

تأثیر نسبت‌های مختلف اسیدهای چرب چند غیراشباع به اسیدهای چرب تک غیراشباع جیره بر شاخص‌های رشد و ترکیبات اسید چرب بچه ماهیان نورس قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

فرزانه نوری*، رضا جلیلی و فاطمه جعفری

ایران، ارومیه، دانشگاه ارومیه، پژوهشکده آرتمیا و آبی‌پروری، گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۷

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف اسیدهای چرب چند غیراشباع ۱۸ کربنه (PUFA (C₁₈) به اسیدهای چرب تک غیراشباع جیره غذایی (MUFA) روی شاخص‌های رشد و ترکیبات اسیدهای چرب لاشه بچه ماهیان نورس ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله شروع تغذیه فعال بود. چهار جیره غذایی مختلف با سطوح مختلف نسبت PUFA (C₁₈) /MUFA (۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) جیره به همراه ۶/۵ درصد ثابت اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره تنظیم گردید. تراکم بچه ماهیان نورس در هر مخزن پرورشی ۱۰۰ قطعه بود و آزمایش به مدت شش هفته به طول انجامید. در پایان آزمایش، از هر تیمار ۳۰ قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و به منظور بررسی شاخص‌های رشد، ترکیبات بیوشیمیایی و ترکیبات اسید چرب لاشه ماهیان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش نسبت PUFA (C₁₈) /MUFA جیره غذایی از ۰/۵ به ۱ و ۲ درصد پارامترهای رشد و کارایی تغذیه‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). چربی کل و نسبت اسیدهای چرب PUFA (C₁₈) /MUFA لاشه به طور معنی‌داری با افزایش نسبت سطوح PUFA (C₁₈) /MUFA جیره غذایی افزایش یافت (P<۰/۰۵) در حالیکه در میزان پروتئین کل لاشه در بین گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد با جایگزینی ۶۸ درصد روغن ماهی با منابع گیاهی سطح بهینه اسیدهای چرب PUFA (C₁₈) /MUFA و اسیدهای چرب زنجیره بلند جیره غذایی بچه ماهیان نورس قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب ۰/۵ و ۶/۵ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب غیراشباع، بچه ماهی نورس، قزل‌آلای رنگین‌کمان، تغذیه آغازین، شاخص‌های رشد

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۴۴۳۳۴۴۰۲۹۵، پست الکترونیکی: f.noori@urmia.ac.ir

مقدمه

مصرف می‌شود (۹). از آنجاکه سطح مطلوب آن به‌عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بار نیتروژنی کاهش می‌یابد و محصولی باکیفیت مطلوب در گونه‌های مختلف آبی تولید می‌گردد (۲۷). در نتیجه سطح مناسب چربی در جیره غذایی جهت فرمولاسیون و شاخص‌های رشد ماهی و کیفیت محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (۴). در واقع غذا مهم‌ترین عامل محیطی است که ترکیب اسیدهای چرب و میزان چربی بافت بدن را در ماهی تحت

چربی یکی از ترکیبات مهم در جیره غذایی ماهی می‌باشد که منبع مهمی از انرژی و اسیدهای چرب ضروری را در تغذیه فراهم می‌نماید، همچنین به‌عنوان حامل مواد مغذی مانند ویتامین‌های محلول در چربی عمل می‌کند (۸ و ۳۲). چربی‌ها به جهت افزایش انرژی در بدن، مؤثرتر از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها می‌باشند زیرا سریع‌تر از پروتئین به‌عنوان منبع انرژی، مصرف شده و یک ماده مغذی انرژی‌زا و متراکم می‌باشد، که به‌راحتی توسط ماهی

کارکرد زیستی اسیدهای چرب منابع گیاهی و همچنین حدود استفاده و ترکیب بهینه روغن‌های گیاهی جایگزین روغن‌ماهی صورت گرفته است. از اینرو مطالعه حاضر تأثیر نسبت‌های اسیدهای چرب MUFA / PUFA (C₁₈) را در شرایطی که روغن‌ماهی به میزان ۶۸ درصد با ترکیب منابع مختلف گیاهی جایگزین شده است مورد ارزیابی قرار می‌دهد تا کارکرد زیستی و همچنین سطوح بهینه مورد استفاده اسیدهای چرب PUFA (C₁₈) و MUFA جیره مشخص گردد.

مواد و روشها

پس از تهیه اقلام اولیه غذایی و انجام آنالیزهای شیمیایی، جیره‌های مختلف غذایی طبق جدول ۱ به کمک نرم‌افزار جیره نویسی WUFFDA و منطبق بر نیازهای غذایی بچه ماهی نورس قزل‌آلای رنگین‌کمان تنظیم و ساخته شدند (NRC, 2011). همچنین تجزیه تقریبی اقلام غذایی، جیره‌های غذایی و لاشه (شامل درصد پروتئین، چربی و خاکستر) طبق روش‌های استاندارد تعیین شد (۲). برای محاسبه پروتئین خام، پس از هضم نمونه‌ها (با استفاده از دستگاه (Buch, Digest Automat K438) مقدار نیتروژن کل در نمونه‌ها با استفاده از روش کج‌دال (دستگاه Buchi, Auto kejldahl K370) و ضرب آن در عدد ۶/۲۵ تعیین شد. برای تعیین درصد چربی مقدار ۰/۵ گرم از نمونه از هر تکرار درون لوله‌های آزمایش شیشه‌ای درب دار ریخته شد. به هریک از لوله‌های آزمایش مقدار ۱۰ میلی‌لیتر حلال دی اتیل اتر اضافه شد و پس از بستن درب آنها، لوله‌ها بمدت ۱۲ ساعت در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند. در پایان این مدت، مایع فوقانی هریک از لوله‌ها به درون یک فالكون تمیز با وزن اولیه معین انتقال یافت و به‌منظور جداسازی بهتر ذرات ریز موجود در آن، بمدت پنج دقیقه با دور ۲۰۰۰ سانتریفیوژ شد. سپس، مایع فوقانی باقیمانده از سانتریفیوژ به درون یک لوله آزمایش شیشه‌ای تمیز با وزن اولیه معین منتقل شد. مجدداً ۱۰

