تغییرات شاخص‌های احشایی، کبدی و سطوح اسیدهای چرب کبد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) تحت تاثیر تغذیه با روغن‌های گیاهی

*مسعود هدایتی‌فرد[۱]، مهرداد ایرانی[۲]، عیسی گلشاهی[۳]، معصومه بحرکاظمی[۱]، مهدی یوسفیان[۱] و مهسا افشین[۱]

[۱]گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، [۲]گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، [۳]اداره کل دفتر بهبود کیفیت، فرآوری و توسعه بازار آبزیان، سازمان شیلات ایران، خیابان شهید دکتر فاطمی غربی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۰

چکیده

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، برای رشد طبیعی همانند ماهی‌های دیگر به اسیدهای چرب سری n-3 و n-6 نیاز دارد. در این تحقیق، ارزیابی اثر مقایسه‌ای روغن‌های مختلف بر روی کبد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین شاخص‌های کبدی و احشایی و نیز ترکیب اسیدهای چرب روغن کبد قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با خوراک‌های حاوی روغن ماهی و روغن‌های گیاهی کانولا و آفتابگردان مورد مطالعه قرار گرفتند. ماهیان جوان قزل‌آلای رنگین‌کمان با متوسط وزن تقریبی اولیه ۰/۶۵±۵/۹۵ گرم، توسط غذاهای آزمایشگاهی طی ۶۰ روز تغذیه شدند. بر اساس نتایج، شاخص احشایی (VSI) ماهیان تغذیه شده با روغن‌های ماهی، کانولا و آفتابگردان به‌ترتیب ۱/۱۰±۱۷/۸۷، ۰/۱۵±۱۸/۰۵ و ۰/۱۸±۱۷/۲ بوده، در حالی‌که شاخص کبدی (HSI) به‌ترتیب ۱/۰۹±۱/۵۵، ۱/۰۵±۱/۶۵ و ۰/۴۲±۱/۶۱ برآورد گردید. در بین ترکیب اسیدهای چرب بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، بین گروه تغذیه شده با روغن ماهی و سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در مجموع اسیدهای چرب PUFA و همچنین مجموع n-3 و n-6 دیده شد ($p<0/05$). در حالی‌که هیچ اختلاف معنی‌داری بین مجموع اسیدهای چرب SFA، UFA، MUFA دیده نشد ($p>0/05$). بیشترین نسبت n-3 به n-6 در گروه آزمایشی روغن ماهی و کمترین نسبت در گروه آزمایشی روغن آفتابگردان دیده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین مجموع DHA + EPA روغن بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، در گروه آزمایشی روغن ماهی با مجموع ۳۷/۴۱ و کمترین آن در گروه آزمایشی روغن آفتابگردان با ۱۹/۵۱ گرم در ۱۰۰ گرم دیده شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب، چربی جیره، قزل‌آلای رنگین‌کمان، روغن کبد

مقدمه

در پرورش ماهی قزل‌آلا بیش از ۶۰ درصد هزینه‌های تولید به تغذیه اختصاص دارد. جهت دستیابی به تولید مناسب و اقتصادی باید تا سرحد امکان کلیه هزینه‌های تولید از جمله هزینه تأمین غذا مورد بازنگری قرار گیرد. یکی از روش‌های کاهش قیمت تمام شده غذا برای تولید هر کیلوگرم ماهی پرورشی، افزایش انرژی جیره غذایی است (Goddard، ۱۹۹۶). در تأمین احتیاجات غذایی، ماهیان پرورشی، توجه به عادات غذایی طبیعی آنها بسیار ضروری است. چربی‌ها استرگلیسرول و اسیدهای چرب هستند و به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید

*مسئول مکاتبه: persiafish@gmail.com

انرژی در جیره غذایی قزل‌آلا رنگین‌کمان همواره تصدیق شده‌اند (Emidio و همکاران، ۱۹۹۳؛ Sergeant و همکاران، ۱۹۹۷).

برخلاف چربی غیراشباع، قابلیت هضم چربی‌های حیوانی (بسیار اشباع هستند) برای ماهی پایین است (Reinitz و همکاران، ۱۹۷۸). هضم چربی‌ها به وسیله صفرای مترشحه از کبد تسهیل می شود؛ صفرا در کبد ساخته شده، داخل کیسه صفرا ذخیره و به وسیله مجرای صفرا به بخش فوقانی روده منتقل می‌شود (نفیسی بهابادی، ۱۳۸۵).

