

جایگزینی کامل پودر ماهی و بخش اعظم روغن ماهی با منابع گیاهی بدون کاهش شاخص‌های رشدی و کارایی تغذیه‌ای در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انگشت‌قد

- فرزانه نوری*: پژوهشکده آرتمیا و آبزیان، دانشگاه ارومیه، صندوق پستی: ۵۷۱۵۳-۱۶۵
- رضا جلیلی: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، صندوق پستی: ۵۷۱۵۳-۱۶۵

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۲

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی بر شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد. تعداد ۹۰۰ قطعه ماهی با وزن متوسط 6 ± 0.5 گرم انتخاب و در داخل ۱۸ تانک (۳۰۰ لیتری) با تراکم ۵۰ قطعه در هر تانک نگهداری و به مدت ۶۰ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. منابع پروتئین و چربی جیره گروه شاهد تماماً پودر ماهی و روغن ماهی بود و در ترکیب ۵ جیره آزمایشی منابع پروتئین گیاهی در ۵ سطح صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به همراه ترکیب روغن‌های گیاهی کانولا، بزرک، آفتابگردان و گلرنگ (به ترتیب، ۳۰، ۳۰، ۳۰ و ۱۰٪) در سطح ۸۰٪ جایگزین پودر و روغن ماهی شدند. نتایج نشان داد که جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر ماهی جیره به همراه ۸۰٪ روغن ماهی با منابع گیاهی اثرات منفی معنی‌داری بر شاخص‌های رشد (وزن نهایی، $54/92 \pm 0/23$ گرم) و کارایی تغذیه‌ای ماهیان در مقایسه با گروه شاهد (وزن نهایی، $58/02 \pm 1/98$ گرم) نداشت ($P > 0/05$). هم‌چنین جایگزینی ۸۰٪ روغن ماهی با ترکیب روغن‌های گیاهی اختلاف معنی‌داری را به لحاظ شاخص‌های رشدی و تغذیه‌ای در مقایسه با گروه شاهد نداشت ($P > 0/05$).

کلمات کلیدی: پودر ماهی، روغن ماهی، پروتئین گیاهی، روغن گیاهی، رشد، قزل‌آلای رنگین‌کمان



مقدمه

روغن گیاهی را به دلیل ارزان تر و قابل دسترس تر بودن، می توان با جایگزینی بخشی از پودر و روغن ماهی جیره غذایی آبزیان کرد تا بدین وسیله هزینه های غذا و وابستگی صنعت آبزی پروری کشور به واردات پودر ماهی کاهش یابد. بنابراین در سال های اخیر جایگزینی پودر ماهی با منابع گیاهی از جنبه های اقتصادی و اکولوژیک به عنوان ضرورتی برای توسعه پایدار صنعت آبزی پروری تبدیل شده است (۳۴). منابع پروتئین گیاهی می تواند به صورت نسبی یا کامل جایگزین پودر ماهی در جیره آبزیان شود به شرطی که نیاز اسیدهای آمینه گونه آبزی مورد نظر را تامین نموده و سبب کاهش طعم و خوش خوراکی غذا نگردد. هم چنین بایستی میزان عناصر ضد غذایی منابع گیاهی کاهش یابد (۱۰).

مطابق اکثر گزارشات پیشین اعلام شده حدود امکان جایگزینی بهینه منابع گیاهی در جیره ماهی قزل آلاي رنگین کمان یا سایر ماهیان با رژیم گوشت خوری بین ۴۰-۶۰٪ می باشد. چرا که عموماً سطوح بالای اجزای گیاهی در جیره ماهیان قزل آلاي رنگین کمان اثرات منفی بر شاخص های رشد و کارایی تغذیه ای ماهیان دارد (۷، ۹، ۱۹، ۲۰، ۲۶ و ۲۷). در این راستا تعداد معدودی از محققین نیز موفق به جایگزینی کامل پودر ماهی با منابع پروتئین گیاهی در جیره ماهی قزل آلاي رنگین کمان بدون تاثیرات منفی بر شاخص های رشد و کارایی تغذیه ای ماهیان گردیده اند (۴، ۱۳، ۳۶). Rosenlund و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۰۰)، Bell (۲۰۰۲) و Torstensen و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که جایگزینی روغن ماهی با ترکیب روغن های گیاهی تأثیر منفی بر شاخص های رشدی آزاد ماهیان ندارد.

با توجه به اهمیت جایگزینی منابع گیاهی در جیره غذایی آبزیان و این که مطالعات کمی در خصوص جایگزینی هم زمان پودر ماهی و روغن ماهی با منابع گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل آلاي رنگین کمان در کشور صورت گرفته است، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی بومی کشور بر شاخص های رشد و کارایی تغذیه ای ماهی قزل آلاي رنگین کمان در مرحله انگشت قد انجام گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ انجام پذیرفت. برای این منظور، ماهی قزل آلاي رنگین کمان با وزن متوسط 6 ± 2 گرم پس از دو هفته سازگاری داخل ۱۸ مخزن پلی اتیلنی (۳۰۰