تأثیر قرار می‌دهد. اسیدهای چرب ضروری PUFA می‌توانند یک منبع انرژی برای سلول‌ها باشند. این نقش مستقل از دیگر نقش‌های اسیدهای چرب بوده و در اکثر جیره‌ها PUFA به‌عنوان منبع تأمین انرژی استفاده می‌شوند (۳۰)، اما میزان اسیدهای چرب مختلف به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) در بین گونه‌های مختلف تحت تأثیر جیره، اندازه، سن، دما، دوره تولیدمثلی و شوری متفاوت است (۳ و ۱۷). میزان نیاز کمی و کیفی اسیدهای چرب ضروری در مراحل رشدی لارو ماهیان دریایی و آب شیرین متفاوت می‌باشند. با توجه به محیط زندگی و فاکتورهای تغذیه‌ای، گونه‌های ماهیان آب شیرین معمولاً اسیدهای چرب ۱۸ کربنه (C₁₈) را بیش از دیگر اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) نیاز دارند، این در حالیست که نیازمندی‌های ماهیان دریایی به اسیدهای چرب بلند زنجیر غیراشباع (HUFA) مانند EPA (20:5n-3) و DHA (22:6n-3) و ARA می‌باشد. همچنین نقش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره در نگهداری ساختار غشاهای سلول است و به‌عنوان پیش ماده ایکوزانوئیدها عمل می‌کنند (۵ و ۲۸). بنابراین با توجه به نقش اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیر در رشد و نمو، بقا و کیفیت لاروی اهمیت افزودن این ترکیبات در جیره غذایی لاروها مشخص می‌شود (۲۵). اما به دلیل تغییرات امروزه فرمولاسیون جیره‌های غذایی و فشاری که بر روی نیازمندی‌های صنعت آبی‌پروری برای توسعه مستمر و مداوم ایجاد کرده، جایگزینی پودر ماهی و روغن ماهی با فرآورده‌های گیاهی، لزوم توجه بیشتر به اسیدهای چرب جیره غذایی آبزیان و ضرورت تحقیقات بیشتر احساس می‌شود. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص جایگزینی روغن‌ماهی با منابع مختلف گیاهی صورت گرفته که بسته به نوع روغن‌گیاهی جیره نتایج متفاوتی بدست آمده است. دلیل این اختلاف نتایج تأثیر نوع روغن‌گیاهی مورد استفاده و همچنین کاهش روغن‌ماهی مصرفی در جیره غذایی بوده است. ولی تاکنون مطالعات بسیار کمی در خصوص

خشک کردن تعیین گردید. پس‌ازاین مرحله نمونه‌ها در آون مدل SIC08 H ساخت شرکت Ecotee بمدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند پس از اتمام این مرحله و سرد شدن ظروف حاوی نمونه در دسیکاتور، نمونه‌ها وزن شدند درنهایت، با محاسبه اختلاف وزن نمونه‌ها در حالت‌های تر و خشک، درصد رطوبت محاسبه گردید.

میلی‌لیتر حلال دی اتیل اتر به محتویات لوله‌ها افزوده شد و مراحل فوق تکرار شدند. مایع فوقانی به مایع جمع آوری شده در لوله آزمایش تمیز اضافه گردید. لوله‌های حاوی لایه فوقانی (حلال + چربی) به‌منظور تبخیر شدن حلال در آون قرار داده شدند. برای تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها (سه تکرار از هر تیمار)، ابتدا وزن ظرف خالی مخصوص اندازه‌گیری رطوبت تعیین شد. سپس مقدار نیم از هر نمونه داخل آن ریخته شد. وزن نمونه‌ها قبل از

جدول ۱- ترکیب اجزای غذایی و تجزیه شیمیایی جیره‌های غذایی مورد استفاده در این تحقیق

اجزای غذایی جیره‌های آزمایشی (درصد)			
۰/۰۶	آستاگزانتین	۲۰	پودر ماهی چربی زدایی شده
۲	دی-کلسیم فسفات	۵	گلوتن ذرت
۱	ال-میتوین	۲۰	گلوتن گندم
۰/۶۲	ال-لیزین	۱	پودر خون
		۱۵	کنجاله سویا
		۱۰	آرد گندم
		۲	نشاسته
	تجزیه تقریبی جیره آزمایشی		
۵۲	پروتئین خام	۲	مخمر
۱۹	چربی خام	۱۶/۱۹	روغن ترکیبی ^۱
۲/۲	فیبر خام	۵	مکمل ویتامینه و معدنی ^۲
۳۴۰۰	انرژی	۰/۰۶	ویتامین C
۱۴/۵۲	کربوهیدرات	۰/۰۵	ویتامین E
۵/۷۵	خاکستر	۰/۰۲	آنتی‌اکسیدان (BHT)

^۱ ترکیب روغن‌های گیاهی به جدول ۳ مراجعه گردد، ^۲ ترکیب مکمل ویتامینی (IU / کیلوگرم غذا) و معدنی (گرم/کیلوگرم غذا): ویتامین A ۱۶۰۰۰۰، ویتامین D3 ۴۰۰۰۰۰، کولین کلراید ۱۲۰۰۰، نیاسین ۴۰۰۰، ریوفلاوین ۸۰۰۰، پیریدوکسین ۴۰۰۰، فولیک اسید ۲۰۰۰، ویتامین B12 ۸۰۰۰، اینوزیتول ۲۰۰۰، ویتامین C ۶۰۰۰۰، ویتامین B2 ۸۰۰۰، ویتامین K3 ۲۰۰۰، ویتامین E ۴۰۰۰۰، روی ۱۲/۵، آهن ۲۶، منگنز ۱۵/۸، مس ۴/۲، کبالت ۰/۴۸، سلنیوم ۲، ید ۱.

پلت‌ها بعد از خشک شدن، در طول دوره آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. استخراج چربی جیره‌ها و لاشه با استریفیکاسیون در ترکیب محلول کلراید و متانل استخراج سپس با حلال اتر و متیل استر شن بر اساس روش لپاگ و روی (۱۹۸۴) (۱۸). با دستگاه Agilent 7880GC System.USA تزریق گردید و شناسایی اسید-های چرب در نمونه با تزریق محلول استاندارد اسید-های چرب و مقایسه منحنی رسم شده برای هراسید چرب براساس زمان بارداری آنها انجام شد (جدول ۲).

