



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 6, No. 1, 2020, pages: 43-56



Replacement of fish oil with canola vegetable oil-based diets on growth and survival rate of Caspian trout, *Salmo caspius* fry

Abbas Sajed Khanian¹, Mehrnoush Norouzi^{*1}, Mahmoud Mohseni²

1- Department of Marine Biology and Fisheries Sciences, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Mazandaran, Iran

2- International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Guilan, Iran

Received 05 October 2019

Accepted 14 March 2020

KEYWORDS

Caspian trout

Canola oil

Fish oil

Growth performance

Survival

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of different levels of canola oil on growth performance and survival rate of Caspian trout (*Salmo caspius*) fry during replacement with canola oil over a period of 60 days. 180 pieces of fish fry (4.6 ± 0.23 g in weight) with a density of 15 individuals were placed in 300-liter fiberglass tanks. Four treatments each with 3 replicates were fed with diets including 100% fish oil (T₁), 100% canola oil (T₂), 50% fish oil and 50% canola oil (T₃), 70% fish oil and 30% canola oil (T₄) with the same protein and fat levels of 43% and 14%, respectively. The results showed that the highest weight (26.46 g), final length (13.46 cm) and specific growth rate (2.97%/day) belonged to T₃ exhibiting a significant difference with other treatments ($p \leq 0.05$). Moreover, the lowest value of feed conversion ratio (1.41) and the highest amount of condition factor (1.17 ± 0.08) were also found in T₃. However, these differences were not statistically significant ($p > 0.05$). The highest protein efficiency coefficient of 2.37 was found in T₄, exhibiting a significant difference with other treatments ($p \leq 0.05$). The survival rate among all treatments was 100% (with no mortality). Based on the results, it can be concluded that the partial replacement of fish oil with canola oil (50% fish oil with 50% canola oil) in the diet of Caspian trout not only has no negative impact on growth indices and survival rate, but also can enhance these indices and decrease costs by reducing the length of the culture period.

*Corresponding author: mnoroozi@toniau.ac.ir



"مقاله پژوهشی"

اثرات جایگزینی روغن ماهی جیره غذایی با سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*)

عباس ساجد خانیان^۱، مهرنوش نوروزی*^۱، محمود محسنی^۲

۱- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن، مازندران، ایران

۲- موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۱۳

کلمات کلیدی	چکیده
ماهی آزاد دریای خزر	بررسی حاضر به منظور ارزیابی تأثیر جایگزینی روغن ماهی کیلکا با سطوح مختلف روغن کانولا بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر (<i>Salmo caspius</i>) در طی یک دوره ۶۰ روزه طراحی و انجام شد. تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی ($4/6 \pm 0/23$ گرم) با تراکم ۱۵ قطعه در حوضچه‌های ۳۰۰ لیتری توزیع و با ۴ تیمار غذایی هر یک با سه تکرار شامل جیره‌های حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی (T1)، ۱۰۰٪ روغن کانولا (T2)، ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا (T3) و ۷۰٪ روغن ماهی و ۳۰٪ روغن کانولا (T4) با سطوح پروتئین و چربی یکسان به ترتیب ۴۳٪ و ۱۴٪ تغذیه شدند. بیشترین میزان میانگین وزن ($26/46$ گرم)، طول نهایی ($13/46$ سانتی‌متر) و نرخ رشد ویژه ($2/97$ درصد در روز) را ماهیان تغذیه شده با تیمار ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا (T3) به خود اختصاص دادند که دارای اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها بودند ($p \leq 0/05$). همچنین، پایین‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی ($1/41$) و بالاترین میزان فاکتور وضعیت ($1/17 \pm 0/08$) در تیمار ۳ مشاهده شد. بالاترین نرخ کارایی پروتئین مربوطه به تیمار ۴ بود که اختلاف معنی‌داری را با دیگر تیمارها نشان داد ($p \leq 0/05$). میزان درصد بازماندگی در بین تمامی تیمارها ۱۰۰٪ بود. بر اساس نتایج حاصل شده، جایگزینی بخشی از روغن کانولا با روغن ماهی (۵۰٪ روغن ماهی با ۵۰٪ روغن کانولا) در جیره نه تنها تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر ندارد، بلکه بهبود این شاخص‌ها را نیز به همراه خواهد داشت و با کاهش طول دوره پرورش، موجب کاهش هزینه‌ها می‌شود.

مقدمه

ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) که نسبت به معیارهای اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت به طور بحرانی در معرض خطر بوده، بومی حوضه جنوبی دریای خزر است که در فصل تخم‌ریزی به رودخانه‌های گرگان‌رود، چشمه‌کیله و سفیدرود مهاجرت می‌کند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ضریب بازگشت شیلاتی این گونه ارزشمند شیلاتی ۰/۴٪ است. بنابراین، از نظر تنوع زیستی و اقتصادی از ارزش بسیار بالایی برخوردار است. حفاظت و پرورش این ماهی از لحاظ کیفیت گوشت و کسب درآمد، اشتغال‌زایی، به خصوص پرورش در قفس در دریای خزر از یک سو و حفظ ذخیره ژنتیکی برای کشور از سوی دیگر، انجام مطالعات بنیادی و کاربردی را بیش از پیش نمایان می‌کند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۸).

در سال‌های اخیر، مصرف ماهی و غذاهای دریایی افزایش یافته و تقاضا برای محصولات آبی به سبب افزایش جمعیت، افزایش درآمد و همچنین ارجحیت ماهی و آبزیان نسبت به دیگر مواد غذایی رو به افزایش است (Alasalvar, 2002). از سوی دیگر مشخص شده است که نزدیک به ۶۰٪ از هزینه تولید آبزیان را هزینه غذا تشکیل می‌دهد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). اهمیت غذا و تغذیه در پرورش ماهی از دو جنبه، یکی تأمین نیازهای کامل غذایی برای رشد مناسب و سریع آن و دیگری، ایجاد سرعت رشد مناسب برای رسیدن به وزن مطلوب در پایان دوره پرورش، به منظور افزایش بازده اقتصادی است. چربی و پروتئین، اصلی‌ترین مواد انرژی‌زا در جیره غذایی آزاد ماهیان محسوب می‌شوند و به دلیل قابلیت بالای هضم در آزاد ماهیان (قابلیت هضم پروتئین ۹۰٪، چربی ۸۴٪ و کربوهیدرات ۳۹٪)، دسترسی به انرژی این منابع برای موجود بیشتر است و به‌طور کارآمد می‌توانند از این دو منبع به عنوان منبع انرژی استفاده کنند (Monge-Ortiz et al. 2018). البته با توجه به هزینه بالای منابع پروتئینی می‌توان تا حدود زیادی نیازهای انرژی ماهی را از طریق دیگر منابع ارزان قیمت انرژی، همچون چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها تأمین کرد. چربی‌های جیره نه تنها به عنوان منبع بالقوه انرژی، دارای ارزش انرژی‌زایی بالاتری نسبت به کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها هستند، بلکه همچنین تأمین کننده اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در

چربی بوده و وظایف فیزیولوژیک مهمی (تکامل جنینی، تخم‌ریزی، دستگاه ایمنی، عکس‌العمل‌های استرسی و مکانیزم تطابق) را به عهده دارند (Sargent et al. 2002).

