

## "مقاله پژوهشی"

## اثر سطوح مختلف فوکوئیدان (Marivet) جیره بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*mykiss*) (*Onchorhynchus*)

فریده قالبی حاجیوند<sup>۱</sup>، امیر حسین اسماعیلی\*<sup>۱</sup>، عبدالمحمد عابدیان<sup>۱</sup>

۱. گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۵

### چکیده

فوکوئیدان یک هتروپلی ساکارید محلول در آب است که در دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای و برخی بی‌مهرگان یافت می‌شود. در این تحقیق این هتروپلی ساکارید با هدف بهبود رشد، ترکیب بدن و شاخص‌های بیوشیمیایی خون به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اضافه گردید. بچه ماهیان دارای میانگین وزنی  $18.74 \pm 0.70$  گرم بودند. آزمایش شامل سطوح صفر (شاهد)، ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد فوکوئیدان در هر کیلوگرم جیره در قالب پنج تیمار با سه تکرار در تانک‌های ۱۰۰ لیتری با تراکم ۱۰ عدد در هر تانک انجام شد. بر اساس نتایج، بیش‌ترین وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن به تیمار ۲ درصد تعلق داشت ( $P < 0.05$ ). بیش‌ترین فاکتور وضعیت و شاخص احشایی در گروه شاهد، مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). میزان چربی و رطوبت در تیمار ۰/۵ درصد فوکوئیدان نسبت به گروه شاهد، دارای تفاوت معنی‌داری بود ( $P < 0.05$ ). بیش‌ترین میزان پروتئین تام و HDL در تیمار ۰/۱ ( $P < 0.05$ ) مشاهده شد و گروه شاهد بیش‌ترین میزان LDL را نشان داد ( $P < 0.05$ ). بر اساس نتایج این تحقیق فوکوئیدان در دوز ۲ درصد سبب بهبود عملکرد رشد و در دوز ۰/۱ درصد می‌تواند اثرات مثبتی بر فاکتورهای بیوشیمیایی خونی بگذارد. اما با توجه به اینکه فوکوئیدان ماده‌ای با خاصیت تحریک‌کنندگی سیستم ایمنی بوده و همچنین اثرات مثبتی بر فاکتورهای خونی داشته، پیشنهاد می‌گردد در دوز ۰/۱ درصد در جیره این ماهی استفاده گردد.

**کلید واژه‌ها:** قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*)، فوکوئیدان (Marivet)، رشد، ترکیب لاشه

## مقدمه

(Salek-Ardakani *et al.*, 2003). برخی از مطالعات نشان داند که فوکوئیدان به عنوان یک پلی ساکارید سولفات، می تواند با میوستاتین پیوند برقرار کند و فعالیت آن را مهار کند (Ramazanov *et al.*, 2003) بنابراین با توجه به ارتباط، پلی ساکاریدهای سولفات با فاکتورهای رشدی، به نظر می رسد استفاده از آنها روشی مناسبی برای ارتقاء رشد در ماهیان پرورشی باشند. شایان ذکر است که مطالعات مختلفی گزارش کردند که فوکوئیدان سبب افزایش رشد میگو می شود اما تعداد گزارش های مبنی بر اثر این پلی ساکارید بر رشد ماهی بسیار کم است (Mir *et al.*, 2017)؛ با توجه به اینکه ماهی قزل آلالی رنگین کمان به راحتی غذای دستی را می گیرد و با محیط پرورشی به آسانی سازگار می شود (راستیان نسب و همکاران، ۱۳۹۵)، بنابراین در این تحقیق این نوع پلی ساکارید با هدف بهبود عملکرد رشد، تغذیه و ترکیب لاشه به جیره آن اضافه گردید.

## مواد و روش ها

این تحقیق در زمستان ۱۳۹۶ در کارگاه تحقیقات آبریان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. ۲۵۰ عدد ماهی قزل آلالی رنگین کمان از کارگاه یاس واقع در شهرستان آمل تهیه و به مدت ۲ هفته در تانک های ۳۰۰ لیتری با شرایط جدید پرورش سازگار شدند. در این مدت جیره شاهد به عنوان غذای دوره سازگاری استفاده گردید. پس از انجام مرحله سازگاری، ماهیان با استفاده از گل میخک با غلظت ۶ گرم در ۱۵ لیتر آب بیهوش شدند. سپس زیست سنجی اولیه انجام گرفت. ۱۵۰ عدد ماهی قزل آلالی رنگین کمان با میانگین وزن اولیه  $18.74 \pm 0.7$  به طور

