

نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴

ص ۱۷۵-۱۵۷

## تأثیرات تغذیه‌ای جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا در جیره غذایی ماهیان جوان کپور معمولی، *Cyprinus carpio* در عملکرد رشد و پارامترهای تغذیه بدن و شاخص اقتصادی جیره

- ❖ خلیل مینابی: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
- ❖ محمد ذاکری\*: استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
- ❖ جاسم غفله مرمزی: مرکز تحقیقات آبی‌پروری جنوب کشور، اهواز، ایران
- ❖ وحید یآوری: دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
- ❖ سید محمد موسوی: دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

### چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیرات جانشینی روغن ماهی با روغن گیاهی کلزا در جیره غذایی در عملکرد رشد، کارایی تغذیه‌ای و شاخص اقتصادی جیره غذایی ماهیان جوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طراحی شد. در این آزمایش ۲۷۰ قطعه کپور معمولی جوان با وزن اولیه  $16/24 \pm 0/10$  گرم به صورت کاملاً تصادفی در ۱۸ تانک استوانه‌ای پلی‌اتیلنی ۳۰۰ لیتری توزیع شد. ماهیان کپور معمولی جوان با شش جیره غذایی با سطوح یکسان پروتئین و انرژی و با شش سطح جانشینی روغن ماهی (Fish oil, FO) با روغن کلزا (Canola oil, CO) به ترتیب تیمار اول ۱۰۰ درصد روغن ماهی و ۰ درصد روغن کلزا (100FO)، تیمار دوم حاوی ۸۰ درصد روغن ماهی و ۲۰ درصد روغن کلزا (80FO20CO)، تیمار سوم دارای ۶۰ درصد روغن ماهی و ۴۰ درصد روغن کلزا (60FO40CO)، تیمار چهارم دارای ۴۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا (40FO60CO)، تیمار پنجم دارای ۲۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا (20FO80CO) و تیمار ششم دارای ۰ درصد روغن ماهی و ۱۰۰ درصد روغن کلزا (100CO) به مدت ۵۶ روز تغذیه شدند. آزمون آماری واریانس یک‌طرفه اختلاف معناداری را در شاخص‌های رشد، پارامترهای کارایی تغذیه‌ای و کارایی اقتصادی جیره‌های غذایی بین تیمارهای مختلف با سطوح مختلف جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا نشان نداد ( $P > 0/05$ ). در صورتی که نتایج آنالیز آماری اختلاف معناداری در نرخ بازماندگی و میزان مصرف خالص چربی نشان داد ( $P < 0/05$ )؛ به طوری که تیمار اول با تیمار ششم اختلاف معناداری در میزان نرخ بازماندگی و میزان مصرف خالص چربی نشان داد. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که برای کاهش میزان مصرف روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان، کاهش هزینه تولید جیره غذایی و رسیدن به رشدی مطلوب با کارایی مناسب غذایی از جیره غذایی چهارم با ۶۰ درصد جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا برای تغذیه ماهی کپور معمولی جوان استفاده شود.

واژگان کلیدی: تغذیه، جانشینی روغن ماهی، روغن کلزا، شاخص‌های رشد، نسبت تبدیل اقتصادی، *Cyprinus carpio*.

## ۱. مقدمه

گونه‌های ماهیان بدون تأثیر منفی در عملکرد رشد و کارایی تغذیه گونه‌های مختلف ماهیان می‌شود (Mourente et al., 2005; Ng et al., 2007; Montero et al., 2010). علاوه بر این، ماهی روغن‌های گیاهی را مشابه روغن ماهی به سرعت می‌شکند و به‌منزله منبع انرژی برای رشد به کار می‌گیرد (Stubhaug et al., 2007). روغن‌های گیاهی منبعی بسیار مهم در تولید جیره‌های غذایی آبزیان است و در حال حاضر در جیره غذایی تجاری انواع مختلفی از گونه‌های ماهیان استفاده می‌شود (Berge et al., 2009). برخلاف تولیدات روغن ماهی که به طور کلی طی سه دهه گذشته ثابت باقیمانده است، تولیدات روغن‌های گیاهی به طور قابل توجهی افزایش یافته است (Turchini et al., 2009). روغن‌های گیاهی در توسعه پایدار صنعت آبزی‌پروری و تولید غذای ماهی مورد توجه تولیدکنندگان جیره غذایی ماهی قرار گرفته است؛ تولیدکنندگانی که به دنبال کاهش هزینه‌ها و قابل اطمینان برای روغن ماهی‌اند (Montero et al., 2008).

توسعه سریع صنعت آبزی‌پروری در سطح جهان، در نتیجه افزایش تعداد سیستم‌های پرورشی همچنین، استفاده از جیره‌های تجاری غذایی آبزیان است. بر اساس مطالعات انجام‌گرفته در سال ۲۰۰۹، غذای آبزیان حدود ۸۷٪ از تولیدات روغن ماهی در سطح جهان را به‌منزله منبع روغن مصرف می‌کند (Tacon et al., 2006). Tacon و همکاران (2006) تخمین زدند که مصرف و تقاضای جهانی برای روغن ماهی از طریق گونه‌های متنوع در آبزی‌پروری تا سال ۲۰۱۲ افزایش می‌یابد. بر اساس گزارش‌هایی در ۲۵ سال گذشته، میزان تولیدات سالیانه روغن ماهی از ۱/۵ میلیون تن در سال بیشتر نشده است و

کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* به دلیل رشد سریع و سهولت پرورش به یکی از گونه‌های مهم پرورشی در سطح جهان تبدیل شده است (Enache et al., 2012). روش رایج پرورش کپور معمولی استفاده از استخرهای خاکی کم‌عمق است که تولیدات آن بر مبنای تولیدات پلانکتونی و بنتوزهاست. با وجود این، سیستم گوارشی ماهی کپور به جیره غذایی فرموله سازگار است (Mráz, 2011). کپور معمولی توانایی استفاده مؤثر از چربی و کربوهیدرات به‌منزله منبع انرژی غذایی را دارد (Takeuchi et al., 2002). از مزایای دیگر این گونه می‌توان به رشد سریع آن، بلوغ در دومین سال زندگی، همآوری بسیار بالا (دو میلیون تخم به ازای هر ماهی ماده) و قابلیت تخم‌کشی به صورت دستی اشاره کرد (Troca & Vieira, 2012). ترکیبی از تمامی این ویژگی‌ها باعث شده است که این گونه پتانسیل بالایی از نظر آبزی‌پروری داشته باشد (Troca & Vieira, 2012) و این عوامل باعث شد این گونه به‌سرعت در سرتاسر جهان پرورش داده شود (Saikia & Das, 2009). به طوری که، در حال حاضر به‌منزله گونه‌ای مناسب در صنعت آبزی‌پروری برای پرورش در مزارع پرورشی در سطح استان‌های مختلف جمهوری اسلامی ایران مطرح است (شیرمحمد و همکاران، ۱۳۸۳).

جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی با قابلیت در دسترس بودن بالا و ارزش اقتصادی بهتر منجر به کاهش قیمت تولید جیره غذایی آبزیان شد (Nasopoulou & Zabetakis, 2012). همچنین، بر اساس مطالعات انجام‌گرفته روغن‌های گیاهی جانشین بخشی از روغن ماهی در جیره غذایی بسیاری از

جانشینی روغن ماهی با روغن گیاهی کلزا در جیره غذایی در عملکرد رشد و تغذیه‌ای بدن و شاخص اقتصادی جیره غذایی ماهیان جوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طراحی شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

۳۶۰ قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی جوان از مرکز تکثیر آبزی گستران جنوب واقع در ۲۰ کیلومتری شوشتر پس از انتقال به آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر در ۹ تانک ۳۰۰ لیتری پلی اتیلنی به مدت ۱۴ روز با شرایط آزمایشگاهی سازگار شدند. طی دوره سازگاری ماهیان دو بار در روز تا حد سیری با جیره غذایی تجاری گونه حاوی حدوداً ۳۰ درصد پروتئین و انرژی کل ۱/۹۰۲ مگاژول بر کیلوگرم تغذیه شدند. پس از آماده‌سازی، شست‌وشو و ضدعفونی تانک‌ها با آب کلر و شست‌وشوی مجدد آن‌ها با آب شیرین، تعداد ۲۷۰ قطعه کپور معمولی جوان با میانگین وزن اولیه ۱۰/۱۶±۲۴ گرم به صورت کاملاً تصادفی در ۱۸ تانک استوانه‌ای پلی اتیلنی ۳۰۰ لیتری دارای هوادهی مناسب توزیع شدند (به ازای هر تانک ۱۵ قطعه ماهی کپور معمولی جوان). سپس، به منظور بررسی تأثیرات جانشینی روغن ماهی با روغن گیاهی کلزا در جیره غذایی در عملکرد رشد و پارامترهای تغذیه‌ای بدن و شاخص اقتصادی جیره غذایی ماهیان جوان کپور معمولی شش تیمار غذایی با سه تکرار در نظر گرفته شد. تیمارهای غذایی حاوی شش جیره غذایی با سطوح مختلفی از جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا بودند به طوری که تیمار غذایی اول دارای ۱۰۰ درصد روغن ماهی و صفر درصد روغن کلزا (100FO)، تیمار غذایی دوم حاوی ۸۰ درصد روغن

رشد سریع صنعت آبزی پروری نمی‌تواند با تکیه بر تولیدات محدود ذخایر ماهیان پلاژیک دریایی به منزله عرضه‌کننده روغن ماهی ادامه یابد (Tacon, 2004). به همین علت، در حال حاضر نیاز شدیدی به جانشینی روغن ماهی در صنعت تولید غذای آبزیان به منظور به حداکثر رساندن پایداری صنعت، سلامت ماهی و منافع اقتصادی احساس می‌شود (Turchini et al., 2009).

