



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 8, No. 2, 2022, pages: 71-80
DOI: 10.22124/janb.2023.23707.1183



The effects of replacing fish oil with corn oil in the diet on the growth performance and biochemical composition of *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) fingerlings

Sayed Mohammad Salavatian^{1*}, Reza Rajabinejad², Shaghayegh Mogaddam², Sayed Afshin Amiri Sendesi¹, Rudabeh Rufchahi¹, Sayed Fakhredin Mirhasheminasab¹, Mehdi Momeni Totkale¹

1- Inland Waters Aquaculture Research center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e Anzali, Guilan, Iran

2- Department of Fisheries, Islamic Azad University, Bandar Anzali Branch, Guilan, Iran

Received 14 April 2022

Revised 20 June 2022

Accepted 21 June 2022

KEYWORDS ABSTRACT

Corn oil
Growth
performance
Replacement
Rutilus kutum

The high price of fish oil increases the cost of fish feed. So, using vegetable oils can significantly reduce its cost. Therefore, this study was investigated the effects of replacing fish oil with corn oil in the diet on the growth performance and biochemical composition of *R. kutum* fingerlings. In this study, twelve 100-L fiberglass tanks were used, each containing 20 fingerlings (6.05 ± 0.6 g in average weight and 7 ± 0.3 cm in average total length). The fish fed with four diets with the same protein, fat and energy including: T₀ (control treatment), 25, 50 and 75% replacement of corn oil (T₁, T₂ and T₃). The fingerlings were fed three times for 8 weeks and based on 3% of body weight. At the end of the experiment, growth rate, physical and chemical characteristics of water and biochemical composition of the carcass were measured. In this study, no statistically significant differences were observed between the treatments in terms of food conversion coefficient, protein efficiency coefficient, specific growth rate, body weight gain, length increase percentage, average daily growth, condition factor, survival rate, initial length, final length, initial weight and final weight ($p > 0.05$). There was also no significant difference between the treatments in terms of carcass moisture and ash ($p > 0.05$). However, significant differences were found in terms of the fish protein and fat among the treatments ($p < 0.05$). Hence, the replacement of corn vegetable oil up to 75% with fish oil does not exhibit any negative effect on the growth performance of *R. kutum*.

*Corresponding author: salavatian_2002@yahoo.com





"مقاله پژوهشی"

اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن ذرت در جیره غذایی بر عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی خون بچه

ماهیان انگشت قد سفید (*Rutilus kutum* (Kamensky, 1901))

سید محمد صلواتیان^۱، رضا رجبی نژاد^۲، شقایق مقدم^۲، سید افشین امیری سندسی^۱، رودابه روفچایی^۱، سید فخرالدین

میرهاشمی نسب^۱، مهدی مومنی توتکله^۱

۱- پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

بندر انزلی، گیلان

۲- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرانزلی، گیلان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵

کلمات کلیدی

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر جایگزینی روغن ماهی با روغن ذرت در جیره غذایی و تأثیر آن بر عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی بچه ماهیان سفید انگشت قد انجام شد. به این منظور، ۲۴۰ عدد بچه ماهیان انگشت قد با میانگین وزنی $6/05 \pm 0/6$ گرم و میانگین درازای کل $7 \pm 0/3$ سانتی‌متر در ۱۲ مخزن با تراکم ۲۰ عدد در هر مخزن و در چهار تیمار مختلف صفر (گروه شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ روغن ذرت با جیره غذایی فرموله شده با درصد پروتئین، چربی و سطح انرژی یکسان در یک دوره هشت هفته‌ای آزمایش شدند. بر اساس نتایج، در تیمارهای مختلف از نظر شاخص‌های ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین، ضریب رشد، افزایش وزن، افزایش درازا، میانگین رشد روزانه، میانگین ضریب چاقی، درصد بازماندگی، درازای نهایی، وزن اولیه و وزن نهایی اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0/05$). همچنین بررسی ترکیب لاشه بچه‌ماهیان نیز بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد رطوبت و درصد خاکستر لاشه اختلاف معنی دار آماری مشاهده نشد ($p > 0/05$)، ولی از نظر درصد پروتئین و درصد چربی لاشه بین کلیه تیمارها اختلاف معنی دار آماری به دست آمد ($p < 0/05$). بنابراین، بر اساس نتایج، جایگزینی تا سطح ۷۵٪ روغن ذرت به جای روغن ماهی در ترکیب جیره بچه ماهیان سفید تأثیر منفی بر عملکرد رشد و بازماندگی ندارد.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان در چند دهه اخیر رشد فزاینده‌ای در میزان تولید محصولات دریایی دیده شده است، اما این مقدار تولید جوابگوی بازار نبوده و موجب کاهش در میزان منابع دریایی در بیشتر نقاط جهان شده است. ماهی سفید از جمله آبیانی است که در چند دهه اخیر به علل مختلف ذخایر آن در دریای خزر تهدید شده است. این ماهی نقش مهمی در سبد صید صیادان از دیرباز تاکنون بر عهده داشته است (Abdolmaleki, 2006). پرورش موفقیت‌آمیز این ماهی به قابلیت دسترسی به غذای مناسب برای تغذیه بستگی دارد تا بتوان سلامت و رشد را به‌خصوص در دوران نوزادی تضمین کرد (Giri et al. 2002).