ماهیان سردآبی به اسیدهای چرب گروه n-۳ و n-6 نیاز ضروری دارند (Goddard، ۱۹۹٦). این اسیدهای چرب برای کارکرد غشاء، بقاء و عملکرد رشد طی دوره تخمریزی مهم هستند و نیز در جیره‌های غذایی برروی ترکیب بدن و چربی‌های کبد قزل‌آلای رنگین‌کمان اثر می‌گذارند (Rouhonen و همکاران، ۱۹۹۸).

چربی‌ها به‌عنوان مواد مغذی ضروری در جیره ماهیان، انرژی مورد نیاز (تری اسیل گلیسرول) ترکیبات ساختاری غشای سلولی پیش ساز اکوزانوئیدهای (Eicosanoids) لازم جهت تنظیم فعالیت‌های سلولی را تأمین کرده و هم چنین در جذب مواد مغذی و نوترینت‌ها و ویتامین‌هایی که در چربی محلول هستند، کمک می کنند. اسیدهای چرب ضروری شامل PUFA (چند غیراشباع) و HUFA (بسیار غیراشباع با بیش از ۳ باند مضاعف) می‌باشند (Hedayatifard و Yousefian، ۲۰۱۰). همچنین به‌عنوان کاهنده گرد و خاک در پلت سازی و نقشی که در خوشمزه کردن غذا دارند در تهیه جیره‌های غذایی کاربرد دارند (هدایتی فرد، ۱۳۸۲). با افزودن چربی جیره، می‌توان میزان پروتئین را به نسبت اندازه ماهی کاهش داد (هدایتی‌فرد، ۱۳۸۲). جدای این؛ چربی‌ها انرژی بیشتری را به ازای هر واحد وزن نسبت به دیگر مواد مغذی جیره تولید می‌کنند و به‌عنوان انرژی با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در حال حاضر عمده چربی جیره ی غذایی آبزیان از روغن ماهی‌های صید شده از منابع دریایی تأمین می‌گردد (Opsahl-Ferstad و همکاران، ۲۰۰۳). اما عواملی چون توسعه صنعت آبزی‌پروری و گسترش تولید خوراک‌های پر انرژی، هم چنین استفاده از آن در جیره دام و طیور موجب کاهش دسترسی و افزایش قیمت آن گردید.

جایگزینی کامل روغن ماهی مورد استفاده در جیره ماهیان با روغن‌های گیاهی منوط به توانایی آنها در بیوسنتز آراشیدونیک[1] (n-٦: ٤: ٢٠)، ایکوزاپنتانوئیک اسید[2] (n-٣: ٥: EPA٢٠) دوکوزاهگزانوئیک اسید[3] (n-٣: ٦: ٢٢ DHA) از طریق غیر اشباع سازی[4] و طویل سازی[5] است.

روغن کانولا و آفتابگردان از بهترین منابع تامین چربی جایگزین برای روغن ماهی است چرا که نسبت به سایر روغن‌های گیاهی ارزش بالاتری داشته و اسیدهای چرب آن به روغن حاصل از بافت ماهی نزدیک‌تر است (یوسفیان و همکاران، ۱۳۸٤). به همین سبب در تحقیق حاضر به بررسی امکان جایگزینی و کارایی روغن‌های گیاهی آفتابگردان و کانولا به‌جای روغن ماهی در ترکیب جیره پرداخته شده و اثرات آنها را برروی تغییرات شاخص‌های احشایی، کبدی و سطوح اسیدهای چرب کبد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان مورد مطالعه قرار گرفته است.

1.Arachidonic acid
2.Eicosapentaenoic acid
3.Docosahexaenoic acid
4.Desaturation
5.Elongation

مواد و روش‌ها

مقدمات آزمایشات تغذیه‌ای در تحقیق حاضر طی مدت زمان ٦٠ روز در کارگاه پرورش ماهیان سردآبی در استان مازندران، در بهار ۱۳۸۹ انجام شد. ۲۷۰ عدد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور تصادفی و با میانگین وزن اولیه ۰/٦٥ ± ۵/۹۵ گرم در مخازن فایبرگلاس ۲۸۰ لیتری آب قرارداده شدند. جیره غذایی آزمایشی براساس نیازهای تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آزمایشگاه شیلات و ماهی شناسی (دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی) بر اساس استانداردهای Lovell (۱۹۸۹)، Sener و Yıldız (۲۰۰۳) فرموله شد.