رایج‌ترین روغن‌های گیاهی، نظیر روغن نخل، روغن سویا، روغن کلزا، روغن زیتون، روغن آفتاب‌گردان و روغن بذر کتان، به منظور استفاده در جیره‌های غذایی آبزیان به جای روغن ماهی بررسی شده‌اند (Montero et al., 2005; Almaida-Pagán et al., 2007; Nasopoulou & Zabetakis, 2012). روغن کلزا یکی از جانشین‌های مناسب روغن ماهی جیره غذایی آبزیان است (Turchini et al., 2010). این روغن دارای اسیدهای چرب غیراشباع<sup>۱</sup> MUFA فراوانی است که هضم‌پذیری بالایی دارد و به‌منزله منبع انرژی بسیار مناسب برای آبزی استفاده می‌شود (Turchini et al., 2009). به طوری که، رسوب این اسیدهای چرب در گوشت ماهی از نقطه‌نظر مصرف انسانی نسبت به بسیاری از انواع دیگر اسیدهای چرب سودمندتر است (Turchini & Mailer, 2010). تحقیقات اندکی درباره بررسی تأثیرات روغن‌های گیاهی، به‌منزله جانشین روغن ماهی، در جیره غذایی ماهیان آب شیرین انجام شده است که حاکی از نبود تأثیرات منفی در عملکرد رشد و کارایی غذایی جیره‌های غذایی ماهیان است (Drew et al., 2007; Turchini & Mailer, 2010; Yıldız et al., 2010). به این منظور، تحقیق حاضر برای مطالعه تأثیرات

کامپیوتری WUFFFDA<sup>۲</sup> نسخه ۲/۰ (۲۰۰۴)، فرمولاسیون شدند. میزان اجزای غذایی مورد استفاده بر اساس گرم در کیلوگرم وزن خشک در هر یک از جیره‌های غذایی به طور کامل در جدول ۱ آورده شده است. در نهایت پس از طی مراحل ساخت غذا جیره‌های غذایی آزمایشی تهیه شدند. ترکیبات بیوشیمیایی هر جیره غذایی آزمایشی بر حسب درصد از کل به ترتیب در جدول ۱ آورده شده است.

طی دوره تحقیق، فاکتورهای کیفی آب شامل درجه حرارت آب، pH، هدایت الکتریکی آب، سطح اکسیژن محلول و میزان اشباعیت آب از اکسیژن به طور روزانه هنگام صبح با استفاده از مولتی متر مدل HQ40d ساخت آلمان پایش و ثبت شدند. به طوری که طی دوره آزمایش، میانگین درجه حرارت آب طی دوره در دامنه  $26/01 \pm 2/63$  درجه سانتی‌گراد؛ میانگین pH در محدوده  $8/02 \pm 0/19$ ؛ میانگین هدایت الکتریکی آب در محدوده  $2/32 \pm 0/25$  میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر، میانگین سطح اکسیژن محلول  $5/88 \pm 1/18$  میلی‌گرم در لیتر و میزان اشباعیت از اکسیژن  $71/04 \pm 14/32$  درصد ثبت شد. طی دوره آزمایش هوادهی به طور دائمی برای نگهداری اکسیژن در حد مطلوب انجام شد. از تناوب نوری طبیعی در این تحقیق استفاده شد به طوری که بین ۱۰-۱۲ ساعت روشنایی و ۱۰-۱۲ ساعت تاریکی متغیر بود. منبع آب شهری برای تأمین آب استفاده شد به طوری که آب شهری پس از انبارشدن در تانک ۱۰۰۰ لیتری پلی‌اتیلنی به مدت ۲۴ ساعت و هوادهی مداوم برای مصرف در آزمایش استفاده شد. همچنین، طی دوره آزمایش برای بهبود کیفی آب و کدورت آن در هر روز تقریباً ۲۰ درصد از آب

ماهی و ۲۰ درصد روغن کلزا ( $80FO20CO$ )، تیمار غذایی سوم دارای ۶۰ درصد روغن ماهی و ۴۰ درصد روغن کلزا ( $60FO40CO$ )، تیمار غذایی چهارم دارای ۴۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا ( $40FO60CO$ )، تیمار غذایی پنجم دارای ۲۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا ( $20FO80CO$ ) و تیمار غذایی ششم دارای صفر درصد روغن ماهی و ۱۰۰ درصد روغن کلزا ( $100CO$ ) در جیره غذایی بودند.

برای این آزمایش شش جیره غذایی با میانگین سطح پروتئین  $30/02$  درصد و انرژی  $1/841$  مگاژول بر کیلوگرم قبل از شروع دوره آزمایش تهیه شدند. بر اساس تحقیقات انجام گرفته سطح مطلوب پروتئین و چربی جیره غذایی ماهی کپور معمولی به ترتیب حدود ۳۰-۳۸ درصد (Takeuchi *et al.*, 2002) و ۱۵-۵ (Takeuchi *et al.*, 2002) است. به طوری که، شش جیره غذایی به ترتیب بر اساس  $0/20$ ،  $0/40$ ،  $0/60$ ،  $0/80$  و  $1/00$  جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا طراحی شدند. از هر جیره غذایی آزمایشی ۱۰ کیلوگرم جیره غذایی تهیه شد (در مجموع ۶۰ کیلوگرم غذا). جیره‌های غذایی تهیه شده در کیسه‌های پلاستیکی مشکی بسته‌بندی و در فریزر با دمای  $20^{\circ}C$  تا زمان استفاده نگهداری شدند. برای حصول اطمینان از صحت سطوح مواد مغذی پیش‌بینی شده در جیره‌های غذایی آزمایشی، نمونه‌هایی از هر جیره غذایی به آزمایشگاه ارسال و آنالیزهای استاندارد جزء به جزء غذایی (AOAC, 1995) روی آن‌ها با حداقل سه تکرار انجام شد. جیره‌های غذایی آزمایشی به طور کلی پس از تهیه اجزای غذایی و آنالیز تقریبی ترکیبات آن‌ها، با استفاده از برنامه جیره‌نویسی

جدول ۱. اجزای غذایی (گرم در کیلوگرم وزن خشک) و آنالیز بیوشیمیایی جیره‌های غذایی آزمایشی (درصد)

تیمارهای غذایی	جیره غذایی ۱ (100 FO)	جیره غذایی ۲ (80FO20CO)	جیره غذایی ۳ (60FO40CO)	جیره غذایی ۴ (40FO60CO)	جیره غذایی ۵ (20FO80CO)	جیره غذایی ۶ (100 CO)
پودر ماهی <sup>۱</sup>	۴۷۵	۴۷۵	۴۷۵	۴۷۵	۴۷۵	۴۷۵
پودر سویا <sup>۲</sup>	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰
روغن ماهی کلیکا <sup>۳</sup>	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۰
روغن کلزا <sup>۴</sup>	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
گلوتن	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
مکمل ویتامینی <sup>۵</sup>	۵	۵	۵	۵	۵	۵
مکمل معدنی <sup>۶</sup>	۹	۹	۹	۹	۹	۹
آنتی اکسیدان <sup>۷</sup>	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آرد گندم	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
آنالیز جیره‌های غذایی						
ماده خشک	۹۱/۸±۱/۱۶	۹۱/۹±۱/۱۴	۹۱/۸±۱/۱۹	۹۲/۱±۱/۲۱	۹۱/۸۸±۱/۱۰	۹۲/۰۳±۱/۱۱
پروتئین	۳۰/۱۳±۰/۳۵	۳۰/۱۰±۰/۲۶	۲۹/۹±۰/۲۵	۳۰/۱۰±۰/۳۳	۳۰/۰۵±۰/۲۱	۲۹/۸۷±۰/۲۴
چربی	۹/۰۲±۰/۱۳	۸/۹±۰/۱۸	۸/۸±۰/۱۴	۸/۷۹±۰/۱۶	۸/۹۵±۰/۱۵	۹/۰۸±۰/۱۷
خاکستر	۱۱/۶±۰/۲۱	۱۱/۶±۰/۲۳	۱۱/۴±۰/۲۶	۱۱/۸۷±۰/۲۵	۱۱/۲۵±۰/۲۷	۱۱/۲۳±۰/۲۹
فیبر	۳/۱±۰/۰۹	۳/۰۸±۰/۰۵	۳/۴±۰/۰۸	۲/۸۱±۰/۰۷	۲/۵۰±۰/۰۹	۲/۴۷±۰/۱۰
NFE <sup>۸</sup>	۴۶/۰۵±۰/۸۷	۴۶/۲±۰/۸۳	۴۶/۳±۰/۷۷	۴۳/۴±۰/۶۹	۴۷/۲±۰/۷۱	۴۷/۳±۰/۷۳
انرژی کل <sup>۹</sup> Mj / Kg	۱/۹۰۸±۰/۰۶	۱/۹۰۶±۰/۰۷	۱/۹۰۶±۰/۰۹	۱/۴۹۹±۰/۰۵	۱/۹۱۳±۰/۰۴	۱/۹۱۴±۰/۰۶