جیره‌های آزمایشی به لحاظ میزان چربی، پروتئین و انرژی یکسان بودند و فقط منابع چربی جیره‌ها ترکیبی از روغن ماهی، نارگیل، بزرک، زیتون، آفتابگردان، کلزا و گلرنگ با درصدهای متفاوت به‌جز روغن ماهی که در همه تیمارها با درصد ثابت بود. نسبت‌های مختلف اسیدهای چرب غیراشباع ۱۸ کربنه PUFA (C₁₈) به اسیدهای چرب تک غیراشباع MUFA در ۴ سطح (۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲٪) و HUFU با درصد ثابت (۶/۵٪) و اسیدهای چرب اشباع SFA با ۱۷/۵ درصد در همه تیمارها تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی (درصد)

تیمارها	۱۸:۱ n-۹	۱۸:۲ n-۶	۱۸:۳ n-۳	۲۰:۴ n-۶	۲۰:۵ n-۳	۲۲:۶ n-۳	SFA	MUFA	PUFA(C18)	HUFA	PUFA(C18)/MUFA
۱(۰/۲)	۵۵/۳۴	۱۱/۳۱	۱/۹۸	۰/۱۸	۱/۶۷	۴/۴۵	۱۷/۷۰	۵۹/۲۹	۱۳/۲۹	۶/۳۰	۰/۲۲
۲(۰/۵)	۴۶/۲۷	۲۱/۰۵	۴/۹۰	۰/۱۸	۱/۶۶	۴/۲۹	۱۸/۰۳	۴۹/۴۰	۲۵/۹۵	۶/۱۴	۰/۵۳
۳(۱)	۳۵/۷۲	۳۰/۶۱	۷/۲۵	۰/۱۷	۱/۶۱	۴/۴۵	۱۷/۳۳	۳۶/۴۴	۳۷/۹۸	۶/۲۴	۱/۰۱
۴(۲)	۲۲/۰۶	۴۰/۸۴	۹/۴۱	۰/۱۹	۱/۶۹	۴/۷۲	۱۷/۳۲	۲۵/۴۴	۵۲/۲۵	۶/۵۹	۲/۰۶

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

جدول ۳- ترکیب روغن‌های مورد استفاده در جیره‌های غذایی

تیمار	ماهی	نارگیل	بزرک	زیتون	آفتابگردان	کلزا	گلرنگ
۱(۰/۲)	۳۲	-	-	۶۰	-	۸	-
۲(۰/۵)	۳۲	۰/۶	۶/۶	۴۳/۶	۱۰/۲	-	-
۳(۱)	۳۲	۱/۵	۱۲/۰۵	۲۲	۱۸/۴۵	-	-
۴(۲)	۳۲	۲/۵	۱۷/۵	-	۲۸	-	۲۰

و با توجه به دمای آب و وزن ماهیان انجام شد. در طول دوره پرورش، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل دما و میزان اکسیژن محلول به‌طور مرتب به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری و ثبت شد (درجه حرارت آب 14 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول 0.2 ± 0.8 میلی‌گرم در لیتر)، این مقادیر در محدوده مناسب برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود.

شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه طبق روابط زیر محاسبه شدند (۱۲)

بچه ماهیان و شرایط آزمایش: تخم چشم زده ماهیان قزل‌آلا از یکی از مزارع تکثیر و پرورش ماهیان سردابی خریداری گردید. لاروها پس از تخم‌گشایی و در زمان شروع تغذیه فعال (وزن تقریبی ۲۰۰ میلی‌گرم) با تعداد ۱۰۰ قطعه بچه ماهی نورس در داخل هر تانک پرورشی (مخازن ۱۵ لیتری) ذخیره‌سازی شدند. غذادهی روزانه در ۸ نوبت و بمدت ۶ هفته انجام شد. نمونه‌برداری از تیمارها جهت تعیین شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه‌ای به تعداد ۱۰ عدد بچه ماهی نورس از هر تکرار (۳۰ عدد از هر تیمار) انجام شد. غذادهی ماهیان روزانه در ۸ وعده غذایی

$$\text{ضریب رشد روزانه} = 100 \times [(\text{وزن اولیه}) - (\text{وزن ثانویه})] / [\text{طول دوره پرورش (روز)}]$$

$$\text{میزان رشد ویژه (درصد در روز)} = 100 \times [(\text{لگاریتم وزن اولیه (گرم)} - \text{لگاریتم وزن ثانویه (گرم)}) / \text{طول دوره پرورش (روز)}]$$

$$\text{ضریب تبدیل غذایی} = \text{غذای مصرفی (گرم)} / \text{وزن زنده به‌دست‌آمده (گرم)}$$

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

$$\text{شاخص توده احشایی (\%)} = 100 \times [\text{وزن توده احشایی (گرم)} / \text{وزن بدن (گرم)}]$$

$$\text{نرخ کارایی پروتئین} = \text{گرم وزن به‌دست‌آمده} / \text{گرم پروتئین مصرفی}$$

$$\text{ارزش تولیدی پروتئین} = \text{گرم پروتئین ابقا شده} / \text{گرم پروتئین مصرفی}$$

$$\text{نرخ کارایی چربی} = \text{گرم وزن به‌دست‌آمده} / \text{گرم چربی مصرفی}$$

$$\text{ارزش تولیدی چربی} = \text{گرم چربی ابقا شده} / \text{گرم چربی مصرفی}$$

کارایی تغذیه ماهیان در انتهای دوره پرورشی به ترتیب در جداول ۴ و ۵ نشان داده شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان نسبت MUFA / PUFA (C₁₈) (تیمار ۳ و ۴) شاخص‌های رشد کاهش یافت. براساس نتایج حاصل از شاخص‌های کارایی تغذیه ماهیان، ارزش تولیدی پروتئین، میزان کارایی پروتئین، ارزش تولیدی چربی و میزان کارایی چربی در تیمارهای ۳ و ۴ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار ۱ و ۲ پایین بود ($P < 0.05$). به عبارتی با افزایش نسبت MUFA / PUFA (C₁₈) پارامترهای مذکور کاهش یافته است.

