مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۹ شماره ۳ صفحات ۱۷۹-۱۷۰

تأثیر سطوح مختلف فوکوییدان جیره بر رشد و پروفایل اسید چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)

فریده قالبی حاجیوند[۱]، امیر حسین اسماعیلی*[۱]، عبدالمحمد عابدیان‌کناری[۱]

۱- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکـــیده

در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف فوکوئیدان بر رشد و پروفایل اسید چرب قزل‌آلای رنگین-کمان مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۵۰ عدد ماهی (۷۰/ ± ۱۸/۷۴ گرم) در ۱۵ تانک فایبرگلاس (۱۰۰ لیتر) توزیع گردیدند و به مدت ۸ هفته با سطوح مختلف فوکوئیدان [صفر، ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد] غذادهی شدند. تفاوت‌های معنی‌داری در بیشترین وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن در گروه‌هایی که بیشترین میزان فوکوئیدان را مصرف کرده‌بودند، به ثبت رسید ($p<0.05$). در صورتی که اختلاف‌ها در ضریب تبدیل غذایی در بین تیمارهای آزمایش معنی‌دار نبودند ($p>0.05$)در انتهای دوره‌ی پرورش از هر تکرار ۳ عدد ماهی به صورت تصادفی جهت پایش اسیدهای چرب عضله نمونه‌برداری شدند. میزان EPA، DHA، SFA، MUFA، اسیدهای چرب امگا۳ (n-۳)، نسبت n-۳ به n-۶ و اسیدهای چرب اشباع نشده بسیار HUFA در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($p>0.05$)، در حالی‌که میزان PUFAs و آراشیدونیک اسید در بین تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($p<0.05$) و بالاترین نتایج ثبت‌شده به ترتیب در تیمار ۲ و ۱ درصد مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان گفت که مصرف این نوع پلی‌ساکارید در میزان بالا در جیره (۱ و ۲ درصد فوکوییدان) می‌تواند موجب بهبود عملکرد رشد و حفظ کیفیت اسیدهای چرب در عضله شود.

کـــلید واژه ها: رشد، ترکیب بدن، پروفایل اسید چرب، فوکوییدان، قزل‌آلای رنگین‌کمان

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۳

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۳۹۹/۶/۳۰

***نویسنده مسول:**

amirh.smiley@modares.ac.ir

آدرس: مازندران، نور، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،گروه علوم و مهندسی شیلات

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت، آبزی‌پروری به عنوان یکی از منابع تامین کننده‌ی غذا برای انسان و همچنین ایجاد اشتغال، دارای اهمیت ویژه‌ای است. طبق آمار و اطلاعات فائو در سال ۲۰۱۵، تولیدات آبزی‌پروری در جهان به ۱۰۶ میلیون تن رسید که از این میزان ۶۸ درصد آن سهم ماهیان پرورشی است [۱]. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، از گونه‌های اصلی صنعت آبزی‌پروری کشور، محسوب می‌شود، طبق آخرین آمار سازمان فائو در سال ۲۰۱۶، میزان تولید جهانی قزل‌آلای رنگین‌کمان به ۸۱۲۹۳۹ تن رسیده است[۱]. نزدیک به ۶۰ درصد از هزینه‌های پرورش این ماهی در طی دوره پرورش، مربوط به خوراک می‌باشد. بی تردید جهت بهبود عملکرد ماهیان پرورشی، استفاده از مکمل‌های غذایی، می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد. جلبک‌ها به‌عنوان مکمل غذایی در آبزی‌پروری، می‌توانند باعث افزایش رشد و کیفیت بیوشیمیایی لاشه، در آبزیان مختلف شوند[۲]. جلبک‌های دریایی حاوی ترکیبات مغذی مختلف از جمله پلی‌ساکاریدها هستند [۳]. پلی‌ساکاریدهایی که به تازگی مورد توجه محققین قرارگرفته‌اند، پلی‌ساکاریدهای سولفاته، می‌باشند. یکی از این پلی‌ساکاریدهای سولفاته، فوکوییدان است. فوکوییدان به ترکیبات پلی‌ساکاریدی غنی از قند فوکوز و گروه‌های سولفاته گفته می‌شود که در دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای از رده فائوفیتا و برخی