در سال های اخیر میزان برداشت از منابع دریایی روند ثابت و تقریباً نزولی داشته است، یافتن جایگزین مناسب جهت ادامه رشد و توسعه صنعت آبزی پروری در سال های آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای آیندگان امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به شرایط موجود و افزایش تقاضا و کاهش عرضه پودر ماهی، در یک دوره طولانی مدت، بدون تردید درصد به کارگیری پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان کاهش خواهد یافت. پیش بینی ها حاکی از آن است که در خلال سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ به اجبار میزان مصرف پودر ماهی در مراکز آبزی پروری دنیا از ۴۳۰۰ هزار تن به ۲۳۸۵ هزار تن در سال ۲۰۲۰ تنزل خواهد یافت و از رشد منفی ۴۴/۵ درصدی برخوردار خواهد بود. در سطح گونه ها نیز انتظار می رود که میزان استفاده از پودر ماهی در خلال سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ در جیره غذایی میگو ۳۷/۷ درصد، در غذای ماهیان دریایی ۳۱/۳ درصد، در جیره غذایی ماهی آزاد ۴۷/۲ درصد، در جیره غذایی قزل آلاي ۴۴/۱ درصد، در جیره غذایی کپور ماهیان ۵۷ درصد، در جیره غذایی مارماهی ۴۸ درصد، در جیره غذایی سخت پوستان آب شیرین ۲۶/۲ درصد، در ماهی تیلپیا ۳۴/۱ درصد و در خامه ماهی ۳۵/۵ درصد کاهش یابد (۳۱). محققین دلایل اصلی این کاهش در یک دوره طولانی مدت را به کاهش صید ماهیان پلاژیک، کاهش تقاضای بازار جهت استفاده از پودر ماهیان پلاژیک به دلیل افزایش قیمت محصول و گرایش جهانی به استفاده از مواد پروتئینی و چربی جایگزین شونده از ضایعات پروتئین حیوانی منابع پروتئین و روغن های گیاهی نسبت می دهند (۳۰). بر طبق برآوردهای IFFO (۱۱) به دلیل کاهش ذخایر، در دهه های آینده پودر ماهی کالایی لوکس تلقی خواهد شد که در سطح کمینه و تا حد برآوردن احتیاجات غذایی گونه های ارزشمند که پروتئین و انرژی بخش اصلی مواد غذایی آن ها را تشکیل می دهد در دوره آغازین و مولدسازی مورد استفاده قرار خواهد گرفت (۱۲).

با توجه به این که در سال های اخیر میزان برداشت از منابع دریایی روند ثابت و تقریباً نزولی داشته است، یافتن جایگزین مناسب جهت ادامه رشد و توسعه صنعت آبزی پروری در سال های آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای آیندگان امری اجتناب ناپذیر است علاوه بر این تقاضای زیاد برای منابع قابل دسترس پودر ماهی، فشار قابل ملاحظه ای بر بازار جهانی و پیرو آن بر قیمت غذا خواهد داشت (۱۰). منابع پروتئین و



ترکیب روغن‌های گیاهی (روغن کلزا ۳۰٪، روغن گلرنگ ۳۰٪، روغن بذرکتان ۳۰٪ و روغن گلرنگ ۱۰٪) در سطح ۸۰ درصد جایگزین پودر و روغن ماهی گردید. هم‌چنین یک گروه آزمایشی تماماً با ترکیب پودر ماهی و روغن ماهی به‌عنوان گروه شاهد مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). ترکیب اجزای غذایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ گزارش شده است.

لیتری) با تراکم ۵۰ قطعه در هر مخزن ذخیره‌سازی شدند. در طول دوره پرورش pH آب ورودی 7.5 ± 0.2 ، دما 14 ± 1 (درجه سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول 8.4 ± 0.5 (میلی‌گرم در لیتر) و دبی آب ورودی مخازن 7.5 ± 0.5 (لیتر در دقیقه) بود. از منابع پروتئین گیاهی ترکیب گلوتن گندم، گلوتن ذرت و کنجاله سویا در ۵ سطح صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد و

جدول ۱: میزان (درصد) منابع پروتئین و روغن مورد استفاده در بین گروه‌های آزمایشی

گروه‌های آزمایشی	منابع پروتئین		منابع روغن	
	پودر ماهی	پروتئین گیاهی	روغن ماهی	روغن‌های گیاهی
۱	۱۰۰٪	-	۱۰۰٪	-
۲	۱۰۰٪	-	۲۰٪	۸۰٪
۳	۶۰٪	۴۰٪	۲۰٪	۸۰٪
۴	۴۰٪	۶۰٪	۲۰٪	۸۰٪
۵	۲۰٪	۸۰٪	۲۰٪	۸۰٪
۶	-	۱۰۰٪	۲۰٪	۸۰٪

جدول ۲: ترکیب اجزای غذایی تیمارهای آزمایشی (درصد از کل غذا)

اجزاء غذایی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
پودر ماهی	۵۲/۵	۵۲/۵	۳۱/۵	۲۱	۱۰/۵	-
گلوتن ذرت	-	-	۷/۲	۱۰/۸	۱۴/۴	۱۸
گلوتن گندم	-	-	۸	۱۲	۱۶	۲۰
پودر گوشت	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
پودر خون	۱	۱	۱	۱	۱	۱
روغن ماهی	۵/۲۱	۱/۰۴	۱/۳۷	۱/۵۴	۱/۷۱	۱/۹۳
روغن گیاهی ^۱	-	۴/۱۶	۵/۵	۶/۱۶	۶/۸۳	۷/۷۳
کنجاله سویا	-	-	۸/۸	۱۳/۲	۱۷/۶	۲۲
آرد گندم	۱۵	۱۵	۹	۶	۳	-
نشاسته	۴/۰۴	۴/۰۴	۲/۶۵	۱/۸۷	۱/۱۱	-
مخمر	۱	۱	۱	۱	۱	۱
اسید سیتریک	۲	۲	۲	۲	۲	۲
آنزیمیت	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۳	۰/۱۵	-	-
مکمل ویتامینی و معدنی ^۲	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۷
مکمل پروتئینی	۴	۴	۴	۴	۴	۴
ال- میتیونین	-	-	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶
ال- لیزین	-	-	۰/۵	۰/۹	۱/۲	۱/۵
دی کلسیم فسفات	-	-	۲/۲۳	۳/۳۳	۴/۴۵	۵/۵۴

اروغن گیاهی ترکیبی از روغن‌های کلزا (۳۰٪)، روغن گلرنگ (۳۰٪)، روغن بذرکتان (۳۰٪) و روغن گلرنگ (۱۰٪) می‌باشد.

