**مقاله علمی – پژوهشی:**

# جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله دانه کنجد در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و تأثیر آن بر شاخص‌های رشد، تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی لاشه و آنزیم‌های کبدی

امین هاشمی پناه مهرآبادی[۱]، غلامرضا رفیعی*[۱]، سپیده بزرگی[۱]

*ghrafiee@ut.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

## چکیده

در آزمایش حاضر، استفاده از کنجاله روغن کشی شده دانه کنجد در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سطوح مختلف به جای کنجاله سویا مورد ارزیابی قرار گرفت. به همین منظور تعداد ۴ تیمار آزمایشی هرکدام با ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. تیمارها عبارت بودند از تیمار شاهد (T0) بدون کنجاله کنجد و سه تیمار آزمایشی T5، T10 و T15 به‌ترتیب حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد از کنجاله کنجد که بچه ماهیان ۲۰ گرمی قزل‌آلای رنگین‌کمان به مدت ۸ هفته با این جیره‌ها تغذیه شدند. در پایان آزمایش شاخص‌های رشد و تغذیه شامل وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، نرخ بهره‌وری چربی و نیز مصرف غذا اختلاف معنی‌داری را میان تیمارهای مختلف نشان نداد ($p<0/05$). البته در شاخص نرخ بهره وری پروتئینی اختلاف معنی‌دار میان تیمارهای T10 (۰/۰±۲۳/۰۱) و تیمار T15 (۰/۰±۲۱/۰) به‌وجود آمد. در ارتباط با شاخص کبدی، شاخص احشایی و ضریب چاقی نیز اختلاف معنی‌دار میان تیمارهای آزمایشی مشهود بود به‌طوری‌که بیشترین آنها به‌ترتیب مربوط به تیمار T10 (۱/۰±۰۷/۰۲ درصد)، T10 (۶/۰±۲۹/۲۵ درصد) و T15 (۱/۰±۰۵/۰۱) بود و کمترین آن‌ها نیز به‌ترتیب در تیمارهای T15 (۰/۰±۹۹/۰۲ درصد)، T15 (۵/۰±۷۸/۱۸ درصد) و T0 (۱/۰±۰۳/۰۱) مشاهده شد. اندازه‌گیری ترکیبات بیوشیمیایی عضله نیز اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) را در میزان پروتئین، چربی و رطوبت ماهیان مربوط به تیمارهای مختلف نشان دادند، اما در میزان خاکستر اختلاف معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین سطوح فعالیت آنزیم‌های کبدی نیز اختلاف معنی‌داری را میان تیمارهای مختلف نشان داد ($p<0/05$) به‌طوری‌که میزان فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز همراه با افزایش کنجاله کنجد کاهش معنی‌دار نشان دادند و بالعکس سطح فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز همراه با افزایش سطح جایگزینی، افزایش معنی‌دار پیدا کرد ($p<0/05$). با توجه به نتایج کسب شده، می‌توان بیان کرد که استفاده از کنجاله کنجد به جای کنجاله سویا در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تا سطح ۷۵ درصد، تأثیر معنی‌دار بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشت و موجب ارتقاء سلامت و کیفیت لاشه این ماهی نیز گردید.

**لغات کلیدی:** کنجاله کنجد، قزل‌آلای رنگین‌کمان، شاخص‌های رشد، آنزیم‌های کبدی، ترکیبات بیوشیمیایی

*نویسنده مسئول

## مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) گونه‌ای گوشتخوار از ماهیان پرورشی است که از با ارزش‌ترین گونه‌های ماهی از لحاظ اقتصاد آبزی‌پروری در بسیاری از کشورهای جهان به‌شمار می‌رود. امروزه پرورش این گونه در ایران با حجم بالایی صورت می‌گیرد به‌طوری‌که ایران به عنوان بزرگ‌ترین کشور تولید کننده قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب شیرین، در جهان شناخته شده است (FAO, 2018). لذا، امروزه لزوم توجه به تأمین مواد اولیه جهت تولید خوراک این ماهی با هدف کاهش قیمت تمام شده جیره غذایی و نیز استفاده حداکثری از منابع گیاهی داخلی بیش از پیش ضرورت دارد. تاکنون پژوهش‌های بسیاری متمرکز بر استفاده از منابع پروتنینی گیاهی در جیره‌های غذایی ماهیان گوشتخوار به انجام رسیده است (Gatlin *et al*., 2007; Oliva-Teles *et al*., 2015; Sotoudeh *et al*., 2016). با این وجود ترکیبات اولیه گیاهی دارای معایبی هستند از جمله محتوای پروتئینی نسبتاً کم، پروفیل نامناسب اسیدآمینه‌ای (به‌خصوص اسیدهای آمینه گوگردی مثل سیستئین)، خوشخوراکی اندک و وجود مواد ضد تغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین، آنتی ویتامین‌ها، فیتات و هموگلوتنین) که اثرات منفی بر فرایند هضم، عملکردهای روده‌ای، رشد و سایر شاخص‌های پرورشی می‌گذارند (Francis *et al*., 2001). بنابراین، سطوح استفاده از منابع گیاهی در جیره‌های فرموله شده برای آبزیان به‌خصوص گونه‌های گوشتخوار همواره با محدودیت‌هایی مواجه هستند (Glencross *et al*., 2007; Gatlin *et al*., 2007).

