University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 9, No. 1, 2023, pages: 53-62
DOI: 10.22124/janb.2023.24918.1211

Effects of replacing dietary fish oil with canola oil on the growth performance and carcass biochemical composition in common carp, *Cyprinus carpio* fingerlings

Seyed Mohammad Salavatian*[1], Reza Rajabinejad[2], Babak Pourshafiei Sigalani[2], Reza Taati[3], Seyed Reza Salavatian[4], Seyed Afshin Amiri Sendesi[1], Maryam Hasani Mogaddam[1]

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

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

3- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran

4- Mehrayin University, Bandar Anzali Branch, Bandar Anzali, Iran

Received 19 December 2022 Revised 18 March 2023 Accepted 14 April 2023

KEYWORDS

Canola oil

Replacement

Growth

Common carp

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of replacing fish oil with canola oil in the diet on the growth performance and biochemical composition of common carp fingerlings. To carry out this study, a total number of 180 common carp fingerlings were introduced in twelve 100-L fiberglass tanks with an average weight of 4.07 ± 0.7 g and an average total length of 7 ± 3 cm. Four diets with the same protein, fat and energy levels were formulated. Canola oil was replaced with fish oil at four levels of 0, 25, 50 and 75%. Fingerlings were fed three times a day for 8 weeks based on 3% of body weight. At the end of the experiment, growth indices, and carcass biochemical composition was measured. Based on the obtained results, no significant differences were observed among the treatments in terms of food conversion ratio, protein efficiency ratio, specific growth rate, body weight gain, total length increase, average daily growth, condition factor, survival rate, final length, and final weight ($p>0.05$). The results of carcass composition also showed that there was no significant difference in the carcass moisture content between the treatments ($p>0.05$). However, significant differences were recorded in the contents of protein, ash and fat ($p<0.05$). According to the findings, different levels of canola oil in the diet did not affect the growth performance and carcass composition in the common carp fingerlings.

*Corresponding author: salavatian_2002@yahoo.com

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال نهم، شماره یکم، فروردین ۱۴۰۲، صفحات ۶۲-۵۳

DOI: 10.22124/janb.2023.24918.1211

"مقاله پژوهشی"

اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن کانولا در جیره غذایی بر عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه بچه‌ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

سید محمد صلواتیان[۱]، رضا رجبی نژاد[۲]، بابک پورشفیعی صیقلانی[۲]، رضا طاعتی[۳]، سید رضا صلواتیان[۴]، سید افشین امیری سندسی[۱]، مریم حسنی مقدم[۱]

۱- پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، گیلان

۲- گروه شیلات، واحد بندر انزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، بندر انزلی، ایران

۳- گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران

۴- دانشگاه مهرآئین واحد بندر انزلی، بندر انزلی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی تأثیر جایگزینی نسبی روغن کانولا با روغن ماهی بر عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرداخت. برای این منظور، تعداد ۱۸۰ عدد بچه ماهی انگشت قد با میانگین وزنی ۰/۷ ± ۴/۰۷ گرم و میانگین درازای کل ۳ ± ۷ سانتی‌متر در ۱۲ مخزن ۱۰۰ لیتری با تراکم ۱۵ عدد در هر مخزن توزیع شدند. چهار جیره غذایی با سطوح یکسان پروتئین، چربی و انرژی فرموله شدند. روغن کانولا در چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ جایگزین روغن ماهی شد. بچه ماهیان سه بار در روز به میزان ۳٪ وزن بدن و به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که در تیمارهای مختلف از نقطه نظر شاخص‌های ضریب تبدیل غذایی، ضریب بازده پروتئین، نرخ رشد ویژه، افزایش وزن، افزایش طول، میانگین رشد روزانه، ضریب چاقی، درصد بازماندگی، طول نهایی و وزن نهایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ($p>0/05$). همچنین، در بررسی ترکیب لاشه بچه ماهیان از نظر میزان رطوبت لاشه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>0/05$)، ولی اختلافات معنی‌دار از نظر مقادیر خاکستر، پروتئین و چربی لاشه بین کلیه تیمارها ثبت شد ($p<0/05$). با توجه به یافته های به‌دست آمده، سطوح متفاوت روغن کانولا در جیره غذایی تأثیری بر عملکرد رشد و ترکیب لاشه بچه‌ماهیان کپور معمولی نداشته است.