آنالیز آماری: قبل از انجام آزمون آنالیز واریانس، نرمال بودن داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای آنالیز واریانس داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری توکی (Tukey) در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد میانگین تمام داده‌ها به‌صورت خطای استاندارد $\pm SE$ گزارش گردید، همچنین برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS با نسخه بالای ۱۶ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد: نتایج حاصل از شاخص‌های رشد و

جدول ۴- عملکرد رشد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با نسبت مختلف MUFA / PUFA (C₁₈) بعد از ۶ هفته (n=3)

تیمارها	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	میزان رشد ویژه (درصد در روز)	شاخص کبدی (%)	شاخص احتیابی (%)
۱(۰/۲)	۰/۸۷ ± ۰/۱ ^a	۰/۶۲ ± ۰/۱ ^a	۱/۶۴ ± ۰/۴ ^c	۳/۰۰ ± ۰/۲ ^a	۲/۳۳ ± ۰/۶ ^{ab}	۱۰/۵۹ ± ۱/۰ ^a
۲(۰/۵)	۰/۸۷ ± ۰/۱ ^a	۰/۶۳ ± ۰/۱ ^a	۲/۰۴ ± ۰/۱ ^{bc}	۳/۰۳ ± ۰/۱ ^a	۱/۹۵ ± ۰/۱ ^{ab}	۱۰/۱۶ ± ۰/۲ ^a
۳(۱)	۰/۵۰ ± ۰/۱ ^b	۰/۲۵ ± ۰/۱ ^b	۴/۸۲ ± ۰/۸ ^a	۱/۶۷ ± ۰/۲ ^b	۲/۴۹ ± ۰/۳ ^a	۱۰/۲۴ ± ۱/۲ ^a
۴(۲)	۰/۵۱ ± ۰/۱ ^b	۰/۲۷ ± ۰/۱ ^b	۴/۴۸ ± ۰/۶ ^a	۱/۷۶ ± ۰/۱ ^b	۲/۲۵ ± ۰/۳ ^{ab}	۱۰/۰۶ ± ۰/۷ ^a

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

جدول ۵- کارایی تغذیه‌ای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با نسبت مختلف MUFA / PUFA (C₁₈) بعد از ۶ هفته (n=3)

تیمارها	ارزش تولیدی پروتئین	میزان کارایی پروتئین	ارزش تولیدی چربی	میزان کارایی چربی
۱(۰/۲)	۱۴/۸۷ ± ۲/۱ ^a	۱/۰۸ ± ۰/۱۷ ^a	۱۷/۰۴ ± ۲/۷۱ ^a	۶/۰۲ ± ۰/۹۵ ^{ab}
۲(۰/۵)	۱۵/۴۱ ± ۰/۹ ^a	۱/۰۸ ± ۰/۵۷ ^a	۱۷/۵۱ ± ۱/۳۳ ^a	۶/۰۳ ± ۰/۳۲ ^{ab}
۳(۱)	۵/۹۱ ± ۱/۲ ^b	۰/۴۷ ± ۰/۰۹ ^b	۶/۴۶ ± ۱/۳۳ ^b	۲/۷۳ ± ۰/۵۴ ^c
۴(۲)	۵/۶۸ ± ۰/۸ ^b	۰/۵۰ ± ۰/۰۷ ^b	۷/۲۰ ± ۱/۳۱ ^b	۲/۷۹ ± ۰/۴۳ ^c

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). کمترین میزان چربی از تیمار ۱ به دست آمد که با تیمار ۴ اختلاف معنی‌دار داشت و از نظر میزان رطوبت تیمار ۱ و ۲ با تیمار ۳ و ۴ اختلاف معنی‌دار داشت ($P < 0.05$).

آنالیز ترکیبات شیمیایی لاشه: نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی کل لاشه ماهیان تغذیه‌شده با نسبت مختلف MUFA / PUFA (C₁₈) بعد از ۶ هفته در جدول ۶ آمده است. نتایج نشان داد از نظر میزان پروتئین و خاکستر بین

جدول ۶- ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با نسبت مختلف MUFA / PUFA (C₁₈) بعد از ۶ هفته (n=3)

تیماها	پروتئین (% ماده خشک)	چربی (% ماده خشک)	رطوبت (%)	خاکستر (% ماده خشک)
۱(۰/۲)	۶۷/۴۷ ± ۰/۴ ^{ab}	۱۳/۹۰ ± ۰/۲ ^a	۷۹/۶۴ ± ۰/۲ ^a	۶/۹ ± ۰/۲ ^a
۲(۰/۵)	۶۹/۱۴ ± ۱/۱ ^a	۱۴/۱۳ ± ۰/۳ ^{ab}	۷۹/۴۷ ± ۰/۱ ^a	۶/۹۷ ± ۰/۲ ^a
۳(۱)	۶۸/۴۴ ± ۲/۴ ^a	۱۴/۱۰ ± ۰/۲ ^{ab}	۸۲/۵۵ ± ۰/۱ ^b	۶/۹۵ ± ۰/۲ ^a
۴(۲)	۶۵/۲۰ ± ۰/۹ ^{ab}	۱۴/۸۱ ± ۰/۵ ^b	۸۲/۶۳ ± ۰/۱ ^b	۶/۸۹ ± ۰/۴ ^a

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < ۰/۰۵).

PUFA(C18)/MUFA جیره نیز میزان PUFA و HUFA در تیمار ۴ بیشترین مقدار بود و اختلاف معنی‌دار داشت. (P < ۰/۰۵). از نظر میزان EPA و DHA بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (P > ۰/۰۵). میزان آراشیدونیک اسید (C20: 4n6) در تیمار ۴ و ۳ به ترتیب بیشترین مقدار بود و با تیمار ۱ و ۲ اختلاف معنی‌دار داشتند (P < ۰/۰۵).