۱. پروتئین ۴۸/۱۲ درصد و چربی ۸/۵۲ درصد

۲. پروتئین ۴۷/۶۹ درصد و چربی ۳/۷۸ درصد

۳. ۱۰۰ درصد چربی

۴. ۱۰۰ درصد چربی

۵. هر کیلو مکمل ویتامین حاوی ویتامین‌های: A= 1200000 IU، B1= 200 mg، B2= 3360 mg، B3= 1200 mg، B5= 9000 mg، B6= 2400 mg، B7= 7200 mg، B9= 600 mg، B12= 4 mg، آنتی اکسیدانت: ۵۰۰ mg، کریبر تا یک کیلوگرم است.

۶. هر کیلوگرم مکمل ماده معدنی شامل مواد معدنی کمیابی مانند: منگنز: ۲۶۰۰ mg/kg، مس: ۶۰۰، آهن: ۶۰۰، روی: ۴۶۰۰، سلنیوم: ۵۰، ید: ۱۰۰، کبالت: ۵۰، کولین کلراید: ۱۰۰۰۰۰، کریبر تا یک کیلوگرم است.

۷. ویتامین E به منزله آنتی اکسیدانت استفاده شد.

۸. عصاره بدون نیتروژن یا Nitrogen-Free Extract.

۹. از حاصل ضرب جمع کردن حاصل ضرب واحد انرژی در هر گرم مواد مغذی انرژی‌زا به ترتیب ۰/۰۱۷، ۰/۳۹۸ و ۰/۲۳۷ مگاژول در گرم برای کربوهیدرات، چربی و پروتئین.

شدند و مجدداً آب تخلیه شده از تانک‌ها با آب تمیز جانشین شد. همچنین، طی دوره آزمایش هر دو هفته یک بار تانک‌ها به طور کامل تمیز و شست‌وشو

تانک‌های پرورشی تعویض شد. مدت دوره آزمایش هشت هفته بود. طی کل زمان دوره آزمایش هر روز صبح قبل از غذاهای مواد دفعی از تانک‌ها سیفون

نیز پس از خارج کردن از حفره جلویی ناحیه سینه‌ای وزن‌کشی شد. برای بررسی میزان عملکرد رشد، کارایی تغذیه‌ای و شاخص اقتصادی جیره‌های غذایی در ماهیان کپور معمولی جوان از پارامترهای افزایش وزن بدن، نرخ رشد مخصوص، شاخص هپاتوسوماتیک، شاخص احشایی، ضریب چاقی، شاخص قلب، نسبت تبدیل غذایی، نسبت بازده پروتئینی، نسبت بازده چربی، کل غذای مصرف‌شده، مصرف خالص پروتئین، مصرف خالص چربی و نسبت تبدیل اقتصادی استفاده شد.

بررسی میزان تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی اجزای غذایی و جیره‌های غذایی آزمایشی با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC, 1995) و حداقل با سه تکرار در آزمایشگاه شبکه دامپزشکی استان خوزستان و پژوهشکده آبی‌پروری جنوب کشور انجام شد. میزان رطوبت به وسیله خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای  $105^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. خاکستر به وسیله سوزاندن نمونه‌ها در کوره در دمای  $550^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۲ ساعت محاسبه شد. میزان پروتئین خام با ضرب محتوای نیتروژن نمونه در ضریب  $6/25$  و به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. میزان چربی خام با استفاده از روش سوکسله اندازه‌گیری شد. میزان فیبر خام از طریق هضم اسیدی و هضم قلیایی و سوزاندن نمونه‌های خشک‌شده در دمای  $550^{\circ}\text{C}$  به مدت دو ساعت محاسبه شد. عصاره فاقد ازت از طریق روش محاسباتی تفریق مجموع میزان پروتئین، چربی و فیبر و خاکستر از  $100$  محاسبه شد. کربوهیدرات از طریق روش محاسباتی تفریق مجموع میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر از  $100$  محاسبه شد. میزان انرژی کل نیز بر اساس حاصل ضرب  $0/017$ ،  $0/0398$  و

شدند که طی آن ماهیان به طور هم‌زمان بیومتری شدند. میزان مرگ‌ومیر روزانه بررسی و ثبت شد. ماهیان طی دوره آزمایش با شش جیره غذایی آزمایشی تهیه‌شده غذادهی شدند. ماهیان کپور معمولی جوان در تیمارهای مختلف غذایی طی هفته و دو نوبت در روز در ساعات  $9:00$  و  $17:00$  تا حد سیری با جیره‌های غذایی مربوطه غذادهی شدند. در دوره این تحقیق، نیم ساعت پس از هر وعده غذادهی، غذای خورده‌نشده خارج و پس از خشک‌کردن در آون در دمای  $105$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت وزن‌کشی شد و پس از محاسبه تفاضل کل جیره غذایی داده‌شده با میزان غذای خورده‌نشده، میزان غذای مصرفی ماهیان در هر وعده تعیین شد. مقدار غذای خورده‌شده ماهیان به طور روزانه محاسبه و ثبت شد. برای کاهش میزان استرس ماهیان ۲۴ ساعت قبل از هر بار شست‌وشوی تانک‌ها همچنین، برای بیومتری اولیه، طی دوره و انتهای آن و نمونه‌برداری غذادهی قطع شد.

در انتهای دوره برای به‌دست‌آوردن شاخص‌های رشد و تغذیه، همه ماهیان بر اساس طول و وزن بیومتری شدند و از هر تکرار پنج عدد ماهی برای به‌دست‌آوردن شاخص کبدی و شاخص احشایی و قلب از بافت‌های کبد، احشا و قلب نمونه‌برداری شدند. در ابتدا ماهیان با استفاده از عصاره گل میخک با دوز  $300$  واحد در میلیون بیهوش شدند سپس، هر ماهی بعد از بیومتری از ناحیه مخرجی به سمت ناحیه سینه‌ای با استفاده از قیچی جراحی با یک سر کند بریده شد و احشا به طور کامل خارج شد و با استفاده از ترازوی با دقت  $0/01$  وزن‌کشی شد سپس، با خارج‌کردن کبد از احشا به طور جداگانه وزن‌کشی شد. در نهایت قلب ماهی

روغن ماهی در جیره غذایی) و ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) اختلاف معناداری نشان داد. با توجه به نتایج، بالاترین و پایین‌ترین میزان افزایش وزن بدن ( $P > 0/05$ )، میزان نرخ بازماندگی ( $P < 0/05$ )، میزان مصرف جیره غذایی و میزان مصرف خالص پروتئین ( $P > 0/05$ ) به ترتیب در ماهیان غذادهی شده با جیره غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی در جیره غذایی) و جیره غذایی ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) مشاهده شد. بالاترین نرخ رشد ویژه و ضریب رشد روزانه ( $P > 0/05$ ) در ماهیان غذادهی شده با جیره غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی در جیره غذایی) ثبت شد. بالاترین میزان غذای روزانه مصرف شده ( $P > 0/05$ ) در تیمار غذایی پنجم (حاوی ۲۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) حاصل شد. بهترین (کمترین) میزان نسبت تبدیل غذایی در تیمار غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی در جیره غذایی) به دست آمد و بدترین (بالاترین) میزان نسبت تبدیل غذایی در ماهیان تیمار غذایی ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) حاصل شد ( $P > 0/05$ ). کمترین میزان نسبت بازده پروتئین و نسبت بازده چربی ( $P > 0/05$ ) در تیمار غذایی ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) مشاهده شد.