^۱ ترکیب مکمل ویتامینی و معدنی: ویتامین A ۱۶۰۰۰۰۰، ویتامین D3 ۴۰۰۰۰۰، کولین کلراید ۱۲۰۰۰، نیاسین ۴۰۰۰، ریبولوین ۸۰۰۰، پیریدوکسین ۴۰۰۰، فولیک اسید ۲۰۰۰، ویتامین B12 ۸۰۰۰، بیوتین ۱ میلی‌گرم، اینوزیتول ۲۰۰۰۰، ویتامین C ۶۰۰۰۰، ویتامین B2 ۸۰۰۰، ویتامین K3 ۲۰۰۰، ویتامین E ۴۰۰۰۰ (میلی‌گرم یا IU / کیلوگرم غذا)، روی ۱۲/۵، آهن ۲۶، منگنز ۱۵/۸، مس ۴/۲، کبالت ۰/۴۸، سلنیوم ۰/۲، ید ۱ (گرم/کیلوگرم غذا).



نوشته شدند. تمامی جیره‌ها از میزان پروتئین، چربی و انرژی یکسانی برخوردار بودند (جدول ۳).

پس از آنالیز شیمیایی اجزای جیره‌ها، جیره‌های آزمایشی طبق احتیاجات غذایی ماهی با کمک نرم‌افزار WUFFDA

جدول ۳: ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

ترکیب شیمیایی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
پروتئین*	۴/۰±۰۷/۴۹	۵/۰±۴۸/۸۵	۳۵/۰±۴۸/۸	۴۵/۰±۴۸/۹	۶/۰±۴۹/۰۵	۵۵/۰±۴۸/۹۲
چربی کل*	۳/۰±۱۹/۱	۴۵/۰±۱۸/۹۵	۵/۰±۱۹/۰۵	۳/۰±۱۸/۸۶	۴۵/۰±۱۸/۹	۲۴/۰±۱۹/۱۵
انرژی (کیلوکالری/گرم)	۲/۰±۴/۸۸	۲/۰±۴/۸۶	۲۲/۰±۴/۸۴	۱۵/۰±۴/۹۲	۱۸/۰±۴/۸۱	۱۵/۰±۴/۸۳
کلسیم*	۲۴/۰±۱/۸۸	۲/۰±۱/۹۷	۱۸/۰±۱/۹۹	۲۵/۰±۱/۹۸	۱۵/۰±۱/۹۵	۲/۰±۱/۹۴
فسفر*	۱/۰±۰/۹۹	۱/۰±۰/۸۳	۱۵/۰±۰/۹۱	۱/۰±۰/۸۷	۱/۰±۰/۹۲	۱۵/۰±۰/۸۵

* مقادیر به صورت گرم در وزن خشک می‌باشد.

(Agilent 7890A GC System, USA) با مقایسه زمان‌های تثبیت استاندارد متیل استرها (جدول ۴).

فرمول‌های محاسباتی:

- میزان رشد ویژه (درصد در روز):
 $100 \times \left[\frac{\text{لگاریتم وزن اولیه (گرم)} - \text{لگاریتم وزن ثانویه (گرم)}}{\text{طول دوره پرورش (روز)}} \right]$
- ضریب رشد روزانه:
 $100 \times \left[\frac{\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن ثانویه (گرم)}}{\text{طول دوره پرورش (روز)}} \right]$
- شاخص توده‌احشایی (%):
 $100 \times \left[\frac{\text{وزن توده‌احشایی (گرم)}}{\text{وزن بدن (گرم)}} \right]$
- ضریب تبدیل غذایی:
 غذای مصرفی (گرم) / وزن زنده به دست آمده (گرم)
- شاخص کبدی (%):
 $100 \times \left(\frac{\text{وزن بدن}}{\text{وزن کبد}} \right)$

این تحقیق در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار به‌ازای هر تیمار، انجام شد. در پایان آزمایش، نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) و با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA one-way) مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه دانکن (Duncan) در سطح ۹۵ درصد ($P < 0.05$) انجام شد.

اجزای جیره پس از آسیاب شدن، با یکدیگر مخلوط و سپس به‌وسیله چرخ گوشت به‌صورت پلت‌هایی با قطر ۲/۵ میلی‌متر در آمدند. پلت‌ها پس از خشک شدن در مقابل جریان باد، تا زمان مصرف در یخچال نگهداری شدند. میزان غذایی ماهیان نیز به‌صورت درصد وزن بدن و روزانه در سه نوبت و به‌مدت ۶۰ روز انجام شد. زیست‌سنجی ماهیان جهت محاسبه شاخص‌های رشد در ابتدا و انتهای دوره پرورشی و به تعداد ۹ عدد ماهی از هر تکرار صورت گرفت. هم‌چنین تعیین وزن توده زنده ماهیان هر تانک جهت تعیین میزان غذای روزانه با فواصل هر ۱۰ روز انجام گردید. تجزیه شیمیایی اجزای غذایی، جیره‌های آزمایشی (۳ نمونه از هر جیره) طبق روش AOAC (۱۹۹۰) صورت گرفت. اجزای غذایی و جیره‌های آزمایشی آسیاب شده و توزین گردیدند. در نهایت جیره‌ها در آون با ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت جهت رسیدن به وزن ثابت خشک گردیدند. سپس درصد رطوبت و ماده خشک محاسبه شد (۳). درصد پروتئین خام (N×۶/۲۵) به‌روش کلدال و با استفاده از دستگاه (Behrotest WD40, Germany) انجام شد. استخراج چربی کل با استفاده حلال اتر صورت پذیرفت و میزان خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی با حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت تعیین گردید. میزان انرژی با استفاده از دستگاه بمب کالری‌متری با واحد کیلوکالری در هر گرم نمونه، تعیین شد. ترکیب اسیدهای چرب جیره (۳ نمونه از هر جیره) با استریفیکاسیون در ترکیب محلول استیل کلراید و متانول براساس روش Roy و Lepage (۱۹۸۴) با استفاده از دستگاه