پرورش آزاد ماهیان به‌تنهایی حدود ۵۰٪ از کل روغن ماهی در جهان را استفاده می‌کند (Sofia, 2008). دانشمندان پیش‌بینی کرده‌اند که تا سال ۲۰۵۰ کاهش شدیدی در استحصال تمامی گونه‌های آبزیان رخ خواهد داد و این امر صنعت آبی‌پروری را به دلیل عدم امکان تهیه پودر و روغن ماهی تهدید می‌کند (Hodar et al. 2020). لذا به‌منظور کاهش این فقدان باید به‌دنبال منابع پایدارتر و کم‌هزینه‌تر دیگر بود. محققان بسیاری برای غلبه بر این مشکل در صد جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های آلی و نیز روغن ماهی با روغن‌های گیاهی دیگر هستند (Turchini et al. 2009).

در مقایسه با تولید روغن ماهی، که در دهه‌های اخیر ثابت باقی مانده است، تولید روغن‌های گیاهی به طور قابل ملاحظه‌ای در جهان افزایش داشته است (Hodar et al. 2020). همچنین، سهولت دسترسی به این روغن‌ها، قیمت پایین‌تر و نیز پایداری بیشتر آنها در مقایسه با روغن ماهی، باعث شده که آنها جایگزین مناسبی برای روغن ماهی در صنعت تولید خوراک آبزیان باشند. روغن کانولا در مقایسه با روغن‌های آفتابگردان، ذرت و سویا به‌دلیل حضور اسیدهای چرب اشباع نشده و فقدان کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای بالاتری برخوردار است (Bou et al. 2017). میزان اسیدهای چرب اشباع موجود در روغن کانولا بسیار پایین است (۷/۷٪) در حالی که میزان اسیدهای چرب غیراشباع آن به‌خصوص اسیدچرب امگا-۳ آلفا لینولنیک بالا (۱۱٪) است. روغن کانولا به‌علت تناسب مطلوب ۱:۲ اسیدهای لینولنیک و لینولنیک از نظر مصرف‌کنندگان مطلوب‌تر است و بیشتر استفاده می‌شود (Yıldız et al. 2018). همچنین، روغن کانولا منبعی سرشار از ویتامین‌های E و K و چربی‌های گیاهی مفید است که به سلامت قلب کمک شایانی می‌کند (Bell et al. 2002). این روغن در برابر نور مقاوم است و تغییرات پراکسیدی آن در مقایسه با روغن‌های دیگر تقریباً صفر است. نتایج یافته‌های تحقیقاتی در خصوص ۱۰ گونه ماهی مهم پرورشی نشان داده که به‌طور میانگین برای تولید یک کیلوگرم ماهی پرورشی که با غذاهای تجاری پرورش می‌یابند، تقریباً ۱/۹

تیمار ۲: تغذیه بچه ماهیان با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن کانولا (Co)

تیمار ۳: تغذیه بچه ماهیان با جیره مخلوطی برابر از ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا (50% Fo + 50% Co):

تیمار ۴: تغذیه بچه ماهیان با جیره مخلوطی برابر از ۷۰٪ روغن ماهی و ۳۰٪ درصد روغن کانولا (70% Fo + 30% Co):

برای تولید جیره‌های غذایی آزمایشی ابتدا مواد اولیه آسیاب، و سپس توسط الک ۲۰۰ میکرونی الک شدند تا نمونه به صورت پودر و همگن شوند. مواد غذایی بجز روغن به مدت ۱۵ دقیقه با یکدیگر ترکیب، سپس روغن به مخلوط، اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه دیگر با یکدیگر ترکیب و سپس مقداری آب (۵۰۰ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم)، به مخلوط حاصل اضافه شد تا به صورت خمیر نرم و شکل‌پذیر تبدیل شود و پس از عبور از چرخ گوشت چشمة ریز، به صورت رشته‌ای تبدیل شدند. سنجش شیمیایی پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خاکستر جیره‌های غذایی، مطابق با روش استاندارد انجام شد (AOAC, 1995). به منظور استخراج چربی و تعیین میزان چربی کل، از روش فولش استفاده شد (Folch et al., 1957). تعیین ترکیب اسیدهای چرب توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) پس از متیله شدن اسیدهای چرب انجام شد. در این مطالعه، دستگاه GC با مارک Younglin ساخت کشور کره جنوبی، مدل 6100 و ستون BPX70 ساخت شرکت SGE و با مشخصات (Film) 60m×0.25mm×0.25µm استفاده شد. در نهایت، اسیدهای چرب موجود در کروماتوگرام مربوط به هر جیره در مقایسه با منحنی استاندارد شناسایی شد.

پلت‌های غذایی به قطر ۲ میلی‌متر پس از خشک شدن، بسته‌بندی و شماره‌گذاری تا زمان مصرف در فریزر (دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. یک ساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها از فریزر خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق با استفاده از ترازوی دیجیتال، توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفت. غذادهی ماهیان بر حسب ۲/۵٪ وزن بدن و روزانه در سه نوبت به مدت ۶۰ روز انجام شد. با توجه به اهمیت فراسنجه‌های محیطی، از جمله اکسیژن محلول، دما و pH و تأثیر آنها بر تغذیه و در نهایت، رشد ماهیان، این فراسنجه‌ها در تمام مدت

کیلوگرم ماهی برای تولید پودر و روغن ماهی مصرف می‌شود (Naylor et al. 2000). جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی از جنبه‌های اقتصادی و بوم‌شناختی ضرورتی انکارناپذیر برای توسعه صنعت آبزی‌پروری محسوب می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده، روغن‌های گیاهی به خصوص روغن کانولا را می‌توان جایگزین بخشی از روغن ماهی، بدون تأثیر منفی در روند رشد، کارایی تغذیه و قابلیت هضم جیره غذایی بسیاری از گونه‌های مختلف ماهیان کرد (Yıldız et al. 2018; Mua et al. 2020، پورحسین سارمه و همکاران، ۱۳۹۶). این در حالی است که تأثیر ناشی از جایگزینی روغن ماهی کیلکا با روغن کانولا بر عملکرد رشد ماهی آزاد دریای خزر هنوز مشخص نشده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف روغن ماهی و روغن کانولا در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر طراحی و اجرا شد. نتایج حاصل از این مطالعه را می‌توان برای افزایش توان تولید، کاهش هزینه پرورش و کاهش قیمت تمام شده ماهی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی آزاد دریای خزر با میانگین وزنی 0.23 ± 0.04 گرم در حوضچه‌های پلاستیکی ۳۰۰ لیتری با تراکم ۱۵ قطعه در هر حوضچه در مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی کشور - تنکابن کشت شدند. به منظور تهیه جیره‌های غذایی آزمایشی، ابتدا ترکیبات غذایی مورد نیاز به آزمایشگاه سنجش غذایی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور منتقل شد. با استفاده از پودر ماهی کیلکای عمل‌آوری شده در دمای پایین و ژلاتین، روغن کانولا و روغن ماهی کیلکا (به نسبت مساوی) و آرد گندم به ترتیب به عنوان منابع پروتئینی، چربی و کربوهیدرات، چهار جیره ایزونیتروژنوس (iso-nitrogenous) و ایزولیپیدیک (iso-lipidic) با استفاده از نرم افزار UFFDA (جورجیا، آمریکا) فرموله شد. فرق عمده این جیره‌ها در منبع و درصد چربی و ترکیب اسیدهای چرب آنها بود (جدول ۱). در این مطالعه بچه‌ماهیان ابتدا به مدت دو هفته به شرایط آزمایشگاهی سازگار، سپس با چهار جیره غذایی در شرایط یکسان پرورشی با جیره‌های مختلف آزمایشی تغذیه شدند. تیمار ۱: تغذیه بچه ماهیان با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی (Fo)