قزل آلالی رنگین کمان یکی از مهم ترین گونه های آزاد ماهیان بوده که دارای ارزش اقتصادی بالایی است و بخش زیادی از میزان تولید آبریان را به خود اختصاص می دهد. نزدیک به ۶۰ درصد از هزینه های پرورش این ماهی، مربوط به خوراک است. جلبک های خشک شده به عنوان مکمل غذایی در آبی پرووری موجب بهبود عملکرد رشد، تغذیه و کیفیت لاشه در آبریان مختلف می شوند (Jaime-Ceballos *et al.*, 2005). جلبک های دریایی حاوی ترکیبات مغذی از جمله لیسیدها، پروتئین ها، پپتیدها، پلی ساکاریدها، رنگ دانه ها و متابولیت های ثانویه (ترکیبات فنولیک) هستند (Wang *et al.*, 2014). پلی ساکاریدهایی که به تازگی مورد توجه محققین قرار گرفته اند، پلی ساکارید های سولفات می باشند (رستمی و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از این پلی ساکاریدهای سولفات، فوکوئیدان است. اصطلاحی که برای پلی ساکاریدهای سولفات، غنی از قند فوکوز که اخیراً مورد توجه جدی قرار گرفته است و مصارف گوناگونی در حوزه سلامت دارد فوکوئیدان می باشد (Li *et al.*, 2008, Ale *et al.*, 2011). در یک بررسی اثر فوکوئیدان بر رشد ماهی باراموندی نشان داد که اضافه کردن آن به جیره این ماهی سبب بهبود رشد می شود (Tuller *et al.*, 2014). Mir و همکاران (2017) عنوان کردند که فوکوئیدان سبب تقویت رشد در ماهی روهمی شود. با توجه به اینکه هدف اصلی در آبی پرووری رشد است که در نتیجه سنتز پروتئین ایجاد می شود، مطالعات انجام شده حاکی از آن است که پلی ساکاریدهای سولفات می توانند فاکتورهای رشدی (FG)، فاکتور رشد فیروبلست (FGF) و فاکتور رشد تغییردهنده (TGF) را تنظیم و تحت تأثیر قرار دهند

تصادفی انتخاب شدند. ماهیان به ۱۵ تانک فایبرگلاس (۱۰۰ لیتر) با تراکم ۱۰ عدد در هر تانک توزیع گردیدند. غذادهی سه وعده در روز بر اساس درصد وزن بدن، اشتهای ماهی و دمای آب انجام می‌گرفت. آزمایش در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته انجام گرفت. اندازه‌گیری عوامل کیفی آب مانند دمای آب از ۱۵ تا ۱۷ درجه در طول دوره پرورش متغیر بود. هوادهی به شکل دائم صورت می‌رفت و تعویض آب (به طور میانگین ۷۰ درصد آب به صورت روزانه با آب تازه جایگزین می‌شد) و سیفون کردن روزانه صورت می‌گرفت. فوکویدان مصرفی جهت استفاده در تیمارهای تعریف‌شده از شرکت مارینوای استرالیا (Marinova, Hobart, Tasmania) خریداری شد. سپس با توجه به تیمارهای تعیین شده در ۴ سطح ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد در هر کیلوگرم غذا به جیره پایه اضافه گردید (Mir et al., 2017; Yang et al., 2014; Tuller et al., 2014). جهت ساخت جیره ابتدا مواد خشک با مواد معدنی و ویتامینه به مقدار لازم مخلوط شدند و با استفاده از مخلوط کن با هم میکس شدند. در مرحله‌ی بعد روغن به ترکیب فوق اضافه گردید و مجدداً با هم مخلوط شدند، فوکویدان مورد نیاز برای هر تیمار به

دقت با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و به آب اضافه گردید. سپس به مخلوط فوق اضافه شد. غذای مخلوط شده با چرخ‌گوشت پلت شد، پلت‌ها در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن نگهداری شده تا خشک شوند. آنالیز تقریبی جیره نشان داد که جیره تهیه شده حاوی ۴۶/۶۱ درصد پروتئین، ۱۴/۸۰ درصد چربی، ۳/۵۴ درصد رطوبت، ۱۳/۹۵ درصد خاکستر، ۲۱/۱ درصد کربوهیدرات و انرژی جیره ۳۰/۴۰ کیلوژول بر گرم بود. ماهیان به مدت ۸ هفته با جیره‌های غذایی ساخته شده تغذیه شدند؛ و پس از آن در انتهای دوره، ابتدا ماهیان به وسیله عصاره گل میخک به مقدار ۶ گرم در ۱۵ لیتر آب بیهوش گشته و کل ماهیان مورد سنجش وزنی و طولی قرار گرفتند. درصد زنده‌مانی (SR) و سایر شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، کارایی پروتئین (PER)، شاخص وضعیت (CF)، مصرف روزانه غذا (DFI)، شاخص کبدی (HIS) و شاخص امعاء و احشا (VSI)، از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Luo et al., 2010).

