بتوان در خصوص انتخاب دوز مصرفی اظهار نظر قطعی کرد.

منابع

امانی دنجی، ک. ۱۳۹۰. تاثیر سطوح مختلف پری بیوتیک مانان الیگوساکارید بر شاخص های رشد، بازماندگی، ترکیب لاشه و تراکم لاکتوباسیل های روده در بچه ماهی قزل آلائی رنگین کمان. پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل. ۷۰ صفحه.

پورعلی، ح. ر.، محسنی، م.، آق تومان، و.، توکلی، م. ۱۳۸۹. پرورش بچه ماهیان با درصدهای مختلف غذای کنسانتره فرموله شده. مجله علمی شیلات ایران، ویژه نامه اولین سمپوزیوم ملی ماهیان خاویاری ۴۸-۳۷.

prebiotic a symbiotic for sustainable development of aquaculture. *Journal of Entomology* 5: 422-429.

De Silva, S.S., Anderson, T.A. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman and Hall, London. 319 p.

De Meulenaer, T., Raymakers, C. 1996. Sturgeons of the Caspian Sea and the international trade in caviar. *TRAFFIC Network Report*, 71 p.

Dixon, B., Stet, R.J.M. 2001. The relationship between major histocompatibility receptors and innate immunity in teleost fish. *Developmental and Comparative Immunology* 25: 683-700.

Doumas, B.T., Bayse, D.D., Carter, R.J., Peters, T.J.R., Schaffer, R.A. 1981. Candidate reference method for determination of total protein in serum. I. Development and Validation. *Clinical Chemistry* 10: 42-50.

- Engstad, R.E., Robertsen, B. 1993. Recognition of yeast cell wall glucan by Atlantic salmon (*Salmo salar*) macrophages. *Developmental and Comparative Immunology* 17: 319-330.
- Gatesoupe, F.J. 2005. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond* 2: 3-5.
- Ghosh, K., Sen, S.K., Ray, A.K. 2003. Supplementation of an isolated fish guts bacterium, *Bacillus circulance*, in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* fingerling. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 55: 13-21.
- Gultepe, N., Salnur, S., Hossu, B., Hisar, O. 2010. Dietary supplementation with Mannan oligosaccharides (MOS) from Bio-Mos enhances growth parameters and digestive capacity of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition* 17: 482-487.
- Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, R., Sandness, k., Rund, M., Hemre, G.I. 2005. Nutrition utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L) fed increased level of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition* 11: 301-313.
- Ibrahim, M.D., Fathi, M., Mesalhy, S., El-Aty, A.M.A. 2010. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*oreochromis niloticus*). *Fish and Shellfish Immunology* 29: 241-246.
- Imanpoor, M.R., Roohi, Z. 2015. Effects of Sangrovit-supplemented diet on growth performance, blood biochemical parameters, survival and stress resistance to salinity in the Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Aquaculture Research* 1: 1-7.
- IUCN. 2015. IUCN red list of threatened species. Available at www.iucnredlist.org (accessed 20 July 2015).
- Kaur, T., Bansal, M.P. 2006. Selenium enrichment and anti-oxidant status in baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* at different sodium selenite concentrations. *Nutrition Hospitalaria* 21: 704-708.
- Li, P., Gatlin, D.M. 2004. Dietary brewers yeast and perbiotic GroBiotic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid Striped May (*Morone crypsos* × *M. saxatilis*) to *Sterptococcus iniae* infection. *Aquaculture* 231: 445-456.
- Linehan, S.A., Martinez-Pomares, L., Gordon, S. 2000. Macrophage lectins in host defense. *Microbes and Infection* 2: 279-288.
- Mahious, A.S., Gatesoupe, F.J., Hervi, M., Metailler, R., Ollevier, F. 2005. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, C. 1758). *Aquaculture International* 14: 219-229.
- Manning, T.S., Gibson, G.R. 2004. Prebiotics. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology* 18: 287-298.
- Mazurkiewicz, J. 2009. Utilization of domestic plant components in diets for common carp *Cyprinus carpio* L. *Archives of Polish Fisheries* 17: 5-39.
- Miles, R.D. 1993. Manipulation of the microflora of the gastrointestinal tract: natural ways to prevent colonization by pathogens. In: *Biotechnology in feed industry*. Lycons, T.P. (ed). Nottingham University Press, Nottingham, UK, 133-150.
- Mohajer Esterabadi, M., Vahabzadeh, H., Zamini, A.A., Sudagar, M., Ghorbani Nasrabadi, R. 2010. Effect of dietary immunogen prebiotic on growth and survival indices of sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Journal of Fisheries Islamic Azad University, Azadshahr Branch* 1: 61-73. (In Persian).