میانگین پارامترهای مختلف وضعیت ماهیان کپور معمولی جوان (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در جدول ۲ آورده شده است. طبق آنالیز واریانس یک‌طرفه میزان شاخص کبدی، شاخص قلب و ضریب چاقی در تیمارهای مختلف غذایی اختلاف معناداری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ) در

۰/۰۲۳۷ مگازول در گرم به ترتیب برای کربوهیدرات، چربی و پروتئین تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ در سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد. داده‌ها در فصل نتایج به صورت میانگین  $\pm$  خطای استاندارد بیان شده‌اند. از آنالیز واریانس یک‌طرفه برای اندازه‌گیری اختلاف بین تیمارهای جیره غذایی ( $P < 0/05$ ) استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از پس‌آزمون Tukey برای تعیین اختلاف بین تیمارها استفاده شد.

### ۳. نتایج

میانگین پارامترهای مختلف بررسی عملکرد رشد و پارامترهای مختلف بررسی کارایی غذایی ماهیان کپور معمولی جوان (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی در جدول ۲ آورده شده است. به طور کلی، در میزان افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب رشد روزانه، میزان مصرف جیره غذایی، میزان مصرف خالص پروتئین، میزان غذای روزانه مصرف شده، میزان نسبت تبدیل غذایی، نسبت بازده پروتئین و نسبت بازده چربی هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین تیمارهای مختلف غذایی مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). در صورتی که، نرخ بازماندگی و میزان مصرف خالص چربی اختلاف معناداری بین تیمارهای مختلف غذایی نشان دادند ( $P < 0/05$ ). به طوری که، این اختلاف معنادار بین تیمار غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی در جیره غذایی) با تیمارهای غذایی پنجم (حاوی ۲۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) و ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) مشاهده شد. در صورتی که میزان مصرف خالص چربی بین تیمار غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد

جدول ۲. میانگین پارامترهای مختلف رشد ماهیان کپور معمولی جوان (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با جیره‌های مختلف

معیاری <sup>۱</sup>	ششم (100 CO)	پنجم 20FO80CO	چهارم 40FO60CO	سوم 60FO40CO	دوم 80FO20CO	اول (100 FO)	تیمارهای غذایی شاخص
شاخص‌های رشد							
NS	۱۶/۳۴±۰/۱۹	۱۶/۲۷±۰/۲۶	۱۶/۱۷±۰/۳۴	۱۶/۲۹±۰/۲۳	۱۶/۱۸±۰/۱۸	۱۶/۱۹±۰/۱۵	وزن اولیه بدن (گرم)
NS	۲۸/۷۲±۰/۵۱	۲۹/۶۳±۰/۵۲	۲۹/۹۸±۰/۴۹	۲۹/۸۲±۰/۴۵	۲۹/۹۹±۰/۴۸	۳۰/۳۱±۰/۴۶	وزن نهایی بدن (گرم)
NS	۱۲/۳۸±۰/۴۴	۱۳/۳۶±۰/۶۸	۱۳/۸۱±۰/۷۷	۱۳/۵۲±۰/۵۴	۱۳/۸۱±۰/۵۶	۱۴/۱۲±۰/۴۲	افزایش وزن (گرم)
NS	۱۰/۹۵±۰/۳۸	۱۱/۰۶±۰/۲۹	۱۰/۹۲±۰/۳۱	۱۰/۹۵±۰/۳۲	۱۰/۹۴±۰/۳۹	۱۰/۸۵±۰/۳۴	طول اولیه بدن (سانتی‌متر)
NS	۱۲/۲۹±۰/۳۶	۱۲/۲۹±۰/۴۵	۱۲/۲۷±۰/۲۳	۱۲/۱۲±۰/۶۸	۱۲/۳۰±۰/۳۸	۱۲/۳۱±۰/۲۲	طول نهایی بدن (سانتی‌متر)
S	۸۶/۶۶±۰/۷۳ <sup>a</sup>	۸۸/۸۸±۰/۶۹ <sup>bc</sup>	۹۳/۳۳±۰/۷۱ <sup>ab</sup>	۹۳/۳۳±۰/۶۵ <sup>ab</sup>	۹۵/۵۵±۰/۵۳ <sup>ab</sup>	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰ <sup>c</sup>	نرخ بازماندگی (%)
NS	۱/۰۰±۰/۰۷	۱/۰۷±۰/۰۹	۱/۱۰±۰/۰۸	۱/۰۷±۰/۰۸	۱/۱۰±۰/۰۹	۱/۱۱±۰/۰۷	نرخ رشد ویژه
NS	۰/۹۳±۰/۰۵	۱/۰۰±۰/۰۷	۱/۰۳±۰/۰۹	۱/۰۰±۰/۰۸	۱/۰۲±۰/۰۶	۱/۰۴±۰/۰۷	ضریب رشد روزانه
شاخص‌های تغذیه							
NS	۶۸۱/۳۰±۱/۳۳	۶۹۷/۳۰±۱/۳۴	۷۰۴/۰۰±۱/۴۴	۷۱۳/۰۰±۱/۵۰	۷۱۷/۰۰±۱/۶۱	۷۱۹/۱۰±۱/۵۵	کل غذای مصرف شده (گرم)
NS	۴۸/۲۶±۱/۲۲	۵۲/۳۸±۱/۹۳	۵۲/۲۸±۱/۱۲	۵۱/۰۸±۲/۰۱	۴۹/۶۱±۱/۶۵	۵۱/۹۴±۱/۰۵	غذای روزانه مصرف شده (گرم)
NS	۳/۷۱±۰/۳۲	۳/۴۷±۰/۲۶	۳/۴۱±۰/۱۴	۳/۴۲±۰/۱۲	۳/۴۳±۰/۱۱	۳/۴۰±۰/۱۴	نسبت تبدیل غذایی
NS	۰/۰۶۱±۰/۰۰۱	۰/۰۶۳±۰/۰۰۲	۰/۰۶۵±۰/۰۰۲	۰/۰۶۳±۰/۰۰۱	۰/۰۶۴±۰/۰۰۲	۰/۰۶۵±۰/۰۰۱	نسبت بازده پروتئین
NS	۰/۱۸±۰/۰۰۶	۰/۱۹±۰/۰۰۵	۰/۲۰±۰/۰۰۶	۰/۲۰±۰/۰۰۹	۰/۲۱±۰/۰۰۷	۰/۲۱±۰/۰۰۶	نسبت بازده چربی
NS	۳/۹۳±۰/۱۳	۴/۱۰±۰/۱۷	۴/۱۸±۰/۱۲	۳/۱۷±۰/۱۳	۴/۱۸±۰/۱۲	۴/۱۹±۰/۱۱	مصرف خالص پروتئین
P<۰/۰۵	۱۱/۱۹±۰/۲۷ <sup>b</sup>	۱۰/۵۵±۰/۲۳ <sup>ab</sup>	۱۰/۲۳±۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۱۰/۴۴±۰/۲۲ <sup>ab</sup>	۱۰/۳۹±۰/۲۶ <sup>ab</sup>	۹/۹۰±۰/۲۳ <sup>a</sup>	مصرف خالص چربی
شاخص‌های وضعیت							
NS	۱/۹۴±۰/۱۹	۱/۸۶±۰/۱۸	۱/۶۵±۰/۱۱	۱/۵۹±۰/۱۴	۱/۵۵±۰/۱۵	۱/۷۱±۰/۱۷	شاخص کبدی (%)
P<۰/۰۵	۱۰/۸۶±۱/۶۷ <sup>a</sup>	۱۰/۳۱±۱/۰۸ <sup>a</sup>	۸/۲۵±۱/۲۵ <sup>b</sup>	۹/۴۱±۱/۱۴ <sup>ab</sup>	۱۰/۱۰±۱/۳۱ <sup>a</sup>	۱۰/۲۵±۱/۲۷ <sup>a</sup>	شاخص احشایی (%)
NS	۰/۲۰±۰/۰۲	۰/۲۱±۰/۰۱	۰/۲۴±۰/۰۳	۰/۲۳±۰/۰۲	۰/۲۳±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۲	شاخص قلب (%)
NS	۱/۷۷±۰/۰۳	۱/۶۲±۰/۰۶	۱/۶۱±۰/۰۵	۱/۶۶±۰/۰۶	۱/۵۹±۰/۰۴	۱/۶۲±۰/۰۳	ضریب چاقی (%)
شاخص اقتصادی							
NS	۲۰۳۰۲/۵±۲۰	۲۰۳۳۸/۵±۲۰	۲۰۳۷۴/۵±۲۰	۲۰۴۱۰/۵±۲۰	۲۰۴۴۶/۵±۲۰	۲۰۴۸۲/۵±۲۰	قیمت یک کیلوگرم از جیره غذایی
NS	۷۵۳۲۲/۲۷±۲۸	۷۰۵۷۴/۵۹±۳۲	۶۹۴۷۷/۰۴±۲۹	۶۹۸۰۳/۹۱±۴۲	۷۰۱۳۱/۴۹±۳۶	۶۹۶۴۰/۵۰±۳۰	نسبت تبدیل اقتصادی

میانگین±خطای استاندارد (Mean ± Standard error) با سه تکرار، نبود حروف در ردیف‌ها نشان‌دهنده معنادار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور است. علامت S (Significant, P<۰/۰۵) بیانگر اختلاف معنادار و NS (No significant, P>۰/۰۵) بیانگر نبود تفاوت معنادار است.