بی‌مهرگان (توتیا و خیار دریایی) یافت می‌شود [۴] در دهه‌های گذشته، طی مطالعات انجام‌شده بر فوکوییدان‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف جلبکی، فعالیت‌های زیستی متفاوتی از قبیل خواص ضد ویروسی، ضد سرطانی، سم‌زدایی فلزات سنگین، کاهنده چربی خون، اثرات آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد انعقاد، ادجوانت مؤثر برای واکسن‌ها و محرک ایمنی گزارش شده است [۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲]. در سال ۲۰۰۹، عنوان شد که مصرف آرگوسان (پلی‌ساکارید در جلبک قهوه‌ای) در جیره فیل‌ماهی سبب افزایش معنی‌دار رشد و بهبود ترکیب لاشه می‌شود[۱۳]. همچنین در پژوهشی دیگر، مشخص شد که در ماهیان پرورشی میزان SFA و MUFA در میان اسیدهای چرب از درصد بالایی برخوردار است این در حالی‌است که در ماهیان وحشی میزان PUFA نسبت بالایی دارد که دلیل این تفاوت را تغذیه ماهیان وحشی از غذای طبیعی مانند جلبک‌ها دانسته‌اند[۱۴]. فوکوییدان به وسیله MAPK، لیپوپروتئین لیپاز و لیپاز حساس به هورمون سبب کاهش تری‌گلیسرید می‌شود و از نظر تئوری زمانی که تری‌گلیسرید کاهش می‌یابد میزان اسیدهای چرب افزایش می‌یابد[۱۵] . با توجه به اینکه تاکنون، تأثیر فوکوییدان بر رشد و الگوی اسید چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه قرار نگرفته است، لذا در این تحقیق، اثر فوکوییدان، بر رشد و پروفایل اسیدهای چرب این ماهی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمستان سال ۱۳۹۶ در کارگاه تحقیقات آبزیان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. ۲۵۰ عدد ماهی از کارگاه یاس واقع در شهرستان آمل تهیه و به مدت ۲ هفته به منظور سازگاری با شرایط در تانک‌های ۳۰۰ لیتری نگهداری شدند و در این مدت غذای ساخته شده برای شاهد به عنوان جیره سازگاری استفاده شد. پس از انجام مرحله سازگاری، ماهیان با استفاده از گل میخک به غلظت ۳گرم در ۱۵ لیتر آب بیهوش شدند زیست سنجی اولیه انجام گرفت و ۱۵۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن اولیه۱۸/۷۴±/۷۰ که از لحاظ وزنی دارای اختلاف کمی بودند به طور تصادفی انتخاب شدند و به ۱۵ تانک فایبرگلاس با حجم آب ۱۰۰ لیتر (سهم هر تانک ۱۰ عدد ماهی) توزیع گردید. غذادهی ماهیان با درنظر گرفتن درصد وزن بدن، اشتهای ماهی و دمای آب سه وعده در روز (۸، ۱۴، ۱۸) انجام گرفت. دوره نوری ۱۲ ساعت تاریکی ۱۲ ساعت روشنایی برای دوره پرورش در نظرگرفته شد. آب مخازن به طور دائم هوادهی می‌شدند و تعویض آب (۷۰ لیتر) و سیفون کردن روزانه صورت می‌گرفت. فوکوییدان (ماریوت) مصرفی در تیمارهای تعریف‌شده از شرکت مارینوای استرالیا (Marinova, Hobart, Tasmania) خریداری شد و همچنین اجزای غذایی نیز خریداری گردیدند که در جدول ۱ ارائه شده اند. سپس با توجه به تیمارهای تعیین شده در ۴ سطح ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد جیره به جیره پایه اضافه شد. جهت ساخت جیره ابتدا مواد مغذی به مقدارلازم مخلوط شدند. در مرحله‌ی بعد روغن به ترکیب فوق اضافه گردید و مجددا با هم مخلوط شدند، فوکوییدان (ماریوت) مورد نیاز برای هر تیمار به دقت با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم وزن شد و به آب اضافه گردید، سپس به مخلوط فوق اضافه شد. غذای مخلوط شده با چرخ گوشت به شکل پلت درآمد و سپس در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. پایش تقریبی جیره‌های ساخته شده انجام‌شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

ماهیان به مدت ۵۶ روز با جیره‌های غذایی تغذیه شدند. در ابتدای دوره تمام بچه ماهیان با ترازوی دقیق توزین شده و پس از آن در انتهای دوره، ابتدا ماهیان به وسیله عصاره گل میخک به مقدار ۳ گرم در ۱۵ لیتر آب بیهوش شده و کل ماهیان مورد سنجش وزنی و طولی قرار گرفتند. شاخص‌های رشد و تغذیه شامل: وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) توسط روش‌های معمول و روابط مربوطه تعیین شدند [۱۶].

افزایش وزن بدن به گرم (WG) = وزن انتهایی – وزن ابتدایی به گرم

نرخ رشد ویژه (SGR) = ((وزن نهایی) Ln – (وزن ابتدایی) Ln/ دوره پرورش) × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = (مقدار غذای خشک داده شده به گرم / وزن تر حاصل)