اسیدهای چرب لاشه: ترکیب اسیدهای چرب لاشه بچه ماهیان در جدول ۷ نشان داده شده است. بین اسیدهای چرب اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در تیمار ۴ بیشترین مقدار است (P < ۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب تک زنجیره غیراشباع (MUFA) با افزایش سطوح PUFA(C18)/MUFA به طور معنی‌دار کاهش یافت طوری که تیمار ۴ کمترین مقدار است (P < ۰/۰۵). همچنین با افزایش سطح

جدول ۷- ترکیب اسیدهای چرب کل لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با نسبت مختلف MUFA / PUFA (C₁₈) بعد از ۶ هفته (n=3)

تیماها	۱۸:۱ n-۹	۱۸:۲ n-۶	۱۸:۳ n-۳	۲۰:۴ n-۶	۲۰:۵ n-۳	۲۲:۶ n-۳	SFA	MUFA	PUFA(C18)	HUFA	PUFA(C18)/MUFA
۱(۰/۲)	۴۶/۵ ± ۲/۲ ^a	۹/۴ ± ۰/۸ ^b	۰/۶۸ ± ۰/۰	۱/۹ ± ۰/۴ ^b	۰/۸۶ ± ۰/۰۹	۸/۱ ± ۰/۳۶	۱۸/۷ ± ۰/۵ ^{bc}	۵۳/۰۷ ± ۲/۴ ^a	۱۰/۱ ± ۰/۸ ^c	۱۰/۹ ± ۰/۸ ^b	۰/۱۹ ± ۰/۱ ^c
۲(۰/۵)	۴۲/۴ ± ۱/۹ ^a	۱۳/۸ ± ۲/۸ ^{ab}	۰/۶۸ ± ۰/۰	۲/۴ ± ۰/۴ ^b	۰/۴۵ ± ۰/۰	۷/۶ ± ۱/۳	۱۶/۷ ± ۱/۴ ^c	۴۶/۱ ± ۴/۷ ^a	۱۵/۴ ± ۳/۴ ^b	۱۰/۵ ± ۱/۸ ^b	۰/۳۴ ± ۰/۱ ^b
۳(۱)	۳۵/۳ ± ۰/۴ ^a	۱۱/۸ ± ۰/۷ ^{ab}	۰/۶۷ ± ۰/۰	۴/۰۸ ± ۱/۵ ^a	۰/۹۳ ± ۰/۴۷	۷/۶ ± ۲/۳	۱۹/۸ ± ۰/۹ ^{ab}	۴۱/۱ ± ۰/۶ ^a	۱۲/۵ ± ۰/۸ ^c	۱۲/۶ ± ۴/۳ ^{ab}	۰/۳۰ ± ۰/۱ ^b
۴(۲)	۲۸/۱ ± ۱/۰ ^b	۱۷/۴ ± ۳/۵ ^a	۱/۵۰ ± ۰/۵	۴/۸ ± ۰/۴ ^a	۰/۹۱ ± ۰/۰۳	۹/۹ ± ۰/۶۹	۲۱/۷ ± ۰/۶ ^a	۳۵/۰۷ ± ۰/۴ ^b	۱۸/۹ ± ۴/۱ ^a	۱۵/۷ ± ۰/۳ ^a	۰/۶۰ ± ۰/۱ ^a

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P < ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری کلی

درو و همکاران (۲۰۰۷) (۱۱) اثرات جایگزینی روغن ماهی و پودر ماهی را با ترکیب پروتئین و روغن‌های گیاهی کانولا و بذر کتان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از روغن گیاهی در جیره‌های حاوی پودر ماهی اختلاف معنی‌داری را در رشد ماهیان ایجاد نمی‌کند ولی افزایش جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های گیاهی باعث کاهش رشد ماهیان می‌شود. در همین راستا هانگ و همکاران (۲۰۰۸) (۱۷) نشان دادند که افزودن روغن کلزا بجای روغن ماهی به جیره سیم دریایی قرمز *Pagrus major* و اسمولت ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) تأثیری بر پارامترهای

اسید چرب غیراشباع به سبب نقش ساختاری در غشای سلول، پیش‌ساز هورمون‌های پاراکرائینی فعال با کارکردهای فیزیولوژیک متنوع در رشد و تولیدمثل از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۲۹). همچنین در آبی‌پروری ترکیبات اسید-های چرب ماهیان پرورشی به میزان اسیدهای چرب جیره غذایی و توانایی ذاتی سنتز زیستی اسیدهای چرب PUFA به گونه ماهی بستگی دارد (۳۳).

طبق نتایج به‌دست‌آمده با افزایش نسبت PUFA (C₁₈) / MUFA در جیره غذایی شاخص‌های رشد کاهش یافت.

رشد ندارد؛ احمدی‌فر و همکاران (۱۳۹۳) (۳) اثرات منابع مختلف چربی جیره بر شاخص‌های رشد، پاسخ به تنش سوری و پارامترهای خونی در بچه ماهیان کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) مورد مطالعه قرار دادند و بیان نمودند که تغذیه بچه ماهیان کلمه با منابع مختلف چربی تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و بقا نداشت.

کاهش شاخص‌های رشد در تیمارهای ۳ و ۴ ممکن است به دلیل کاهش نسبی MUFA باشد زیرا کاتابلیسم اسیدهای چرب کوتاه زنجیره و متوسط و جذب آنها از میکروپرزهای روده با سهولت به مراتب بیشتری نسبت به اسیدهای چرب بلند زنجیره صورت گرفته و جذب خون می‌گردند (۹).

در کل اگر جیره غذایی ماهی نیاز اسیدهای چرب ضروری را تأمین کند باعث رشد کافی ماهی می‌شوند.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جایگزینی روغن ماهی در جیره‌های که از پودر ماهی استفاده شده تأثیری بر شاخص‌های رشدی ماهیان ایجاد نکرده است و نتایج مطالعاتی که از جیره‌های خالص و نیمه خالص استفاده نکرده‌اند بیشتر مبین ترکیب منابع پروتئین جیره و نیز کاهش میزان روغن ماهی جیره بوده است و اثرات اسیدهای چرب روغن‌های گیاهی مورد استفاده در جیره غذایی ماهیان را کمتر نشان داده است. در مطالعه حاضر از جیره نیمه خالص (پودر ماهی چربی‌زدایی شده) به همراه میزان ثابتی از روغن ماهی که نیازهای ماهیان به اسیدهای چرب ضروری را تأمین کند استفاده گردیده و اهمیت موضوع و نتایج حاصله مبین استفاده از سطوح مختلف اسیدهای چرب PUFA و MUFA جیره بوده است. طی نتایج حاصله ارزش تولیدی پروتئین، میزان کارایی پروتئین، ارزش تولیدی چربی و میزان کارایی چربی در تیمارهای ۳ و ۴ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار ۱ و ۲ که نسبت MUFA / PUFA (C₁₈) کمتری دریافت کرده بودند، پایین بود. در واقع بیشترین میزان کارایی پروتئین و چربی