جدول ۴: نتایج مربوط به ترکیب اسیدهای چرب جیره غذایی گروه های آزمایشی ماهیان در ابتدای دوره پرورشی (درصد)

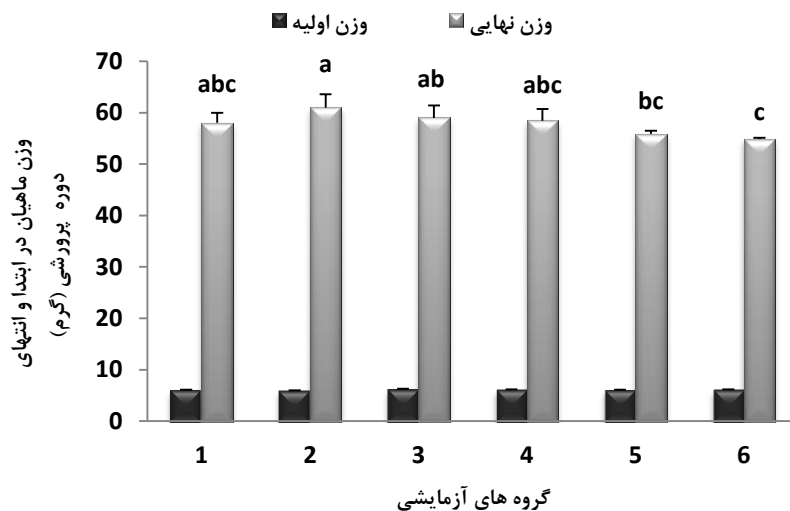
اسیدهای چرب جیره	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
C14:0	۲/۹۵	۱/۶۶	۱/۳۸	۱/۱۳	۰/۹۲	۰/۸۲
C16:0	۲۵/۱۱	۱۹/۲۵	۱۷/۷۲	۱۷/۱۴	۱۶/۳۴	۱۵/۱۲
Total Saturates	۳۵/۳۷	۲۸/۲۹	۲۵/۷۴	۲۴/۸۸	۲۴/۰۴	۲۱/۶۰
C18:1n9	۳۲/۹۷	۳۲/۵۳	۳۲/۸۴	۳۴/۷۷	۳۳/۷۶	۳۳/۴۱
Total Monoenes	۴۳/۲۸	۳۹/۲۷	۳۹/۴۴	۴۱/۰۳	۳۹/۷۶	۳۸/۶۹
C18:2n6 cis	۷/۱۰	۱۷/۵۷	۱۹/۲۶	۲۱/۹۹	۲۲/۶۷	۲۷/۴۰
C20:2n6	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴
C20:4n6	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۹
Total n-6 PUFA	۷/۴۳	۱۷/۸۳	۱۹/۵۲	۲۲/۱۷	۲۲/۸۷	۲۷/۵۲
C18:3n3	۱/۸۷	۵/۲۱	۵/۹۱	۶/۰۳	۶/۲۶	۷/۲۸
C20:5n3	۱/۶۹	۱/۱۱	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۳۶
C22:6n3	۳/۷۸	۲/۷۳	۲/۲۴	۲/۲۳	۱/۷۳	۰/۶۷
Total n-3 PUFA	۷/۴۸	۹/۳۱	۹/۳۳	۹/۱۵	۸/۹۳	۸/۸۸
SUM HUFA	۵/۸۰	۴/۲۷	۳/۵۹	۳/۲۷	۲/۷۹	۱/۶۸
N-3/N-6	۱/۰۱	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۲

نتایج

طی نتایج حاصله اختلاف معنی داری در وزن اولیه ماهیان (۶/۰۶±۰/۰۷ گرم) در بین گروه های آزمایشی وجود نداشت ($P>0/05$). شاخص وزن نهایی ماهیان در بین گروه های آزمایشی اختلاف معنی داری را در مقایسه با گروه شاهد (۵۸/۰۲±۱/۹۸ گرم) نداشت. بنابراین نتایج نشان داد که جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر ماهی به همراه ۸۰ درصد روغن ماهی با منابع گیاهی اثرات منفی معنی داری در شاخص وزنی ماهیان قزل آلا پس از ۸ هفته تغذیه با جیره های آزمایشی را نداشت. بیشترین شاخص وزن نهایی ماهیان در گروه آزمایشی ۲ (۶۱/۰۱±۲/۵۷ گرم) اختلاف معنی داری را در مقایسه با تیمارهای ۵ و ۶ (به ترتیب، ۵۵/۸۶±۰/۶۵ و ۵۴/۹۲±۰/۲۳ گرم) به طور معنی داری بالا بود ($P<0/05$). ولی اختلاف معنی داری را با گروه شاهد نداشت ($P>0/05$). هم چنین میزان شاخص وزن نهایی در گروه های ۳ و ۴ به ترتیب ۵۹/۰۰±۲/۴ و ۵۸/۴۴±۲/۳۲ گرم بود.