$100 \times (\text{تعداد کل ماهیان در ابتدای دوره} / \text{تعداد ماهیان باقی‌مانده در انتهای دوره}) = \text{درصد زنده‌مانی}$

$(\text{وزن ابتدایی به گرم} - \text{وزن انتهایی به گرم}) = \text{افزایش وزن بدن (گرم)} (WG)$

$100 \times (\text{دوره پرورش} / [\ln(\text{وزن ابتدایی}) - \ln(\text{وزن انتهایی})]) = \text{نرخ رشد ویژه (SGR)}$

$(\text{وزن تر به دست آمده به گرم} / \text{مقدار غذای خشک داده شده گرم به}) = \text{ضریب غذایی تبدیل (FCR)}$

$\text{پروتئین مصرفی به گرم} / \text{وزن تر تولید شده به گرم} = \text{کارایی پروتئین (PER)}$

$100 \times (\text{طول نهایی}^3 / \text{وزن نهایی}) = \text{وضعیت شاخص (CF)}$

$100 \times (\text{تعداد روز پرورش} \times 2 / \text{وزن ابتدایی} - \text{وزن انتهایی} / \text{کل مصرف غذا}) = \text{مصرف روزانه غذا (درصد وزن به روز)} (DFI)$

$100 \times (\text{وزن کل بدن به گرم} / \text{وزن کبد به گرم}) = \text{شاخص کبدی (HIS \%)}$

$100 \times (\text{وزن کل بدن به گرم} / \text{وزن امعاء و احشاء به گرم}) = \text{شاخص امعاء و احشا (VSI \%)}$

غذایی، کارایی پروتئین، شاخص کبدی، درصد زنده‌مانی و مصرف روزانه غذا در بین تیمارها، مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). بررسی فاکتور وضعیت و شاخص احشایی نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۱). نتایج حاکی از آن است که فوکوئیدان تفاوت معنی‌داری در میزان خاکستر و پروتئین لاشه ایجاد نکرده است ( $P > 0/05$ ) در حالی که در میزان چربی و رطوبت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) (جدول ۲). مقایسه‌ی نتایج بیوشیمیایی خون، تفاوت معنی‌داری را در میزان HDL، LDL و پروتئین تام نشان می‌دهد ( $p < 0/05$ ) اما از لحاظ میزان گلوکز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ( $P > 0/05$ ) (جدول ۳).

میزان پروتئین، چربی و خاکستر در ماده خشک اندازه‌گیری شد، بدین ترتیب که پروتئین خام به روش کجلدال و از طریق تعیین نیتروژن کل و ضرب آن در ضریب  $6/25$  محاسبه گردید ( $6/25 \times$  درصد نیتروژن = درصد پروتئین)، چربی خام از طریق حل کردن چربی در اتر و تعیین مقدار آن به روش سوکسله و با دستگاه سوکسله اتوماتیک انجام شد، رطوبت از طریق قراردادن نمونه در اتوکلاو در حرارت  $105$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $24$  ساعت و خاکستر از طریق قرار دادن نمونه در کوره الکتریکی در حرارت  $550$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $7$  ساعت اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990). برای تعیین مقدار توتال پروتئین و گلوکز از روش رنگ سنجی و HDL و LDL از روش آنزیمی و با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد (Wieland *et al.*, 1995). طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به رشد و سایر پارامترها، از آزمون واریانس یک طرفه (one Way ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک (دانکن) در سطح اطمینان  $95$  درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت  $ME \pm SD$  گزارش شده و ارزیابی‌ها در  $3$  تکرار صورت گرفت. از نرم‌افزار SPSS version23 برای آنالیز آماری و از نرم‌افزار 2013 Excel برای رسم نمودار و جداول استفاده شد.