کلمات کلیدی

روغن کانولا

جایگزینی

رشد

کپور معمولی

نویسنده مسئول: salavatian_2002@yahoo.com

مقدمه

تولید آبزیان در مقایسه با دیگر فرآورده‌های پروتئینی ارزان‌تر و آسان‌تر بوده و ارزش غذایی آن به مراتب بیش از دیگر منابع تأمین کننده پروتئین حیوانی است (Azari Takami, 2013). مطابق برآورد سازمان خواربار جهانی، سهم آبزی‌پروری در تولید کل جهانی در سال ۲۰۱۸، ۸۲ میلیون تن برآورد شد (FAO, 2021). برای دستیابی به چنین سرعت بالایی در افزایش تولید آبزی‌پروری، افزایش چشم‌گیری در صنایع تولید غذای ماهی با نرخ رشد سالیانه بیش از ۳۰٪ نیاز است (Mwachireya et al. 1999). علاوه بر مشکلات تغذیه‌ای، بخش آبزی‌پروری در کنار این رشد قابل توجه همواره با مشکلاتی روبرو بوده است. لذا می‌توان گفت تغذیه در آبزی‌پروری از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که نزدیک به ۶۰٪ از هزینه‌های آبزیان را خوراک تشکیل می‌دهد (Nafisi Bhabadi, 2007). صنایع آبزی‌پروری در ایران در حال رشد است و افزایش تولید از نظر کمی و کیفی مورد توجه بوده است (Azari Takami, 2013) ثابت ماندن میزان تولید جهانی آبزی‌پروری مستلزم تأمین نهاده‌های ضروری لازم برای تولید مواد غذایی ماهیان پرورشی است که با توجه به کافی نبودن ذخایر منابع زنده دریایی که قابلیت تبدیل به پودر ماهی و روغن ماهی را داشته باشند و در صورتی که جایگزین مناسبی برای آنها تعیین نشود، در آینده با کاهش تولید خوراک آبزیان و نقصان تولید آبزیان مواجه خواهد شد (Ljubojevic et al. 2015). با عنایت به هزینه بالای منابع تأمین‌کننده پروتئین در جیره غذایی می‌توان نیازهای انرژی ماهی را از طریق منابع ارزان قیمت انرژی، نظیر چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها تأمین کرد.

چربی‌ها به عنوان منبع بالقوه انرژی ارزش انرژی‌زایی بالایی نسبت به پروتئین و کربوهیدرات داشته و فراهم‌کننده اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی هستند (Webster and Lim, 2002). به رغم اینکه تولیدات جهانی روغن ماهی در طی سی سال گذشته به طور قابل توجهی ثابت باقی مانده، ولی در تمامی این دوره تولید جهانی روغن‌های گیاهی تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (Turchini et al. 2011). رایج ترین روغن‌های گیاهی که در صنایع تولید غذای آبزیان دنیا از جمله کپور ماهیان استفاده می‌شوند، شامل روغن نخل، روغن سویا، روغن کانولا، روغن زیتون، روغن آفتابگردان و روغن بذر کتان هستند که می‌توان از آنها به عنوان جایگزین روغن ماهی استفاده کرد (Montero and Izquierdo, 2010). همچنین، با استفاده از این روغن می‌توان هزینه تهیه خوراک را کاهش و از مزایای اقتصادی پرورش آبزیان بیشتر استفاده کرد. قیمت یک لیتر روغن کانولا در بازارهای جهانی معادل ۵۰۰۰۰ تومان است (FAO, 2021). کانولا واریته اصلاح شده دانه کلزا بوده که مقدار گلوکوزینولات آن کمتر از ۳۰ میکرومول، و اسید اروسیک آن کمتر از ۲٪ است. روغن کانولا در قیاس با روغن‌های آفتابگردان، ذرت و سویا سرشار از اسید چرب اولئیک به میزان ۵۰ تا ۶۸٪ و اسید چرب لینولئیک به مقدار ۱۲ تا ۲۱٪ و فقدان کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای برتری برخوردار است. منبعی سرشار از ویتامین‌های E و K است که به سلامت قلب کمک شایانی می‌کند. این روغن در برابر نور مقاوم بوده و در مقایسه با روغن‌های دیگر تغییرات پراکسیدی آن تقریباً صفر است (Yildiz et al. 2018). ثابت شده است که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های سویا و کانولا در جیره غذایی، پروفایل اسیدهای چرب را به طرز چشم‌گیری هم در نمونه‌های تازه و هم منجمد شده تغییر می‌دهد (Hosseini et al. 2010). بر اساس مطالعه Barzegar و همکاران در سال ۲۰۱۸، روغن کانولا قابلیت آن را دارد که تا ۵۰٪ جایگزین روغن ماهی در جیره غذایی نوزاد و بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان شده که این امر موجب کاهش قیمت تمام شده غذا می‌شود.