فرموله کردن و تأمین غذای آبیان پرورشی، کیفیت آب و شیوع انواع بیماری‌ها از جمله مشکلاتی است که در پرورش از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا می‌توان گفت تغذیه در آبی‌پروری از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا نزدیک به ۶۰٪ از هزینه‌های آبیان را هزینه غذا تشکیل می‌دهد (Nafisi Bhabadi, 2007). ثابت ماندن میزان تولید جهانی آبی‌پروری مستلزم تأمین نهاده‌های ضروری لازم برای تولید غذایی ماهیان پرورشی است که به دلیل کافی نبودن ذخایر منابع زنده دریایی که قابلیت تبدیل به آرد ماهی و روغن ماهی را داشته باشند. لذا چنانچه جایگزین مناسبی برای آنها تعیین نشود، در آینده با کاهش تولید خوراک آبیان و بالطبع نقصان تولید آبیان مواجه خواهیم شد. همچنین، چنانچه جایگزین‌های آرد ماهی در غذای آبیان از اقلام گران قیمت تأمین شود، با افزایش قیمت تمام شده محصول تولیدی، بر روی میزان مصرف اثر منفی خواهد گذاشت (Ljubojevic et al. 2015). تولید جهانی آرد ماهی در سال ۲۰۱۲ میزان ۶/۵-۶ میلیون تن بود. تخمین زده می‌شد که هم اکنون ۲۵٪ آرد ماهی تولیدی در جهان از ضایعات فرآوری ماهی خوراکی برای انسان تهیه شود و باید ظرف مدت ۳۰ سال آینده درصد آرد ماهی با کیفیت از کل آرد ماهی تولیدی سالانه ۸ تا ۵۰٪ افزایش یابد (FAO, 2021).

رایج‌ترین روغن‌های گیاهی که در صنایع تولید غذای آبیان دنیا استفاده می‌شوند، عبارت است از روغن نخل، روغن سویا، روغن کلزا، روغن ذرت، روغن زیتون، روغن آفتاب‌گردان

و روغن بذر کتان که می‌توان از آنها به‌عنوان جایگزین روغن ماهی استفاده کرد. فرآورده‌های با منشأ حیوانی توازن اسید آمینه بهتری دارند و می‌توانند مواد معدنی ضروری و ویتامین-های مورد نیاز بدن را تأمین کنند.

امروزه با توجه به محدودیت‌های منابع، سعی شده از منابع پروتئینی گیاهی که بیشتر فرآورده‌های فرعی دانه‌های روغنی هستند، اما از لحاظ توازن اسیدهای آمینه نسبت به منابع حیوانی، منابع فقیرتری هستند، استفاده شود (Shafaipour et al. 2010). در مجموع، می‌توان گفت که برای تأمین نیاز رو به افزایش مصرف ماهی و کاهش قیمت گوشت آن و تشویق بیشتر جامعه به مصرف آن و همچنین، سهولت دسترسی به روغن‌های گیاهی، قیمت پایین‌تر و نیز پایداری بیشتر این روغن‌ها در مقایسه با روغن ماهی باعث شده است که روغن‌های گیاهی از جمله روغن ذرت مستعد جایگزینی مناسب به جای روغن ماهی در صنعت تولید خوراک آبیان باشند. همچنین بسیاری از روغن‌های گیاهی دارای توان بالقوه‌ای برای جبران و برآورده کردن نیازهای تغذیه‌ای و سوخت و ساز ماهیان هستند (Shafaipour et al. 2010). همچنین، با استفاده از این روغن می‌توان هزینه تهیه خوراک را نیز کاهش داد و از مزایای اقتصادی پرورش دام و طیور بیشتر استفاده کرد. قیمت یک لیتر روغن ذرت در بازارهای جهانی معادل ۵۵۰۰۰ تومان است (FAO, 2021). حال با توجه به اهمیت جایگزینی منابع گیاهی در جیره غذایی آبیان و اینکه مطالعات کمی در خصوص جایگزینی روغن ماهی با روغن ذرت در جیره غذایی بچه-ماهیان سفید انگشت قد صورت گرفته است، مطالعه حاضر با هدف بررسی رشد و تغذیه بچه‌ماهیان سفید و ارزیابی شاخص‌ها (نرخ رشد، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، میزان ماندگاری) انجام شده است. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در افزایش توان تولید، کاهش هزینه‌های پرورش دهندگان و کاهش قیمت تمام شده ماهی سفید مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبیان (ساحل غازیان) پژوهشکده آبی‌پروری آبهای داخلی بندر انزلی در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این تحقیق

با دقت ۰/۱ سانتی متر زیست‌سنجی شد (Ebrahimi et al. 2005).