در انتهای دوره آزمایش به منظور تعیین اسید چرب بافت، از هر تکرار ۳ عدد ماهی به صورت تصادفی انتخاب شد و لاشه آن برای استخراج چربی آماده شد. استخراج چربی به کمک مخلوط اتانول و کلروفرم بر طبق روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) [۱۷] انجام شد. سپس برای بررسی ترکیب اسید چرب نمونه از دستگاه کروماتوگراف گازی مجهز به ستون کاپیلاری از نوع BPX 70 (SGE;60m ×0.25 mm i.d., Film thickness 0.25µm) و آشکارساز FID استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب بر روی ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه کروماتوگراف گازی تزریق شد. در این روش از گاز ازت با خلوص (۹۹/۹۹۹۹) به عنوان گاز حامل و هوای خشک استفاده شد. زمان اجرای عملیات برای هر نمونه ۴۵ دقیقه بود. ترکیب اسید چرب نمونه‌ها با مقایسه با پیک استاندارد تشخیص و جهت محاسبه‌ی سطح زیر پیک از نرم‌افزار Chromatography Varian Star Software (version 6.41) استفاده شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید. طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به رشد و پروفایل اسید چرب با آزمون پایش واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) انجام شد و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 23) انجام گرفت و تفاوت‌ها در سطح معنی داری $p<0.05$ در نظر گرفته شد. داده ها به صورت میانگین ±انحراف معیار بیان شدند.

نتایج

تأثیر جیره‌های آزمایشی بر رشد و پروفایل اسید چرب به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ به نمایش گذاشته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد شاخص‌های وزن نهایی و افزایش وزن بدن در بین تیمارهای مورد آزمایش از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌داری هستند ($p<0.05$) و بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن بدن مربوط به تیمار دو درصد فوکوییدان (ماریوت) و کمترین وزن نهایی و افزایش وزن بدن برای تیمار شاهد ثبت شد. بیشترین نرخ رشد ویژه در بین گروه‌های آزمایشی مربوط به تیمار دو درصد فوکوییدان (ماریوت) است که تفاوت معنی‌داری نیز در این صفت در مقایسه با دیگر گروه‌ها دیده شد ($p<0.05$). اما ضریب تبدیل غذایی در بین گروه‌های آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>0.05$).

جدول ۱) اجزای غذایی جیره در مطالعه اثر سطوح مختلف (۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد جیره) فوکوییدان (ماریوت) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای‌رنگین

مواد اولیه	شاهد	۰/۱ ٪ فوکوییدان	۰/۵ ٪ فوکوییدان	۱٪ فوکوییدان	۲٪ فوکوییدان
پودر ماهی[۱]	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰
آرد سویا	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰
آرد گندم	۱۶۳/۸	۱۶۳/۸	۱۶۳/۸	۱۶۳/۸	۱۶۳/۸
روغن ماهی	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
روغن سویا	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
لیستین	۵	۵	۵	۵	۵
پرمیکس معدنی [۲]	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
پرمیکس ویتامینه[۳]	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
مونوکلسیم فسفات [۴]	۵	۵	۵	۵	۵
آنتی اکسیدان[۵]	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
فیلر (پر کننده)[۶]	۳۰	۲۹	۲۵	۲۰	۱۰
ویتامین ث[۷]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
کولین کلراید	۲	۲	۲	۲	۲
ضد قارچ[۸]	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
فوکوییدان (ماریوت)	۰	۱	۵	۱۰	۲۰

[۱] پودر ماهی کیلکا

[۲] هرکیلو گرم مکمل معدنی حاوی کبالت (۳۰ میلی‌گرم)، ید (۱۵۰ گرم)، سلنیوم (۵۰ گرم)، روی (۶ گرم)، مس (۰/۵ گرم)، آهن (۵/۴ گرم)، منگنز (۵ گرم) تولید شده از شرکت ارس بازار

[۳] هر کیلوگرم مکمل ویتامینه حاوی A=۱/۲ M IU/kg، D3=/۴ M IU/kg، E=۵۰ g، K3=/۸ g، B1=۲/۵ g، B3=۳۵ g، B5=۱۰ g، B6=۲/۵ g، B9=۱ g، B12=/۰۰۸ g، H2=/۱۵ g، Inositol= ۵۰ g تولید شده از شرکت ارس بازار

[۴]ترکیبات مونوفسفات کلسیم شامل:۲۱/۰۳ ٪ =P، ۱۶/۹۱ ٪ =Ca تولید شده از شرکت ارس تابان
[۵] NUTRI-AD Belgium
[۶]ماسه
[۷]ویتامین ث فسفاته مقاوم به حرارت ۳۰٪ شرکت DSM
[۸]YOTOX Germany

جدول ۲) تجزیه‌ی تقریبی جیره‌های آزمایشی در بررسی اثر سطوح مختلف (۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد جیره) فوکوییدان (ماریوت) در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان

پایش تقریبی	تیمار شاهد
پروتئین	۴۶/۶۱
چربی	۱۴/۸۰
رطوبت	۳/۵۴
خاکستر	۱۳/۹۵
کربوهیدرت	۲۱/۱
انرژی کل	۳۰/۴۰

*براساس ضریب ۲۳/۶، ۳۹/۵، ۱۷/۲ (واحد کیلوژول بر گرم) به ترتیب برای پروتئین، چربی و کربوهیدرات محاسبه شد (NRC، ۱۹۹۳)