از بین ماهیان پرورشی ماهی کپور معمولی به دلیل رشد سریع و آسان بودن پرورش و همچنین، عادت‌پذیری سریع و مقاومت در برابر برخی از بیماری‌های شایع و بازارپسندی مناسب یکی از گونه‌های مهم آبزیان پرورشی از گذشته تا به امروز در صنعت آبزی‌پروری جهان محسوب می‌شود (Enache et al. 2012). با وجود اثراتی که برای روغن کانولا به عنوان غذای جایگزین آبزیان مطرح شده است، اما تاکنون تحقیق جامعی در این زمینه در بچه ماهیان کپور معمولی انگشت قد انجام نشده است. از این رو، هدف مطالعه حاضر بررسی امکان جایگزینی روغن کانولا به جای روغن ماهی در جیره ماهی کپور معمولی و اثرات آن بر عملکرد رشد و ترکیب بیوشیمیایی لاشه است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان (ساحل غازیان) پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی بندر انزلی در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این تحقیق، تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی ۰/۷ ± ۴/۰۷ گرم و میانگین درازای کل ۳ ± ۷ سانتی‌متر در چهار سطح مختلف صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ روغن کانولا به جای روغن ماهی با سطوح یکسان پروتئین، چربی و انرژی تغذیه شدند. برای اجرای این پروژه، از ۱۲ عدد مخزن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری که در هر مخزن تعداد ۱۵ قطعه بچه ماهی کپور معمولی ریخته شده بود، استفاده شد (Ebrahimi et al. 2004). مخازن در ابتدا شسته شد و سپس آب شهر کلرزدایی‌شده 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 بر اساس فرمول غذایی ارائه شده توسط ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان پژوهشکده طراحی شد. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. بعد از توزین، مواد خام پرحجم با هم و سپس با مواد کم حجم جیره توسط همزن برقی مخلوط شدند تا جیره به صورت همگن در آید. برای تأمین نیازهای ماهیان از مکمل‌های ویتامینه و 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 جداگانه ریخته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بچه ماهیان کپور معمولی به مدت ۸ هفته و بر اساس میزان اشتها در سه نوبت (۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ عصر) بر اساس ۳٪ وزن بدن تغذیه شدند.

برای تعیین زی‌توده هر یک از مخازن، در ابتدا، میانه و انتهای آزمایش، همه بچه‌ماهیان کپور معمولی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و درازای کل توسط کولیس با دقت ۰/۱ سانتی‌متر زیست‌سنجی شدند (Ebrahimi et al. 2004). فراسنجه‌های رشد مانند درصد افزایش وزن بدن، { ۱۰۰ × طول دوره پرورش / (لگاریتم وزن ابتدایی- لگاریتم وزن نهایی)} = نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، (پروتئین مصرفی (گرم) / افزایش وزن (گرم) = نرخ بازده پروتئین، (۱۰۰ × (میانگین طول کل^{3}/ میانگین وزن) = ضریب چاقی و نرخ بازماندگی بچه ماهیان کپور براساس روابط 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، هدایت الکتریکی و pH به ترتیب ۱/۴۳ ± ۱۵/۲۳ درجه سانتی‌گراد، ۰/۲۴ ± ۷/۲۱ میلی‌گرم در لیتر، ۱۴ ± ۴۶۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و ۰/۳۳ ± ۷/۱۸ بودند.