فراسنجه‌های رشد مانند درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب بازده پروتئین، ضریب چاقی و نرخ بازماندگی بچه‌ماهیان سفید بر اساس فرمول‌های ریاضی محاسبه شدند (Luo et al. 2012).

فراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و pH با استفاده از دستگاه دیجیتال WTW (multi SET/340i) ساخت آلمان و دما با دماسنج الکلی به طور روزانه اندازه‌گیری شدند. میانگین دما، اکسیژن محلول آب و pH به ترتیب $1/93 \pm 24/11$ درجه سانتی‌گراد، $0/29 \pm 7/56$ میلی‌گرم در لیتر، 11 ± 498 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و $0/46 \pm 7/39$ بودند.

در انتهای دوره تعداد ۸ عدد بچه ماهیان سفید انگشت قد از هر تکرار (مجموعاً ۲۴ عدد از هر تیمار) به صورت کاملاً تصادفی انتخاب، و پس از سر و دم‌زنی به کمک چرخ گوشت چرخ شده و پس از بسته بندی در ظروف دربسته به صورت منجمد برای انجام آزمایش‌های سنجش بیوشیمیایی لاشه به آزمایشگاه سنجش لاشه ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان منتقل، و شاخص‌های بیوشیمیایی نمونه‌ها شامل اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر محاسبه شدند (AOAC, 2005).

نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به-کار برده شد. ابتدا آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها به کار برده شد. سپس برای داده‌های نرمال از آزمون واریانس یک‌طرفه برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه‌ای و از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۰/۰۵٪ برای جداسازی گروه‌های همگن استفاده شد. همچنین، از آزمون غیرپارامتریک کروسکال-والیس برای داده‌های غیرنرمال و از من-ویتنی یو تست در سطح اطمینان ۰/۰۵٪ برای مقایسه جفتی استفاده شد.

۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی سفید (*Rutilus frisii*) با میانگین وزنی $0/6 \pm 6/05$ گرم و میانگین درازای کل $0/3 \pm 7$ سانتی‌متر در چهار تیمار مختلف صفر (گروه شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ روغن ذرت با جیره غذایی فرموله شده با درصد پروتئین، چربی و سطح انرژی یکسان آزمایش شدند. برای اجرای این پروژه، از ۱۲ عدد مخزن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری که در هر مخزن تعداد ۲۰ قطعه بچه ماهیان سفید ریخته شده بود، استفاده شد. مخازن در ابتدا شسته شده و سپس آب شهر کلرزدایی شده به طور یک طرفه وارد مخازن شده و از خروجی مرکزی تخلیه شد. داخل هر مخزن یک عدد سنگ هوا کار گذاشته شد که توسط شیلنگ هوادهی به کمپرسور هوای مرکزی متصل بود تا اکسیژن تأمین شود. روزانه ۵۰٪ آب تعویض شد. دوره نوری به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم شد. جیره پایه براساس فرمولاسیون غذایی ارایه شده توسط همکاران ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان پژوهشکده طراحی شد. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره-های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده اند. بعد از توزین، مواد خام پر حجم باهم و سپس با مواد کم حجم جیره به وسیله همزن برقی مخلوط شدند تا جیره به صورت همگن در آید. برای تأمین نیازهای ماهیان از مکمل‌های ویتامینه و مکمل-های معدنی استفاده شد. سپس با افزودن آب مقطر و مخلوط کردن مجدد، ترکیب به حالت خمیری درآمد. خمیر حاصل به کمک چرخ گوشت به صورت رشته‌های ماکارونی (پلت) در آمده و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. پس از خشک شدن، پلت‌ها در ظروف شیشه‌ای به طور جداگانه ریخته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری شدند. بچه‌ماهیان سفید به مدت ۸ هفته و بر اساس ۰/۳٪ وزن بدن در سه نوبت (۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ عصر) تغذیه شدند.

برای تعیین توده زنده هر یک از مخازن، در ابتدا، میانه و انتهای آزمایش، همه بچه‌ماهیان سفید با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و درازای کل آنها به وسیله کولیس

جدول ۱ اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی بچه ماهیان سفید.

سطح روغن ذرت (%)				ترکیبات جیره (%)
۷۵	۵۰	۲۵	صفر (شاهد)	
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	آرد ماهی
۹	۹	۹	۹	آرد ذرت
۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	آرد سویا
۷	۷	۷	۷	آرد گندم
۵	۵	۵	۵	مخمر
۱/۷۵	۳/۵	۵/۲۵	۷	روغن ماهی
۵/۲۵	۳/۵	۱/۷۵	۰	روغن ذرت
۲	۲	۲	۲	مواد معدنی
۲	۲	۲	۲	مواد ویتامینی

سنجش جیره‌های آزمایشی: پروتئین خام ۴۲/۱۲، چربی خام ۱۲، فیبر خام ۱/۹۶، خاکستر ۷/۶۵، انرژی ۴۵۶۰ (کیلوکالری بر کیلوگرم).