جدول ۳) ترکیب اسید چرب جیره‌ی پایه در آزمایش اثر سطوح مختلف (۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) فوکوییدان (ماریوت) در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان

نام اسید چرب	جیره شاهد
C_{14}	۳/۰۵
C_{16}	۱۵/۷۶
C_{18}	۴/۲۳
C_{20}	۱/۷۸
C_{22}	۰/۹۱
ΣSFA	۲۶/۱۸
C18:1n-9	۱۹/۷۱
C18:1n-7	۱/۹۶
C_{20}:1n-9	۳/۴۳
C_{22}:1n-9	۱/۵۲
ΣMUFA	۲۶/۵۳
C18:2n-6	۲/۵۱
C_{18}:3n-3	۱/۷۸
C_{20}:2n-6	۲/۰۵
C_{20}:3n-3	۴/۴۰
C_{20}:4n-6	۱/۶۴
C_{20}:5n-3(EPA)	۶/۹۵
C_{22}:6n-3(DHA)	۱۲/۸۳
ΣPUFA	۳۲/۱۶
ΣHUFA	۲۰/۹۴
Σn3	۲۱/۹۵
Σn6	۹/۷۳
n3/n6	۲/۲۵

SFA: اسیدهای چرب اشباع (شامل: C14:0، C16:0،C18:0، C20:0، C22:0 MUFA: اسیدهای چرب غیراشباع تک زنجیره (شامل: C18:1n-9، C18:1n-7، ، C_{20}:1n-9، C_{22}:1n-9، PUFA: اسیدهای چرب غیراشباع چند زنجیره (شامل: C_{18}:2n-6، C_{18}:3n-3، C_{20}:2n-6، C_{20}:3n-3، C_{20}:4n-6، C_{20}:5n-3 C_{22}:6n-3، HUFA: اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (شامل: C20:4n6، C20:5n3، C22:6n3)

نتایج حاصل از پروفایل اسیدهای چرب نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در میزان میریستیک اسید (C14)، پالمیتیک اسید (C16)، استئاریک اسید (C18:0)، اولئیک اسید (C18:1n-9)، واکسنیک اسید (C18:1n-7)، لینولنیک اسید (C18:3n-3)، آراشیدیک اسید (C20:00)، ایکوسنوئیک اسید (C20:1n-9)، بهینیک اسید (C22:0)، ایکوزاترینوئیک اسید (C20:3n-3)، ایکوزاپنتانوییک اسید (C20:5n-3 (EPA))، دوکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6n-3 (DHA))، لینولیئک اسید (C18:2n-6)، اروسیک اسید (C22:1n-9) و ایکوزادی انوئیک اسید (C20:2n-6) در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p<0.05$). اما تفاوت میزان آراشیدونیک اسید (C20:4n-6) در بین تیمارهای مختلف معنی‌داری بود ($p<0.05$). و بالاترین میزان در تیمار ۱ درصد و کمترین مقدار در شاهد اندازه‌گیری شد. میزان ΣSFA، Σn3، ΣHUFA، Σn6، ΣMUFA و نرخ n3 به n6 در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($p<0.05$) ولی میزان ΣPUFA در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p<0.05$).

جدول ۴) اثرات سطوح مختلف فوکوییدان(۰/۱، ۰/۵، ۱ و۲درصد) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر شاخص‌های رشد و تغذیه

پارامتر	شاهد	۰/۱	۰ /۵	۱	۲
وزن اولیه	۱۸/۲۹± ۰/۷۲	۱۸/۰۶ ± ۰/۶۹	۱۹/۴۹ ± ۰/۸۶	۱۹/۶۰ ± ۰/۴۵	۱۸/۳۴ ± /۰۹۳
وزن نهایی	۷۲/۸۰ ± ۲/۹^{a}	۷۴/۹۵ ± ۱/۱۹^{a}	۷۷/۶۶ ± ۱/۳۳^{ab}	۷۷/۲۰ ± ۴/۷۷ ^{ab}	۸۱/۱۷ ± ۲/۰۷ ^{b}
افزایش وزن بدن (g)	۵۴/۳۵ ± ۲/۶۳^{a}	۵۶/۲۳ ± ۱/۰۲^{a}	۵۸/۲۶ ± ۲/۱۹ ^{ab}	۵۷/۵۹ ± ۴/۵۱^{ab}	۶۲/۳۷±۱/۳۵^{ab}
نرخ رشد ویژه	۲/۴۶ ± ۰/۰۳^{a}	۲/۵۲ ±۰/۰۲^{ab}	۲/۴۸ ± ۰/۱۲^{a}	۲/۴۴ ± ۰/۰۲^{a}	۲/۶۲ ± ۰/۰۲^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۰/ ۵۹± ۰/۰۳	۰/۶۱ ± ۰/۰۴	۰/۶۲ ± ۰/۰۰	۰/۶۰± ۰/۰۴	۰/۶۱ ±۰ /۰۱

داده‌ها به‌صورت ME ± SD بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها است ($p<0.05$).