در انتهای دوره تعداد ۸ عدد بچه ماهیان کپور معمولی انگشت قد از هر تکرار (مجموعاً ۲۴ عدد از هر تیمار) به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و پس از سر و دم‌زنی به کمک چرخ‌گوشت چرخ شده و پس از بسته‌بندی 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 شامل رطوبت، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر محاسبه شدند (AOAC, 2005).

نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار برده شد. ابتدا آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. سپس برای داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه‌ای و از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ برای جداسازی گروه‌های همگن استفاده شد. همچنین، از آزمون ناپارامتریک کروسکال-والیس برای داده‌های غیرنرمال و از آزمون من-ویتنی در سطح اطمینان ۹۵٪ برای مقایسه جفتی استفاده شد.

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

ترکیبات جیره (درصد)	سطوح روغن کانولا (٪)			
	صفر (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵
آرد ماهی	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
روغن کانولا	۰	۲	۴	۶
آرد سویا	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
آرد گندم	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
روغن ماهی	۶	۴	۲	۰
مخلوط ویتامینه	۲	۲	۲	۲
مواد معدنی	۲	۲	۲	۲
آرد ذرت	۳	۳	۳	۳
ژلاتین	۱	۱	۱	۱

نتایج

نتایج حاصل از مقایسه شاخص‌های رشد بچه ماهیان انگشت قد در دوره پرورش در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتئین، ضریب رشد ویژه، افزایش وزن، افزایش طول، درصد افزایش طول، رشد روزانه، ضریب چاقی، درصد بازماندگی، طول اولیه، طول نهایی و وزن نهایی اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد ($p>0/05$).

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

شاخص های رشد	سطح روغن کانولا (٪)			
	صفر (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵
وزن اولیه (گرم)	۴/۲۰ ± ۰/۰۶	۴/۲۳ ± ۰/۱۷	۳/۹۵ ± ۰/۳۶	۴/۰۳ ± ۰/۲۴
وزن نهایی (گرم)	۱۲/۱۳ ± ۰/۹۳	۱۰/۹۳ ± ۰/۶۸	۹/۷۶ ± ۲/۴۱	۱۱/۵۲ ± ۰/۶۴
طول اولیه (سانتیمتر)	۶/۵۱ ± ۰/۰۲	۶/۵۲ ± ۰/۱۵	۶/۲۹ ± ۰/۲۰	۶/۴۲ ± ۰/۱۷
طول نهایی (سانتیمتر)	۹/۱۰ ± ۰/۱۸	۸/۷۳ ± ۰/۱۳	۸/۴۲ ± ۰/۴۶	۸/۹۱ ± ۰/۲۵
افزایش وزن بدن (گرم)	۷/۹۳ ± ۰/۸۷	۶/۷۱ ± ۰/۵۳	۵/۸۱ ± ۲/۶۹	۷/۴۹ ± ۰/۶۹
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۸۶ ± ۰/۱۲	۱/۶۷ ± ۰/۰۵	۱/۵۶ ± ۰/۵۵	۱/۸۴ ± ۰/۱۴
ضریب تبدیل غذایی	۱/۸۲ ± ۰/۲۲	۲/۰۶ ± ۰/۰۷	۲/۵۱ ± ۰/۷۶	۱/۸۵ ± ۰/۲۱
میانگین رشد روزانه (گرم در روز)	۳/۳۱ ± ۰/۳۳	۲/۷۸ ± ۰/۱	۲/۶۶ ± ۱/۴۸	۳/۲۷ ± ۰/۴۰
ضریب بازده پروتئین	۱/۲۳ ± ۰/۱۴	۱/۰۸ ± ۰/۰۳	۰/۹۵ ± ۰/۳۳	۱/۲۱ ± ۰/۱۳
ضریب چاقی	۱/۶۱ ± ۰/۰۵	۱/۶۴ ± ۰/۰۴	۱/۶۱ ± ۰/۱۳	۱/۶۳ ± ۰/۰۹
زنده مانی (٪)	۹۷/۷۸ ± ۳/۸۵	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰

بررسی فراسنجه‌های سنجش لاشه ماهیان نشان داد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد رطوبت لاشه اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد ($p>0/05$)، اما از نظر مقادیر خاکستر، پروتئین و چربی لاشه بین کلیه تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد ($p<0/05$؛ جدول ۳).