در تیماری مشاهده شد که حداکثر رشد را دارا بود. این امر نشان می‌دهد که مقدار معینی از نسبت PUFA (C₁₈) / MUFA در جیره موجود بوده و مورد نیاز به شکل مطلوب‌تری تأمین شده و پروتئین در مسیر اصلی خود به‌منظور تأمین آمینواسیدهای ضروری متابولیزم جهت سنتز بافت، قرار گرفته است لذا کارایی مناسب‌تری را نشان می‌دهد. همچنین این نتایج مطابق نتایج برخی مطالعات پیشین می‌باشد (۱۴ و ۲۳). ترکیب بیوشیمیایی کل بدن ماهیان در کیفیت نهایی محصول بسیار مهم است چراکه فرایندهای زیادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه محتوی چربی و رطوبت لاشه تحت تأثیر جیره غذایی قرار گرفت و افزایش / PUFA (C₁₈) جیره باعث افزایش محتوی چربی بدن در بچه ماهی نارس قزل‌آلا شده است. تورچینی و همکاران در سال ۲۰۱۰ (۳۴) طی مطالعه‌ای نشان دادند که نسبت‌های مختلف انواع اسیدهای چرب جیره غذایی به‌طور مستقیم بر محتوی چربی بدن ماهی تأثیر می‌گذارد. همچنین در این مطالعه برافزایش نسبت MUFA / PUFA (C₁₈) در جیره ماهیان تغییرات عمده‌ای در پروفایل اسید چرب ماهیان ایجاد نمود. در واقع ترکیب اسیدهای چرب لاشه ماهیان منعکس‌کننده پروفایل اسید-های چرب جیره مورد استفاده در آن می‌باشد (۱۱ و ۲۶). همچنین تغییرات میزان و نوع منبع چربی در جیره تأثیر ویژه‌ای بر ترکیبات اسیدهای چرب بدن دارد که به نوع گونه و فاکتورهای تغذیه‌ای بستگی دارد (۲۲). به نظر می‌رسد ترکیب اسیدهای چرب بدن ناشی از تغییرات اسیدهای چرب جیره غذایی در تیمارهای مختلف و تغییر نسبت اسیدهای چرب PUFA به MUFA باشد. اسیدهای چرب جیره پس از مصرف در جانوران، در ساختار سلولی و بافت‌ها ذخیره می‌شوند و مقداری هم برای سوخت‌وساز و تولید انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه میزان آراشیدونیک اسید (C₂₀: 4n6) در لاشه نسبت به میزان آن در جیره بالا بود که آن را می‌توان بی‌طرفیت طولی سازی و غیراشباع سازی اسیدهای چرب در این‌گونه

رشد ندارد؛ احمدی‌فر و همکاران (۱۳۹۳) (۳) اثرات منابع مختلف چربی جیره بر شاخص‌های رشد، پاسخ به تنش سوری و پارامترهای خونی در بچه ماهیان کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) مورد مطالعه قرار دادند و بیان نمودند که تغذیه بچه ماهیان کلمه با منابع مختلف چربی تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و بقا نداشت.

کاهش شاخص‌های رشد در تیمارهای ۳ و ۴ ممکن است به دلیل کاهش نسبی MUFA باشد زیرا کاتابلیسم اسیدهای چرب کوتاه زنجیره و متوسط و جذب آنها از میکروپرزهای روده با سهولت به مراتب بیشتری نسبت به اسیدهای چرب بلند زنجیره صورت گرفته و جذب خون می‌گردند (۹).

در کل اگر جیره غذایی ماهی نیاز اسیدهای چرب ضروری را تأمین کند باعث رشد کافی ماهی می‌شوند.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جایگزینی روغن ماهی در جیره‌های که از پودر ماهی استفاده شده تأثیری بر شاخص‌های رشدی ماهیان ایجاد نکرده است و نتایج مطالعاتی که از جیره‌های خالص و نیمه خالص استفاده نکرده‌اند بیشتر مبین ترکیب منابع پروتئین جیره و نیز کاهش میزان روغن ماهی جیره بوده است و اثرات اسیدهای چرب روغن‌های گیاهی مورد استفاده در جیره غذایی ماهیان را کمتر نشان داده است. در مطالعه حاضر از جیره نیمه خالص (پودر ماهی چربی‌زدایی شده) به همراه میزان ثابتی از روغن ماهی که نیازهای ماهیان به اسیدهای چرب ضروری را تأمین کند استفاده گردیده و اهمیت موضوع و نتایج حاصله مبین استفاده از سطوح مختلف اسیدهای چرب PUFA و MUFA جیره بوده است. طی نتایج حاصله ارزش تولیدی پروتئین، میزان کارایی پروتئین، ارزش تولیدی چربی و میزان کارایی چربی در تیمارهای ۳ و ۴ به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار ۱ و ۲ که نسبت MUFA / PUFA (C₁₈) کمتری دریافت کرده بودند، پایین بود. در واقع بیشترین میزان کارایی پروتئین و چربی

نسبت داد. توانایی ماهیان آب‌شیرین از جمله آزادماهیان تغذیه‌شده با روغن‌های گیاهی مختلف برای تبدیل اسید-های چرب ۱۸ کربنه امگا۶ و امگا۳ (C18: 2n-6 و C18: 3n-3) به اسیدهای چرب ۲۰ و ۲۲ کربنه (C20: 4n-6 و C20: 5n-3) توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (۶، ۱۶ و ۲۹). بل و همکاران (۲۰۰۲) (۸)، طی مطالعه خود در مورد اثرات جایگزینی روغن پالم به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) بعد از ۳۰ هفته گزارش کردند فعالیت غیراشباع سازی و طویل سازی اسید چرب 18:3n-3 در کبد به‌طور فزاینده‌ای با افزودن روغن هسته خرما افزایش یافت، بطوری‌که تنها ماهی‌های تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی ۱۰۰ درصد روغن پالم به‌طور معنی‌داری با سایر تیمارها متفاوت بود. با توجه به اینکه اسید چرب 20:4n-6 محصول اصلی متابولیسم 18:2n-6 می‌باشد، تمام مراحل در تبدیل متابولیسمی 18:3n-3 به 22:6n-3 خصوصاً در ماهی-های تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی ۱۰۰ درصد روغن پالم تحریک شده بود. در مطالعه حاضر ماهیانی که به نسبت MUFA / (C₁₈) PUFA بیشتری در جیره تغذیه‌شده بودند توانسته‌اند در حد قابل‌ملاحظه‌ای این اسیدهای چرب را سنتز و ذخیره‌سازی کنند. طبق نتایج حاصله با افزایش سطوح نسبت‌های MUFA / (C₁₈) PUFA جیره میزان اسیدهای چرب MUFA لاشه ماهیان بطور معنی‌داری بین تیمارها کاهش یافت؛ که با کاهش میزان MUFA شاخص‌های رشد نیز به تدریج کاهش یافت. MUFA به‌عنوان منبع پرانرژی برای رشد و نمو در بسیاری از ماهیان گزارش شده است (۱). همچنین اسیدهای چرب MUFA جهت اکسیداسیون میتوکندری برای تأمین انرژی در آزادماهیان استفاده می‌شود (۲۰).