نتایج

کارایی پروتئین، نرخ رشد ویژه، افزایش وزن بدن، درصد افزایش طول، میانگین رشد روزانه، ضریب چاقی، درصد زنده ماندی، درازای اولیه، درازای نهایی، وزن اولیه و وزن نهایی (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نمی‌شود ($p > 0.05$).

نتایج به دست آمده از آزمون آماری فراسنجه‌های رشد بچه- ماهیان سفید در تیمارهای تغذیه ای در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر ضریب تبدیل غذایی، ضریب

جدول ۲ اثرات سطوح جایگزینی روغن ذرت بر عملکرد رشد بچه ماهیان سفید در مدت ۸ هفته.

سطح روغن ذرت (%)				فراسنجه‌های رشد
۷۵	۵۰	۲۵	صفر (شاهد)	
۱/۱۷ ± ۰/۱	۱/۱۶ ± ۰/۰۹	۱/۱۶ ± ۰/۰۴	۱/۳۱ ± ۰/۲۲	وزن اولیه (گرم)
۲/۵۹ ± ۰/۲۷	۲/۱۰ ± ۰/۲۳	۲/۳۷ ± ۰/۱۴	۲/۴۷ ± ۰/۲۳	وزن نهایی (گرم)
۴/۹۸ ± ۰/۲۶	۴/۷۲ ± ۰/۲۵	۵/۰۲ ± ۰/۰۸	۵/۱۵ ± ۰/۳۶	درازای اولیه (سانتی متر)
۶/۶۴ ± ۰/۳۲	۶/۰۹ ± ۰/۳۱	۶/۴۹ ± ۰/۰۹	۶/۳۰ ± ۰/۳۷	درازای نهایی (سانتی متر)
۱/۴۲ ± ۰/۳۱	۰/۹۴ ± ۰/۲۲	۱/۲۱ ± ۰/۱۴	۱/۱۵ ± ۰/۲۰	افزایش وزن بدن (درصد)
۱/۲۴ ± ۰/۲۴	۰/۹۲ ± ۰/۱۷	۱/۱۱ ± ۰/۰۹	۰/۹۹ ± ۰/۲۱	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)
۳/۱۱ ± ۰/۵۷	۴/۱۸ ± ۰/۵۰	۳/۵۷ ± ۰/۵۳	۴/۰۸ ± ۰/۷۸	ضریب تبدیل غذایی
۱/۹۲ ± ۰/۵۵	۱/۲۶ ± ۰/۳۲	۱/۶۲ ± ۰/۱۹	۱/۴۱ ± ۰/۳۸	میانگین رشد روزانه (گرم در روز)
۰/۷۸ ± ۰/۱۶	۰/۵۸ ± ۰/۰۷	۰/۶۸ ± ۰/۱۱	۰/۶۰ ± ۰/۱۱	ضریب کارایی پروتئین
۰/۸۸ ± ۰/۰۷	۰/۹۵ ± ۰/۲۱	۰/۸۷ ± ۰/۰۹	۰/۹۹ ± ۰/۰۸	ضریب چاقی (درصد)
۹۶/۶۷ ± ۲/۸۹	۹۱/۶۷ ± ۵/۷۷	۹۷/۵۰ ± ۳/۵۴	۹۳/۳۳ ± ۷/۶۴	زنده ماندی (درصد)

پروتئین و درصد چربی لاشه (جدول ۳) بین تمام تیمارها اختلاف معنی دار آماری مشاهده شد ($p < 0.05$).

نتایج سنجش لاشه ماهیان نشان داد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد رطوبت لاشه و درصد خاکستر اختلاف معنی دار آماری وجود ندارد ($p > 0.05$)، ولی از نظر درصد

جدول ۳ اثرات سطوح جایگزینی روغن ذرت بر ترکیب لاشه بچه ماهیان سفید در مدت ۸ هفته.

فراسنجه‌ها (/.)	سطح روغن ذرت (/.)			
	۷۵	۵۰	۲۵	صفر (شاهد)
پروتئین	۶۰/۹۹ ± ۰/۳۹ ^{ab}	۵۹/۶۹ ± ۰/۴۵ ^a	۶۲/۹۷ ± ۰/۴۵ ^c	۶۱/۳۴ ± ۰/۷۳ ^b
چربی	۳۴/۴۱ ± ۰/۲۳ ^b	۳۱/۲۹ ± ۰/۵۸ ^a	۳۶/۴۵ ± ۰/۴۱ ^c	۳۶/۷۸ ± ۰/۵۲ ^c
خاکستر	۷/۶۵ ± ۰/۳۵ ^a	۷/۴۲ ± ۰/۴۵ ^a	۸/۵۱ ± ۰/۳۷ ^a	۷/۹۷ ± ۰/۶۷ ^a
رطوبت	۷۰/۰۱ ± ۰/۵۳ ^a	۶۹/۳۲ ± ۰/۸۳ ^a	۶۹/۹۶ ± ۱/۴۵ ^a	۷۰/۴۹ ± ۰/۶۳ ^a

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p < 0.05$).