ثانیه در نو سان بود. روزانه در دو نوبت (صبح و عصر) به منظور حذف مدفوع ماهیان و غذاهای خورده نشده، حوضچه ها سیفون می شدند.

پرورش به طور روزانه سنجش شدند. میانگین دمای آب در طول دوره پرورش 14.7 ± 1.5 درجه سانتی گراد، pH آب ورودی 0.04 ± 0.07 ، اکسیژن محلول 0.04 ± 0.06 میلی گرم در لیتر و دبی آب ورودی 0.3 ± 0.05 لیتر در

جدول ۱ ترکیب و مقادیر (بر حسب درصد) مواد اولیه تشکیل دهنده خوراک در هر ۱۰۰ گرم جیره های آزمایشی

سطوح چربی (%)				ترکیبات غذایی (درصد)
۷۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪	۵۰٪ روغن ماهی - ۵۰٪	روغن کانولا	روغن ماهی	
۴۱/۵	۴۱/۵	۴۱/۵	۴۱/۵	پودر ماهی ^۱
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	پودر سویا ^۱
۹/۲۳	۹/۲۳	۹/۲۳	۹/۲۳	آرد گندم ^۱
۴	۴	۴	۴	گلوتن گندم ^۱
۸	۸	۸	۸	پودر گوشت و استخوان ^۱
۲	۲	۲	۲	مخمر ^۱
۳	۳	۳	۳	لسیتین سویا ^۲
۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	میتونین ^۱
۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	لازین ^۱
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	ال - کارنتین ^۲
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	کولین کلراید ^۱
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	ویتامین C ^۱
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	نمک
۴/۳۴	۳/۱	۰	۶/۲	روغن ماهی ^۱
۱/۸۶	۳/۱	۶/۲	۰	روغن کانولا
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	ویتامین پرمیکس ^۴
۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	مواد معدنی پرمیکس ^۵
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	منوکلسیم فسفات ^۱
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	بایندر
ترکیب بیوشیمیایی جیره (درصد)				
۹/۵	۸/۹	۹/۲	۱۰/۰	رطوبت
۴۳/۵	۴۳/۱	۴۳/۵	۴۳/۷	پروتئین
۱۴/۲	۱۴/۳	۱۴/۲	۱۴/۱	چربی
۱۱/۲	۹/۷	۱۱/۶	۱۱/۷	خاکستر
۱۸/۹	۱۹/۱	۱۹/۲	۱۸/۶	کربوهیدرات
۲	۲/۵	۲/۸	۲/۷	فیبر
۳۳۹۰/۵	۳۳۹۲/۸	۳۳۸۹/۸	۳۳۹۴/۹	انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم جیره)

۱- پودر و روغن ماهی کیلکا، تهیه شده کارخانه خوراک آبزیان بهدانه شمال، شهرک صنعتی میروود بابلسر، ایران
 ۲- تهیه شده در شرکت کیمیا رشد، گرگان، ایران

۳- تولید شده شرکت Applichem، آلمان

۴- مکمل ویتامینی (برحسب IU یا میلی‌گرم در کیلوگرم): د-ال-آلفا توکوفرول ۱ ستات ۶۰ IU، دی-ال-کوله کل سیفرول ۳۰۰۰ IU، تیامین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پیرویدوک سین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک ۱ سید ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۱ سید فولیک ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۱ سید اسکوربیک ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوزیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتونات ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

۵- مکمل معدنی (برحسب میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم): کربنات کلسیم ۴۰ در صد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سترات فریک ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتا سیم ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات مس ۰/۳ گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم در کیلوگرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلرید پتاسیم ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلرید سدیم ۰/۴ گرم در کیلوگرم.

در پایان دوره پرورش، شاخص‌های رشد و تغذیه نظیر شاخص درصد افزایش وزن بدن (Huang et al. 2008)، فاکتور وضعیت، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه، کارایی ضریب تبدیل غذایی = (میانگین بیوماس اولیه (g) - میانگین بیوماس ثانویه (g)) / مقدار غذای خشک مصرف شده توسط ماهی. نرخ رشد ویژه = ۱۰۰ × تعداد روزهای پرورش / (لگاریتم میانگین بیوماس ثانویه (g) - لگاریتم میانگین بیوماس اولیه (g)). فاکتور وضعیت = ۱۰۰ × {میانگین طول کل نهایی (cm)}^۳ / (میانگین وزن نهایی بدن (g)). درصد افزایش وزن بدن = ۱۰۰ × {متوسط وزن اولیه} / {متوسط وزن نهایی - متوسط وزن اولیه}. درصد بازماندگی = ۱۰۰ × (تعداد اولیه ماهیان / تعداد ماهیان باقیمانده). نرخ کارایی چربی = گرم وزن به دست آمده / گرم چربی مصرفی ارزش تولیدی چربی = گرم چربی ابقا شده / گرم چربی مصرفی نرخ کارایی پروتئین = {وزن نهایی بدن (گرم) - وزن اولیه بدن (g)} / مقدار پروتئین داده شده به ماهی (g) ارزش تولیدی پروتئین = گرم پروتئین ابقا شده / گرم پروتئین مصرفی

جدول ۲ پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی بچه ماهی آزاد دریای خزر (n = 3 برای هر تیمار)