جدول ۳ اثرات سطوح جایگزینی روغن کانولا بر ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان کپورمعمولی در مدت ۸ هفته.

	سطح روغن کانولا (٪)			
فراسنجه (درصد)	صفر (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵
پروتئین	۶۲/۵۵ ± ۰/۵۸^{b}	۵۹/۲۸ ± ۰/۴۶^{a}	۶۱/۳۳ ± ۰/۴۲^{b}	۵۹/۶۹ ± ۰/۴^{a}
چربی	۲۶/۶۴ ± ۰/۸۹^{b}	۱۷/۹۴ ± ۰/۴۱^{a}	۱۹/۲۲ ± ۰/۴۲^{a}	۳۰/۵۲ ± ۰/۳۹^{c}
خاکستر	۹/۲۹ ± ۰/۵۷^{a}	۸/۵۹ ± ۰/۳۹^{a}	۹/۴۹ ± ۰/۳۶^{a}	۱۰/۷۷ ± ۰/۴۸^{b}
رطوبت	۷۵/۶۲ ± ۰/۶۹	۷۶/۳۷ ± ۰/۴۱	۷۵/۵۷ ± ۰/۲۵	۷۶/۰۵ ± ۰/۲۹

وجود حروف غیر همسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است (p<۰/۰۵).

با توجه به آزمون آنالیز واریانس یکطرفه مشخص شد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد خاکستر لاشه اختلاف معنی دار وجود دارد ($F_{(3,8)}$= 11.896; Sig.= 0.003). بر اساس آزمون چند دامنه توکی، بین تیمار ۳ با تیمارهای ۱، ۲ و شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد. آزمون آنالیز واریانس یکطرفه مشخص کرد که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد پروتئین لاشه اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($F_{(3,8)}$= 31.036; Sig.= 0.000). بر اساس آزمون چند دامنه توکی، بین تیمار ۱ با تیمار ۲ و شاهد و نیز تیمار ۳ با تیمار ۲ و شاهد اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. آنالیز واریانس یکطرفه بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد چربی لاشه اختلاف معنی‌دار نشان داد (p<۰/۰۵). بر اساس آزمون چند دامنه توکی، بین تیمار ۱ با تیمار ۳ و شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد. همچنین تیمار ۲ با تیمار ۳ و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود. در گروه شاهد نیز با تیمار ۳ اختلاف معنی دار آماری ثبت شد.