تولید آرد و روغن ماهی مصرف می‌شود (NRC, 2011). لذا جایگزینی روغن ماهی با منابع مختلف روغن‌های گیاهی در جیره غذایی ماهیان پرورشی به یک ضرورت تبدیل شده است و همواره راه‌حلی نیز برای کاهش هزینه‌های تمام شده تغذیه آبزیان پرورشی ارائه شده است که از نمونه‌های آن می‌توان به استفاده از ترکیبات گیاهی مانند روغن ذرت در تغذیه اشاره کرد.

با وجود اثراتی که برای روغن ذرت به عنوان غذای جایگزین آبزیان در نظر گرفته شده است، تحقیقات در این زمینه هنوز در آغاز راه خود قرار داشته و تاکنون تحقیق جامعی در این زمینه بر روی بچه‌ماهیان سفید انگشت قد انجام نشده است. نتایج سنجش شاخص‌های رشد پس از ۸ هفته تغذیه در ماهیان سفید انگشت قد نشان داد که استفاده از سطوح مختلف ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ روغن ذرت تأثیر معنی داری بر میزان هر یک از شاخص‌های نرخ کارایی پروتئین، ضریب رشد ویژه، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، افزایش درازا، درصد افزایش درازا، رشد روزانه، ضریب چاقی، درصد بازماندگی، درازای اولیه، درازای نهایی، وزن اولیه و وزن نهایی نداشته است. پایین بودن ضریب تبدیل غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده اقتصادی در پرورش آبزیان محسوب می‌شود، زیرا سبب کاهش هزینه‌های غذایی و غذاهای شده و از افت فراسنجه‌های کیفی آب جلوگیری می‌کند (Falahatkar et al. 2007). در این تحقیق، بین تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ از

آزمون واریانس یک‌طرفه مشخص کرد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد پروتئین لاشه اختلاف معنی دار آماری وجود دارد ($p < 0.05$). بر اساس آزمون چند دامنه توکی، بین تیمارهای زیر به صورت جفتی اختلاف معنی دار آماری مشاهده شد (تیمار ۲- شاهد)، (تیمار ۲- تیمار ۱)، (شاهد- تیمار ۱). همچنین، با توجه به آزمون واریانس یک طرفه انجام شده مشخص شد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد چربی لاشه اختلاف معنی دار آماری مشاهده می‌شود ($p < 0.05$). بر اساس آزمون چند دامنه توکی، بین تیمارهای ۲-۳، ۱-۲، ۲-۳، شاهد، ۱-۳ و تیمار ۳- شاهد اختلاف معنی دار آماری مشاهده شد.

بحث

همان‌طور که می‌دانیم هزینه غذا در امر پرورش آبزیان به طور معمول بیش از ۶۰٪ کل هزینه‌ها را شامل می‌شود. لذا پرورش موفقیت آمیز آبزیان در گروهی تهیه جیره‌های مناسب مطابق با احتیاجات آبزیان است، به طوری که جیره قادر باشد کلیه نیازمندی‌های آبی را در شرایط مختلف محیطی تأمین کند (Webster et al. 1997). همچنین، از آنجا که در آبی-پروری برای تولید غذای تجاری، آرد و روغن ماهی مصرف می‌شود، مطالعات در مورد ده گونه پرورشی نشان داده که به طور میانگین برای تولید یک کیلوگرم ماهی پرورشی که برای غذای تجاری پرورش می‌یابد تقریباً ۱/۹ کیلوگرم ماهی، برای