اسیدهای چرب MUFA به‌عنوان نوع اصلی اسیدهای چرب غالب در بافت بدن ماهیان می‌باشند و مقدار این اسیدهای چرب ارتباط زیادی با میزان چاقی ماهی دارد که با شناخت ترکیب اسیدهای چرب ماهیان در مراکز

پرورشی تجاری می‌توان میزان رشد و روند تولید را پیش-بینی نمود (۲ و ۱۵) مقادیر DHA در جیره غذایی نسبت به میزان نهایی آن در بدن نشان‌دهنده توانایی زیستی بچه ماهیان قزل‌آلا در سنتز زیستی اسید چرب DHA و تأمین اسیدهای چرب PUFA سری n-3 است. تبدیل زیستی اسید چرب EPA به DHA در ماهی سالمون چینوک جوان مشاهده گردیده است، زیرا بطور قابل‌توجهی میزان EPA در لاشه پایین‌تر از میزان آن در جیره غذایی بوده و بطور هم‌زمان یک افزایش در سطح اسید چرب DHA مشاهده شد (۱۳). در این مطالعه نیز سهم DHA در لاشه بیشتر از جیره در همه تیمارها بوده است. نتیجه مشابه توسط بل و همکاران (۲۰۰۱) (۷) با استفاده از روغن‌های گیاهی در جیره ماهی آزاد اطلس به‌دست‌آمده آن‌ها مکانیسم‌های ممکن در این رابطه را به دو حالت نسبت دادند که یکی از آن‌ها عملکرد بسیار اختصاصی آسپل ترانسفرازهای چربی در خصوص DHA و دیگری مقاومت DHA به قطع‌کننده بتاکسیداسیونی از مسیر پیچیده کاتابولیسمی دانستند. الگوی ذخیره انتخابی اسید چرب سری PUFA n-3 در دیگرگونه‌های ماهیان نیز گزارش شده است (۷، ۲۱ و ۲۴).

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که افزایش نسبت MUFA / (C₁₈) PUFA جیره غذایی از ۰/۵ به ۱ و ۲ پارامترهای رشد و کارایی تغذیه‌ای را کاهش می‌دهد. همین‌طور نسبت اسیدهای چرب MUFA / (C₁₈) PUFA لاشه بطور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت سطوح MUFA / (C₁₈) PUFA جیره غذایی افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان با ترکیب منابع مختلف روغن گیاهی ترکیب بهینه‌ای از اسیدهای چرب را جهت داشتن کارکرد زیستی بهتر موجود و نیز جایگزینی حداکثری روغن ماهی جیره ارائه نمود. نتایج نشان داد با جایگزینی ۶۸ درصد روغن‌ماهی با منابع گیاهی مختلف سطح بهینه اسیدهای چرب MUFA / (C₁₈) PUFA و اسیدهای چرب زنجیره بلند جیره غذایی بچه ماهیان نارس قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب ۰/۵ و ۶/۵ درصد می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از ریاست، کارشناسان و کارکنان پژوهشکده

منابع

- ۱- بابایی، س. ص.، عابدیان کناری، ع.، هدایتی، م.، و علیزدانی ساداتی، م.، ۱۳۹۴. ترکیب اسیدهای چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در بچه تاسماهی سبیری (*Acipenser baeri*, Brandt, 1869) تغذیه‌شده با سطوح مختلف ماکرونوترینت، مجله علوم و فنون شیلات، دوره ۴، شماره ۴، صفحات ۳۵-۵۰.
- ۲- مینایی، خ.، ذاکری، م.، غفله مررضی، ج.، باوری، و.، و موسوی، س. م.، ۱۳۹۵. نسبت‌های اسیدهای چرب غیراشباع ۳-ن به ۶-ن اثرات بر ترکیبات بیوشیمیایی و پروفیل اسیدهای چرب بدن در feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles, *Aquaculture*, 307, PP: 65-70.
- 11- Carlier, H., Bernard, A., and Cacelli, C., 1991. Digestion and Absorption of polyunsaturated fatty acids. *Reproduction Nutrition Development* 31, PP: 475-500.
- 12- Craig, S. R., Schwarz, M. H., and McLean, E., 2006. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. *Aquaculture* 261, PP: 384-391.
- 13- Drew, M. D., Ogunkoya, A. E., Janz, D. M., and Van Kessel, A. G., 2007. Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 267(1-4), PP: 260-268.
- 14- Eroldoğan, T., Turchini, G. M., Yılmaz, A. H., Taşbozan, O., Engin, K., Ölçülü, A., Özşahinoğlu, I., and Mumoğullarında, P., 2012. Potential of cottonseed oil as fish oil replacer in European sea bass feed formulation, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12, PP: 787-797.
- 15- Espe, M., Lemme, A., Petri, A., and El-Mowafi, A., 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture* 255, PP: 255-262.
- 16- Grant, A. A., Baker, D., Higgs, D. A., Brauner, C. J., Richards, J. G., Balfry, S. K., and Schulte, P. M., 2008. Effects of dietary canola oil level
- ماهیان جوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۹، شماره ۲، صفحات ۲۳۸-۲۲۳.
- ۳- احمدی‌فر، ا.، فدایی، م.، و عنایت غلامپور، ط.، ۱۳۹۳. اثرات منابع مختلف چربی جیره بر شاخص‌های رشد، پاسخ به تنش شوری و پارامترهای خونی در بچه‌ماهیان کلمه (*Rutilus rutilus caspicus jakowlew, 1870*) مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲، صفحات ۱۶۴-۱۵۵.
- 4- AOAC. 1990. Official method of analysis. Association of official Analytical Chemists, Arlington, USA No., 934, 06 p.
- 5- Ackman, R. G., 2008. Fatty acids in fish and shellfish, Fatty acids in foods and their health implications, PP: 155-185.
- 6- Arredondo-Figueroa, J. L., Matsumoto-Soulé, J., Ponce-Palafox, J. T., Shirai-Matsumoto, K., and Gomez, J., 2012. Effects of protein and lipids on growth performance, feed Efficiency and survival rate in fingerlings of bay snook (*Petenia splendida*).
- 7- Bell, J. G., Henderson, R. J., Tocher, D. R., McGhee, F., Dick, J. R., Porter, A., Smullen, R. P., and Sargent, J. R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism, *The Journal of nutrition* 132, PP: 222-230.
- 8- Bell, J. G., McEvoy, J., Tocher, D. R., McGhee, F., Campbell, P. J., and Sargent, J. R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism, *The Journal of nutrition* 131, PP: 1535-1543.
- 9- Bowyer, J., Qin, J., Smullen, R., and Stone, D., 2012. Replacement of fish oil by poultry oil and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperatures. *Aquaculture* 356, PP: 211-222.
- 10- Chatzifotis, S., Panagiotidou, M., Papaioannou, N., Pavlidis, M., Nengas, I., and Mylonas, C. C., 2010. Effect of dietary lipid levels on growth,