بحث

به طور معمول هزینه تغذیه در امر پرورش آبزیان بیش از ۶۰٪ کل هزینه‌ها را شامل می‌شود، لذا پرورش موفقیت‌آمیز آبزیان وابسته به تهیه جیره‌های مناسب مطابق با احتیاجات آبزیان است، به طوری که قادر باشد کلیه نیازمندی‌های آبزیان را در شرایط مختلف محیطی تأمین کند (Webster et al. 1997). دانشمندان پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۵۰ کاهش شدیدی در استحصال تمامی گونه‌های آبزیان رخ خواهد داد و این امر می‌تواند آبزی‌پروری را به دلیل عدم امکان تهیه پودر و روغن ماهی تهدید کند. صنعت آبزی‌پروری برای کاهش این فقدان باید به دنبال منابع پایدارتر و کم هزینه‌تر دیگر باشد. محققان بسیاری برای فائق آمدن بر این مشکل درصدد جایگزینی مناسب به جای روغن ماهی هستند (Turchini et al. 2011). در مطالعه حاضر، سطوح مختلف روغن کانولا تأثیری در رشد و ترکیبات لاشه بچه ماهیان کپور معمولی نداشت. اثرات جایگزینی روغن‌های گیاهی در گونه‌های مختلف آبزیان نشان داد که فقط در تعداد کمی از آبزیان اثرات منفی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی ایجاد شده است. مهمترین دلایل چنین روندی به عواملی مانند گونه، حساسیت‌های هر گونه به نوع منبع روغن، قابلیت تحمل در پذیرش نوع روغن به کار رفته، طی دوره آزمایش و شرایط محیطی نسبت داده شده است (Caballero et al. 2002). همچنین ثابت شده است که جایگزینی روغن ماهی توسط روغن‌های گیاهی در گروه‌های مختلف آبزیان وابسته به رژیم تغذیه‌ای آنها از نقطه نظر علف‌خواری و یا گوشت‌خواری است. در موافقت با بررسی حاضر، در مارماهی (*Monopterus albus*) عنوان شد که جیره حاوی روغن سویا تفاوت قابل توجهی از نظر افزایش وزن در مقایسه با جیره حاوی روغن ماهی ایجاد نکرده است (Zhou et al. 2011). در ناهمسویی با تحقیق پیش‌رو، جایگزینی روغن‌های گیاهی سویا و آفتابگردان به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) دریای خزر هیچ اثر منفی بر شاخص‌های رشد و سلامتی ماهی نشان نداد (Pouralimotlagh et al. 2010). طبق بررسی‌های انجام شده توسط Asdari و همکاران (۲۰۱۱) امکان جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی سویا، خرما و بزرک در رژیم غذایی بچه ماهیان نوجوان ماهی پنگوسی (*Pangasius hypophthalmus*) وجود داشته و هیچ اثر منفی بر عملکرد رشد آنها دیده نشد. در عین حال،

بیشترین رشد در ماهیان تغذیه شده با روغن سویا مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر، Jamshid Poodeh و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که بچه ماهیان سفید قابلیت استفاده و سازگاری در تغذیه جیره‌های دارای روغن های کانولا و سویا را داشته و جایگزینی کامل روغن ماهی توسط روغن‌های گیاهی مذکور اثرات منفی بر رشد و بازماندگی بچه ماهیان نداشته است. از طرف دیگر، جایگزینی بخشی از روغن کانولا با روغن ماهی (۵۰٪ روغن ماهی + ۵۰٪ روغن کانولا) در جیره نه تنها تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) نداشت، بلکه باعث بهبود عملکرد رشد نیز شد (Mohseni et al. 2020).

در تحقیق حاضر پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی در گروه شاهد ثبت شد که نشان از کارایی و قابلیت هضم بهتر این جیره دارد. ضریب تبدیل غذایی به عنوان شاخصی برای ارزیابی توانایی ماهی در تبدیل مواد غذایی خورده شده به بافت بدن مطالعه می‌شود و عواملی از قبیل تعداد دفعات تغذیه‌ای (Aderolu et al. 2010)، کیفیت جیره غذایی، فراسنجه‌های محیطی مانند دما و اکسیژن محلول و سلامت ماهی بر میزان آن تأثیرگذار هستند (Barrows et al. 2007). پایین بودن ضریب تبدیل غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده اقتصادی در پرورش آبزیان محسوب می‌شود، زیرا سبب کاهش هزینه های غذادهی شده و از افت فراسنجه‌های کیفی آب جلوگیری می‌کند (Falahatkar et al. 2007). همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بالاترین میانگین شاخص های نرخ بازده پروتئین، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، افزایش درازا، درصد افزایش درازا، رشد روزانه، ضریب چاقی و وزن نهایی در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارهای تغذیه‌ای نشان نداد. طبق گزارش Morales و همکاران (۱۹۹۴)، بهبود در عملکرد انرژی خام محتوای جیره، موجب بهبود در عملکرد جذب انرژی قابل هضم در بدن، افزایش تثبیت انرژی و به تبع آن، باعث افزایش رشد ماهی می‌شود. از طرف دیگر، Bell و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که عواملی مانند درصد الیاف، پروتئین و چربی کنجاله کانولا بر مقدار انرژی سوخت و ساز آن مؤثر است. این عوامل خود نیز تحت تأثیر واریته، کیفیت دانه و روش‌های فرآوری استخراج روغن کانولا هستند. زیرا بر طبق نظر Hardy (۱۹۹۹) ارزش غذایی محصولات فرعی توسط کارخانجات مختلف متفاوت است و حتی محصولاتی که توسط یک کارخانه در دفعات گوناگون تولید می‌شود، ارزش غذایی متفاوتی دارد. همچنین، نوع روش روغن‌گیری از کانال های مکانیکی، استفاده از حلال و نیز واریته کانولای مورد استفاده می‌تواند در کیفیت روغن کانولا اثر گذاشته و در نتایج حاصل از آزمایش تأثیرگذار باشد.