## نتایج

نتایج گویای آن بود که وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در جیره‌های آزمایشی از افزایش معنی‌داری نسبت به جیره شاهد برخوردار بود ( $P < 0/05$ ). تفاوت معنی‌داری در میزان ضریب تبدیل

جدول ۱: اثر سطوح مختلف فوکویدان در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر شاخص‌های رشد و تغذیه

شاخص	صفر	۰/۱	۰/۵	۱	۲
وزن اولیه (g)	۱۸/۲۹ ± ۷/۲	۱۸/۰۶ ± ۶/۹	۱۹/۴۹ ± ۸/۶	۱۹/۶۰ ± ۴/۵	۱۸/۳۴ ± ۱/۹۳
وزن نهایی (g)	۷۲/۸۰ ± ۲/۹ <sup>a</sup>	۷۴/۹۵ ± ۱/۱۹ <sup>a</sup>	۷۷/۶۶ ± ۱/۳۳ <sup>ab</sup>	۷۷/۲۰ ± ۴/۷۷ <sup>ab</sup>	۸۱/۱۷ ± ۲/۰۷ <sup>b</sup>
افزایش وزن بدن (g)	۵۴/۳۵ ± ۲/۶۳ <sup>a</sup>	۵۶/۲۳ ± ۱/۰۲ <sup>a</sup>	۵۸/۲۶ ± ۲/۱۹ <sup>ab</sup>	۵۷/۵۹ ± ۴/۵۱ <sup>ab</sup>	۶۲/۳۷ ± ۱/۳۵ <sup>b</sup>
فاکتور وضعیت	۱/۱۶ ± ۰/۶ <sup>a</sup>	۱/۰۶ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۱۱ ± ۰/۱۰ <sup>ab</sup>	۱/۰۵ ± ۰/۰۷ <sup>b</sup>	۱/۰۷ ± ۰/۰۷ <sup>b</sup>
نرخ رشد ویژه (%/day)	۲/۴۶ ± ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۲/۵۲ ± ۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۲/۴۸ ± ۰/۱۲ <sup>a</sup>	۲/۴۴ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۲/۶۲ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>
ضریب تبدیل غذایی (%)	۵۹ ± ۰/۰۳	۶۱ ± ۰/۰۴	۶۲ ± ۰/۰۰	۶۰ ± ۰/۰۴	۶۱ ± ۰/۰۱
کارایی پروتئین	۳/۶۲ ± ۰/۵۷	۳/۴۹ ± ۰/۱۲	۳/۴۳ ± ۰/۰۴	۳/۵۶ ± ۰/۲۰	۳/۳۴ ± ۰/۱۵
مصرف روزانه غذا	۱/۶۲ ± ۰/۱۹	۱/۷۵ ± ۰/۰۴	۱/۷۸ ± ۰/۰۳	۱/۷۱ ± ۰/۰۹	۱/۷۶ ± ۰/۰۱
شاخص کبدی (%)	۱/۱۹ ± ۰/۱۹	۱/۰۸ ± ۰/۱۵	۱/۰۵ ± ۰/۱۳	۱/۰۷ ± ۰/۱۴	۱/۰۷ ± ۰/۱۲
شاخص احشایی (%)	۱۰/۹۳ ± ۱/۱۹ <sup>a</sup>	۹/۸۱ ± ۰/۶۰ <sup>bc</sup>	۱۰/۳۴ ± ۰/۶۷ <sup>abc</sup>	۹/۶۲ ± ۰/۹۵ <sup>c</sup>	۱۰/۶۰ ± ۰/۷۸ <sup>ab</sup>
بازماندگی (%)	۹۳/۳۳	۹۶/۶۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

داده‌ها به صورت Mean ± SD بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها است (P < ۰/۰۵).

جدول ۲: اثر سطوح مختلف فوکویدان در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر ترکیب لاشه (بر حسب درصد وزن ماده خشک)