- Newman, K. 2007. Form follows function in picking MOS product. *Feedstuffs* 79: 1-2.
- Ortuno, J., Cuesta, A., Rodriguez, A. 2002. Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Veterinary Immunology and Immunopathology* 85: 41-50.
- Patriche, T., Patriche, N. Bocioc, E., Coadă, T. 2011. Normal serum biochemical parameters of juveniles tages the beluga sturgeon (*Huso huso*). University Dunărea de Jos” of GalaŃi, Faculty of Medicine and Pharmacy patriche@yahoo.com
- Pryor, G.S., Royes, J.B., Chapman, F.A., Miles, R.D. 2003. Mannan oligosaccharides in fish nutrition: Effects of dietary supplementation on growth and gastrointestinal villi structure in Gulf of Mexico sturgeon. *North America Journal of Aquaculture* 65: 106-111.
- Raa, J. 1996. The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. *Reviews in Fisheries Science* 4: 229-288.
- Robertsen, R., Engstad, R.E., Jorgensen, J.B. 1994. Glucans as immunostimulants in fish. In: Stolen, J.S. 1993. *Modulators of fish immune responses: Models for Environmental Toxicology-Biomarkers, Immunostimulators*. Sos Pubns, Fair Haven, New Jersey, 83 p.
- Robertsen, B. 1999. Modulation of the non-specific defense of fish by structurally conserved microbial polymers. *Fish and Shellfish Immunology* 9: 269-290.
- Roberfroid, M.B. 2007. Prebiotics: the concept revisited. *Journal of Nutrition* 137: 830S-837S.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture* 172: 63-92.
- Salze, G., McLean, E., Schwarz, M.H., Craig, S.R. 2008. Dietary mannan oligosaccharide enhances salinity tolerance and gut development of larval cobia. *Aquaculture* 274: 148-152.
- Sandberg, T., Nestor, M., Pahlson, C., Shi, L., Caldwell, K.D. 2000. Mucin as surface protectant against bacterial adhesion. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society*. p. 35.
- Sang, H.M., Fotedar, R. 2010. Effect of mannan-oligosaccharide dietary supplementation on performances of the tropical spiny lobsters juvenile (*Panulirus ornatus*). *Fish and Shellfish Immunology* 28: 483-489.
- Staykov, Y., Spring, P., Denev, S., Sweetman, J. 2007. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International* 15: 153-161.
- Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L., Izquierdo, M.S. 2007. Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. *Fish and Shellfish Immunology* 23: 969-981.
- Welker, T., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R., Klesius, P.H. 2007. Immune response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. *Journal of the World Aquaculture Society* 38: 24-35.
- Woo P.T.K., Bruno D.W. and Lim L.H.S. 2002. *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. CABI Publishing, CABI International, Wallingford, United Kingdom.
- Yilmaz, E., Gence, M.A., Gence, E. 2007. Effect of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, intestine and liver histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

The Israeli Journal of Aquaculture-
Bamidgeh 59: 182-188.

Yousefian, M., Sheikholeslami Amiri, M.
2009. A review of the use of prebiotic in
aquaculture for fish and shrimp. African
Journal of Biotechnology 8: 7313-7318.

The effect of different levels of Celmanax dietary supplement on growth, nutrition and biochemical indices of blood plasma in beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758) cultured in brakish water and pen culture

Majid Rezaei^{1*}, Hojatollah Jafarian¹, Hadi Reissi¹, Seyed Mostafa Aghilinejhad²

1- Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavoods University, Gonbad Kavoods, Golestan, Iran

2- Directory of Ashoradeh Sturgeon Specialist, Golestan, Iran

Received 25 May 2018; accepted 07 September 2018

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of different levels of Celmanax commercial prebiotic on growth performance, nutritional efficiency, blood and plasma biochemical indices in beluga, *Huso huso* (Linnaeus, 1758) in a 120-day feeding period. So that, 120 individuals of beluga with the average weight of 4.66 ± 0.26 kg were transferred to 12 holding cage nets, $1.20 \times 1 \times 2$ m in size at a depth of 1.5 m with a completely randomized design as four treatments with three replications including control (without prebiotic) and three experimental treatments fed by diets containing 0.5, 1, 1.5 g/kg prebiotic. The results exhibited that adding Celmanax to the diet, especially 0.5 g/kg, significantly enhanced relative weight, daily growth rate, specific growth rate, feed conversion ratio and relative eating ($p < 0.05$). However, no significant effect was observed in the protein and fat ratio ($p > 0.05$). There were also no significant differences between the treatments fed by prebiotic compared to control with respect to hemoglobin, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin ($p > 0.05$). Analyses on biochemical indices indicated that there were significant differences in total protein, glucose and triglyceride in blood plasma levels. Totally, according to the results, 0.5 g/kg Celmanax in diet can effectively enhance growth performance, nutritional efficiency and blood indices in cultured beluga.

Keywords: Celmanax, Prebiotic, Blood indices, *Huso huso*, Beluga, Growth indices

Corresponding author: rmajid24@yahoo.com