امکان پذیر بودن جانشینی نسبی روغن ماهی با منابع مختلف روغن‌های گیاهی و تا اندازه‌ای موفقیت آمیز بودن این موضوع حکایت دارند (Turchini & Mailer, 2010). به طوری که، در بسیاری از مطالعات مختلفی که برای ارزیابی تأثیرات جانشینی روغن ماهی با انواع مختلف روغن‌های گیاهی انجام شده است، تأثیرات روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب MUFA را در عملکرد رشد و کارایی غذایی بررسی کرده‌اند (Turchini & Mailer, 2010). همچنین، به طور کلی بیان شد که جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب MUFA نظیر روغن کلزا تأثیرات منفی در عملکرد رشد ماهیان مختلف نداشته است (Turchini & Mailer, 2010).

به طور کلی، میزان افزایش وزن بدن، نسبت تبدیل غذایی، میزان نرخ رشد ویژه، ضریب رشد روزانه، نسبت بازده پروتئین و مصرف خالص پروتئین در تیمارهای مختلف غذایی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا الگویی مشخص و روندی خاص را از خود نشان نداد. به طوری که، روندی کاهشی در میزان نسبت بازده چربی و کل جیره غذایی مصرف شده با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا مشاهده شد. علاوه بر این، میزان نرخ رشد ویژه و ضریب رشد روزانه تغییرات نامنظمی را نشان دادند و در کل روند و الگویی مشخص را نشان ندادند. در صورتی که در میزان مصرف خالص چربی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا روندی افزایشی و صعودی مشاهده شد. از بین پارامترهای رشد و کارایی غذایی فقط در میزان نرخ بازماندگی و مصرف خالص چربی اختلاف معناداری بین تیمارهای مختلف غذایی

صورتی که، شاخص احشایی تحت تأثیر تیمارهای مختلف غذایی قرار گرفت و تیمار غذایی چهارم با تیمارهای اول، دوم، پنجم و ششم اختلاف معنادار داشت ( $P < 0/05$ )، ولی میزان شاخص احشایی در تیمار سوم با هیچ کدام از تیمارها اختلاف معناداری نشان نداد ( $P > 0/05$ ). بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص کبدی ( $P > 0/05$ ) به ترتیب در تیمارهای غذایی دوم و ششم مشاهده شد. شاخص احشایی ( $P < 0/05$ ) در تیمار غذایی ششم بیشترین مقدار و در تیمار غذایی چهارم کمترین میزان بود. بالاترین میزان شاخص قلب در تیمار غذایی اول و کمترین مقدار آن در تیمار غذایی ششم ثبت شد ( $P > 0/05$ ). ضریب چاقی در تیمار غذایی ششم بیشترین مقدار را نشان داد و در تیمار غذایی دوم کمترین میزان آن ثبت شد ( $P > 0/05$ ).

بر اساس آزمون واریانس یکطرفه، اختلاف معناداری در میزان کارایی اقتصادی جیره‌های مختلف غذایی ثبت نشد ( $P > 0/05$ ). میزان کارایی اقتصادی جیره‌های غذایی آزمایشی ماهیان کپور معمولی جوان (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده در جدول ۲ آورده شده است. پایین‌ترین و بالاترین میزان کارایی اقتصادی جیره‌های غذایی به ترتیب در تیمارهای غذایی چهارم (حاوی ۴۰ درصد روغن ماهی و ۶۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) و ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) ثبت شد ( $P > 0/05$ ).

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

در سه دهه اخیر مطالعات بسیار مختلفی در خصوص جانشینی روغن ماهی با منابع جانشین چربی اعم از منابع گیاهی و حیوانی روی گونه‌های مختلفی از ماهیان انجام شده است. نتایج این مطالعات بر

(۲۰۰۹)، Yildiz و همکاران (۲۰۱۰)، Eroldoğan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که جانشینی روغن ماهی با روغن کتان به طور کامل یا جزئی در ماهی سیم دریایی گیلهد (*Sparus aurata*) و باس دریایی اروپایی تأثیر منفی در میزان شاخص‌های رشد و پارامترهای کارایی غذایی در تیمارهای مختلف غذایی نداشت. هرچند که Francis و همکاران (۲۰۰۶) ذکر کردند که جانشینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد روغن ماهی جیره غذایی با روغن کلزا تأثیر معناداری در میزان رشد ماهی Murray cod (*Maccullochella pealii pealii*) جوان غذایی شده به مدت ۱۱۲ روز در محیط آب شیرین داشت در صورتی که، کارایی غذایی این گونه تحت تأثیر این جانشینی قرار نگرفت. همچنین، به طور مشابه Glencross و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که جانشینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد روغن ماهی جیره غذایی با روغن کلزای خام و روغن کلزای تصفیه‌شده باعث اختلاف معناداری در میزان رشد ماهیان سیم دریایی قرمز (*Pagrus auratus*) جوان غذایی شده با این جیره‌های غذایی به مدت ۵۶ روز شد در صورتی که، کارایی غذایی با تغییر میزان روغن ماهی با روغن‌های جانشین اختلاف معناداری بین تیمارهای مختلف غذایی نشان نداد. علاوه بر این، تأثیرات معنادار جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی دیگر در گونه‌های مختلفی گزارش شده است به طوری که، Montero و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که جانشینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی سبب کاهش رشد و بازماندگی ماهی سیم طلایی (*Sparus aurata*) شده است. اضافه بر این، مطالعات کمی نیز از افزایش میزان عملکرد رشد بر اثر جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی حکایت می‌کند (Turchini

مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) به طوری که، این اختلاف معنادار بین تیمار غذایی اول (حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی در جیره غذایی) با تیمارهای غذایی پنجم (حاوی ۲۰ درصد روغن ماهی و ۸۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) و ششم (حاوی ۱۰۰ درصد روغن کلزا در جیره غذایی) مشاهده شد. در صورتی که آزمون واریانس یک‌طرفه در سایر شاخص‌های رشد و کارایی غذایی اختلاف معناداری را بین تیمارهای مختلف غذایی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا در هیچ‌یک از شاخص‌های تغذیه‌ای نشان نداد ( $P > 0/05$ ). بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که به طور کلی جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا تأثیر منفی در اکثر پارامترهای رشد و کارایی غذایی ماهی کپور معمولی جوان ندارد.

Turchini و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که جانشینی روغن ماهی با روغن‌های حاوی سطوح بالایی از اسید اولئیک نظیر روغن کلزا تأثیر منفی در شاخص‌های رشد و کارایی غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نداشت. Grant و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا در جیره‌های غذایی آزمایشی تأثیر معناداری در میزان رشد و کارایی غذایی ماهیان سالمون چینوک جوان (*Oncorhynchus tshawytscha*) در انتهای دوره ندارد، در صورتی که میزان مرگ‌ومیر تحت تأثیر این جانشینی قرار گرفت. علاوه بر این، در مطالعات مختلفی جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی دیگر تأثیر معناداری در پارامترهای رشد گونه‌های مختلف ماهیان را نشان نداد، به طوری که Wassef و همکاران (۲۰۰۴)، (۲۰۰۹)، Fountoulaki و همکاران

سنتز زیستی و کسب مواد مغذی از جیره غذایی از طریق گونه‌های مختلف ماهیان از عمده عوامل مؤثر در کارایی غذایی ماهیان است. با وجود این، بر اساس نتایج تحقیق حاضر به نظر می‌رسد احتمالاً که نوع گونه، فعالیت و توانایی متابولیکی سنتز زیستی و کسب مواد مغذی از جیره غذایی از سوی کپور معمولی جوان و طول دوره پرورشی بیشترین تأثیر را در پارامترهای رشد و کارایی غذایی داشتند به طوری که، در صورت ادامه دوره آزمایش تأثیر معناداری در پارامترهای رشد و کارایی غذایی در تیمارهای غذایی با سطوح بالایی از جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا (تیمارهای غذایی پنجم و ششم) مشاهده می‌شود. همچنین، احتمالاً علت اختلاف معنادار در میزان مصرف خالص چربی به دلیل میزان کارایی بالای این گونه نسبت به سایر گونه‌ها در رسوب مواد مغذی به صورت چربی ذخیره‌ای در بدن و سازگاری با رژیم همه‌چیزخواری باشد و تغییرات معنادار در میزان نرخ بازماندگی را نیز می‌توان به برهم‌خوردن تعادل نسبت اسیدهای چرب ضروری در سطوح بالای جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا نسبت داد. مقادیر شاخص کبدی، شاخص احشایی، شاخص قلب و ضریب چاقی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا از الگویی مشخص و روندی منظم پیروی نکرد. به طوری که، کاهش در میزان شاخص کبدی و ضریب چاقی از تیمار غذایی اول به دوم مشاهده شد سپس، از تیمار غذایی سوم تا ششم روند صعودی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا به طور غیرمعناداری ثبت شد. شاخص احشایی روند کاهشی از تیمار غذایی اول تا تیمار غذایی چهارم نشان داد سپس، تیمارهای پنجم و ششم روند افزایشی نشان

Aprodu. & Mailer, 2010) و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که جیره غذایی علوفه‌ای غنی‌سازی‌شده با روغن‌های گیاهی مختلف (روغن زیتون، روغن سویا و روغن ماهی) باعث افزایش رشد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) شد.