ترکیب لاشه	صفر	۰/۱	۰/۵	۱	۲
پروتئین	۷۳/۸۲ ± ۱/۲۲	۷۴/۶۴ ± ۰/۵۲	۶۸/۰۸ ± ۵/۵۷	۷۰/۳۰ ± ۴/۱۷	۷۳/۴۴ ± ۱/۵۳
چربی	۲۱/۸۸ ± ۰/۳۶ <sup>a</sup>	۲۰/۲۸ ± ۲/۸۹ <sup>a</sup>	۲۶ ± ۲/۶۸ <sup>b</sup>	۲۳/۵۱ ± ۲/۳۵ <sup>ab</sup>	۲۲/۰۸ ± ۰/۸۸ <sup>a</sup>
رطوبت	۷۴/۴۷ ± ۰/۶۵ <sup>a</sup>	۷۵/۹۴ ± ۰/۷۸ <sup>a</sup>	۷۰/۳۶ ± ۰/۶۵ <sup>b</sup>	۷۴/۶۲ ± ۱/۲۱ <sup>a</sup>	۷۴/۳۶ ± ۱/۵۸ <sup>a</sup>
خاکستر	۴/۳۶ ± ۰/۵۲	۵/۰۷ ± ۰/۷۵	۵/۱۳ ± ۰/۰۴	۷/۰۳ ± ۰/۸۰	۴/۰۳ ± ۰/۶۰

داده‌ها به صورت Mean ± SD بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P < ۰/۰۵).

جدول ۳: اثر سطوح مختلف فوکوئیدان در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر فاکتورهای بیوشیمیایی خون

شاخص	صفر	۰/۱	۰/۵	۱	۲
LDL (mg/dl)	۷۲/۶۶ ± ۴/۵ <sup>a</sup>	۵۹/۶۶ ± ۶/۸ <sup>b</sup>	۶۳/۰۰ ± ۴/۰ <sup>b</sup>	۷۴/۶۶ ± ۴/۵ <sup>a</sup>	۷۳/۰۰ ± ۲/۸۲ <sup>a</sup>
TP (g/dl)	۳/۸۲ ± ۰/۸ <sup>a</sup>	۴/۳۱ ± ۰/۸ <sup>c</sup>	۴/۲۹ ± ۰/۲ <sup>bc</sup>	۴/۱۶ ± ۰/۸ <sup>b</sup>	۳/۹۴ ± ۰/۴ <sup>a</sup>
گلوکز (mg/dl)	۳۲/۶۶ ± ۶/۶۵	۴۲ ± ۴/۳۵	۳۵/۶۶ ± ۳/۲۱	۳۴/۶۶ ± ۱/۸۵	۳۶/۵۰ ± ۲/۱۲

داده‌ها به صورت Mean ± SD بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P < ۰/۰۵).

## بحث

به داشتن نقش پری‌بیوتیکی (Sweeney et al., 2017)، بهبود عملکرد سلول‌های اپیتلیال روده (مانع چسبیدن باکتری‌های همزیست به این سلول‌ها می‌شود) (Heim et al., 2004)، افزایش طول میکروویلی‌های روده و در نتیجه افزایش هضم و بهبود عملکرد رشد (Choi et al., 2017)، اشاره کرد. در آزمایشی Gora و همکاران (۲۰۱۸)، جیره‌های حاوی عصاره فوکوئیدانی را بر ماهی روهو بررسی کردند، در این تحقیق اختلاف معنی‌داری، در میزان رشد مشاهده نشد، آنها بیان کردند، با توجه به اینکه، فوکوئیدان یک مهارکننده تقسیم سلولی است، می‌تواند یک احتمال برای این امر باشد. با وجود اینکه رشد در تیمارهایی که این پلی‌ساکارید را دریافت کرده بودند، بهبود یافته بود، اما در ضریب تبدیل غذایی آنها، تغییری مشاهده نگردید، احتمال می‌رود، مهارکننده‌های رشدی مانند مانیتول، سدیم آلژینات و پلی‌فنل‌های دریایی (Sweeney et al., 2017) که به مقدار جزئی در عصاره‌ی فوکوئیدانی وجود داشتند، دلیل این امر باشد. در پژوهش حاضر میزان فاکتور وضعیت در ماهیان دریافت‌کننده فوکوئیدان کاهش یافته است.

بیش‌ترین وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن، در تیمار ۲ درصد مشاهده گردید. در گزارشی Tuller و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند، فوکوئیدان در گربه ماهی موجب افزایش وزن بدن و هیپرتروفی ماهیچه می‌شود. در مطالعه‌ی Ramazanov و همکاران در سال (۲۰۰۳) مشخص شد، پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ه می‌توانند با میوستاتین که به عنوان یک مهارکننده رشد عضلانی مطرح است، پیوند برقرار کنند و فعالیت این پروتئین را مهار کنند. در این تحقیق میزان رشد با افزایش دوز فوکوئیدان افزایش یافته است، بنابراین می‌توان ادعا نمود، تشکیل کمپلکس، هترو پلی‌ساکارید با میوستاتین، سبب رشد شده است. یکی دیگر از گزارش‌ها در این زمینه، پژوهش Mir و همکاران (۲۰۱۷) است که اثر متیونین و فوکوئیدان را بر ماهی روهو ارزیابی کردند و بیان نمودند، بالاترین دوز فوکوئیدان به همراه کمترین دوز متیونین منجر به افزایش معنی‌دار، ضریب رشد ویژه، کارایی پروتئین و افزایش درصد وزن بدن می‌شود. تاثیرات مفید فوکوئیدان در خصوص رشد، در خوک به اثبات رسیده است. از این اثرات می‌توان