جدول ۵) اثرات سطوح مختلف فوکوییدان(۰/۱، ۰/۵، ۱ و۲) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر پروفایل اسید چرب

درصد اسید های چرب	شاهد	۰/۱	۰/۵	۱	۲
C_{14}	۳ ± ۲/۷۴	۱/۶۱±/۶	۲/۸۲ ± ۲/۵۰	۴/۸۳ ± /۴۶	۱/۵۲ ± /۷۲
C_{16}	۱۵/۰۶ ± ۲/۵۲	۱۶/۴۷± ۱/۲۰	۱۶/۸۰ ± ۲/۲۱	۱۶/۴۰ ± /۵۸	۱۵/۹۲ ± ۴/۲۲
C_{18}	۴/۶۷ ± ۲/۳۱	۵/۰۳ ± /۹۳	۶/۲۱ ± ۱/۹۰	۷/۱۸ ± /۸۴	۵/۱۶ ± ۲/۲۳
C_{20}	۱/۵۸ ± /۴۲	/۹۲±۱/۵۲	۱/۲۱ ± /۵۰	۱/۱۶±/۱۸	۱/۲۴ ± /۵۵
C_{22}	۱/۶۹ ± /۶۴	۱/۳۰ ± /۳۸	۱/۵۷ ± /۶۷	۱/۲۶ ± /۱۴	۱/۹۲ ± ۱/۲۴
ΣSFA	۲۶/۰۱±/۵۵	۲۵/۳۳±۲/۲۶	۲۸/۶۲±۱/۰۲	۳۰/۸۴±/۶۸	۲۵/۷۷±۴/۳۹
C18:1n-9	۱۳/۴۷± ۳/۲۲	۱۷/۸۳ ± ۱/۷۸	۱۵/۳۴ ± /۶۵	۱۵/۲۵ ± ۱/۹۱	۱۵/۷۴ ±۱/۸۶
C18:1n-7	۳/۰۱±/۰۲	۲/۶۶±/۸۳	۴/۶۱ ±/۷۴	۳/۵۴ ± /۳۸	۳/۴۰ ±/۶۲
C_{20}:1n-9	۸/۰۵ ± /۳۴	۸/۰۰±/۳۱	۶/۹۲ ± ۲/۵۲	۷/۰۵±۲/۲۱	۷/۴۸±۱/۰۵
C_{22}:1n-9	۱/۵۸±/۰۹	۱/۲۵±/۱۴	۱/۴۹±/۴۳	۱/۴۰±/۰۷	۱/۹۳±/۸۳
ΣMUFA	۲۶/۱۱±۲/۹۴	۲۹/۸۹±۲/۹۹	۲۸/۳۱±۴/۲۱	۲۷/۲۶±/۶۰	۲۸/۵۶±۱/۴۷
C18:2n-6	۲/۲۴±۱/۴۵	۲/۱۴±/۷۵	۱/۶۶±/۶۸	۲/۴۵±/۰۷	۵/۰۴±۱/۴۷
C_{18}:3n-3	۱/۳۲±/۴۸	/۹۴±/۳۱	۱/۴۵±/۶۸	۱/۳۳±/۲۰	۱/۲۱±۰۰

درصد اسید های چرب	شاهد	۰/۱	۰/۵	۱	۲
C_{20}:2n-6	۲/۱۰±/۰۲	۲/۷۹±/۳۲	۲/۲۳ ±۱/۰۶	۲/۰۴±/۱۴	۱/۰۱±/۰۸
C_{20}:3n-3	۱/۴۵±/۳۳	۱/۵۹±/۲۱	۱/۹۴±/۰۰	۱/۲۱±/۲۶	۱/۵۱±/۶۵
C_{20}:4n-6	/۷۴±/۱۲^{a}	/۸۱ ±۰۰^{a}	۲/۰۲±/۷۲^{b}	۳/۳۸±/۱۶^{c}	۱/۴۸±/۳۸^{ab}
(EPA) C_{20}:5n-3	۶/۶۸±۱/۴۷	۷/۵۵±/۹۵	۷/۵۶±۲/۹۲	۷/۶۹±/۱۶	۷/۱۰±/۸۰
(DHA) C_{22}:6n-3	۸/۵±۲/۵۱	۷/۵۶±۲/۵۲	۷/۳۰±۲/۸۷	۹/۳۲±۲/۷۸	۱۲/۵۴±۱/۲۴
ΣPUFA	۲۲/۵۰±/۸۹^{a}	۲۰/۶۱±۲/۹۵^{a}	۲۱/۴۹±۳/۷۶^{a}	۲۷/۴۴±۳/۳۳^{ab}	۳۰/۹۵±/۴۰^{b}
ΣHUFA	۱۶/۷۱±۱/۳۷	۱۳/۹۱±۲/۱۵	۱۴/۰۷±۱/۹۲	۱۸/۲۳±۲/۸۸	۲۱/۱۵±۴/۷۵
Σn3	۱۸/۰۴±۱/۲۳	۱۴/۸۵±۱/۸۴	۱۵/۵۲±۲/۶۰	۱۹/۵۶±۳/۰۹	۲۲/۳۷±۴/۷۶
Σn6	۴/۴۶±۲/۱۲	۵/۷۵±۱/۱۱	۵/۹۶±۱/۱۵	۷/۸۸±/۲۴	۸/۵۸±۲/۷۰
n3/n6	۳/۶۹±۱/۱۴	۲/۶۰±/۱۸	۲/۶۱±/۰۷	۲/۴۷±/۳۱	۲/۶۵±/۲۸