اسید چرب - فرمول کربن	روغن ماهی	روغن کانولا	۵۰٪ روغن ماهی - ۵۰٪ روغن کانولا	۷۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪ روغن کانولا
میرستیک: C14:0	۲/۴۶	۲/۰۱	۲/۰۹	۲/۱۵
پالمیتیک: C16:0	۲۱/۸۲	۱۷/۸۰	۱۸/۶۷	۱۹/۲۳
استئاریک: C18:0	۴/۳۹	۳/۹۹	۴/۱۴	۴/۱۲
آراشیدیک: C20:0	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۳۲	۰/۳۷
میریستولئیک: C14:1n-5	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۳
پالمیتولئیک: C16:1n-7	۴/۱۳	۳/۲۶	۳/۶۸	۴/۹۹
اولئیک: C18:1n-9	۳۱/۵۹	۴۶/۳۲	۳۸/۷۷	۳۶/۲۹
ایکوزانوئیک: C20:1n-9	۱/۸۲	۰/۴۳	۰/۷۴	۱/۱۱
لینولئیک: C18:2n-6	۱۶/۲۷	۲۲/۲۳	۲۱/۵۹	۱۷/۹۹
ایکوزانوئیک: C20:2n-6	۰/۴۴	۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۴۹
آراشیدونیک: C20:4n-6 (ARA)	۰/۷۷	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۶۳
آلفا لینولئیک: C18:3n-3	۲/۲۴	۳/۳۴	۲/۹۴	۳/۱۱
ایکوزاپنتانوئیک: C20:5n-3 (EPA)	۶/۶۲	۳/۳۲	۳/۳۶	۳/۹۸
دوکوزاهگزانوئیک: C22:6n-3 (DHA)	۱۲/۴۶	۷/۲۱	۷/۶۹	۸/۲۳
SFA	۲۸/۹۷	۲۴/۲۸	۲۵/۲۲	۲۵/۸۷
MUFA	۳۷/۷۲	۵۰/۰۸	۴۳/۲۹	۴۲/۵۲

۳۴/۴۳	۳۶/۴۹	۳۷/۲۲	۳۸/۸	PUFA
۱۵/۳۲	۱۳/۷۹	۱۳/۸۷	۲۱/۳۲	Total N3
۱۹/۱۱	۲۲/۷۰	۱۲/۳۵	۱۷/۴۸	Total N6
۰/۸۰	۰/۶۱	۰/۵۹	۱/۲۲	N3/N6
۱/۳۳	۱/۴۵	۱/۵۳	۱/۳۴	PUFA/SFA
۲/۰۷	۲/۲۹	۲/۱۷	۱/۸۸	DHA/EPA
۶/۳۲	۶/۳۴	۷/۷۳	۸/۶۰	EPA/ARA
۱۳/۰۶	۱۴/۱۳	۱۶/۷۷	۱۶/۱۲	DHA/ARA

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه بین میانگین‌ها از آزمون دانکن به کمک نرم افزار SPSS 20 استفاده شد. برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار Excel 2007 در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

فراسنجه های فیزیوشیمیایی آب

بررسی فراسنجه‌های فیزیوشیمیایی آب در طول دوره پرورش بچه ماهیان آزاد دریای خزر در تیمارهای مطالعه حاضر روند نسبتاً ثابتی را برای هر یک از این فراسنجه‌ها نشان داد، به طوری که دمای آب در محدوده ۱۵-۱۳ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول فراتر از ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر، pH در حدود ۸-۷/۵ و آمونیاک کل در محدوده ۰/۲۵ ± ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد.

شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و نسبت تبدیل اقتصادی

نتایج بررسی شاخص‌های رشد بچه ماهی آزاد دریای خزر طی دوره ۶۰ روزه آزمایش نشان داد که بیشترین وزن و درازای کل نهایی بدن به ترتیب ۲۶/۴۶ گرم و ۱۳/۴۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۳ (۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا) با اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) نسبت به دیگر تیمارها بود (جدول ۲). بیشترین درصد افزایش وزن

(۴۹۷٪/۸۱) و نرخ رشد ویژه (۲/۹۷ درصد در روز) هم به تیمار ۳ مربوط بود که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها نشان داد ($p \leq 0.05$). همچنین، بالاترین میزان فاکتور وضعیت در تیمار ۳ با اختلاف معنی‌دار نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد. بررسی نتایج درصد بازماندگی ماهیان هیچ اختلاف معنی‌دار آماری در بین تیمارهای غذایی نشان نداد. به عبارت دیگر جایگزینی روغن ماهی با روغن کانولا تأثیری بر درصد بازماندگی بچه ماهیان نداشت. شاخص کبدی و احشایی ماهیان از تیمارهای آزمایشی تأثیر نپذیرفت، هر چند که میزان شاخص کبدی در تیمار ۳ از لحاظ عددی نسبت به بقیه بیشتر بود.

ماهیان از جیره‌های غذایی به خوبی استفاده کردند و اختلاف معنی‌داری در میزان غذای مصرفی و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. پایین‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی (۱/۴۱) در تیمار ۳ مشاهده شد، هر چند که این اختلاف نیز از نظر آماری معنی‌دار ($p > 0.05$) نبود (جدول ۲). همچنین، بالاترین ضریب کارایی پروتئین (۲/۳۷) مربوط به تیمار ۴ بود که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها نشان داد ($p \leq 0.05$). در ارزش تولید پروتئین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. میزان کارایی چربی در تیمار ۳ به طور معنی‌دار بیش از ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۱ و ۲ بود.

در بررسی‌های اقتصادی مشخص شد که کمترین قیمت جیره و نسبت تبدیل اقتصادی متعلق به تیمار ۳ بود، به طوری که ماهیان تغذیه شده با این تیمار از ۱۵٪ صرفه‌جویی اقتصادی نسبت به دیگر تیمارها برخوردار بودند.

جدول ۲ شاخص‌های رشد و درصد بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی (n = ۱۵ برای هر تیمار)

شاخص	روغن ماهی	روغن کانولا	۵۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪ روغن کانولا	۷۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪ روغن کانولا
وزن اولیه (g)	۴/۶۶ ± ۰/۱۵	۴/۸۰ ± ۰/۲۶	۴/۴۳ ± ۰/۱۵	۴/۷۳ ± ۰/۳۲
وزن نهایی (g)	۲۲/۶۶ ± ۰/۸۶ ^b	۲۳/۵۶ ± ۰/۹۶ ^b	۲۶/۴۶ ± ۰/۷۰ ^a	۲۵/۳۳ ± ۰/۹۲ ^a
طول کل نهایی (cm)	۱۲/۴۶ ± ۰/۱۵ ^b	۱۲/۹۰ ± ۰/۲ ^b	۱۳/۴۶ ± ۰/۲۵ ^a	۱۳/۰۶ ± ۰/۱۵ ^a
افزایش وزن بدن (%)	۳۸۶/۴۷ ± ۳۴/۷۴ ^b	۳۹۱/۹۰ ± ۳۲/۳۱ ^b	۴۹۷/۸۱ ± ۳۵/۸۹ ^a	۴۳۶/۰۹ ± ۲۲/۶۳ ^{ab}
نرخ رشد ویژه (روز/٪)	۲/۶۳ ± ۰/۱۳ ^b	۲/۶۵ ± ۰/۱۰ ^b	۲/۹۷ ± ۰/۱۱ ^a	۲/۷۹ ± ۰/۰۸ ^a
شاخص کبدی (%)	۱/۴۲ ± ۰/۰۶ ^a	۱/۳۳ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۱/۴۶ ± ۰/۰۶ ^a	۱/۳۶ ± ۰/۰۳ ^{ab}
شاخص احشایی (%)	۱۳/۸۷ ± ۰/۰۵	۱۳/۶۷ ± ۰/۰۴	۱۳/۹۱ ± ۰/۰۸	۱۳/۸۶ ± ۰/۰۶
فاکتور وضعیت	۱/۰۹ ± ۰/۰۹	۱/۰۹ ± ۰/۰۲	۱/۱۷ ± ۰/۰۸	۱/۱۳ ± ۰/۰۹
بازماندگی (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($p \leq 0.05$).