پس از آن روغن‌های گیاهی آفتابگردان و کانولا در خوراک‌های آزمایشی جایگزین روغن ماهی در خوراک اولیه گردیدند. پس از توزین دقیق تمامی مواد اولیه با ترازوی دیجیتال، ابتدا مواد اولیه با میکسر به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط گردیدند. بعد به مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شده تا حالت خمیری به خود بگیرد. پس از سرد شدن مواد خوراک، آن را با روغن‌های مورد نظر و همچنین مکمل ویتامینه و مواد معدنی ترکیب کرده، آن‌ها را با هم مخلوط و به صورت خمیر درآورده و پس از گذشتن از چرخ گوشت با شبکه‌های با چشمه ۲ میلی‌متر خشک شده به شکل پلت تولید و به یخچال منتقل شدند (Halver، ۱۹۸۹). پس از ساخت جیره از آنتی اکسیدانت BHT به‌منظور جلوگیری از فساد چربی موجود در آن استفاده شد.

روغن ماهی و روغن‌های آفتابگردان و کانولا به خوراک‌های آزمایشی مشابه با میزان ۱۰ درصد وزنی جیره اضافه شدند. در ابتدا به جهت هماهنگی رژیمی، تمامی ماهیان مورد آزمایش با خوراک مشابهی به مدت دو هفته تغذیه شدند و پس از آن تغذیه اختصاصی هر گروه از تیمارهای آزمایشی آغاز گردید؛ به‌طوری‌که هر سه گروه از ماهیان، روزانه به میزان ۲ درصد وزن زنده و نیز دوبار در روز و به‌مدت ٦٠ روز به‌طور دستی و به صورت اشباع تغذیه شدند. زیست‌سنجی ماهیان هر ۲ هفته یکبار با دقت ۰/۱ گرم برای وزن و ۱ میلی‌متر برای طول کل انجام گردید. فرمولاسیون جیره‌های آزمایشی بصورت آرد ماهی (۵۰٪)، آرد سویا (۱۸٪)، آرد آفتابگردان (۱۰٪)، آرد دانه گندم (۱۰٪)، مکمل ویتامینه (۲٪) همراه روغن افزوده (به میزان ۱۰٪) تعریف شد. روغن افزوده شامل روغن ماهی، روغن آفتابگردان و یا روغن کانولا بود.

آنالیز تقریبی خوراک مورد استفاده شامل ۸/۹۵±۰/۰۵ درصد رطوبت، ۰/۳۱± ٤٥/۱۹ درصد پروتئین خام، ۰/۲۱±۱۳/۵۵ درصد چربی خام، ۰/۱۲±۲/۳۰ درصد فیبر خام و ۰/٤٦± ۱۹/۵۱ درصد عصاره عاری از ازت بود.

نمونه‌های اولیه و نهایی ماهیان از سه گروه مختلف در آزمایشات تغذیه جمع‌آوری شدند و برای آنالیزهای بیوشیمیایی در درجه حرارت ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به‌منظور تعیین شاخص‌های مورد نظر، تعداد ۱۰ عدد ماهی به‌عنوان آزمایش اولیه و ۵ عدد بچه ماهی از هر یک از تیمارها در آزمایشات نهایی تغذیه، انتخاب و نمونه‌برداری شدند. ترکیب تقریبی مواد غذایی در خوراک‌های آزمایشی و نیز نمونه ماهیان مطابق با روش AOAC (۲۰۰۵) بدست آمدند. مقادیر رطوبت، پروتئین خام، چربی خام، سلولز خام و خاکستر خام در خوراک‌های آزمایشی ارزیابی شده و نیز انرژی متابولیک با استفاده از روش Hasegawa (۱۹۸۷) مورد محاسبه قرار گرفتند. پس از همگن سازی نمونه‌ها محتوی کلی چربی کبد ماهی تعیین شدند (Hasegawa، ۱۹۸۷؛ AOAC، ۲۰۰۵).

پس از استخراج چربی، متیل استرهای اسیدچرب توسط استری شدن و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های کبد ماهیها توسط گازکروماتوگرافی (USP26-NF21 Supplement-Capillary Gas Chromatography) با لوله موئینه و ستون ۵۰ متر x ۰/۲۵ میلی‌متر و دتکتور یونش شعله‌ای (FID) انجام شد. هلیوم به‌عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. درجه حرارت ردیاب ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت ستون ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد، حجم تزریق ۱ میکرولیتر، دمای ستون ابتدا به مدت ۲ دقیقه در ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت بود و سپس طی ٤ دقیقه دمای ستون به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد رسیده، ۳ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی ۳ دقیقه دما به ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید و ۲۰ دقیقه نیز در این دما نگه داشته شد. سرعت گاز حامل ۰/۵، مقدار تزریق ۱ میکرومتر و نرخ شکافت (Split ratio) ۱:۱۰ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Sigma, Germany) تعیین شدند.