همکاران (۲۰۱۴)، که در مطالعه‌ای اثر جیره فوکوئیدان را بر میگوی ژاپنی بررسی کردند، تفاوت معنی‌داری، در ترکیب لاشه مشاهده نکردند. تغییر در چربی بدن می‌تواند، سبب بهبود شرایط فیزیولوژی و ترکیبات بدن شود که با طعم و مزه ماهی ارتباط تنگاتنگی دارد (Niu *et al.*, 2015). از سوی دیگر با توجه به رابطه‌ی چربی با پروتئین در تیمار ۰/۵ درصد که میزان چربی آن افزایش یافته است مقدار رطوبت در این تیمار کاهش یافته است. فاکتورهای سرمی مانند گلوکز، لیوپروتئین با چگالی کم (LDL)، لیوپروتئین با چگالی بالا (HDL) و پروتئین کل نقش مهمی، در سلامت بدن ماهی ایفا می‌کنند (Hui *et al.*, 2012). در این پژوهش میزان HDL و توتال پروتئین به شکل معنی‌داری در تیمار ۰/۱ درصد، در مقایسه با گروه شاهد، افزایش یافته است و میزان LDL در تیمار ۰/۱ درصد به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد، افزایش یافته است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که فوکوئیدان نقش مهمی در کاهش کلسترول، چربی و قند خون دارد (Yang *et al.*, 2014). گزارشی Yang و همکاران (۲۰۱۴) که فوکوئیدان را به دوشکل تجاری و عصاره تهیه کرده بودند در گربه ماهی مورد آزمایش قرار دادند، آن‌ها عنوان کردند که فوکوئیدان هر دوشکل آن موجب کاهش HDL و LDL و گلوکز می‌شود. فوکوئیدان به وسیله بهبود بیان گیرنده‌های لیوپروتئین با چگالی کم (LDL) و فعال-سازی آنزیم‌های لیوپروتئین لیپاز، لیپاز کبدی و لستین کلسترول آسیل ترانسفراز می‌تواند لیوپروتئین با چگالی کم (LDL) را کاهش دهد (Wu *et al.*, 2003).

در مطالعه‌ی Huang و همکاران (۲۰۱۰) مشخص شد که فوکوئیدان سبب فعال شدن لیپاز کبدی می‌شود، در نتیجه با فعال شدن این آنزیم میزان چربی در این کبد و احشاء کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه گفته می‌شود در صورت تجمع چربی در کبد و احشاء شاخص وضعیت زیاد می‌شود، می‌توان فعال شدن آنزیم لیپاز را دلیلی برای کاهش فاکتور وضعیت دانست. ترکیبات چربی، مهمترین جنبه کیفیت غذایی ماهی بوده که بسته به نوع تغذیه ماهی دچار تغییر می‌شود (Medina *et al.*, 1995). مطالعات قبلی نشان دادند که مکمل‌های جلبکی، تجمع چربی، در بدن ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. عوامل زیادی مانند ژنتیک، غدد درون ریز، محیط و تغذیه نقش مهمی در چربی ذخیره شده در بدن ایفا می‌کنند که از همه مهم‌تر تحت تاثیر تغذیه می‌باشد (Kim *et al.*, 2009). Kim و همکاران بیان نمودند که فوکوئیدان به واسطه MAP کیناز می‌تواند باعث مهار تمایز سلول دیپوسیت شود و از این طریق تجمع چربی در بدن را کاهش می‌دهد. علاوه بر این Xu و همکاران (۲۰۱۷) طی مطالعه‌ای اعلام نمودند که فوکوئیدان می‌تواند به وسیله تحریک لیپولیز، افزایش فعالیت آنزیم لیوپروتئین لیپاز، آدیپوس تری گلیسرید لیپاز و هیدرولیز آدیپوس تری گلیسرید، ذخیره چربی در بدن را کاهش دهد. با این حال نتایج به دست آمده از این مطالعه با یافته‌های بالا همسو نمی‌باشد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در تیمار ۰/۵ میزان چربی در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافته است، که این نتایج با یافته‌های Zamannejad و همکاران (۲۰۱۴) که اثر جلبک *Sargassum ilicifolium* را در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بررسی کردند، مطابقت دارد. علاوه بر این Traifalgar و