نسبت به نمونه شاهد می‌توان گفت که نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج Santigosa و همکاران (۲۰۰۸) همسو نیست، زیرا آنان در جایگزینی آرد ماهی با منابع گیاهی در جیره ماهیان قزل آلا رنگین کمان و سیم دریایی گزارش کردند که فعالیت آنزیم پروتئاز با افزایش سطح جایگزینی اقلام گیاهی کاهش یافته و در نتیجه، محدودیت در فرآیند هضم پروتئین‌ها و جذب اسیدهای آمینه ضروری، منجر به کاهش چشم‌گیر رشد در تیمار جایگزینی کامل آرد ماهی با اقلام گیاهی شده است. نتایج در مورد تأثیرات استفاده از روغن‌های گیاهی بر روی رشد در ماهیان بسیار متناقض است. برای مثال نتایج مشابه با تحقیق حاضر در برخی از مطالعات در مورد آزاد اطلس (Rouselund et al. 2001)؛ و ماهی قزل‌آلا (Caballero et al. 2002) مشاهده شده است، در حالی که استفاده از روغن‌های گیاهی در برخی از ماهیان مانند کاجارا (Martino et al. 2006) و سیم دریایی (*Sparus auratus*) (Menoyo et al. 2004) باعث تغییرات معنی‌دار در رشد این ماهیان شده است. به نظر می‌رسد که دلیل این نتایج متناقض در قابلیت هضم آنها در مصرف چربی به عنوان انرژی و در نتیجه، ذخیره پروتئین بیشتر است. برای مثال، ماهی آزاد اقیانوس اطلس قابلیت ذخیره سازی پروتئین و استفاده از چربی به عنوان منبع انرژی را دارد، در حالی که در ماهیانی مانند کاد موری (Murry cod) این قابلیت وجود ندارد (Francis et al. 2007) و هر گونه تغییر در ترکیب اسیدهای چرب جیره با توجه به نقش این اسیدهای چرب در ساختار یاخته‌ای بر روی رشد ماهیان تأثیر می‌گذارد. ترکیبات چربی مهمترین جنبه کیفیت غذایی ماهی بوده که بسته به نوع تغذیه ماهی دچار تغییر می‌شود (Medina et al. 1995). در سنجش لاشه بچه‌ماهیان سفید بر اساس درصد چربی لاشه، تیمار ۲ با تیمار ۱ و تیمار ۳ و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد و تیمار شماره ۳ نیز با تیمار ۱ و نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود. به عبارت دیگر، بالاترین میزان چربی در نمونه شاهد و پائین‌ترین آن در تیمار شماره ۲ به دست آمد. همان‌طور که می‌دانیم چربی در جیره غذایی ماهی نه تنها یک منبع انرژی

نظر شاخص ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، زیرا همان‌طور که می‌دانیم، ترکیب شیمیایی بدن آبزیان به عوامل مختلفی شامل گونه، دمای آب، ژنتیک، وزن و مرحله رشد، نوع غذا، ترکیب جیره، نحوه و میزان غذادهی بستگی دارد که در هر یک از مراحل رشد متفاوت خواهد بود. بالاترین میزان ضریب تبدیل غذایی در این تحقیق مربوط به نمونه شاهد و پایین‌ترین آن در تیمار جایگزین ۷۵٪ به ثبت رسید. می‌توان گفت که عوامل مختلفی در میزان ضریب تبدیل غذایی مؤثر است، از جمله تعداد دفعات تغذیه (Aderolu et al. 2010)، کیفیت جیره غذایی، فراسنجه-های محیطی مانند دما و اکسیژن محلول (Barrows et al. 2007) که در این تحقیق نیز دلیل آن را می‌توان به کیفیت متفاوت جیره غذایی و فراسنجه‌های فیزیکی آب مخازن مورد آزمایش مربوط دانست. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بالاترین میانگین شاخص‌های نرخ کارایی پروتئین، ضریب رشد ویژه، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، افزایش درازا، درصد افزایش درازا، رشد روزانه، درازای نهایی، وزن اولیه و وزن نهایی در تیمار ۳ (جایگزینی ۷۵٪) مشاهده شد که بالاتر از نمونه شاهد است و شاخص ضریب چاقی نیز در تیمار شماره ۲ (جایگزینی ۵۰٪) بالاتر از نمونه شاهد است. به عبارت دیگر بین تیمارهای مورد بررسی از نظر شاخص-های فوق اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. طبق گزارش Morales و همکاران (۱۹۹۴) بهبود عملکرد در انرژی خام محتوای جیره، موجب بهبود در عملکرد جذب انرژی قابل هضم در بدن، افزایش تثبیت انرژی و به طبع آن باعث افزایش رشد ماهی می‌شود. Mourente و Bell (۲۰۰۶) اثر جایگزینی جزئی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی شامل کانولا، روغن بزرگ و روغن خرما در جیره سی باس دریایی (*Dicentrarcus labrax*) را بر شاخص‌های رشد، تغذیه ای و ترکیب اسید چرب بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که ماهیان تغذیه شده با ۶۰٪ روغن گیاهی، شاخص کبدی پائین‌تری نسبت به ماهیان تغذیه شده با ۱۰۰٪ روغن ماهی و مخلوط ۴۰٪ روغن ماهی به علاوه ۶۰٪ روغن گیاهی داشتند، هرچند که نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی بین تیمارهای مختلف هیچ اختلافی نداشته است. با توجه به بالا بودن ضریب رشد و میانگین رشد در تیمار ۳ (جایگزینی ۷۵٪)