جدول ۳ کارایی تغذیه و نسبت تبدیل اقتصادی بچه ماهی آزاد دریای خزر تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی

شاخص	روغن ماهی	روغن کانولا	۵۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪ روغن کانولا	۷۰٪ روغن ماهی - ۳۰٪ روغن کانولا
غذای مصرفی (گرم/ماهی)	۳۲/۲ ± ۱/۴۲	۳۳/۸ ± ۱/۵۲	۳۴/۶ ± ۱/۹۸	۳۳/۸ ± ۱/۰۱
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۲ ± ۰/۱۷	۱/۶۳ ± ۰/۱۱	۱/۴۱ ± ۰/۰۳	۱/۴۸ ± ۰/۰۴
نسبت کارایی پروتئین	۱/۸۶ ± ۰/۱۱ ^b	۲/۲۴ ± ۰/۱۱ ^a	۲/۲۵ ± ۰/۰۷ ^a	۲/۳۷ ± ۰/۰۸ ^a
ارزش تولیدی پروتئین	۰/۳۸ ± ۰/۰۱	۰/۳۸ ± ۰/۰۱	۰/۳۶ ± ۰/۰۱	۰/۳۷ ± ۰/۰۱
میزان کارایی چربی	۲/۷۴ ± ۰/۲۵ ^b	۲/۷۶ ± ۰/۲۳ ^b	۳/۴۸ ± ۰/۱۱ ^a	۳/۰۷ ± ۰/۰۸ ^{ab}
ارزش تولیدی چربی	۰/۳۲ ± ۰/۰۳	۰/۳۰ ± ۰/۰۲	۰/۳۴ ± ۰/۰۲	۰/۳۳ ± ۰/۰۲
قیمت جیره (کیلوگرم/ریال)	۱۴۹۹۵۰	۱۴۲۲۰۰	۱۴۶۰۷۰	۱۴۷۶۳۰
نسبت تبدیل اقتصادی	۲۴۲۹۱۹	۲۳۱۷۸۶	۲۰۵۹۵۹	۲۱۸۴۹۲

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($p \leq 0.05$).

بحث

دلایل چنین روندی را به عواملی مانند نوع گونه، حساسیت‌های گونه به منبع روغن، قابلیت تحمل در پذیرش نوع روغن به کار رفته، طول دوره آزمایش و شرایط محیطی نسبت داده‌اند.

در مطالعه حاضر، هنگام استفاده از درصد‌های متفاوت روغن ماهی و روغن کانولا در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر در طول مدت ۶۰ روز مشخص شد که جیره حاوی روغن کانولا سبب بهبود شاخص‌های رشد (وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و فاکتور وضعیت) و شاخص تغذیه (ضریب تبدیل غذایی) و درصد بازماندگی ماهیان می‌شود،

در سال‌های اخیر، استفاده از منابع مختلف روغن‌های گیاهی شامل سویا، کانولا، بزرک، زیتون، خرما، آووکادو و آفتابگردان در جیره غذایی گونه‌های زیادی از ماهیان و سخت‌پوستان به صورت جایگزین کامل یا مکمل بررسی شده است (Guler and Yildiz, 2011). اثرات این جایگزینی‌ها در ۳۳ گونه مختلف از آبزیان نشان داد که فقط در ۹ گونه اثرات منفی بر شاخص‌های رشد، تغذیه و بازماندگی ایجاد می‌شود (Turchini et al. 2011). یگانه و همکاران (۱۳۹۱) و رضوی صیاد (۱۳۷۴)، مهم‌ترین

لذا، تأمین انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت های سوخت و ساز در آبزیان، مهم ترین نقش کاربردی ورود منابع MUFA در جیره غذایی آبزیان است (Mua et al. 2020). این موضوع را می توان دلیلی بر افزایش وزن، طول و سرعت رشد ویژه بچه ماهی آزاد دریای خزر تغذیه شده با روغن کانولا در مقایسه با تیمار ۱ (۱۰۰ درصد روغن ماهی) در مطالعه حاضر دانست.

از عوامل مؤثر و تأثیر گذار در پرورش ماهیان مقادیر عددی ضریب تبدیل غذایی است. جیره غذایی مرغوب با ضریب تبدیل مناسب، منجر به کاهش هزینه تولید و به تبع آن، موجب کاهش آلودگی محیط زیست و همچنین، کاهش عفونت های ثانویه خواهد شد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، افزایش معنی دار نرخ رشد ویژه، وزن بدن، نسبت کارایی پروتئین و میزان کارایی چربی در ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی مقادیر یکسان روغن ماهی و روغن کانولا نسبت به دیگر تیمارها، نشان دهنده تأثیر آن در صرفه-جویی منبع پروتئینی است. همچنین، اثرات مثبت افزایش کارایی غذا ناشی از ردیف های n-6 و n-3 اسیدهای چرب، مقدم بر اثرات ناشی از ردیف های n-3 و n-6 به تنهایی بود، به طوری که ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی محتوی روغن ماهی و روغن کانولا (توام)، مقادیر بهینه کارایی غذا را به نمایش گذاشتند. با توجه به نیاز متفاوت ماهیان به چربی در جیره، منابع بهینه انواع چربی جیره علاوه بر تأثیر بر خوش خوراکی آنها، بر خصوصیات فیزیکی، از جمله ترد و شکنندگی دانه های غذا در مقابل فشارهای فیزیکی نیز تأثیرگذار است. در نتیجه، سبب کاهش ضریب تبدیل غذایی می شود. این طور به نظر می رسد که جیره حاوی سطوح و منبع بهینه چربی از مصرف پروتئین در تأمین انرژی جلوگیری می کند. در نتیجه، پروتئین به مصرف رشد حیوان می رسد. این افزایش رشد ماهی متناسب با منبع مناسب چربی، نشان دهنده تأمین بهتر انرژی مورد نیاز فرآیندهای سوخت و سازی است که از طریق ایجاد امکان قرار گرفتن پروتئین در مسیر اصلی خود، بهبود عملکرد رشد جیره های غذایی و در نتیجه، رشد بهتر بچه ماهیان (Zhao et al. 2015) را به دنبال خواهد داشت.