- on growth, fatty acid composition and osmoregulatory ability of juvenile fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture* 277, PP: 303-312.
- 17- Helland, S. J., Grisdale-Helland, B., 2006. Replacement of fish meal with wheat gluten in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): Effect on whole-body amino acid concentrations, *Aquaculture* 261, PP: 1363-1370.
- 18- Henderson, R. J., and Tocher, D. R., 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, *Progress in lipid research* 26, PP: 281-347.
- 19- Huang, S., Fu, C., Higgs, D., Balfry, S., Schulte, P., and Brauner, C., 2008. Effects of dietary canola oil level on growth performance, fatty acid composition and ionoregulatory development of spring chinook salmon parr, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Aquaculture* 274, PP:109-117.
- 20- Inhamuns, A. J., and Franco, M. R. B., 2008. EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia, *Food Chemistry* 107, PP: 587-591.
- 21- Lepage, G., and Roy, C. C., 1984. Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification, *Journal of Lipid research* 25, PP: 1391-1396.
- 22- Martino, R. C., Cyrino, J. E. P., Portz, L., and Trugo, L. C., 2002. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture* 209, PP: 233-246.
- 23- Menoyo, D., Lopez-Bote, C. J., Bautista, J. M., and Obach, A., 2003. Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids, *Aquaculture* 225, PP: 295-307.
- 24- Mozanzadeh, M. T., Agh, N., Yavari, V., Marammazi, J. G., Mohammadian, T., and Gisbert, E., 2016. Partial or total replacement of dietary fish oil with alternative lipid sources in silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*), *Aquaculture* 451, PP: 232-240.
- 25- Mráz, J., 2011. Lipid quality of common carp (*Cyprinus carpio*) in pond culture.
- 26- Palmegiano, G., Daprà, F., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P., Sicuro, B., and Zoccarato, I., 2006. Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture* 258, PP: 357-367.
- 27- Peng, S., Chen, L., Qin, J. G., Hou, J., Yu, N., 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, PP: 154-161.
- 28- Piedecausa, M., Mazón, M., García, B. G., and Hernández, M., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*), *Aquaculture* 263, PP: 211-219.
- 29- Rinchar, J., Czesny, S., and Dabrowski, K., 2007. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. *Aquaculture* 264, 363-371.
- 30- Santinha, P., Medale, F., Corraze, G., Gomes, E., 1999. Effects of the dietary protein: lipid ratio on growth and nutrient utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.), *Aquaculture Nutrition* 5, PP: 147-156.
- 31- Sargent, J., 1995. Origins and function of eggs lipids: Nutritional implication, Broodstock management and egg and larval quality, PP: 353-372.
- 32- Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., and Estevez, A., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish, *Aquaculture* 177, PP: 191-199.
- 33- Tocher, D. R., Bell, J. G., Dick, J. R., and Crampton, V. O., 2003. Effects of dietary vegetable oil on Atlantic salmon hepatocyte fatty acid desaturation and liver fatty acid compositions, *Lipids* 38, PP: 723-732.
- 34- Turchini, G., and Mailer, R. J., 2010. Rapeseed (Canola) oil and other monounsaturated fatty acid-rich vegetable oils. Turchini, G.M., Ng, W.K., Tocher, D.R. (Eds). *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. CRC Press, PP: 161-208.

Effect of different ratios of poly unsaturated fatty acids to mono unsaturated fatty acids of diets on growth indices and fatty acid profile of rainbow trout larvae (*Oncorhynchus mykiss*)

Noori F., Jalili R. and Jafari F.

Dept. of Biology and Aquaculture, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, I.R. of Iran.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of various ratios of dietary poly unsaturated fatty acids over mono unsaturated fatty acids (PUFA (C18) / MUFA) on growth indices and fatty acids profile of rainbow trout larvae at the onset of exogenous feeding. Four different diets contain various levels of PUFA (C18) / MUFA including 0.2, 0.5, 1 and 2 percent and at fixed level of highly unsaturated fatty acid) equaled to 6.5 percent were prepared. The larval density in each rearing tank was 100 fish and the experiment lasted for six weeks. At the end of the experiment, 30 fish were randomly collected from each treatment to evaluate the growth indices, biochemical and fatty acid composition of carcasses. Results showed that with increase in PUFA (C18) / MUFA levels from 0.5 to 1 and 2 percent the growth parameters decreased ($P < 0.05$). The total lipid and PUFA (C18) / MUFA ratio of carcasses was significantly increased by increase in PUFA (C18) / MUFA ratio of diet while no significant difference was observed in whole body protein in different treatments ($P < 0.05$). The results obtained from this study indicated that by 68% replacement of fish oil with vegetable oil, the optimum level of PUFA (C18) / MUFA and highly unsaturated fatty acid was 0.5% and 6.5% respectively.

Key words: unsaturated fatty acids, larva, rainbow trout, exogenous feeding, growth indices