نتایج فراسنجه‌های بیوشیمیایی لاشه کپور ماهیان انگشت قد در تیمارهای مختلف نشان داد که بالاترین میانگین تغییرات درصد رطوبت لاشه در تیمار ۱ (جایگزینی ۲۵٪) و کمترین آن در تیمار ۲ (جایگزینی ۵۰٪) بوده است. همچنین، بالاترین میانگین تغییرات درصد خاکستر لاشه در تیمار ۷۵٪ و کمترین آن در تیمار ۱ (جایگزینی ۲۵٪) مشاهده شد. ترکیبات چربی مهم‌ترین جنبه کیفیت غذایی ماهی بوده که بسته به نوع تغذیه ماهی دچار تغییر می‌شود (Medina et al. 1995). در این تحقیق بالاترین میانگین تغییرات درصد چربی لاشه در تیمار ۳ (جایگزین ۷۵٪) و کمترین آن در تیمار ۱ (جایگزین ۲۵٪) به‌دست آمد. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که در تیمارهای ۱ و ۲ با شاهد در میانگین درصد چربی لاشه کپور ماهیان انگشت قد، اختلاف معنی دار وجود داشته است. چربی در جیره غذایی ماهی نه تنها یک منبع انرژی است، بلکه نقش مهمی در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک بدن دارد. اسیدهای چرب به ویژه اسیدهای چرب ضروری در تکامل جنینی، تخمریزی، دستگاه ایمنی، پاسخ های استرسی و در مکانیسم تطابق نقش بسیار مهمی دارند (Sargent et al. 2002). میانگین تغییرات درصد پروتئین لاشه نیز نشان داد که نمونه شاهد دارای بالاترین مقدار بوده است. بالا بودن شاخص های بازده پروتئین و چربی در نمونه شاهد می‌تواند انعکاسی از تعادل مناسب اسید آمینه (Zhou et al. 2015) و پروفایل مناسب اسیدهای چرب ضروری (Huntingford et al. 2011) نسبت به روغن کانولا باشد. در سنجش لاشه ماهیان، درصد پروتئین عامل مهمی برای بیان کیفیت گوشت و تعیین خواص کاربردی آن محسوب می شود. Murray و Drew (۲۰۰۴) گزارش کرد که نسبت بازده و پروتئین بالا در کانولا، سبب شده که پروتئین کانولا در بین پروتئین‌های

گیاهی بی‌نظیر باشد، لذا می‌توان گفت تغییر در رژیم غذایی بچه ماهیان بیشتر بر میزان چربی، پروتئین و خاکستر لاشه تأثیرگذار بوده است.

در مطالعه حاضر کاهشی در عملکرد رشد در جیره‌های حاوی روغن کانولا ثبت شد که احتمالاً ناشی از به هم خوردن تعادل اسیدهای چرب ضروری و تأمین نشدن کامل نیازهای اسیدهای چرب بدن است. همچنین، این تحقیق نشان داد که چون ماهی کپور معمولی یک ماهی همه چیزخوار بوده و فاقد معده است، لذا در قیاس با ماهیان گوشت‌خواری نظیر قزل‌آلا و ماهیان خاویاری که دارای معده مشخص بوده و ترشحات آنزیمی بهتری ترشح می‌کنند، ترشحات آنزیمی کمتری دارد. از طرف دیگر، به دلیل ذکر شده فوق رژیم غذایی کپور وابسته به کربوهیدرات بوده ولی ماهیان گوشت‌خوار رژیم غذایی مبتنی بر مقادیر بالای چربی و پروتئین دارند. علاوه بر موارد فوق، گونه پرورشی، اندازه گونه، طی دوره پرورش، شرایط محیطی، رفتارهای تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک گونه، منابع روغن گیاهی به کار رفته در جیره و سطوح آنها می‌توانند مؤثر واقع شوند.