SFA: اسیدهای چرب اشباع (شامل: C14:0، C16:0، C18:0، C20:0، C22:0 MUFA: اسیدهای چرب غیراشباع تک زنجیره (شامل: C18:1n-9، C18:1n-7، C_{20}=1n-9، C_{22}:1n-9، PUFA: اسیدهای چرب غیراشباع چند زنجیره (شامل: C18:2n-6، C_{18}:3n-3، C_{20}:2n-6، C_{20}:3n-3، C_{20}:4n-6، C_{20}:5n-3، C_{22}:6n-3، HUFA: اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (شامل: C20:4n6، C20:5n3، C22:6n3)

داده‌ها به‌صورت ME ± SD بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها است ($p<0.05$) .

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که فوکوییدان (ماریوت) موجب افزایش وزن نهایی، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه شده است. فوکوییدان در بارامونده موجب افزایش وزن و هیپرتروفی ماهیچه می‌شود که از لحاظ نتایج رشد با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت دارد و چنین ذکر شده است که افزایش رشد ایجاد شده در اثر پیوند بین میوستاتین به عنوان یک مهار کننده رشد عضلانی و پلی ساکاریدهای سولفاته است که این پیوند فعالیت این پروتئین را مهار می‌کند و ارتباط فوکوییدان با پروتئین میوستاتین را می توان عامل هیپرتروفی و افزایش رشد دانست و با توجه به نتایج مشابه این تحقیق می‌توان اذعان نمود که یکی از احتمالاتی که در خصوص افزایش رشد وجود دارد، تشکیل کمپلکس این هترو پلی‌ساکارید با میوستاتین است[۱۸، ۱۹]. اسیدهای چرب علاوه بر تأثیر بر روی رشد و متابولیسم چربی، عملکرد ایمنی ماهی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند و تغییر در دما و سطوح چربی جیره موجب تغییر در رشد و پروفایل اسید چرب ماهی می‌شود [۲۰]. در این تحقیق در کل ۱۶ اسید چرب شناسایی شده است که در این میان در تیمارهای ۲ و ۱ درصد به ترتیب میزان PUFA و اسیدآروشیدونیک به طور معنی داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافته است. مطالعات دیگر حاکی از آن است که در ماهیان پرورشی میزان SFA و MUFA در میان اسیدهای چرب از درصد بالایی برخوردار است این در حالی‌است که در ماهیان وحشی میزان PUFA نسبت بالایی دارد که دلیل این تفاوت را می‌توان در تغذیه ماهیان وحشی از غذای طبیعی مانند جلبک‌ها جستجو کرد [۱۴] و تغذیه با فوکوئیدان بر اساس نتایج حاصل شده در این مطالعه، پنقصان ماهیان پرورشی ناشی از تغذیه غذای دستی را می تواند پوشش دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که فوکوییدان از طریق تحت تأثیر قرار دادن برخی استرازها بر روی میزان لیپیدها و اسیدهای چرب تأثیر گذار است [۲۰، ۲۱]. فوکوییدان به وسیله MAPK، لیپوپروتئین لیپاز و لیپاز حساس به هورمون سبب کاهش، تری‌گلیسرید می‌شود و از نظر تئوری زمانی که تری گلیسرید کاهش می‌یابد میزان اسیدهای چرب افزایش می‌یابد [۱۵]، احتمال می‌رود، دلیل این امر، افزایش اسیدهای چرب در تیمارهای دریافت کننده این نوع پلی‌ساکارید باشد. فوکوئیدان سبب افزایش فسفولیپیدها می‌شود، افزایش فسفولیپیدها می‌تواند سنتز PUFA را ترغیب کنند (به دلیل حضور PUFA در ساختمان فسفولیپیدها) [۲۲]، بنابراین با توجه به مطالب گفته شد می‌توان اذعان نمود که یکی از دلایل افزایش PUFA در تیمارهای تغذیه شده با این نوع پلی‌ساکارید، افزایش فسفولیپیدها باشد که در ساختمان این نوع لیپیدها PUFA به مقدار بیش‌تری حضور دارند. مطالعات نشان می‌دهد که فوکوییدان در گربه ماهی با افزایش اسیدهای چرب سبب افزایش میزان مقاومت ماهیان در برابر بیماری‌ها نیز می‌شود [۲۳، ۲۴]. اسید آراشیدونیک نیز در این تحقیق به طور معنی‌داری تحت تأثیر فوکوییدان قرار گرفته است به طوری که بالاترین مقدار در تیمار ۱