علاوه بر اینکه در طی تغذیه آزمایشی، درجه حرارت آب، pH و مقدار اکسیژن محلول آب در مخازن آزمایشی، به‌طور روزانه اندازه‌گیری شدند. وزن ماهیان هر دو هفته یکبار کنترل شد. همچنین شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) شاخص بدنی- احشائی یا ویسراسوماتیک (VSI) برای تعیین تجمع چربی در بافت کامل بدن و کبد ماهی، مورد محاسبه قرار گرفتند (Biswas، ۱۹۹۳)؛

HSI = {وزن کبد (گرم) / وزن نهایی بدن (گرم) × ۱۰۰}

VSI ={وزن امعاء احشاء (گرم) / وزن بدن (گرم) ×۱۰۰}

برنامه آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و با متغیر نوع چربی خوراک ماهی علاوه بر آزمایش‌های کامل بر روی نمونه‌های تازه (به‌عنوان ابتدای آزمایش و پیش از انجام غذادهی آزمایشی)، در ۳ گروه آزمایشی و هر گروه با ۳ تکرار طراحی گردد. تفاوت بین گروه‌های آزمایشی توسط آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و نیز اختلاف بین مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد در پایان دوره آزمایشی تغذیه ماهیان، مورد آزمون قرار گرفت (Zar، ۲۰۰۹) نرم‌افزار مورد استفاده SPSS نسخه ۱۹ و برای رسم نمودارها از برنامه Ecxel در محیط ویندوز ۲۰۰۳ استفاده شد.

نتایج

مقادیر روغن کبد و چربی خام خوراک ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با خوراک‌های آزمایشی حاوی انواع روغن‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده و مطابق آن چربی جیره‌ها ۱۳/۵۵±۰/۲۱ درصد و روغن کبد ماهی ۳/۸۵±۰/۱۲ درصد پیش از شروع تغذیه آزمایشی بوده است. انرژی قابل متابولیسم خوراک‌ها نیز ۳۱۳۷/۰۳±۰/٤۱ کیلوکالری بر کیلوگرم برآورد شد.

نتایج نشان داد در میزان روغن مستخرج از کبد ماهیان بین جیره‌های حاوی روغن ماهی و روغن کانولا (به‌ترتیب با ۲/۰۵±۰/۱۰ و ۲/۱۵±۰/۱۳ درصد) و جیره حاوی روغن آفتابگردان (با ۳/۳۲±۰/۱۲ درصد) اختلاف معنی‌دار وجود دارد (p<۰/۰۵) جدول ۲ عملکرد شاخص‌های احشایی و کبدی ماهی قزل‌آلای تغذیه شده با خوراک‌های آزمایشی حاوی روغن‌های مختلف را نشان می‌دهد.

همچنین بین پارامترهای شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) و شاخص بدنی – احشائی یا ویسراسوماتیک (VSI) اختلاف معنی‌داری بین خوراک‌های مختلف آزمایشی دیده نشد (p>۰/۰۵).

جدول‌های ۳ و ٤ به‌ترتیب آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های کبد و ترکیب گروه‌های اسید چرب نمونه

کبد ماهیان قزل‌آلا در ابتدا و انتهای دوران تغذیه آزمایشی را نشان می‌دهد.

در بین ترکیب اسیدهای چرب بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، بین گروه تغذیه شده با روغن ماهی (گروه آزمایشی I) و سایر گروه‌ها اختلاف معنی داری در مجموع اسیدهای چرب PUFA و همچنین مجموع n-3 و n-6 دیده شده است (p<۰/۰۵)؛ در حالی‌که هیچ اختلاف معنی‌داری بین مجموع اسیدهای چرب SFA (اشباع)، UFA (غیراشاع)، MUFA (تک غیراشباع) دیده نشد (p>۰/۰۵).

شکل ۱، نمودار مقایسه‌ای مقادیر مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA)، n-3 و n-6 مستخرج از کبد ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با خوراک‌های آزمایشی حاوی انواع روغن‌های مختلف ماهی و گیاهی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقادیر روغن کبد و چربی موجود در خوراک ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان در تغذیه آزمایشی