منابع

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.

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: 44-53.

Azari Takami, G. 2013. The importance of scientific-applied research in the nutrition of farmed aquatic animals in Iran. The First Congress of Animal and Aquatic Sciences, University of Tehran, 464-466.

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.

Barzegar, S., Aliramaji, K., Najjar Lashgari, S., Adel, M., Mohammad Alikhani, M. 2018. Effects of replacing dietary fish oil with canola oil on growth indices, survival rate and body chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerling. Iranian Scientific Fisheries Journal 27: 77-85.

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.

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. 2004. The effect of different amounts of protein and fat on growth indicators and carcass composition of *Huso huso* fingerlings. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8: 229-242.

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 farmed *Huso huso*. Pajouhesh Va Sazandgi 72: 103-98.

Enache, I., Cristea, V., Ionescu, T., Dediu, L., Docan, A. 2012. The influence of intensity on the growth performance of common carp in a recirculating aquaculture system condition. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iasi.

FAO. 2021. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome, 230 p.

Hosseini, S.V., Abedian-Kenari, A., Rezaei, M., Mohammad Nazari, R., Feas, X., Rabbani, M. 2010. Influence of the in vivo addition of alph-tocopherol acetate whit three lipid sources on the lipid oxidation and fatty acid composition of Beluga sturgeon *Huso huso*, during frozen storage. Food Chemistry 118: 341-348.

Huntingford, F., Jobling, M., Kadri, S. 2011. Aquaculture and behavior. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 358 p.

Hardy, R.W. 1999. Aquaculture's rapid growth requirements for alternative protein sources. Feed Management Journal 50: 25-28.

Jamshid Poodeh, M., Esmaeili Fereidouni, A., Ouraji H., Jani Khalili, K.H. 2014. Replacement of fish oil with vegetable oils-based diets on growth and survival of the Caspian kutum (*Rutilus kutum*) fingerlings. The Journal of Animal Research 27: 329-337.

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.

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

Mohseni, M., Sajed Khanian, A. Norouzi, M. 2020. Replacement of fish oil with canola vegetable oil-based diets on growth and survival of the Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*) fry. Aquatic Animals Nutrition 6: 43-56.

Morales, A.E., Gardente, G., De La Higura. M., Sanz, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth. Feed conversion and energy utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 124: 117-126.

Montero, D., Izquierdo, M. 2010. Welfare and health of fish fed vegetable oils as alternative lipid sources to fish oil. In: Giovanni, M.T., Wing-Keong, N.G., Tocher, D.R. Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds. CRC Press, Boca Raton, USA, 551 p.

Murray, D., Drew, H. 2004. Canola protein concentrate as an ingredient for salmonid fish. In: Cruz Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto Lopez, M.G., Villarreal, D., Scholz, U.Y., Gonolez, M. 2004. Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nurricion Acuicola. 16-19 Noviembre.

Mwachireya, S.A., Beames, R.M., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S. 1999. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held fresh water. Aquaculture Nutrition 5: 73-82.

Nafisi Bhabadi, M. 2007. Scientific guide to reproduction and breeding of rainbow trout. Hormozgan University Press, 286 p.

Pouralimotlagh, S., Ahmadifar, E., Zaraj Abad, A., Akrami, R. 2010. Effect of different dietary lipid sources on growth performance, salinity tolerances, haematological and biochemical parameters of Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus*) juvenile. Journal of Applied Aquaculture 22: 74-85.

Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., Estevez, A. 2002. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. Aquaculture 177: 191-199.

Turchini, G.M., Ng, W.K., Tocher, D.R. 2011. Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. CRC Press, Taylor & Francis, USA, 541 p.

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 meal. Aquaculture 150: 103-112.

Webster, C.D., Lim, C. 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. New York, USA, 418 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.

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.

Zhou, C., Hu, J., Ma, H., Yagoub, A.E.A., Yu, X., Owusu, J., Ma, H. Qin, X. 2015. Antioxidant peptide from corn gluten meal; Orthogonal design evolution. Food Chemistry 187: 270-278.