نتایج در مورد تأثیرات استفاده از روغن های گیاهی بر روی شاخص های رشد و تغذیه در ماهیان متناقض است. نیکزاد حسن کیاده و همکاران (۱۳۸۷)، در خصوص جایگزینی روغن های گیاهی با روغن ماهی در جیره بچه فیل ماهیان

به طوری که استفاده از ۵۰٪ روغن کانولا به جای روغن ماهی در بسیاری از شاخص ها اثرات مطلوب تری را در مقایسه با جیره های حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی به همراه داشته است. نتایج در مورد تأثیر استفاده از روغن های گیاهی بر روی شاخص های رشد و تغذیه در ماهیان متناقض است. Drew و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که جایگزینی آرد و روغن ماهی با پروتئین غلیظ شده کانولا و ترکیب کانولا و روغن بذر کتان، بر عملکرد رشد ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) اثر معکوس نداشته و قابلیت جایگزینی با منابع گران قیمت موجود در جیره را دارد. Gordon Bell و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که جایگزینی روغن ماهی با روغن کانولا در تغذیه ماهی آزاد اطلس (*Salmo salar L.*) باعث رشد و بازده غذایی مشابه می شود، بدون اینکه تأثیر منفی بر دستگاه ایمنی ماهی داشته باشد. نتایج مطالعه برزگر و همکاران (۱۳۹۷) و رمجی و همکاران (۱۳۹۷) نیز نشان داد که روغن کانولا قابلیت آن را دارد تا به عنوان جایگزین (جایگزینی ۵۰٪ روغن ماهی با ۵۰٪ روغن کانولا) در جیره غذایی لارو و بچه ماهی قزل آلی رنگین کمان استفاده شود و این امر موجب کاهش قیمت تمام شده غذا شده است. Turchini و همکاران (۲۰۱۱) و همچنین پورحسین سارمه و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که جایگزینی اکثر منابع روغن های گیاهی در غلظت های کمتر از ۱۰۰-۸۰٪ اثرات منفی بر میزان و سرعت رشد گونه های مختلف آبزیان نداشته است. در مطالعه حاضر نیز بالاترین میزان وزن و طول نهایی در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا مشاهده شد. می توان اذعان کرد که نسبت n-6/n-3 جیره غذایی نقش مهمی در افزایش عملکرد رشد ماهی آزاد دریای خزر ایفا می کند. علت آن را احتمالاً می توان در میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع موجود در روغن کانولا دانست. به طور کلی، استفاده از منابع روغن کانولا باعث افزایش نسبت n-6/n-3 در جیره غذایی آبزیان می شوند (پورحسین سارمه و همکاران، ۱۳۹۶).

از طرف دیگر، روغن کانولا دارای مقادیر بالایی از اسید چرب اولئیک است که سبب افزایش مقادیر کلی اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA, Monounsaturated fatty acids) در جیره غذایی می شود. مقدار کل MUFA در جیره های حاوی روغن کانولا در محدوده ای بین ۷۲-۵۵٪ متفاوت است (NRC, 1993).

پرورشی (*Huso huso*) از تیمارهای زیر استفاده کردند: تیمار اول (۵۰٪ روغن ماهی + ۲۵٪ روغن سویا + ۲۵٪ روغن آفتابگردان)، تیمار دوم (۵۰٪ روغن ماهی + ۲۵٪ روغن آفتابگردان و ۲۵٪ روغن کانولا) و گروه شاهد (۱۰۰٪ روغن ماهی). نتایج آنها نشان داد که میانگین وزن نهایی بدن در ماهی های گروه شاهد به طور معنی دار کمتر از دیگر تیمارها بود. این در حالی است که اختلاف معنی داری در دیگر شاخص های رشد شامل درصد افزایش وزن، ضریب چاقی، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد.

Bell و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که جایگزینی روغن ماهی با روغن کانولا برای تغذیه آزاد ماهی باعث رشد و بازده غذایی مشابه می شود. Fukada و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که روغن کانولا قابلیت آن را دارد که به عنوان جایگزین روغن ماهی در جیره ماهی گیش دم زرد ژاپنی (*Seriola quinqueradiata*) استفاده، و موجب کاهش قیمت غذا شود. مطالعه Drew و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که جایگزینی آرد و روغن ماهی با پروتئین غلیظ شده کانولا و ترکیب کانولا و روغن بذر کتان بر عملکرد رشد ماهی قزل آلی رنگین کمان اثر منفی بر جا نمی گذارد و قابلیت جایگزینی با منابع گران قیمت موجود در جیره را دارد. نتایج آنها همسو با نتایج مطالعه حاضر است. همچنین، Asdari و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که امکان جایگزینی روغن ماهی با روغن های گیاهی سویا، خرما و بزرک در رژیم غذایی گربه ماهی راه راه (پنگوسی) (*Pangasius hypophthalmus*) وجود دارد و هیچ اثرات منفی بر عملکرد رشد آنها مشاهده نشده است. در عین حال بیشترین رشد در ماهیان تغذیه شده با روغن سویا مشاهده شد. بر خلاف نتایج حاضر، Zhou و همکاران در سال (۲۰۱۱) هنگام مطالعه روی مارماهی (*Monopterus albus*) گزارش کردند که جیره حاوی روغن سویا تفاوت قابل توجهی از نظر افزایش وزن در مقایسه با جیره حاوی روغن ماهی ایجاد نکرده است. استفاده از منابع روغن گیاهی به جای روغن ماهی در بسیاری از ماهیان دریایی (دارای رژیم گوشت خواری) نیز روند نسبتاً مشابهی را با نتایج مطالعه حاضر نشان داد. عدم اختلاف معنی دار آماری در روند رشد و درصد بازماندگی ماهی با جایگزینی ۶۹٪ روغن کلزا و کنجاله سویا به جای روغن ماهی در تغذیه ماهی سیم دریایی *Sparus*

aurata (Fountoulaki et al. 2009)، جایگزینی روغن سویا تا حد ۸۰-۷۰٪ در ماهی شوریده قرمز (*Sciaenops ocellatus*) (Tucker et al. 1997)، جایگزینی ۶۰٪ با روغن های سویا، کانولا و بزرک در ماهی سیم دریایی و سی باس آسیایی *Lates calcarifer* (Izquierdo et al. 2003) مشاهده شد.

همچنین نتایج مطالعه Bell و همکاران (۲۰۰۳) در ماهی آزاد اطلس، عدم تفاوت معنی دار بر شاخص های رشد، کارایی غذا و ضریب تبدیل غذایی را در جایگزینی روغن های گیاهی (بزرک و کانولا) با روغن ماهی در جیره غذایی آنها نشان داد که با یافته های مطالعه حاضر مطابقت دارد. جمشید پوده و همکاران (۱۳۹۳) هنگام جایگزینی روغن سویا و کانولا در جیره غذایی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus kutum*) گزارش کردند که جایگزینی روغن ماهی به صورت جداگانه، در مقایسه با جیره های مخلوط، تأثیر کمتری بر میزان رشد و بقای این ماهی دارد. آنها بیشترین و کمترین مقادیر بازماندگی را به ترتیب در جیره حاوی روغن سویا و جیره مخلوط روغن سویا و کانولا مشاهده کردند. نتایج مطالعه Guler و Yikdziz (۲۰۱۱) نیز نشان داد که جایگزینی روغن ماهی با روغن بزرک به صورت جزیی و کلی در جیره ماهی قزل آلا تأثیری بر شاخص های رشد و ضریب تبدیل غذایی نداشته است. همچنین، مطالعاتی بر روی چندین گونه از ماهیان شامل مولدین استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) (پورحسین سارمه و همکاران، ۱۳۹۶)، قزل آلی رنگین کمان (Sener and Yeldiz, 2003؛ جرجانی و همکاران، ۱۳۹۳) و آزاد اطلس (Torstensen et al. 2004) انجام شد که نتایج مشابهی در روند رشد و کارایی غذا هنگام جایگزینی روغن های گیاهی با روغن ماهی به همراه داشت. این در حالی است که استفاده از روغن های گیاهی در برخی از ماهیان مانند کاجارا *Pseudoplatystoma* (Martino et al. 2002)، سیم دریایی *coruscans* (Menoyo et al. 2004) و ماهی گیش دم زرد ژاپنی (Fukada et al. 2020) باعث تغییرات معنی دار در رشد این ماهیان شده است. به نظر می رسد که دلیل این نتایج متناقض در جیره غذایی، شرایط و طول مدت پرورش، نوع جیره غذایی، گونه و سن ماهی، مرحله رسیدگی جنسی، قابلیت ماهی در مصرف چربی به عنوان منبع انرژی، در نتیجه ذخیره پروتئین بیشتر باشد. برای مثال ماهی آزاد