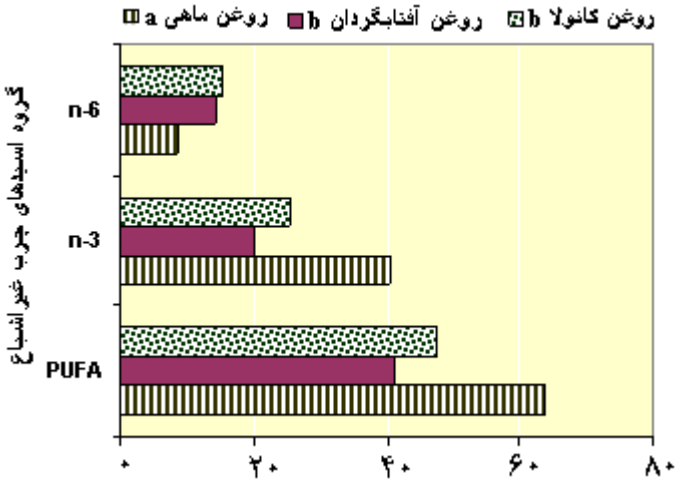
چربی / روغن (درصد)	ابتدای آزمایش	گروه آزمایشی I (روغن ماهی)	گروه آزمایشی II (روغن آفتابگردان)	گروه آزمایشی III (روغن کانولا)
روغن مستخرج از کبد	۳/۸۵± ۰/۱۲	۲/۰۵ ± ۰/۱۰	۳/۳۲ ± ۰/۱۲	۲/۱۵ ± ۰/۱۳
چربی خام خوراک	۱۳/۵۵ ±۰/۲۱	-	-	-
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۳۱۳۷/۰۳ ±۰/۴۱	-	-	-

جدول ۲- عملکرد شاخص‌های احشایی و کبدی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با خوراک‌های آزمایشی

شاخص ارزیابی (درصد)	ابتدای آزمایش	گروه آزمایشی I (روغن ماهی)	گروه آزمایشی II (روغن آفتابگردان)	گروه آزمایشی III (روغن کانولا)
HSI	۲/۳۱± ۰/۵٤	۱/۵۵ ± ۱/۰۹	۱/٦۱ ± ۰/٤۲	۱/٦۵±۱ /۰۵
VSI	۱۹/۹۵ ± ۰/۱۵	۱۷/۸۷ ± ۱/۱۰	۱۷/۲ ± ۰/۱۸	۱۸/۰۵ ± ۰/۱۵
افزایش وزن زنده (گرم)	-	۳۰/۲۱ ± ۱/۰۵	۲٦/۷۰ ± ۰/۹٦	۲۹/۵۰ ± ۰/۸۵

جدول ۳- آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های کبد ماهیان قزل‌آلا در ابتدا و انتهای دوران تغذیه آزمایشی

اسید چرب	ابتدای آزمایش	گروه آزمایشی I (روغن ماهی)	گروه آزمایشی II (روغن آفتابگردان)	گروه آزمایشی III (روغن کانولا)
C14:0	۲/۰۵	۱/۰٦	۰/٤۵	۰/۳۹
C16:0	۱۷/٤۳	۱٦/۵۲	۱۸/۲۸	۱۹/۳۱
C18:0	۳/۸٦	۵/۳۸	۷/٦۸	۷/۰۸
C16:1 n-7	۲/۹۲	۱/۸٦	۰/٤۹	۱/۰۵
C18:1 n-9	۱۷/۳۸	۱٤/۳٦	۱۵/۱۷	۱٦/۳۷
C20:1 n-9	۳/۲٦	۱/٦۵	۱/٤۳	۱/۲۱
C18:2 n-6	٤/۲۳	۳/٤۷	۱۰/۳٦	۱۱/۵۸
C20:4 n-6	۳/۵۲	۵/۲۹	۳/۹۵	۳/٦۹
C18:3 n-3	۰/٤۵	۳/۱٤	۰/۱۵	۱/۲۳
C20:5 n-3	۳/۷٦	٦/۰۵	۲/۱۵	۳/۱۲
C22:6 n-3	۲۵/٤۷	۳۱/۳٦	۱۷/۳٦	۲۱/۰٦



شکل ۱- نمودار مقایسه مقادیر مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA)، n-3 و n-6 مستخرج از کبد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با خوراک‌های آزمایشی

جدول ٤- ترکیب گروه‌های اسید چرب نمونه کبد (Liver) ماهیان قزل‌آلا در ابتدا و انتهای دوران تغذیه آزمایشی