درصد و کمترین مقدار آن در گروه شاهد مشاهده شد. همان طور که در بالا ذکر آن رفت فوکوییدان سبب افزایش فسفولیپیدها می‌شود و در ساختمان این نوع لیپیدها اسیدهای چرب بلند زنجیره وجود دارند شاید بتوان آن را احتمالی برای افزایش اسید آراشیدونیک در نظر گرفت.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحیق نیز گویای آن است که استفاده از فوکوییدان در مقادیر بالا، موجب افزایش رشد می‌شود. علاوه براین، این پلی‌ساکارید در جیره‌ی ماهی می‌تواند منجر به حفظ کیفیت اسیدهای چرب در لاشه‌ی ماهی شود. با توجه به نقش مهمی که آراشیدونیک اسید در فعالیت‌های فیزیولوژیک از جمله تولید مثل دارد و در این پژوهش مشاهده شد که فوکوییدان سبب افزایش این نوع اسید چرب می‌شود پیشنهاد می‌گردد که در مولدین نیز اثر این پلی ساکارید بررسی گردد.

تشکر و قدردانی: از پرسنل زحمتکش آزمایشگاه‌های دانشگاه تربیت مدرس و همچنین از شرکت مارینووای استرالیا که با هماهنگی شرکت ارس‌تابان فوکوئیدان مورد نیاز آزمایش را در اختیار این مطالعه قرار داد، صمیمانه سپاسگزاری مینمایند.

مجوزهای اخلاقی: این مقاله در زمان ارسال برای این نشریه برای هیچ نشریه دیگر فارسی و غیر فارسی ارسال نشده و تا تعیین تکلیف در این نشریه برای هیچ نشریه دیگری نیز ارسال نخواهد شد.

تعارض منافع: علیرغم اینکه مواد از طرف شرکت تولید کننده به صورت رایگان در اختیار این مطالعه قرار گرفته است، اما نویسندگان در ارائه نتایج کاملا بی‌طرف عمل نموده و این موضوع تاثیری در نتایج و تفسیر آن به هیچ وجه نداشته است.

سهم نویسندگان: فریده قالبی حاجی‌وند (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/ نگارنده/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۳۵٪)؛ امیرحسین اسماعیلی (نویسنده دوم)، روش شناس/نگارنده/پژوهشگر اصلی (۳۵٪)؛ عبدالمحمد عابدیان (نویسنده سوم)، روش شناس/پژوهشگر کمکی (۳۰٪)

منابع مالی: منابع مالی پژوهش حاضر از محل بودجه پایان نامه کارشناسی ارشد فریده قالبی حاجیوند در دانشگاه تربیت مدرس تامین شده است.

منابع

1- FAO, The Status of the World Fisheris and Aquaculture, FAO, Rome, Italy, 2016
2- Jaime-Ceballos B, Villarreal H, Garcia T, Perez-Jar, L, & Alfonso E. Effect of Spirulina platensis meal as feed additive on growth, survival and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae. Revista de investigations marinas. 2005; 26(3):235-241.
3- Wang L, Wang X, Wu H, Liu R. Overview on biological activities and molecular characteristics of sulfated polysaccharides from marine green algae in recent years. Marine Drugs. 2014; 12:4984–5020
4- Ale MT, Mikkelsen JD, Meyer AS. Important determinants for fucoidan bioactivity: A critical review of structure-function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. Marine drugs. 2011; 9(10):2130-2116.
5- Yang Q, Yang R, Li M, Zhou, Q, Liang X, Elmada ZC. Effects of dietary fucoidan on the blood constituents, anti-oxidation and innate immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Fish & shellfish immunology. 2014;41(2):264-270
6- Davis TA, Volesky B, Mucci A. A review of the biochemistry of heavy metal bioabsorption by brown algae. Water research. 2003; 37(18):4311-4330.