با روغن کانولا (۵۰٪ روغن ماهی با ۵۰٪ روغن کانولا) در جیره غذایی بچه ماهی آزاد دریای خزر نه تنها تأثیر منفی بر شاخص های رشد، کارایی تغذیه و درصد بازماندگی بچه ماهی ندارد، بلکه نوید بخش کاهش هزینه تولید غذا، کاهش وابستگی صنعت تولید خوراک آبزیان به تولید و واردات روغن ماهی و نیز تداوم روند رو به رشد صنعت آبزی پروری پایدار در کشور است.

منابع

- برزگر، س.، رمجی، ک.، نجارلشگری، س.، عادل، م.، محمدعلیخانی، م. ۱۳۹۷. تأثیر جایگزینی سطوح مختلف روغن کانولا با روغن ماهی در جیره غذایی بر شاخص های رشد، نرخ بازماندگی و آنالیز لاشه ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انگشت قد. مجله علمی شیلات ایران ۲۷: ۷۷-۸۶.
- پورحسین سارمه، س.، بحری، ا.، فلاحتکار، ب.، یارمحمدی، م.، ستارزاده، ع.ر. ۱۳۹۶. تأثیر روغن های کیلکا و کلزا بر عملکرد رشد مولدین استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). مجله شیلات ۷۰: ۴۱۵-۴۰۷.
- جرجانی، س.، قلیچی، ا.، بغدادی، آ. ۱۳۹۳. اثرهای جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن های گیاهی بر پارامترهای رشد، کارایی غذا و پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهی قزل آلائی رنگین کمان. نشریه توسعه آبزی پروری ۸: ۳۰-۱۳.
- جمشیدپوده، م.، اسماعیلی فریدونی، الف.، اورجی، ح.، جانی خلیلی، ح. ۱۳۹۳. اثرات جایگزینی روغن ماهی جیره با روغن های گیاهی بر شاخص های رشد و بازماندگی بچه ماهیان سفید دریای خزر (*Rutilus kutum*). مجله زیست شناسی ایران ۲۷: ۳۲۹-۳۳۷.
- رضوی صیاد، ب. ۱۳۷۴. ماهی سفید دریای خزر. سازمان شیلات ایران. ۱۶۵ ص.
- رمجی، ک.، برزگر، س.، محمدعلیخانی، م.، نجارلشگری، س.، محمودی، ر. ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف روغن ماهی و روغن کانولا در جیره غذایی بر رشد، بازماندگی و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پروراری. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری ۱۰: ۲۶۳-۲۶۸.

اقیانوس اطلس قابلیت ذخیره سازی پروتئین و استفاده از چربی به عنوان منبع انرژی را دارد، در حالی که در ماهیانی مانند روغن ماهی موری این قابلیت وجود ندارد و هر گونه تغییر در ترکیب اسیدهای چرب جیره با توجه به نقش آن در ساختار سلولی بر روی رشد این ماهیان تأثیر می گذارد (Francis et al. 2007).

نسبت PUFA/SFA شاخص کلیدی و مهم در بررسی ارزش تغذیه ای ماهی است. حداقل میزان توصیه شده نسبت PUFA/SFA برابر ۰/۴۵ است (Kennetg, 1994). در مطالعه حاضر، این نسبت برای تمامی تیمارها بیش از نسبت توصیه شده بود. جیره محتوی ۱۰۰٪ روغن گیاهی، میزان تجمع اسید چرب لینولئیک را به طور معنی دار در جیره و در نتیجه، در بافت ماهی افزایش خواهد داد، در صورتی که میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع مانند EPA و DHA را کاهش داده و این امر موجب کاهش کیفیت محصول تولیدی خواهد شد (جرجانی و همکاران، ۱۳۹۳). از سوی دیگر، جرجانی و همکاران (۱۳۹۳) پیشنهاد کردند که به خاطر حفظ سطوح مناسبی از اسیدهای چرب امگا-۳ نظیر EPA و DHA که در سلامت انسان نیز بسیار مؤثر است، ترکیبی از روغن ماهی با روغن گیاهی به خصوص روغن کانولا و سویا، به لحاظ داشتن مقادیر قابل توجهی از اسیدهای چرب ضروری لینولئیک و لینولئیک، در جیره غذایی ماهی قزل آلا استفاده شود.

در مطالعه حاضر، تغییرات شاخص اقتصادی با افزایش میزان جانمایی روغن ماهی با روغن کانولا از روند افزایشی برخوردار بود. همچنین، نسبت تبدیل اقتصادی همبستگی مثبت با ضریب تبدیل غذایی و همبستگی منفی با نرخ رشد ویژه نشان داد. با توجه به یافته های مطالعه حاضر می توان عنوان کرد که نسبت تبدیل اقتصادی، نشان دهنده کارایی جیره غذایی است، به طوری که همیشه اعمال کمترین هزینه برای جیره غذایی الزاماً بیشترین میزان سود و کارایی را نخواهد داشت و با کاهش میزان رشد از کارایی جیره غذایی کاسته می شود (مینایی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر و نتایج محققان دیگر، استفاده از روغن کانولا به صورت ترکیب با روغن ماهی با توجه به قیمت پایین تر آن نسبت به روغن ماهی و نیز محدودیت استفاده از روغن ماهی در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر توصیه می شود. جایگزینی بخشی از روغن ماهی

مینابی، خ.، ذاکری، م.، غفله مرمزی، ج.، یآوری، و.، موسوی، س.م. ۱۳۹۴. تأثیرات تغذیه‌ای جاننشینی روغن ماهی با روغن کلزا در جیره در غذایی ماهیان جوان کپور معمولی، *Cyprinus carpio* در عملکرد رشد و پارامترهای تغذیه بدن و شاخص اقتصادی جیره. نشریه شیلات ۶۸: ۱۷۵-۱۵۷.