گروه اسید چرب	ابتدای آزمایش	گروه آزمایشی I (روغن ماهی)	گروه آزمایشی II (روغن آفتابگردان)	گروه آزمایشی III (روغن کانولا)
SFA	۲۳/۳٤	۲۲/۹۸	۲٦/٤۱	۲٦/۷۸
UFA	٦۰/۹۹	٦۷/۱۸	۵۱/٤۲	۵۹/۳۱
MUFA	۲۳/۵٦	۱۷/۸۷	۱۷/۰۹	۱۸/٦۳
PUFA	۵٦/۷٦	٦۳/۷۱	٤۱/۰٦	٤۷/۷۳
n-6	۷/۷۵	۸/۷٦	۱٤/۳۱	۱۵/۲۷
n-3	۲۹/٦۸	٤۰/۵۵	۲۰/۰۲	۲۵/٤۱
مجموع شناسایی	۸٤/۳۳	۹۰/۱٦	۷۷/۸۳	۸٦/۰۹

مطابق شکل۱، در بین ترکیب اسیدهای چرب بافت کبدماهیان مورد مطالعه، بین گروه تغذیه شده با روغن ماهی (گروه آزمایشی I) و سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در مجموع اسیدهای چرب PUFA و همچنین مجموع n-3 و n-6 دیده شد (P<۰/۰۵). درحالی‌که هیچ اختلاف معنی‌داری بین مجموع اسیدهای چرب SFA، UFA، MUFA دیده نشد (p>۰/۰۵).

بیشترین نسبت n-3 به n-6 روغن بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، در گروه آزمایشی روغن ماهی با نسبت ٤/٦۲ و کمترین نسبت در گروه آزمایشی روغن آفتابگردان با ۱/۳۹ دیده شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین مجموع DHA + EPA روغن بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، در گروه آزمایشی روغن ماهی با مجموع ۳۷/٤۱ گرم بر ۱۰۰ گرم و کمترین آن در گروه آزمایی روغن آفتابگردان با ۱۹ /۵۱ گرم بر ۱۰۰ گرم دیده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

چربی‌ها به‌عنوان منبع اصلی انرژی پذیرفته شده‌اند و در تمامی دوران رشد، نسبت به دیگر منابع انرژی در جیره‌های غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان، بسیار اقتصادی‌تر هستند (Emidio و همکاران، ۱۹۹۷؛ Sargent و همکاران، ۱۹۹۷).

همانگونه که در نتایج دیده شد، متوسط افزایش وزن زنده بچه ماهیان در دوره ٦٠ روزه پرورش در سه جیره I و II و III به‌ترتیب برابر با ۱/٤۳ ± ۳٦/۱٦، ۱/۲٤±۳۲/٦٥ و ۱/٤±۳٥/٤٥ درصد بوده است که نشان‌دهنده افزایش وزن در گروه آزمایشی تغذیه شده با روغن ماهی و روغن کانولا بوده است. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی در مورد شاخص کبدی- بدنی یا هپاتوسوماتیک (HSI)، شاخص احشائی- بدنی یا ویسراسوماتیک (VSI) دیده نشد ($p>0/05$) که این مسئله حاکی از استفاده موفق از روغن‌های گیاهی به جای روغن ماهی در جیره‌های غذایی است. این نتایج مشابه مطالعات قبلی انجام شده بر روی همین گونه است (Watanabe، ۱۹۹٦؛ Kiesling و همکاران، ۲۰۰۱؛ Sener و Yıldız، ۲۰۰۳). در طول دوره پرورشی، هیچ گونه آثاری از مرگ و میر بالا، بیماری باکتریایی، کاهش رشد و پوسیدگی باله، در گروه ماهیان تغذیه شده با روغن‌های گیاهی در مقایسه با گروه شاهد (روغن ماهی) دیده نشد که برخلاف مطالعات Huang و همکاران (۲۰۰۷) است.

از دیگر سو، Bransden و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نموده‌اند که جایگزینی جزئی و کامل روغن ماهی با روغن آفتابگردان در جیره ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) سبب تفاوت معنی‌داری در پارامترهای در بین تیمارها نشده است. در تحقیق کنونی در مورد شاخص HSI هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد اما ارزیابی آماری آنها نشان داد که اثر متقابل سطح و نوع چربی بر فاکتور شاخص کبدی HSI تاثیر گذار بوده است.

باید دانست که بالا رفتن سطح چربی جیره غذایی ممکن است باعث انباشتگی چربی در بافت کبد و بزرگتر شدن هپاتوسیت‌ها و افزایش حجم کبد شده باشد.

از طرفی Babalola و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که افزایش سطح چربی از ۷ به ۱۸ درصد در جیره غذایی گربه ماهیان انگشت قد (*Heterobranchus longifilis*) سبب افزایش معنی‌دار چربی کبد و به نوبه آن افزایش فاکتور HSI در این ماهی شد. همچنین Bolasina و Fenucci (۲۰۰۷) گزارش دادند که افزایش محتوی چربی جیره غذایی سبب افزایش فاکتور HSI در چرب ماهی *Urophycis brasiliensis* گردید که با افزایش چربی کبد و کاهش رطوبت آن همراه بود.