باید توجه داشت که نکته کلیدی در جانشینی روغن ماهی با منابع چربی تأمین انرژی مشابه به همراه تأمین اسیدهای چرب ضروری (EFAs) و توازن آن‌ها در جیره غذایی است به طوری که، گزارش‌هایی مبنی بر عوارض کمبود اسیدهای چرب ضروری از قبیل کاهش رشد و کاهش بازماندگی در ماهی کپور معمولی بیان شده است (Takeuchi *et al.*, 2002). در ماهیان میزان نیاز به اسیدهای چرب ضروری تحت تأثیر درجه حرارت آب، میزان شوری، نوع گونه و مرحله رشد تغییر می‌کند (NRC, 1993; Rodriguez *et al.*, 1998). این موارد برای حفظ رشد و بازماندگی بالا، کارایی تغذیه، قابلیت سیستم ایمنی، مقاومت نسبت به بیماری‌ها و کیفیت گوشت ماهی ضروری است. به طوری که، نبود توازن ترکیب اسیدهای چرب (Lochmann & Gatlin, 1993; Sargent *et al.*, 2002)، مطبوعیت کم جیره غذایی (Guillou *et al.*, 1995) و قابلیت هضم پایین جیره غذایی (Caballero *et al.*, 2002) با روغن‌های گیاهی نسبت به روغن ماهی از موانع مهم در جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در جیره غذایی ماهیان بیان شده است. علاوه بر این، نوع اجزای غذایی، نوع منابع چربی مورد استفاده (De Smet *et al.*, 2004)، توازن انرژی جیره‌های غذایی، شرایط دوره پرورشی، شرایط مدیریت سیستم پرورشی از قبیل نوع جیره غذایی مصرفی (Kris- Etherton *et al.*, 2002)، فعالیت و توانایی متابولیکی

۱۱/۷ درصد تا ۱۲/۶ درصد، شاخص کبدی از ۱/۴ درصد تا ۱/۵ درصد، شاخص قلب به طور ثابت به میزان ۱/۳ درصد و ضریب چاقی نیز در دامنه ۱/۳۰ تا ۱/۳۴ ثبت شد. همچنین، اظهار داشتند که شاخص‌های احشایی، کبدی، قلب و ضریب چاقی به طور معناداری تحت تأثیر تغییرات جیره غذایی قرار نگرفتند. به طور مشابه Røsjø و Thomassen (۱۹۸۹) بیان کردند که روغن کلزا در جیره غذایی تأثیر منفی در میزان رسوب چربی کل در قلب ماهی سالمون اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) در مقایسه با ماهیان غذادهی شده با جیره‌های غذایی بر مبنای روغن‌های گیاهی کتان و سویا و روغن ماهی نشان نداد. Rosenlund و همکاران (۲۰۰۱) و Bendiksen (۲۰۰۳) گزارش کردند که جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا و روغن کتان باعث اختلاف معناداری در شاخص کبدی، احشا، قلب و ضریب چاقی در ماهی سالمون اقیانوس اطلس می‌شود.

اضافه بر این، مطالعات بسیار کمی نشان‌دهنده تغییرات معنادار در میزان شاخص قلب است به طوری که، Bell و همکاران (۱۹۹۱) اظهار داشتند که شاخص قلب در ماهی سالمون با جانشینی روغن ماهی با روغن آفتاب‌گردان در جیره غذایی کاهش یافت است. از سوی دیگر، Tan و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کردند که شاخص احشایی و کبدی به طور معناداری تحت تأثیر استفاده از سطوح مختلف روغن ذرت در جیره غذایی قرار گرفتند در صورتی که، ضریب چاقی در تیمارهای مختلف غذایی تغییر معناداری را نشان نداد. به طوری که، آن‌ها اظهار داشتند که تغییرات سطوح مختلف روغن ذرت در جیره غذایی در فعالیت آنزیم‌های کبد ماهی تأثیرگذار است و می‌توان از این اطلاعات در زمینه بررسی

دادند. شاخص قلب از تیمار غذایی اول تا سوم روندی کاهشی نشان داد سپس، میزان آن در تیمار چهارم افزایش یافت و متعاقباً در تیمار غذایی پنجم و ششم روندی کاهشی را نشان داد. شاخص احشایی از تیمار غذایی اول تا چهارم روندی کاهشی نشان داد سپس، میزان آن در تیمار غذایی پنجم و ششم روندی افزایشی یافت. آزمون واریانس یک‌طرفه اختلاف معناداری در میزان شاخص کبدی، شاخص قلب و ضریب چاقی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا نشان نداد ( $P > 0.05$ ) در صورتی که، در میزان شاخص احشایی اختلاف معناداری بین تیمار غذایی چهارم با تیمارهای غذایی اول، دوم، پنجم و ششم نشان داد ( $P < 0.05$ ).

مطالعات مختلفی نتایج مشابه تحقیق حاضر را گزارش کردند به طوری که، Peng و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که جانشینی جزئی و کامل روغن ماهی با روغن سویا در جیره غذایی ماهی سیم سیاه (*Acanthopagrus schlegeli*) تأثیری در شاخص کبدی و ضریب چاقی نداشته است، اما تا حدودی باعث افزایش چربی کبد به دلیل ویژگی‌های جیره غذایی، نبود تعادل هورمونی و نبود تعادل در نسبت ۳-n به ۶-n در بافت کبد شده است. در همین زمینه، Bransden و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که جانشینی جزئی (Partial) و کامل (Total) روغن ماهی با روغن آفتاب‌گردان در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) تأثیری در فاکتور HIS نداشته، اما به طور معناداری سبب افزایش چربی کبد در این گونه شده است. علاوه بر این، Karalazos و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با تغییر سطوح روغن rapeseed در جیره غذایی ماهی سالمون اقیانوس اطلس شاخص احشایی در دامنه

برای سنجیدن وضعیت مواد مغذی ماهی استفاده می‌شود چون این شاخص‌ها را می‌توان به‌آسانی و به‌سرعت تعیین کرد و ممکن است اشاره به شرایط فیزیولوژیکی داشته باشند (Cui and Wootton, 1998؛ مینابی و همکاران، ۱۳۹۲). می‌توان به‌طور غیرمستقیم با بررسی تغییرات شاخص‌های وضعیت تا حدودی به طبیعی بودن عملکرد اعضای بدن ماهی کپور معمولی از لحاظ ظاهری پی برد. به‌طوری‌که، احتمالاً در این تحقیق تغییرات ایجادشده در فاکتورهای وضعیت به‌خصوص تغییرات شاخص کبدی و احشایی را می‌توان به برهم‌خوردن تعادل بین اسیدهای چرب ضروری با جانشینی مقادیر بالای از روغن ماهی با روغن کلزا و تأثیر آن در اعضای بدن نسبت داد. از سوی دیگر، از دستاوردهای دیگر این مطالعه می‌توان به این مطلب اشاره کرد که با توجه به تغییرات فاکتورهای HSI و VSI در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا در جیره غذایی این ماهیان به نظر می‌رسد کبد و احشا مهم‌ترین محل ذخیره چربی در این گونه باشند. Swapna و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان کردند که بیشترین میزان چربی ذخیره‌شده در ماهیان آب شیرین رهو (rohu)، کاتلا (catla)، مریگال (mrigal)، کپور معمولی و تیلاپیا در ناحیه سر و احشا مشاهده شد. با وجود این، ماهیچه قرمز، کبد و قلب بافت‌های عمده فعال برای اکسیداسیون بتا اسیدهای چرب دارند هرچند که ماهیچه سفید محل اصلی برای اکسیداسیون بتا اسیدهای چرب (با توجه به بودن حجم بیشتر بافتی در ماهیان) است (Stubhaug et al., 2005). جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی و سایر منابع چربی باعث تغییر در ظرفیت اکسیداسیون بتا می‌شود و در

کیفیت جیره غذایی و مصرف آن از سوی آبزی استفاده کرد همچنین، می‌تواند به‌منزله شاخص وضعیت مصرف مواد مغذی در ماهی استفاده شود. Yildiz و Guler (۲۰۱۱) گزارش کردند که افزایش جانشینی روغن ماهی جیره غذایی با روغن پنبه‌دانه باعث بالارفتن میزان شاخص احشایی و شاخص کبدی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) شد.