نیکزاد حسن کیاده، م.، خارا، ح.، یزدانی، م. ع.، پرنادآور، ح. ۱۳۸۷. اثرات منابع چربی جیره غذایی بر فاکتورهای رشد، تغذیه و ترکیب اسیدهای چرب لاشه بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*Huso huso*). مجله علوم زیستی ۲: ۸۷-۷۳.

یگانه، س.، شعبانپور، ب.، حسینی، ه.، ایمانپور، م.، شعبانی، ع.، عباسی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی تغییرات فصلی ترکیب شیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*). مجله زیست‌شناسی ایران ۲۵: ۲۹۴-۲۸۶.

Alasalvar, C. 2002. Seafoods: quality, technology and nutraceutical application an overview. In Seafoods-quality, technology and nutraceutical application. ed. Cesarettin Alasalvar and Tony Taylor, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 224 p.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 14th (Eds.), Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 252 p.

Asdari, R., Altyu-Paiko, M., Hashim, R., Rmachanran, S. 2011. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. *Aquaculture Nutrition* 171: 335-354.

Bell, G.J., Mcevoy, J., Tocher, D.R., Mcghee, F., Campell, P.J., Sargent, J.R. 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. *The Journal of Nutrition* 131: 1535-1543.

Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R., Sargent, J.R. 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue FA compositions and hepatic FA metabolism. *The Journal of Nutrition* 132: 222-230.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر.، علیزاده، م. ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه تعیین احتیاجات غذایی فیلماهی از مرحله لاروی تا مرحله عرضه به بازار. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۲۲۴ ص.

محسنی، م.، کرمی نسب، م.، راست روان، م.ا.، گل‌علیپور، ی. ۱۳۹۷. بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر میزان رشد، ترکیب شیمیایی بدن و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله علمی شیلات ایران ۲۸: ۱۷۸-۱۶۵.

محسنی، م.، نجارلشگری، س.، گل‌علیپور، ی.، اسماعیل‌نیا، ر.، مودن‌زاده، ک. ۱۳۹۸. تاثیر سطوح مختلف کولین کلراید بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و آنزیم‌های کبدی خون ماهی آزاد دریای پرورشی خزر. فصلنامه علوم و فنون شیلات ۸: ۱۹۲-۱۸۳.

Bell, J.G., Tocher, D.R., Henderson, R.J., Dick, J.R., Crampton, V.O. 2003. Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *The Journal of Nutrition* 133: 2793-2801.

Bou, M., Berge, G.M., Baeverfjord, G., Sigholt, T., Kari Østbye, T., Romarheim, O.G., Hatlen, B., Leeuwis, R., Venegas, C., Ruyter, B. 2017. Requirements of n-3 very long-chain PUFA in Atlantic salmon (*Salmo salar* L): effects of different dietary levels of EPA and DHA on fish performance and tissue composition and integrity. *British Journal of Nutrition* 117: 30-47.

Drew, M.D., Ogunkoya, A.E., Janz, D.M., 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: 260-268.

Folch, J., Lees, M., Sloan Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509.

Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I.

2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile: Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture* 289: 317-326.
- Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 1582-1591.
- Fukada, H., Taniguchi, E., Morioka, K., Masumoto, T. 2017. Effects of replacing fish oil with canola oil on the growth performance, fatty acid composition and metabolic enzyme activity of juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) (Temminck & Schlegel, 1845). *Aquaculture Research* 48: 5928-5939.
- Fukada, H., Kitagima, R., Shinagawa, J. 2020. Effects of complete replacement of fish oil with plant oil mixtures and algal meal on growth performance and fatty acid composition in juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Fisheries Science* 86: 107-118.
- Guler, M., Yildiz, M. 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 35: 157-167.
- Kennetg, C. 1994. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease: Report of the Cardiovascular Review Group Committee on Medical Aspects of Food Policy (Reports of Health and Social Subjects) by Dept. of Health.
- Hodar, A.R., Vasava, R.J., Mahavadiya D. R., Joshi, N.H. 2020. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology* 23: 13-21.
- Huang, S.S.Y., Fu, C.H.L., Higgs, D.A., Balfry, S.K., Schulte, P.M., Brauner, C.J. 2008. Effects of dietary canola oil level on growth performance, fatty acid composition and ion regulatory development of spring chinook salmon parr, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture* 274: 109-117.
- Izquierdo, M., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., Rosenlund, G. 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition* 9: 397-407.
- Martino, R.C., Cyrino, J.E.P., Portz, L., Trugo, L.C. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Aquaculture* 209: 209-218.
- Menoyo, D., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Gine's, R., Lopez-Bote, C.J., Bautista, J.M. 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soybean oils. *British Journal of Nutrition* 92: 41-52.
- Mohseni, M., Hassani, M.H., Pourali, F.H., Pourkazemi, M., Bai, S.C. 2011. The optimum dietary carbohydrate/lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 737-742.
- Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Rodriguez-Barreto, D., Martínez-Llorens, S., Pérez, J.A., Jover-Cerdá, M., Lorenzo, A. 2018. Replacement of fish oil with vegetable oil blends in feeds for greater amberjack (*Seriola dumerili*) juveniles: Effect on growth performance, feed efficiency, tissue fatty acid composition and flesh nutritional value. *Aquaculture Nutrition* 25: 377-387.
- Mu, H., Wei, C., Xu, W., Gao, W., Zhang, W., Mai, K. 2020. Effects of replacement of dietary fish oil by rapeseed oil on growth performance, anti-oxidative capacity and inflammatory response in large yellow croaker *Larimichthys crocea*. *Aquaculture Reports* 16: 1-9.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient requirements of fish. Washington, DC, National Academy Press, 114 p.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G. 2002. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd edition, Elsevier, USA: 181-257.
- Sener, E., Yildiz, M. 2003. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) juveniles.

- Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 3: 111-116.
- SOFIA. 2008. The state of world fisheries and aquaculture. <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm> [Accessed 2010-02-01].
- Torstensen, B.E., Frøyland, L., Lie, Ø. 2004. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oils-effects on Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissue and lipoprotein composition and lipogenic enzyme activities. *Aquaculture Nutrition* 10: 175-192.
- Tucker, J.R., Lellis, W.A., Vermeer, G.K., Roberts, J.R., Woodward, P.N. 1997. The effects of experimental starter diets with different levels of soybean or menhaden oil on Red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 149: 323-339.
- Turchini, G.M., Francis, D.S. 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition* 102: 69-81.
- Turchini, G.M., Ng, W.K., Tocher, D.R. 2011. Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. CRC Press, Taylor & Francis Group, USA, 541 p.
- Yıldız, M., Eroldoğan, T., Ofori-Mensah, S., Engin, K., Balta, A. 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Aquaculture* 488: 123-133.
- Zhao, J., Wen, X., Li, S., Zhu, D., Li, Y. 2015. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and antioxidants of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador). *Aquaculture* 435: 200-206.
- Zhou, Q.B., Wu, H.D., Zhu, C.S., Yan, X.H. 2011. Effects of dietary lipids on tissue fatty acids profile, growth and reproductive performance of female rice field eel (*Monopterus albus*). *Fish Physiology and Biochemistry* 37: 433-445.