این در حالی است که Peng و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند جایگزینی جزئی روغن ماهی با روغن سویا در جیره غذایی ماهی سیم سیاه (*Acanthopagrus schlegeli*) تاثیری بر فاکتور HSI نداشته است اما تا حدودی باعث افزایش چربی کبد به‌دلیل ویژگی‌های جیره غذایی، عدم تعادل هورمونی، سندرم متابولیک و عدم تعادل در نسبت n-3 به n-6 در بافت کبد شده است.

جیره‌هایی که کمبود EFAs یا همان اسیدهای چرب ضروری دارند ممکن است موجب انباشته شدن نامتعادل چربی در کبد و در نتیجه ایجاد کبدهای بزرگتر و افزایش فاکتور HSI در ماهیان گردند (Sargent و همکاران، ۱۹۸۹).

در پژوهشی که توسط Fountoulaki و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گونه سیستم دریایی (*Sparus*

avrata) برای تغذیه ماهیان ۱۱۰ گرمی به مدت ٦ ماه (از جیره‌هایی که روغن ماهی آن با روغن‌های گیاهی جایگزین شده بود) انجام شد، جایگزینی روغن ماهی در جیره با روغن سویا و روغن دانه شلغم تاثیری بر میزان رشد و بازده غذادهی نداشت؛ اما این امر در مورد روغن نخل برعکس بود. میزان DHA (دکوزاهگزانوئیک اسید) و آراشیدوئیک اسید در کبد و فیله این ماهی به مراتب کمتر از جیره بود؛ در حالی‌که کاهش EPA (ایکوزانپتوئیک اسید) در هر دو بافت آشکارتر بود.

در مطالعه کنونی مطابق نتایج در بین ترکیب اسیدهای چرب بافت کبد ماهیان مورد مطالعه، بین گروه تغذیه شده با روغن ماهی (گروه آزمایشی I) و سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در مجموع اسیدهای چرب PUFA و همچنین مجموع n-3 و n-6 دیده شد ($p<۰/۰۵$)؛ در حالی‌که هیچ اختلاف معنی‌داری بین مجموع اسیدهای چرب SFA، UFA، MUFA دیده نشد ($p>۰/۰۵$).

روغن حاصل از کبد ماهیان دارای ارزش بسیار زیادی می‌باشد؛ در پژوهش حاضر، مقادیر n-6 در روغن کبد ماهیان تغذیه شده با روغن‌های ماهی، آفتابگردان و کانولا به‌ترتیب برابر با ۳۷/٤۱، ۱۹/۵۱ و ۲٤/۱۸ گرم بر ۱۰۰ گرم می‌باشد. از دیگر سو، مجموع اسیدهای چرب DHA + EPA کبد قزل‌آلا به‌ترتیب برابر با ۳۷/٤۱، ۱۹/۵۱ و ۲٤/۱۸ گرم بر ۱۰۰ گرم می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده در مورد تاثیر جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی کانولا و آفتابگردان در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، نشان می‌دهد که این جایگزینی در طی مدت ٦۰ روز هیچ گونه اثرات منفی بر رشد و پارامترهای کبدی و احشایی این گونه نداشته است. با این اوصاف می‌توان اظهار نمود که آزاد ماهیان و به‌ویژه قزل آلا، توانایی شکستن و طویل‌سازی زنجیره اسیدهای چرب "پیش‌ساز" گروه HUFAs را داشته، بنابراین می‌توانند از اسیدهای چرب پیش ساز که به‌طور فراوان در روغن‌های گیاهی موجود است، استفاده کرده و نیازهای مربوط به اسیدهای چرب ضروری با درجه غیراشباعیت بالا را به خوبی تامین نمایند.

با توجه به میزان تجمع چربی در کبد و نیز سطوح اسیدهای چرب موجود در کبد بچه ماهیان قزل‌آلا، در کل می‌توان ادعا نمود، تغذیه این گونه با روغن‌های گیاهی بطور عام و روغن کانولا به‌طور خاص، نه تنها تفاوت رشد ندارند، بلکه از نظر اقتصادی بکارگیری عملیاتی در مزارع مقرون به صرفه بوده است.

منابع

۱- نفیسی بهابادی، م. ۱۳۸۵، راهنمای تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، انتشارات دانشگاه هرمزگان، ص,۲۲۵

۲- هدایتی فرد، م. ۱۳۸۲، تعیین ارزش غذایی خوراک تولید شده در کشور و مقایسه آن با نیازهای واقعی قزل آلا، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر. ص. ۵.