صورت گیرد. و با توجه با افزایش چربی نیاز به سنجش آنزیم‌های لیپازی نیز است و علاوه بر مطالب گفته شده، پیشنهاد می‌شود که ارتباط این پلی ساکارید با فاکتور-های رشد خصوصا میوستاتین بررسی شود.

### سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

4. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official methods of analysis AOAC, Washington, DC, 1263.
5. Choi, Y., Hosseindoust, A., Goel, A., Lee, S., Jha, P. K., Kwon, I. K., & Chae, B. J., 2017. Effects of Ecklonia cava as fucoïdan-rich algae on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology and caecal microflora in weanling pigs. Asian-Australasian journal of animal sciences, 30(1), 64.
6. Gora, A. H., Sahu, N. P., Sahoo, S., Rehman, S., Dar, S. A., Ahmad, I., & Agarwal, D., 2018. Effect of dietary Sargassum wightii and its fucoïdan-rich extract on growth, immunity, disease resistance and antimicrobial peptide gene expression in *Labeo rohita*. International Aquatic Research, 10(2), 115-131.
7. Huang, X., Zhou, H., & Zhang, H., 2006. The effect of *Sargassum fusiforme* polysaccharide extracts on vibriosis resistance and immune activity of the shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. Fish & shellfish immunology, 20(5), 750-757.
8. Heim, G., Sweeney, T., O'shea, C. J., Doyle, D. N., & O'doherty, J. V. 2015. Effect of maternal dietary supplementation of laminarin and fucoïdan, independently or in combination, on pig growth performance and aspects of intestinal

نتایج حاصله از این آزمایش نشان می‌دهد که فوکوئیدان اثرات مثبتی بر رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون داشته اما بر فاکتورهای تغذیه‌ای بدون تاثیر بوده و در خصوص ترکیب لاشه سبب افزایش میزان چربی و کاهش رطوبت در تیمار ۰/۵ شده است با جمع بندی این نتایج می‌توان نتیجه گیری کرد که این پلی ساکارید در دوز بالا سبب بهبود عملکرد رشد و در دوز پائین اثرات مثبتی بر فاکتورهای بیوشیمیایی خون دارد و همچنین در خصوص فاکتورهای تغذیه‌ای باید تحقیقات بیش تری در زمینه‌ی نقش پری بیوتیکی آن، تاثیر آن بر آنزیم‌های هضمی و طول میکروبی‌ها

### منابع

۱. راستیان نسب، ا.، موسوی، م.، ذوالقرنین، ح.، صحافی زاده، ه.، ۱۳۹۵. بررسی پروبیو آنزیم بر بیان ژن‌های وابسته به ایمنی و کنترل بیماری دهان قرمز (Yersiniosis) در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله علمی شیلات ایران. ۲۶ (۱)، ۱۵۳-۱۶۶.
۲. رستمی، ز.، طبرسا، م.، رضایی، م.، ۱۳۹۵. ساختار شیمیایی و خواص بیولوژیک پلی ساکارید های سولفات استخراچ شده از جلبک های دریایی سبز. مجله‌ی علوم فنون شیلات دانشگاه تربیت مدرس، ۹۷ (۱)، ۹۷-۱۱۶.
3. Ale, M.T., Mikkelsen, J.D. and Meyer, A.S., 2011. Important determinants for fucoïdan bioactivity: A critical review of structure-function relations and extraction methods for fucoïdan-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. Marine drugs, 9, 2130-2116.