به هر حال، تغییر نوع منبع چربی و میزان آن در جیره غذایی ممکن است باعث تغییر در میزان انباشت چربی در بافت کبد شود و باعث کاهش یا بزرگ‌تر شدن هیپاتوسیت‌ها و نهایتاً تغییر حجم کبد شود (Bolasina and Fenucci, 2007). همچنین، جیره‌های غذایی ناکارآمد در تأمین اسیدهای چرب ضروری نیز می‌تواند باعث افزایش رسوب چربی به صورت غیرطبیعی در کبد و منجر به بزرگ‌تر شدن کبد و نهایتاً افزایش میزان شاخص کبدی در ماهیان شود (Bransden et al., 2003). علاوه بر این، کمبود اسیدهای چرب غیراشباع PUFA طی چند ماه نیز باعث افزایش شاخص کبدی می‌شود (Sargent et al., 2002). از علائم مهم نبود تعادل بین نسبت اسیدهای چرب ضروری سری ۳-n به سری ۶-n جیره غذایی افزایش رسوب چربی در کبد است که باعث بالارفتن شاخص کبدی می‌شود (Robain et al., 1998). به‌طور معکوس، Turchini و Mailer (۲۰۱۰) بیان کردند که اگر جیره غذایی دارای نسبت متعادل اسیدهای چرب سری ۳-n به سری ۶-n باشد، باعث بهبود کارایی کبد در متابولیسم چربی‌ها می‌شود که منجر به کاهش رسوب چربی در کبد می‌شود و نهایتاً شاخص کبدی نیز کاهش خواهد یافت. شاخص‌های شرایط از قبیل HIS و VSI اغلب

همبستگی منفی با نرخ رشد ویژه نشان داد. به هر حال، روغن‌های گیاهی به دلیل قابلیت در دسترس بودن بالاتر و ارزش اقتصادی بهتر نسبت به روغن ماهی برای استفاده در جیره‌های غذایی آبزیان مطلوب‌ترند و جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی منجر به کاهش هزینه تولید جیره غذایی آبزیان می‌شود (Nasopoulou and Zabetakis, 2012). به طوری که، روغن سویا، روغن تخم کتان و روغن تخم خردل، به‌منزله جانشین‌های روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان، باعث کاهش هزینه تولید جیره غذایی ماهیان شدند (Wassef et al., 2009)، اما کاهش هزینه تولید همیشه باعث افزایش کارایی اقتصادی جیره غذایی نمی‌شود. به طور کلی، با توجه به این که مطلوب‌ترین تیمار غذایی از نظر نسبت تبدیل غذایی تیمار غذایی دارای کمترین میزان است بنابراین، بر اساس نتایج این تحقیق و همبستگی مثبت بین نسبت تبدیل اقتصادی و نسبت تبدیل غذایی بهترین میزان صرفه‌جویی در تأمین جیره غذایی در تیمار غذایی چهارم مشاهده شد. با وجود این که کمترین میزان هزینه تهیه جیره غذایی در تیمار ششم دیده شد. به هر حال، این شاخص به‌خوبی نشان‌دهنده کارایی جیره‌های غذایی است به طوری که، همیشه اعمال کمترین هزینه برای تهیه جیره غذایی الزاماً بیشترین میزان سود و کارایی را نخواهد داشت و با کاهش میزان رشد از کارایی جیره غذایی کاسته می‌شود.

## ۵. نتیجه‌گیری نهایی

پتانسیل استفاده از روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع MUFA در جیره غذایی آبزیان باید بیشتر بررسی شود و شواهد در دسترس کمی پیشنهاد می‌کند که این روغن‌های گیاهی در جیره غذایی

اعضای مسئول اکسیداسیون چربی و اسیدهای چرب نظیر کبد و قلب تأثیر می‌گذارد (Turchini and Mailer, 2010). به هر حال، اسیدهای چرب جیره غذایی به وسیله فرایند اکسیداسیون بتا که در ناحیه پروکسیمال میتوکندری سلول رخ می‌دهد به انرژی تبدیل می‌شوند (Turchini and Mailer, 2010). با توجه به شاخص کبدی در تیمار غذایی دوم، میزان رسوب چربی در کبد کمترین مقدار بود، اما همین تیمار غذایی میزان شاخص احشایی بالایی را نشان داد که حاکی از افزایش رسوب چربی در بافت‌های محوطه شکمی است.

تغییرات شاخص اقتصادی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا از روندی منظم و الگویی مشخص تبعیت نکرد به طوری که، از تیمار غذایی اول تا دوم افزایش در این شاخص مشاهده شد سپس، از تیمار غذایی دوم تا چهارم روندی کاهش‌ی ثبت شد و مجدداً میزان شاخص اقتصادی در تیمارهای پنجم و ششم افزایش یافت. بر طبق آزمون واریانس یک‌طرفه هیچ‌گونه اختلاف معناداری در شاخص اقتصادی بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. Bolanile (۲۰۱۱) بیان کرد که شاخص اقتصادی تحت تأثیر جانشینی روغن ماهی با روغن نخل در جیره غذایی گربه‌ماهی انگشت‌قد (*Clarias gariepinus*) قرار نگرفت. با این حال، گزارش داد که نسبت تبدیل اقتصادی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن نخل در چهار تیمار اول روندی افزایشی نشان داد در صورتی که، در تیمار آخر میزان آن کاهش یافت هرچند هزینه ساخت جیره‌های غذایی با افزایش میزان جانشینی روغن ماهی با روغن نخل کاهش یافت. با وجود این، نسبت تبدیل اقتصادی همبستگی مثبت با نسبت تبدیل غذایی و

باشیم که احتمالاً ناشی از به هم خوردن تعادل اسیدهای چرب ضروری و تأمین نشدن کامل نیازهای اسیدهای چرب بدن در تیمارهای غذایی پنجم و ششم است. همچنین، بر اساس نتایج، شاخص‌های وضعیت و شاخص اقتصادی در تیمارهای پنجم و ششم بهترین وضعیت را نشان ندادند؛ پیشنهاد می‌شود برای کاهش میزان مصرف روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان، کاهش هزینه تولید جیره غذایی، نبود تأثیر منفی در کیفیت نهایی بدن، کاهش میزان چربی ناخواسته در ناحیه شکمی همچنین، رسیدن به رشدی مطلوب با کارایی مناسب غذایی از جیره غذایی چهارم با ۶۰ درصد جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا برای تغذیه ماهی کپور معمولی جوان استفاده شود.

### تقدیر و تشکر

در پایان، نویسندگان از یاری تمامی عزیزان در همه مراحل این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

می‌توانند به منزله منبع چربی مناسب و ایده‌آل در تأمین انرژی لازم برای رشد ماهیان استفاده شوند (Turchini & Mailer, 2010). با وجود این، اگرچه جانشینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع MUFA در جیره غذایی آبزیان بدون مشکل نیست، اما این روغن‌ها مانند سایر جانشین‌های منابع چربی جیره غذایی به منزله یکی از بهترین انتخاب‌ها در میان گزینه‌های موجودند و انتظار می‌رود که در آینده به سرعت مورد مصرف صنعت تولید جیره غذایی آبزیان قرار گیرند (Turchini & Mailer, 2010). با توجه به این‌که در تحقیق حاضر پارامترهای رشد و تغذیه اختلاف معناداری را در بین تیمارهای مختلف غذایی نشان ندادند، به نظر می‌رسد که بهترین وضعیت را تیمار غذایی با ۱۰۰ درصد جانشینی روغن ماهی با روغن کلزا داشته باشد، اما با توجه به روند تغییرات پارامترهای رشد و تغذیه و بررسی مطالعات انجام شده احتمالاً در صورت افزایش طول دوره پرورش کاهش معناداری را در پارامترهای رشد و تغذیه در تیمارهای با درصد جانشینی بیشتر شاهد