نتایج مربوط به آنالیز ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی در جدول ۳ گزارش شده است. طی نتایج حاصله گروه های آزمایشی به لحاظ پروتئین، چربی، انرژی، کلسیم و فسفر در یک سطح بودند و اختلاف معنی داری بین آنها مشاهده نشد. میانگین تقریبی میزان پروتئین جیره (۴۹٪)، چربی (۱۹٪) و انرژی (۴/۹) کیلوکالری در هر گرم وزن خشک غذا بود. هم چنین طی نتایج حاصله جایگزینی ۸۰٪ روغن ماهی جیره با ترکیب روغن های گیاهی باعث کاهش درصد اسیدهای چرب C14:0، C16:0، C16:1n7، C18:1n7، C20:4n6، C20:5n3 و C22:6n3 و افزایش درصد اسیدهای چرب C18:2n6 و C18:3n3 نسبت به کل اسیدهای چرب در مقایسه با جیره های حاوی روغن ماهی بود. در این بین پودر ماهی چون حاوی روغن ماهی می باشد جایگزینی آن با منابع مختلف باعث تغییر تدریجی این اسیدهای چرب می گردد (جدول ۴). نتایج حاصل از شاخص وزن انتهایی ماهیان پس از ۸ هفته تغذیه با جیره های آزمایشی در شکل ۱ گزارش شده است.

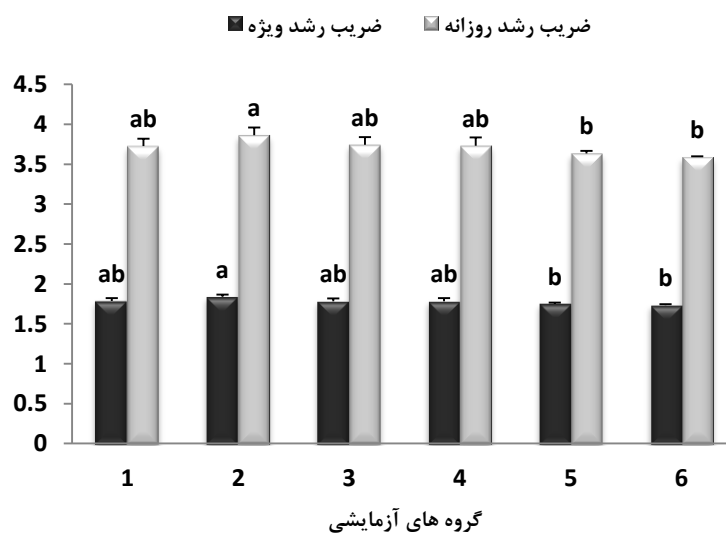




شکل ۱: نمودار نتایج مربوط به شاخص وزن ابتدایی و انتهایی ماهیان پس از ۸ هفته تغذیه با جیره‌های آزمایشی

آزمایشی ۵ (به ترتیب $3/63 \pm 0/03$ و $1/75 \pm 0/01$) و ۶ (به ترتیب $3/59 \pm 0/01$ و $1/73 \pm 0/01$) مشاهده شد که در مقایسه با تیمار ۲ (به ترتیب $3/86 \pm 0/01$ و $1/83 \pm 0/03$) به طور معنی داری پایین بود ($P < 0/05$). ولی اختلاف معنی داری را با گروه شاهد نداشتند ($P > 0/05$).

شاخص ضریب رشد روزانه و ضریب رشد ویژه نیز متعاقباً از شاخص وزن نهایی ماهیان پیروی می‌کنند (شکل ۲). شاخص‌های ضریب رشد روزانه و ضریب رشد ویژه ماهیان در بین گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی داری را در مقایسه با گروه شاهد (به ترتیب $3/72 \pm 0/09$ و $1/78 \pm 0/04$) نداشت. کم‌ترین شاخص ضریب رشد روزانه و ضریب رشد ویژه در گروه



شکل ۲: نمودار نتایج مربوط به شاخص‌های ضریب رشد روزانه و ویژه ماهیان در دوره پرورش

منابع پروتئین گیاهی در مقایسه با پودر ماهی پروتئین و برخی اسیدهای آمینه ضروری کمی را در ترکیبات خود دارا هستند. منبع پروتئین اصلی جیره در این مطالعه گلوتن گندم می‌باشد. گلوتن حاوی پروتئین بالا می‌باشد ولی اسیدهای آمینه لیزین و میتیونین آن کم می‌باشد (۲۱). در مطالعه حاضر جیره‌های آزمایشی از نظر دو اسید آمینه لیزین و میتیونین بالانس گردیدند بنابراین طی نتایج حاصله همین عامل می‌تواند تاثیرات به‌سزایی در بهبود اثرات تغذیه ماهیان در استفاده هر چه بهتر از منابع گیاهی داشته باشد.