- Cystoseira canariensis* bind to serum myostatin protein. *Acta Physiologica and Pharmacologica. Bulgarica*, 27, 101-106.
18. Salek-Ardakani, S., Arrand, J. R., Shaw, D., & Mackett, M., 2000. Heparin and heparan sulfate bind interleukin-10 and modulate its activity. *Blood*, 96, 1879-188.
  19. Sweeney, T., Meredith, H., Vigors, S., McDonnell, M. J., Ryan, M., Thornton, K., & O'Doherty, J. V., 2017. Extracts of laminarin and laminarin/fucoidan from the marine macroalgal species *Laminaria digitata* improved growth rate and intestinal structure in young chicks, but does not influence *Campylobacter jejuni* colonisation. *Animal Feed Science and Technology*, 232, 71-79.
  20. Traifalgar, R.F., Kira, H., Thanh Tung, H., Raafat Michael, F., Laining, A., Yokoyama, S., Ishikawa, M., Koshio, S., Serrano, A.E. and Corre, V., 2010. Influence of dietary fucoidan supplementation on growth and immunological response of juvenile *Marsupenaeus japonicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41, 235-244.
  21. Tuller, J., De Santis, C., & Jerry, D. R., 2014. Dietary influence of Fucoidan supplementation on growth of *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture research*, 45, 749-754.
  22. Traifalgar, R. F., Kira, H., Thanh Tung, H., Raafat Michael, F., Laining, A., Yokoyama, S., & Corre, V., 2010. Influence of dietary fucoidan supplementation on growth and immunological response of juvenile *Marsupenaeus japonicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41, 235-244.
  23. Wang, L., Wang, X., Wu, H. and Liu, R., 2014. Overview on biological activities and molecular characteristics of sulfated polysaccharides from marine green algae in recent years. *Marine Drugs*, 12, 4984-5020.
  24. Wu, Q. H., Xing, Y. H., Rong, X. L., & Huang, P., 2007. Influence of FPS on the expression of LDL-R mRNA in the liver tissues of hyperlipidemic rats. *Zhong yao cai= Zhongyaocai= Journal of Chinese medicinal materials*, 30(8), 968-970.
  - health. *Animal Feed Science and Technology*, 204, 28-41.
  9. Hui, F. U., Wang, Q. K., Yun-Hai, H. E., & Ren, D. D., 2012. Functional effect of dietary fiber from seaweed *Costaria costata* residues on reduce in serum lipids in mice. *Journal of Dalian Ocean University*, 27, 200-204.
  10. Jaime-Ceballos, B., Villarreal, H., Garcia, T., Perez-Jar, L., & Alfonso, E. 2005. Effect of *Spirulina platensis* meal as feed additive on growth, survival and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae. *Revista de investigaciones marinas*, 26, 235-241.
  11. Kim, M. J., Chang, U. J., & Lee, J. S., 2009. Inhibitory effects of fucoidan in 3T3-L1 adipocyte differentiation. *Marine biotechnology*, 11, 557-562.
  12. Li, B., Lu, F., Wei, X., & Zhao, R. 2008. Fucoidan: structure and bioactivity. *Molecules*, 13, 1671-1695.
  13. Luo, G., Xu, J., Teng, Y., Ding, C., & Yan, B., 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus* L.) reared in freshwater. *Aquaculture research*, 41(2), 210-219.
  14. Medina, I., Sacchi, R., & Aubourg, S. P., 1995. A <sup>13</sup>C-NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69, 445-450.
  15. Mir, I. N., Sahu, N. P., Pal, A. K., & Makesh, M., 2017. Synergistic effect of l-methionine and fucoidan rich extract in eliciting growth and non-specific immune response of *Labeo rohita* fingerlings against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 479, 396-403.
  16. Niu, J., Chen, X., Lu, X., Jiang, S. G., Lin, H. Z., Liu, Y. J., ... & Tian, L. X. 2015. Effects of different levels of dietary wakame (*Undaria pinnatifida*) on growth, immunity and intestinal structure of juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 435, 78-85.
  17. Ramazanov Z., Jimenez del Rio M. & Ziegenfuss T., 2003. Sulfated polysaccharides of brown seaweed

- constituents, anti-oxidation and innate immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Fish & shellfish immunology*, 41(2), 264-270.
28. Zamannejad, N., Emadi, H., & Hafezieh, M., 2016. Effects of supplementation of algae (*Sargassum ilicifolium*) on growth, survival and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15, 194-205.
25. Wieland, O. H., Deufel, T., & Paetzke-Brunner, I., 1985. Free and esterified carnitine: colorimetric method. *Methods of enzymatic analysis*, 8, 481-488.
26. Xu, P., Wang, Y., Chen, J., Yang, R., & Zhou, Q., 2017. Lipidomic profiling of juvenile yellow head catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) in response to Fucoïdan diet. *Aquaculture International*, 25, 1123-114.
27. Yang, Q., Yang, R., Li, M., Zhou, Q., Liang, X., & Elmada, Z. C., 2014. Effects of dietary fucoïdan on the blood