۳- یوسفیان، م.، هدایتی فرد، م، سپهداری، ا.، جلالی، ب.، نجاتی، ا.، آذری، ع.ح.، فیروزکندیان، ش. و غلام پور، س. ۱۳۸٤. بررسی اجمالی از ترکیب غذایی و بهینه سازی فرمولاسیون غذایی ماهی قزل آلا در مزارع خصوصی استان مازندران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان مازندران. ۱۳٤ص.

4.AOAC. 2005. Official methods of analysis, association of official analytical chemists. Gaithersburg, Maryland, 20877-2417 USA. Vols. Iand II, 4th Revision.

5.Babalola, T.O.O., and Adebayo, M.A., Apata, D.F., and Omotosho, J.S. 2008. Effect of dietary alternative lipid sources on haematological parametes and serum constituents of heterobranchus longifilis fingerlings tropical animal health production.
6.Biswas, S.P. 1993. Manual of methods in fish biology, Indian Press.
7.Bolasina, S.N., and Fenucci, J.L. 2007. Effects of dietary lipid level on growth, survival and body composition of Brazilian codling (Urophycis brasiliensis Kaup, 1858). Revista de biologia marina y oceanografia, 42 (1):23-27.
8.Bransden, M., Chris, G., Carter, P., and Nichols, D. 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance, Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 135(4): 611-625.
9.Emidio, F., Gomes, G.C., and Kaushik, S. 1993. Effects of dietary incorporation of a co-extruded plant protein (rapeseed and peas) on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Aquaculture, 113(4): 339-353.
10.Fountoulaki, E., and Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., Rigos, G., Kotzamanis, Y., Venov, B., and Alexis, N. 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead seabream (*Sparus avrata* L.); effects on growth perhormance, flesh quality and fillet fatty acid profile: Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures, Aquaculture, 289: 3-4, 317-326.
11.Goddard, S. 1996. Feed management in intensive aquaculture. Printed in the United States of America, includes bibliographical references and index, Chapman and Hall Press, NewYork, 194 p.
12.Halver, J.E. 1989. Fish nutrition. Academic Press. London: 713 p.
13.Hasegawa, H. 1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and products. Mar. Fisher. Reas. Dep. Sout. Asian fish. Devel. Cent.
14.Hedayatifard, M., and Yousefian, M. 2010. The fatty acid composition of golden mullet fillet *Liza aurata* as affected by dry-salting. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 5(3): 208-215.
15.Huang, S.S.Y., Oo, A.N., Higgs, D.A., Brauner, C.J., and Satoh, S. 2007. Effect of dietary canola oil level on the growth performance and fatty acid composition of juvenile red sea bream, *Pagrus major*, Aquaculture, Volume 271, Issues 1-4, 3. 420-431.
16.Kiesling, A., Pickova, J., Johansson, L., Asgard, T., Storebakken, T., and Kiessling, K.H. 2001. Changes in fatty acid composition in muscle and adipose tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. Food Chemistry, 73: 271-284.
17.Lovell, T.1989. Nutrition and feeding of fish. Auburn University, Van Nostrand Reinhold, 290p.
18.Opsahl-Ferstad, H.G., Rudi, H., Ruyter, B., and Refstie, S. 2003. Biotechnological appoaches to modify rapeseed oil composition for applications in aquaculture. Plant Science. 165:349-357.
19.Peng, S., Chen, S., Qin, J.G., Hou, J., Long, Z., Ye, J., and Sun, X. 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*, Aquaculture, 276: 1-4, 154-161
20.Reinitz, G.L, Orme, L.E., Lemm, A., and Hitzel, F.N. 1978. Influence pf varying lipid concentrations with two protein concentrations in the diets rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Trans. Am. Fish. Soc., 107 (5): 751-754.
21.Rouhonen, K., Vielma, J., and Grove, D.J. 1998. Growth and food utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring and dry diets enriched with fish oil. Aquaculture, 163: 275-281.
22.Sargent, J.R., Mcevoy, L.A., and Bell, J.G. 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. Aquaculture, 155: 117-127.

23.Sener, E., and Yıldız, M. 2003. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) Juveniles, Turk. J. Fish. Aqua. Sci. 3: 111-116.
24.Watanabe, T. 1996. Nutrition and growth in intensive fish farming. C.J. Shepherd and N.R. Bromage (Ed.), BSP Professional Books, Oxford: 154–198.
25.Zar, J.H. 2009. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 718 p.