عمده دلیل دیگر عدم کارایی تغذیه‌ای ماهیان گوشت‌خوار از منابع پروتئین گیاهی به دلیل وجود عناصر ضدتغذیه‌ای در منابع پروتئین‌های گیاهی می‌باشد (۱۸). این عناصر ضدتغذیه‌ای باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های گوارشی در ماهیان می‌شوند (۱) و برخی از عناصر ضدتغذیه‌ای مانند بازدارنده تریپسین در اثر گرما غیرفعال می‌شود (۲) که بدین منظور در این آزمایش منابع پروتئین گیاهی در معرض حرارت خشک قرار گرفتند (۱۵). در مطالعه حاضر منبع اصلی پروتئین گیاهی جیره گلوتن گندم و گلوتن ذرت می‌باشد. گلوتن گندم یک منبع پروتئینی مطلوب محسوب می‌شود که دارای ۸۰-۷۰٪ پروتئین با قابلیت هضم بالا (۹۹٪) برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و احتمالاً سایر گونه‌های ماهی است. گلوتن ذرت نیز دارای حداقل ۶۰٪ پروتئین می‌باشد که از قابلیت هضم بالایی (۹۷٪) برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برخوردار است (۲۹). گلوتن گندم و ذرت با داشتن پروتئین بالا، فیبر و مواد ضدتغذیه‌ای و نشاسته پایین از محدودیت استفاده کم‌تری در جیره غذایی ماهیان گوشت‌خوار برخوردارند و می‌توان از آن‌ها با نسبت‌های بیش‌تری در جیره غذایی این ماهیان استفاده کرد (۲۳). بنابراین منابع پروتئین گیاهی می‌توانند به‌صورت نسبی یا به‌طور کامل جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان پرورشی شوند به شرطی که نیاز اسیدهای آمینه گونه آبی مورد نظر را تامین نموده و سبب کاهش طعم و خوش‌خوراکی غذا نگردد. هم‌چنین بایستی میزان عناصر ضدتغذیه‌ای منابع گیاهی کاهش یابد (۱۰). در مطالعه حاضر نیز با توجه به این‌که میزان کربوهیدرات، کلسیم و فسفر و اسیدهای آمینه لیزین و میتیونین در جیره‌های آزمایشی بالانس شده بود و در استفاده از منابع پروتئین گیاهی نیز از منابعی با کیفیت مناسب و در حداقل عناصر ضدتغذیه‌ای استفاده گردید ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان توانستند در حد بهینه و مطلوب و به‌طور کامل از پروتئین‌های گیاهی استفاده نمایند.

جیره‌های آزمایشی ایجاد نکرد. این نتایج با گزارشات Kaushik و همکاران (۱۹۹۵)، Yamamoto و همکاران (۱۹۹۷) و Barrows و همکاران (۲۰۰۷) که موفق به جایگزینی کامل پودر ماهی با منابع پروتئین گیاهی بدون مشاهده تاثیرات منفی بر شاخص‌های رشدی ماهیان شده‌اند، هم‌خوانی دارد.

افزایش میزان جایگزینی پودر ماهی با منابع پروتئین گیاهی در سطوح بالای جیره، باعث کاهش شاخص‌های رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌گردد. مطابق اکثر گزارشات پیشین اعلام شده حدود امکان جایگزینی بهینه منابع گیاهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یا سایر ماهیان با رژیم گوشت‌خواری بین ۴۰-۶۰٪ می‌باشد. چرا که عموماً سطوح بالای اجزای گیاهی در جیره ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان اثرات منفی بر رشد ماهیان نشان داده است (۷، ۹، ۱۹، ۲۰، ۲۶ و ۲۷) که با نتایج مطالعه حاضر مغایرت دارد. Teskerdzic و همکاران (۱۹۹۵) از طریق حلال‌شویی، مواد ضدتغذیه‌ای کنجاله کانولا را کاهش داده و از طریق روش استخراج مرطوب پروتئین اسیدی موفق به تولید کنسانتره پروتئین کانولا گردیدند. این محصول با موفقیت جایگزین ۶۶ درصد پودر ماهی در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) شد. Thiessen و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند کنسانتره کانولا قابلیت جایگزینی ۷۵ درصد از پودر ماهی را در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان بدون کاهش شاخص‌های رشدی طی ۹ هفته آزمایش را داشت.

این محققین دلایل متعددی برای عدم توانایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان از سطوح بالای منابع پروتئین گیاهی اعلام کرده‌اند. یکی از مشکلات منابع پروتئین گیاهی نسبت کربوهیدرات بالا می‌باشد چراکه ماهیان قزل‌آلای توانایی هضم کربوهیدرات بالا را ندارند. بنابراین میزان کربوهیدرات جیره باید در سطح پایینی نگه داشته شود. در این آزمایش به دلیل این‌که این عامل متغیر حذف گردد میزان کربوهیدرات در بین گروه‌های آزمایشی بالانس گردید. بنابراین تفاوت در میزان کربوهیدرات منابع مختلف پروتئینی نمی‌تواند در نتیجه این آزمایش دخیل بوده باشد. از دیگر فاکتورهای مهمی که می‌تواند باعث کاهش رشد ماهیان در استفاده بالا از پروتئین‌های گیاهی شود وجود فسفر و کلسیم پایین در منابع پروتئین گیاهی به نسبت پودر ماهی می‌باشد (۱۷) که در این آزمایش مقادیر کلسیم و فسفر جیره با افزودن مکمل دی‌کلسیم فسفات در بین جیره‌های آزمایشی بالانس گردید (۲۸).