## References

- [1]. Almaida-Pagán, P., Hernández, M., García García, B., Madrid, J., De Costa, J., Mendiola, P., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. *Aquaculture* 272, 589-598.
- [2]. AOAC, 1995. Official methods of analysis of Official Analytical Chemists International. . Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- [3]. Aprodu, I., Vasile, A., Gurau, G., Ionescu, A., Paltenea, E., 2012. Evaluation of nutritional quality of the common carp (*Cyprinus carpio*) enriched in fatty acids. *Annals of the University" Dunarea de Jos" of Galati-Fascicle VI: Food Technology* 36, 61-73.
- [4]. Bell, J.G., McVicar, A.H., Park, M., Sargent, J.R., 1991. High dietary linoleic acid affects fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion. *J. Nutr.* 121, 163-172.
- [5]. Bendiksen, E.A., Arnesen, A.M., Jobling, M., 2003. Effects of dietary fatty acid profile and fat content on smolting and seawater performance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 225, 149-163.
- [6]. Berge, G.M., Witten, P.E., Baeverfjord, G., Vegusdal, A., Wadsworth, S., Ruyter, B., 2009. Diets with different n- 6/ n- 3 fatty acid ratio in diets for juvenile Atlantic salmon, effects on growth, body composition, bone development and eicosanoid production. *Aquaculture* 296, 299-308.
- [7]. Bolanile, F.S., 2011. Effect of replacing dietary fish oil with vegetable oils on the economics of Cat fish (*Clarias gariepinus*) feed production Ph.D, department of aquaculture and fisheries management, college of environmental resources management. university of agriculture, abeokuta, ogun, 59 p.
- [8]. Bolasina, S.N., Fenucci, J.L., 2007. Effects of dietary lipid level on growth, survival and body composition of Brazilian codling (*Urophycis brasiliensis* Kaup, 1858). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42, 23 - 27.
- [9]. Bransden, M.P., Carter, C.G., Nichols, P.D., 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 135, 611-625.
- [10]. Caballero, M. J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., & Izquierdo, M.S., 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.
- [11]. Cui, Y., Wootton, R.J., 1998. Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of the minnow, (*Phoxinus phoxinus* L.) .*J. FishBiol* 32, 749-764.
- [12]. De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53, 81-98.
- [13]. 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.
- [14]. 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*.



- [15]. Eroldoğan, O.T., Yılmaz, H.A., Arslan, M., Sirkecioğlu, A.N., Engin, K., Türkmen, S., Çiçek, I.C., Dedeler, H., 2010. Apparent digestion of nutrient and fatty acid in european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed rapeseed or cottonseed oil-based diets. In: (Eds.), Proceeding of Aquaculture Europe 2010, Porto, Portugal. pp. 420 pp.
- [16]. Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., Rigos, G., Kotzamanis, Y., Venou, B., Alexis, M., 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); 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.
- [17]. Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L., De Silva, S.S., 2006. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture* 253, 547-556.
- [18]. Glencross, B., Hawkins, W., Curnow, J., 2003. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. *Aquaculture Nutrition* 9, 305-315.
- [19]. Grant, A.A., Baker, D., Higgs, D.A., Brauner, C.J., Richards, J.G., Balfry, S.K., Schulte, P.M., 2008. Effects of dietary canola oil level on growth, fatty acid composition and osmoregulatory ability of juvenile fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture* 277, 303-312.
- [20]. Guillou, A., Soucy, P., Khalil, M., Adambounou, L., 1995. Effects of vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 136, 351-362.
- [21]. GÜLER, M., YILDIZ, M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk. J. Vet. Anim. Sci* 35.
- [22]. Karalazos, V., 2007. Sustainable alternatives to fish meal and fish oil in fish nutrition: effects on growth, tissue fatty acid composition and lipid metabolism.
- [23]. Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., Etherton, T.D., 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine* 113, 71P.
- [24]. Lochmann, R.T., Gatlin, D.M.I., 1993. Essential fatty acid requirement of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Fish Physiol. Biochem* 12, 221-235.
- [25]. Montero, D., Grasso, V., Izquierdo, M., Ganga, R., Real, F., Tort, L., Caballero, M., Acosta, F., 2008. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish & shellfish immunology* 24, 147-155.
- [26]. Montero, D., Izquierdo, M., 2010. Welfare and health of fish fed vegetable oils as alternative lipid sources to fish oil. *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*, 439-485.
- [27]. Mourente, G., Good, J., Bell, J., 2005. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2 $\alpha$ , immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition* 11, 25-40.
- [28]. Mráz, J., 2011. Lipid quality of common carp (*Cyprinus carpio*) in pond culture. 84p.
- [29]. Nasopoulou, C., Zabetakis, I., 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. *LWT - Food Science and Technology* 47, 217-224.
- [30]. Ng, W.K., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2007. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, 394-399.

- [31]. Minabi, Kh., Zakeri, M., Mosavi, S. M., Minabi, E., 2013. The influence of feeding frequency and water temperature on the growth, feed utilization and body biochemical composition of juvenile benni fish (*Barbus sharpyii*). Journal of Veterinary Research, 91, 1-10.
- [32]. NRC, 1993. Nutrient Requirements of Fish 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academies Press.
- [33]. Peng, S., Chen, L., Qin, J.G., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J., Sun, X., 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. Aquaculture 276 154-161.
- [34]. Robaina, L., Izquierdo, M., Moyano, F., Socorro, J., Vergara, J., Montero, D., 1998. Increase of the dietary n-3/n-6 fatty acid ratio and addition of phosphorus improves liver histological alterations induced by feeding diets containing soybean meal to gilthead seabream, *Sparus aurata*. Aquaculture 161, 281-293.
- [35]. Rodriguez, C., Pérez, J., Badia, P., Izquierdo, M., Fernández-Palacios, H., Hernández, A.L., 1998. The n-3 highly unsaturated fatty acids requirements of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae when using an appropriate DHA/EPA ratio in the diet. Aquaculture 169, 9-23.
- [36]. 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* L.). Aquac. Res 32, 323-328.
- [37]. Saikia, S.K., & Das, D.N., 2009. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in a rice-fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). <http://dx.doi.org/10.1007/s10452-008-9174-y>
- [38]. Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Fish Nutrition (Ed. J. E. Halver and R. W. Hardy) 3rd. Fish nutrition 3, 181-257.
- [39]. Shir-Mohammad, F., Mahboobi Soofiani, N., Pourreza, J., 1383. Effect of Phytase Supplementation and Copper on Growth Performance and Carcass Composition of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). JWSS - Isfahan University of Technology. 2005; 8, 133-143.
- [40]. Stubhaug, I., Lie, Ø., Torstensen, B., 2007. Fatty acid productive value and  $\beta$ -oxidation capacity in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed on different lipid sources along the whole growth period. Aquaculture Nutrition 13, 145-155.
- [41]. Swapna, H., Rai, A.K., Bhaskar, N., Sachindra, N., 2010. Lipid classes and fatty acid profile of selected Indian fresh water fishes. Journal of Food Science and Technology 47, 394-400.
- [42]. Tacon, A., 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. Aquatic Resources, Culture and Development, 1, 3-14.
- [43]. Tacon, A.G., Hasan, M.R., Subasinghe, R.P., 2006. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO fisheries circular. No. 1018. FAO Fisheries Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [44]. Takeuchi, T., Satoh, S., Kiron, V., 2002. Common carp, *Cyprinus carpio*. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture, 245-261.
- [45]. Tan, X.-y., Luo, Z., Xie, P., Liu, X.-j., 2009. Effect of dietary linolenic acid/linoleic acid ratio on growth performance, hepatic fatty acid profiles and intermediary metabolism of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture 296, 96-101.
- [46]. Thomassen, M.S., Røsjø, C., 1989. Different fats in feed for salmon: influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. . Aquaculture 79, 129-135.
- [47]. Troca, D.F.A., Vieira, J.P., 2012. Potencial invasor dos peixes não nativos cultivados na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca 38, 109-120.

- [48]. Turchini, G.M., Francis, D.S., 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and b-oxidation) in rainbow trout fed fish oil-or linseed oil-based diets. *Br J Nutr* 102, 69-81.
- [49]. Turchini, G.M., Moretti, V.M., Hermon, K., Caprino, F., Busetto, M.L., Bellagamba, F., Rankin, T., Keast, R.S.J., Francis, D.S., 2013. Monola oil versus canola oil as a fish oil replacer in rainbow trout feeds: Effects on growth, fatty acid metabolism and final eating quality. *Food Chemistry* 141, 1335-1344.
- [50]. Turchini, G.M., Ng, W.-K., Tocher, D.R., 2010. Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. CRC Press, p.
- [51]. Turchini, G., & Mailer, R. J., 2010. Rapeseed (canola) oil and other monounsaturated fatty acid-rich vegetable oils. In G. M. Turchini, W. K. Ng & D. R. Tocher (Eds.), *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*, pp. 161-208.
- [52]. Wassef, E.A., Saleh, N.E., El-Hady, Heyam, A., El-Abd, 2009. Vegetable oil blend as alternative lipid resources in diets for gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture International* 17, 421-435.
- [53]. Wassef, E.A., Shalaby, S.H., Sakr, E.M., 2004. Evaluation of three plant oils in practical diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*). In: (Eds.), *Proceeding of 11th International Symposium of Nutrition and Feeding in Fish, hailand*. 82 pp.
- [54]. Yıldız, M., Eroldoğan, O.T., Engin, K., Baltacı, M.A., 2010. Effects of dietary cottonseed and/or canola oil inclusion on the growth performance and fatty acid composition of the juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: (Eds.), *Proceeding of Paper presented in 14th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, , Qingdao, China, 200 pp*.