دلیل عدم تعادل، سرعت رشد نوزادان را ایجاد نکرده و در نتیجه، بچه‌ماهیان در زمان مناسب به وزن رهاسازی نمی‌رسند. حتی این مسئله می‌تواند در رهاسازی بچه‌ماهیان به رودخانه‌ها باعث ایجاد مشکلات بعد از رهاسازی مانند عدم توانایی در سازگاری‌های لازم برای تنظیم فشار اسمزی و کاهش مقاومت بچه‌ماهیان به انواع عفونت‌های انگلی و باکتریایی برای ورود به دریا شود. از طرفی هر چند در سال‌های اخیر بواسطه نوسانات قیمت نهاده‌های کشاورزی در بخش آبروی‌پروری تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است، اما تاکنون تحقیقات جامعی در خصوص تأثیر روغن ذرت و جایگزینی آن در جیره غذایی بچه‌ماهیان سفید انجام نشده است. لذا امید است نتایج حاصل از این تحقیق در کنار دیگر نتایج مشابه کاربردی بتواند تأثیری بر تهیه غذای فرموله بهینه و مقرون به صرفه داشته باشد. برای جایگزینی روغن ماهی با دیگر منابع روغنی، تعادل مناسب اسیدهای چرب ضروری برای تأمین رشد بهینه و ایجاد مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و استرس‌های محیطی ضروری است. جایگزینی روغن ماهی به صورت جزئی و کلی با روغن‌های گیاهی با وجود کاهش معنی‌دار قیمت تمام شده ماهی و غذا می‌تواند بر سلامت ماهی و کیفیت فیله تأثیر بگذارد. از طرفی گونه پرورشی، اندازه گونه، مدت دوره پرورش، شرایط محیطی، رفتارهای تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک گونه، منابع پروتئین گیاهی به کار رفته در جیره و میزان سطوح آنها نیز می‌توانند مؤثر واقع شوند. با توجه به این که در تحقیق حاضر شاخص‌های رشد و تغذیه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف غذایی نشان ندادند به نظر می‌رسد که بهترین وضعیت را تیمار غذایی با ۲۵٪ جایگزینی روغن ماهی با روغن ذرت داشته باشد، اما با توجه به روند تغییرات فراسنجه‌های رشد و بررسی مطالعات انجام شده احتمالاً در صورت افزایش دوره پرورش، کاهش معنی‌داری را در شاخص‌های رشد در تیمارهایی با درصد جایگزینی بیشتر از این تیمار و نمونه شاهد روبرو خواهیم بود که احتمالاً ناشی از بهم خوردن تعادل اسیدهای چرب ضروری و تأمین نشدن کامل نیازهای اسیدهای چرب بدن است. نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی روغن ذرت تا سطح ۷۵٪ به جای روغن ماهی در جیره بچه‌ماهیان سفید بر شاخص‌های رشد آن تأثیر منفی ندارد.

است، بلکه نقش مهمی در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک بدن دارد. این اسیدهای چرب، به خصوص اسیدهای چرب ضروری در تکامل جنینی، تخم‌ریزی، دستگاه ایمنی، عکس-عمل‌های استرسی و در مکانیسم تطابق نقش بسیار مهمی دارند (Sargent et al. 2002; Sargent et al. 2003). در سنجش لاشه بچه‌ماهیان سفید بر اساس درصد پروتئین که عامل مهمی برای بیان کیفیت گوشت و تعیین خواص کاربردی آن محسوب می‌شود (Razavi Shirazi, 2001)، می‌توان گفت که تیمار ۲ با تیمار ۱ و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری داشته و نمونه شاهد نیز با تیمار شماره ۱ دارای اختلاف معنی‌دار آماری است. بالاترین میزان پروتئین در نمونه شماره ۱ و پائین‌ترین در تیمار شماره ۲ به ثبت رسید. بالا بودن شاخص‌های کارایی پروتئین در جایگزینی ۲۵٪ با سطح بالاتر روغن ماهی نسبت به دیگر تیمارها می‌تواند انعکاسی از تعادل مناسب اسیدهای آمینه (Zhou et al. 2005) و پروفیل مناسب اسیدهای چرب ضروری (Huntingford et al. 2011) در روغن ماهی در این تیمار نسبت به منابع پروتئین‌های گیاهی باشد. نتیجه این شاخص متفاوت از نتایج Javid Rahmdel و همکاران (۲۰۱۸) است. آنها نشان دادند که کنجاله آفتابگردان را می‌توان بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد، کارایی رشد و ترکیب بدن تا سطح ۷۵٪ جایگزین آرد ماهی بچه‌ماهیان انگشت‌قد کپور معمولی کرد. در سنجش لاشه بچه‌ماهیان سفید بر اساس میزان درصد شاخص‌های رطوبت و خاکستر نیز بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. عنوان شده است که در بدن ماهیان رابطه معکوسی بین میزان چربی و رطوبت وجود دارد (Vargas et al. 2008). در تحقیق حاضر نیز بیشترین میزان چربی در گروه شاهد به دست آمد و کمترین میزان رطوبت نیز در تیمار ۲ (جایگزین ۵۰ درصد) مشاهده شد. لذا می‌توان گفت که یافته‌های این تحقیق مؤید رابطه بالاست.