قزل‌آلای رنگین‌کمان مطابقت دارد. در مطالعه حاضر با افزایش میزان استفاده از منابع گیاهی در جیره، شاخص VSI در گروه ۱۰۰ درصد جایگزینی در مقایسه با گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی به‌طور معنی‌داری بالا بود که این با نتایج مطالعه Palmegiano و همکاران (۲۰۰۶) بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌مدت ۹۶ روز و مطالعه Francesco و همکاران (۲۰۰۴) بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌مدت ۲۴ هفته، که حاکی از افزایش معنی‌دار شاخص VSI با افزایش میزان جایگزینی منابع پروتئین گیاهی جیره است، مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد جایگزینی ۱۰۰٪ پودر ماهی و ۸۰٪ روغن ماهی با منابع گیاهی تأثیر منفی در شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پس از ۸ هفته تغذیه با جیره‌های آزمایشی را نداشت. بنابراین با شناخت و درک کافی از اجزا و ترکیبات گیاهی، فیزیولوژی گوارشی موجود و تولید و افزایش ارتقای کیفیت غذای تولیدی به‌کمک استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای مناسب و کافی می‌توان منابع گیاهی را به‌طور کامل یا در حد بیشینه جایگزین منابع دریایی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کرد. که این، نویدبخش کاهش هزینه‌های غذا، وابستگی صنعت آبی‌پروری به تولید و واردات پودر و روغن ماهی و نیز تداوم روند رو به رشد صنعت آبی‌پروری در آینده می‌باشد.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان این مقاله از ریاست، کارشناسان و کارکنان مرکز تحقیقات آرتمیا و آبزیان دانشگاه ارومیه به‌خاطر همکاری‌های صمیمانه ایشان در انجام این تحقیق کمال تقدیر و تشکر را دارند.

منابع

1. Alarcon, F.J.; Moyano, F.J. and Diaz, M., 1999. Effect of inhibitors present in protein sources on digestive proteases of juvenile sea bream (*Sparus aurata*). *Aquat. Living Resour.* Vol. 12, pp: 233–238.
2. Anderson, R.L. and Wolf, W.J., 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *Journal of Nutrition.* Vol. 125, pp: 581–588.

براساس بررسی‌های انجام شده، اهمیت چربی‌ها بر روند رشد ماهی به‌خوبی ثابت شده و انواع زیادی از منابع چربی حیوانی و گیاهی به‌طور وسیع در فرمول‌بندی جیره‌های غذایی ماهی استفاده می‌شوند. چربی‌ها نه تنها منبع انرژی، بلکه منبعی برای اسیدهای چرب ضروری محسوب می‌شوند. در کل اگر جیره‌های غذایی نیاز اسیدهای چرب ضروری ماهی را تأمین نمایند، باعث رشد کافی ماهی می‌شوند (۱۶).

طبق نتایج حاصله، جایگزینی روغن ماهی با ترکیب روغن‌های گیاهی تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشت که این با نتایج برخی مطالعات پیشین مطابقت دارد (۶، ۲۴، ۲۵ و ۳۵). Drew و همکاران (۲۰۰۷) اثرات جایگزینی روغن ماهی و پودر ماهی را با کنسانتره پروتئینی کانولا و ترکیب روغن‌های گیاهی کانولا و بذرتان مورد بررسی قرار دادند که طی نتایج حاصله استفاده از روغن گیاهی در جیره‌های حاوی پودر ماهی اختلاف معنی‌داری را در رشد ماهیان ایجاد نکرد ولی افزایش جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های گیاهی باعث کاهش رشد ماهیان گردید. Bell و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که جایگزینی روغن کلزا در جیره ماهیان آزاد اقیانوس اطلس *Salmo salar* تأثیری بر رشد، ضریب تبدیل غذایی و آسیب شناسی بافت‌های کبد، قلب و عضلات نداشت.

روغن‌های گیاهی عاری از اسیدهای چرب بلند زنجیره 20:5n-3 و 22:6n-3 می‌باشند. در این مطالعه روغن گیاهی جیره ترکیبی از روغن‌های گیاهی بزرک، کانولا، آفتابگردان و گلرنگ بوده است. این روغن‌های گیاهی طوری انتخاب شدند تا اسیدهای چرب ضروری کوتاه زنجیره را در حد مطلوبی برای ماهیان تأمین کنند. روغن‌های بزرک و کانولا حاوی به‌ترتیب ۵۳٪ و ۱۲٪ اسیدچرب آلفا-لینولنیک (n-3) و روغن گیاهی گلرنگ حاوی ۷۷٪ اسیدچرب لینولنیک می‌باشد (۱۷). طی نتایج حاصله جایگزینی ۸۰٪ روغن ماهی جیره با ترکیب روغن‌های گیاهی باعث کاهش درصد اسیدهای چرب C14:0، C16:0، C22:6n3 و C20:5n3، C20:4n6، C18:1n7، C16:1n7 و افزایش درصد اسیدهای چرب C18:2n6 و C18:3n3 نسبت به کل اسیدهای چرب جیره در مقایسه با جیره‌های حاوی روغن ماهی بود.

اختلاف معنی‌داری در شاخص HSI در بین تیمارها با جایگزینی منابع گیاهی به‌جای پودر ماهی و روغن ماهی جیره مشاهده نشد که با نتایج مطالعات Drew و همکاران (۲۰۰۷) و Palmegiano و همکاران (۲۰۰۶) بر روی ماهی