7- Kim EJ, Park, SY, Lee JY, Park JHY. Fucoidan present in brown algae induces apoptosis of human colon cancer cells. BMC gastroenterology. 2010;10(1):96-107
8- Hoshino T, Hayashi T, Hayashi K, Hamada J, Lee J-B, Sankawa U. An antivirally active sulfated polysaccharide from *Sargassum horneri* (TURNER) C. AGARDH. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 1998; 21(7):730-734.
9- Teruya T, Takeda S, Tamaki Y, Tako M. Fucoidan isolated from *Laminaria angustata* var. longissima induced macrophage activation. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 2010; 74(9):1960-1962.
10- Zhang W, Oda, T, Yu, Q, Jin JO. Fucoidan from *Macrocystis pyrifera* has powerful immune-modulatory effects compared to three other fucoidans. Marine drugs. 2015; 13(3):1084-1104.
11- Kim MJ, Chang UJ, Lee JS. Inhibitory effects of fucoidan in 3T3-L1 adipocyte differentiation. Marine biotechnology. 2009; 11(5):557-562.
12- Immanuel G, Sivagnanavelmurugan M, Balasubramanian V, Palavesam A. Effect of hot water extracts of brown seaweeds *Sargassum spp*. on growth and resistance to white spot syndrome virus in shrimp *Penaeus monodon* post larvae. Aquaculture research. 2010; 41(10):e545-e553.
13- Jalali MA, Ahmadifar E, Sudagar M, Takami, GA. Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. Aquaculture Research. 2009; 40(7): 804-809.
14- Sharma P, Kumar V, Sinha AK, Ranjan J, Kithsiri H MP, Venkateshwarlu G. Comparative fatty acid profiles of wild and farmed tropical freshwater fish rohu (*Labeo rohita*). Fish physiology and biochemistry. 2010; 36(3): 411-417.
15- Xu P, Wang Y, Chen J, Yang R, Zhou Q. Lipidomic profiling of juvenile yellow head catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) in response to Fucoidan diet. Aquaculture International. 2017; 25(3):1123-1143.
16- Imani A, Farhangi M, Yazdanparast R, Bakhtiyari M, Shokooh S, Mojazi A. Feeding and growth efficiency indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during deprivation and re-feeding periods. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2009:18(2);1-12.(in Persian)
17- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GHA. Simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J biol Chem, 1957, 226(1), 497-509.
18- Tuller J, Santis C, Jerry DR. Dietary influence of Fucoidan supplementation on growth of *Lates calcarifer* (Bloch). Aquaculture Research. 2014; 45(4): 749-754.
19- Mir IN, Sahu NP, Pal AK, Makesh M. 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. 2017; 479:396-403.
20- Tocher DR, Bell JG, Sargent JR. Incorporation of [3H] Arachidonic and [14C] Eicosapentaenoic Acids into Glycerophospholipids and Their Metabolism via Lipoxygenases in Isolated Brain Cells from Rainbow Trout *Oncorhaynchus* mykiss. Journal of neurochemistry. 1991; 57(6): 2078-2085.
21- Mishra K, Samantaray K. Interacting effects of dietary lipid level and temperature on growth, body composition and fatty acid profile of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). Aquaculture nutrition. 2004; 10(6): 359-369.
22- Park MK, Jung U, Roh C. Fucoidan from marine brown algae inhibits lipid accumulation. Marine drugs. 2011; 9(8): 1359-1367.

23- Yokota T, Nagashima M, Ghazizadeh M, Kawanami O. Increased effect of fucoidan on lipoprotein lipase secretion in adipocytes. Life sciences. 2009; 84(15-16): 523-529.
24- Spector AA. Plasma free fatty acid and lipoproteins as sources of polyunsaturated fatty acid for the brain. Journal of Molecular Neuroscience. 2001; 16(2-3): 159-165.
25- Waagbo R, Hemre GI, HOLM JC, Lie O. Tissue fatty acid composition, haematology and immunity in adult cod, *Gadus morhua* L., fed three dietary lipid sources. Journal of Fish Diseases. 1995; 18(6): 615-622.
26- Puangkaew J, Kiron V, Somamoto T, Okamoto N, Satoh S, Takeuchi T, Watanabe T. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. Fish & shellfish immunology. 2004; 16(1): 25-39.

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume 9, Issue 3, Summer 2020
Pages: 170-179

Effect of fucoidan on growth and fatty acid profile in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)

Farideh Ghalebi Hajivand[1], Amirhossein Smiley*[1], Abdolmohammad Abedian Kenari[1]

1- Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Department of Aquaculture, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

A B S T R A C T

The effect of different levels of fucoidan on fatty acid profile and growth of rainbow trout were investigated. 150 fish (average weight 18.84 ± 70.7) were distributed in 15 fiberglass tanks (100 liters) and fed for 8 weeks at different levels (0 (control), 0.1%, 0.5%, 1% and 2% fucoidan). The results showed that the treatment with the highest amount of fucoidan had the highest final weight, specific growth rate and body weight gain, and there was a significant difference between treatments ($p < 0.05$). There was no significant difference between feed conversion ratio and different treatments ($p > 0.05$). The difference between EPA, DHA, SFA, MUFA, n-3, HUFA and ratio of n-3 to n-6 was not significant ($p > 0.05$), while PUFA and Arachidonic acid significantly different between treatments ($p < 0.05$) and the highest value was observed in in treatment 2 and 1% respectively. Based on the results of this study, it can be concluded that this type of Polysaccharide at high doses (1 and 2% of fucoidan) can improve the growth performance and maintain the quality of muscle fatty acids.

ARTICLE TYPE
Original Research

ARTICLE HISTORY
Received: 21 May 2020
Accepted: 14 September 2020
ePublished: 21 September 2020

KEYWORDS: Rainbow trout, Growth, Fatty acid profile, Body Composition, fucoidan (MariVet)

* Corresponding Author:
Email address: Amirh.smiley@modares.ac.ir
Tel: +98 11 44998148
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513