متأسفانه تا به امروز اطلاعات بسیار محدودی در زمینه نیازهای تغذیه‌ای نوزاد و بچه‌ماهیان سفید دریای خزر وجود داشته و به همین دلیل برای تغذیه آنها در مراکز تکثیر از غذای دستی یا کارخانه‌ای که عمدتاً نیازهای دقیق نوزادان در آنها مشخص نشده است، استفاده می‌شود. این جیره‌ها به

منابع

- Abdolmaleki, S.H. 2006. Trends in stocks fluctuation of *Rutilus frissi kutum* in Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal 15: 87-100.
- Aderolu, A.Z., Seriki, B.M., Apatira, A.L., Ajaegbo, C.U. 2010. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and economic viability of rearing African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerlings and juveniles. African Journal of Food Science 4: 286-290.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Barrows, F.T., Stone, D.A.J., Hardy, R.W. 2007. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 265: 244-252.
- Caballero, M., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 214: 253-271.
- Ebrahimi, A. Pourreza, J. Panamaryov, S. Kamali, A., Hosseini, A. 2005. Effect of Different Levels of Protein and Fat on Growth characters and Chemical Composition of Fingerling Beluga (*Huso huso* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 2: 241-229.
- Falahatkar, B. Soltani, M. Abtahi, B. Kolbasi, M. Pourkazmi, M. Yasemi, M. 2007. The effect of vitamin C on some growth parameters, survival rate and liver index in young farmed *Huso huso* fish. Pazhuhesh and Sazandegi 72: 103-98.
- FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Year book. Fishery and Aquaculture. Roma. 105 p.
- Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L., De Silva, S.S. 2007. Growth performance, feed efficiency and fatty acid composition of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*, fed graded levels of canola and linseed oil. Aquaculture Nutrition 13: 335-350.
- Giri, S.S., Sahoo, S.K., Sahu, B.B., Sahu, B.B., Mohanty, S.N., Mukhopadhyay, P.K., Ayyappan, S. 2002. Larval survival and growth in *Wallago attu* (Bloch and Schneider): effects of light, photoperiod and feeding regimes. Aquaculture 213: 151-161.
- Huntingford, F., Jobling, M., Kadri, S. 2011. Aquaculture and behavior. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 358 p.
- Javid Rahmdel, K., Alaf Noviryan, H., Falahatkar, B., Babakhani Leshkan, A. 2018. The effect of replacing fish meal with sunflower meal on the growth indices and body composition of fingerling common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Scientific Fisheries Journal 26: 25-36.
- Ljubojevic, D., Radosavljevic, V., Puvaca, N., Zivkov, Balos, M., Dorpevic, V., Jovanovic, R., Cirkovic, M. 2015. Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Journal of Food Composition and Analysis 37: 44-50.
- Luo, Z., Lio, C.X., Wen, H. 2012. Effect of dietary fish meal replacement by canola meal on growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in fresh water. Journal of the World Aquaculture Society 43: 670-678.
- Martino, R.C., Cyrino, J.E.P., Portz L., Trugo, L.C. 2006. Performance and fatty acid composition of surubim

- (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture* 209: 233-246.
- Medina I., Sacchi R., Aubourg S. 1995. A ¹³C-NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 69: 445-450.
- Menoyo, D., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Gines, 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 soyabean oils. *British Journal of Nutrition* 92: 41-52.
- Mourente, G., Bell, J.G. 2006. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long-term growth study: effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comparative Biochemistry and Physiology* 145B: 389-399.
- Nafisi Bhabadi, M. 2007. Scientific guide to reproduction and breeding of rainbow trout. Hormozgan University Press, 286 p.
- NRC. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academic Press, Washington, DC, USA, 392 p.
- Razavi-Shirazi, H. 2002. Marine Products Technology. Processing Science. Vol.2. Naghshe Mahr press, first edition, Tehran. 292 p. (In Farsi).
- Rosenlund, G., Obach, A., Sandberg, M.G., Standal, H., Tveit, K. 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Research* 32: 1-7.
- Santigosa, E., Sánchez, J., Médale, F., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 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* 282: 68-74.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd edition. Academic Press, San Diego, 181-257.
- Shafaipour A., Yavari, V., Ghafele Marmazhi, J., Falahatkar, B., Gurjipour, A. 2010. Investigating the effects of different levels of canola meal on growth, carcass composition and biochemical parameters in rainbow trout. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 18: 81-100.
- Torstensen, B.E., Espe, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagbø, R., Hemre, G.I., Berntssen, M.H.G. 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture* 285: 193-200.
- Vargas, R.J., Guimarães de Souza, S.M., Kessler, A.M., Baggio, S.R. 2008. Replacement of fish oil with vegetable oils in diets for jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard 1824): effects on performance and whole-body fatty acid composition. *Aquaculture Research* 39: 657-665.
- Webster, C.D., Tiu, L.G., Tidwell, J.H., Grizzle, J.M. 1997. Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola oil. *Aquaculture* 150: 103-112.
- Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P., Liu, Y.J. 2005. Partial replacement of fish meal by soybean meal in diets for juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition* 11: 175-182.