12. **Jackson, A.J., 2007.** Global production of fishmeal and fish oil. Paper presented at the FAOExport Workshop on the use of wild fish and/or other aquatic species of feed cultured fish and its important its implications to food security and poverty alleviation, Kochi. 259 p.
13. **Kaushik, S.J.; Cravedi, J.P.; Lalles, J.P.; Sumpter, J.; Fauconneau, B. and Laroche, M., 1995.** Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. Vol. 133, pp: 257–274.
14. **Lepage, G. and Roy, C.C., 1984.** Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. J. Lipid Research. Vol. 25, pp: 1391–1396.
15. **Lim, C. and Akiyama, M., 1991.** Full-fat soybean meal utilization by fish. In: Proceedings of Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Thailand and Indonesia. pp: 188–198.
16. **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. Vol. 209, pp: 233–246.
17. **NRC (National Research Council). 1993.** Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC.187 p.
18. **Olvera-Novoa, M.A.; Olivera-Castillo, L. and Martinez-Palacios, C.A., 2002.** Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896) fingerlings. Aquaculture Research. Vol. 23, pp: 223–229.
19. **Palmegiano, G.B.; Dapra, F.; Forneris, G.; Gai, F.; Gasco, L.; Guo, K.; Peiretti, P.G.; Sicuro, B. and Zoccarato, I., 2006.** Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 258, pp: 357–367.
20. **Pierce, L.R.; Palti, Y.; Silverstein, J.T.; Barrows, F.T.; Hallerman, E.M. and Parsons, J.E., 2008.** Family growth response to fishmeal and plant-based diets shows genotype × diet interaction in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 278, pp: 37–42.
21. **Regost, C.; Arzel, J. and Kaushik, S.J., 1999.** Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta*
3. **AOAC. 1990.** Official Methods of Analysis of the Association official Analytical Chemists, 15th edn. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 318 p.
4. **Barrows, F.; Gaylord, T.G.; Stone, D.A.J. and Smith, C.E., 2007.** Effect of protein source and nutrient density on growth efficiency, histology and plasma amino acid concentration of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Aquaculture Research. Vol. 38, No. 16, pp: 1747 – 1758.
5. **Bell, G.J.; Henderson, R.J.; Tocker, D.R.; Ghee, F.M.; Dick, J.R.; Porter, A.; Smullen, R.P. 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 . Higher Education. Vol. 2, pp: 1535-1543.
6. **Bell, G.J.; Henderson, R.J.; Tocker, D.R.; Ghee, F.M.; 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*) Affect Muscle Fatty Acid Composition and Hepatic Fatty Acid Metabolism. J. Nutr. Vol. 132, pp: 222-230.
7. **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. Vol. 267, No. 1–4, pp: 260–268.
8. **Espe, M.; Hevrøy, E.H.; Liaset, B.; Lemme, A. and El-Mowafi, A., 2008.** Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture. Vol. 274, pp: 132–141.
9. **Francesco, M.; Parisi, G.; Medale, F.; Kaushik, S.J. and Poli, B.M., 2004.** Effect of long term feeding with a plant protein mixture based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 263, pp: 413–429.
10. **Francis, G.; Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2001.** Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture. Vol. 199, pp: 197–227.
11. **IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organisation). 2008.** IFFO Update No.187. February 2008, 11 p.



- various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*. Vol. 159, pp: 177–202.
30. **Tacon, A.G.J.; Hasan, M.R. and Subasinghe, M., 2006.** Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. *FAO Fisheries Circular* No, 1018. FAO, Rome. 99 p.
 31. **Tacon, A.G.J. and Metian, M., 2008.** Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*. Vol. 285, pp: 146–158.
 32. **Teskeredzic, Z.; Higgs, D.A.; Dosanjh, B.S.; McBride, J.R.; Hardy, R.W.; Beames, R.M.; Jones, J.D.; Simell, M.; Vaara, T. and Bridges, R.B., 1995.** Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrates as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. Vol. 131, pp: 261-277.
 33. **Thiessen, D.L.; Maenez, D.D.; Newkirk, R.W.; Classen, H.L. and Drew, M.D., 2004.** Replacement of Fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*. Vol. 10, pp: 379-388.
 34. **Tidwell, J.H. and Allan, G.L., 2002.** Fish as food: aquaculture's contribution. Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *World Aquaculture*. Vol. 33, pp: 44-48.
 35. **Torstensen, B.E.; Friyland, L. and Lie, O., 2004.** Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil effects on Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissue and lipoprotein composition and lipogenic enzyme activities. *Aquaculture Nutrition*. Vol. 10, No. 3, pp: 175–192,
 36. **Yamamoto, T.; Ikeda, K.; Unuma, T. and Akiyama, T., 1997.** Apparent availabilities of amino acids and minerals from several protein sources for fingerling Rainbow trout. *Fish Science*. Vol. 63, pp: 995–1001.
 22. **Robaina, L.; Izquierdo, M.S.; Moyano, F.J.; Socorro, J.; Vergara, J.M.; Montero, D. and Fernández-Palacios, H., 1995.** Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*. Vol. 130, pp: 219-233.
 23. **Robaina, L.; Moyano, F.J.; Izquierdo, M.S.; Socorro, J.; Vergara, J.M. and Montero, D., 1997.** Corn gluten meal and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*. Vol. 157, pp: 347–359.
 24. **Rosenlund, G.; Obach, A.; Gisvold, M.; Standal, H. and Tveit, K., 2000.** Effect of alternative lipid sources on long term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish. Miyazaki, Japan.
 25. **Rosenlund, G.; Obach, A.; Sandberg, M. G.; Standal, H. and Tveit, K., 2001.** Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Research*. Vol. 32, pp: 1–7.
 26. **Santigosa, E.; Sánchez, J.; Médale, F.; Kaushik, S.; Pérez-Sánchez, J. and Gallardo, M.A., 2008.** Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*. Vol. 282, pp: 68-74.
 27. **Satoh, S.; Higgs, D.A.; Dosanjh, B.S.; Hardy, R.W.; Eales, J.G. and Deacon, G., 1998.** Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition*. Vol. 4, pp: 115-122.
 28. **Storebakken, T.; Shearer, K.D.; Baeverfjord, G.; Nielsen, B.G.; Asgard, T.; Scott, T.M. and De Laporte, A., 2000.** Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*. Vol. 184, pp: 115–132.
 29. **Sugiura, S.H.; Dong, F.M.; Rathbone, C.K. and Hardy, R.W., 1998.** Apparent protein digestibility and mineral availabilities in