دانه کنجد (*Sesamum indicm L.*) یک محصول مهم دانه‌های روغنی است که حاوی ۱۱-۴/۵ درصد رطوبت، ۵۶-۴۸ درصد چربی، ۲۶-۱۹ درصد پروتئین، ۵/۵-۲ درصد خاکستر، ۳/۹-۲/۵ درصد فیبر و ۱۸-۱۰ درصد کربوهیدرات است. به همین دلیل دانه کنجد به عنوان یک منبع تأمین روغن و نیز پروتئین شناخته می‌شود. کنجاله روغن‌کشی‌شده کنجد یک محصول جانبی پس از فرایند روغن‌کشی است که پس از روغن‌کشی میزان پروتئین کنجاله باقی‌مانده به حدود ۴۹-۴۱ درصد در ماده خشک می‌رسد (De Padua, 1983; Onsaard *et al*., 2010). بنابراین، این ماده می‌تواند به عنوان منبع پروتئینی از قابلیت استفاده در صنایع خوراک دام و طیور و آبزیان برخوردار باشد. کنجاله پروتئینی کنجد به لحاظ مقدار اسید آمینه لایزین دچار کمبود است و از سوی دیگر، در محتوی آرژینین و گلوتامیک اسید غنی می‌باشد. همچنین این منبع پروتئینی به لحاظ محتوی اسیدهای آمینه گوگردی متیونین و سیستئین بر خلاف بسیاری از منابع پروتئینی گیاهی در وضعیت مطلوبی قرار دارد. بسیاری از منابع گیاهی مثل کنجاله سویا (Iwe *et al*., 2001) و گندم، جو و برنج (Peter, 2007) و نیز ذرت (Brito and Nunez, 1982)، به لحاظ این اسید آمینه‌های گوگردی دچار ضعف هستند. بنابراین، کنجد می‌تواند به عنوان گزینه‌ای مطلوب از قابلیت استفاده در جیره‌های غذایی بر پایه گیاهی برخوردار باشد. با توجه به این‌که امروزه کنجاله سویا سهم قابل توجهی در فرمولاسیون خوراک ماهی قزل آلا دارد و از سویی، تأمین این نهاده وابستگی بسیاری به واردات آن دارد، بنابراین تحقیق بر منابع جایگزین احتمالی آن یا کاهش مصرف آن ضروری می‌باشد. لذا، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر استفاده از کنجاله کنجد به جای کنجاله سویا در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### طراحی آزمایش و شرایط پرورش

این آزمایش در بهار سال ۱۴۰۰ در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان گروه شیلات دانشگاه تهران واقع در استان البرز صورت گرفت. به همین منظور، چهار تیمار آزمایشی هر کدام دارای سه تکرار در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در نظر گرفته شدند که عبارت بودند از تیمار T0 (تیمار شاهد) بدون استفاده از کنجاله کنجد و تیمارهای T5، T10 و T15 که به‌ترتیب حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کنجد بودند. فرمولاسیون تمامی جیره‌های آزمایشی با رعایت اصل ایزونیتروژنیک (پروتئین خام: ۴۸ درصد) و ایزو لیپیدیک (چربی خام: ۱۴ درصد) در محیط خطی اکسل و بر اساس اطلاعات تغذیه‌ای مواد اولیه صورت گرفت (جدول ۱). بنابراین، تعداد ۱۲ مخزن فایبرگلاس با حجم ۲۰۰ لیتر در

نظر گرفته شد و پس از انتقال ماهیان به محل آزمایش و سپری شدن دوره ۱۰ روزه سازگاری، داخل هر مخزن تعداد ۱۵ قطعه ماهی قزل‌آلای نژاد آکوالند فرانسه با میانگین وزن اولیه ۲۲ گرم ذخیره سازی شد. پس از آن خوراک‌دهی با جیره‌های آزمایشی به مدت ۸ هفته صورت گرفت. عملیات غذادهی روزانه بر اساس اشتها و سه وعده در روز (ساعات: ۸، ۱۳ و ۱۸) انجام شد و مقدار مصرفی هر مخزن ثبت روزانه شد.

شرایط هوادهی با استفاده از موتور دمنده و سنگ هوا به صورت مداوم برقرار شد و نیز تعویض آب روزانه به میزان ۵۰ درصد حجم آب داخل مخازن با عملیات سیفون کردن انجام شد. همچنین میزان اکسیژن محلول، دما و pH نیز به صورت روزانه با استفاده از دستگاه مولتی فاکتور مارک AZ مدل ۶۳۰۳ اندازه‌گیری شدند که در طول دوره میانگین اکسیژن محلول برابر با ۰/۳±۶/۴ میلی‌گرم در لیتر و pH برابر با ۰/۲±۸ و دمای ۱/۸±۱۶ درجه سانتی‌گراد بودند.

**جدول ۱: فرمولاسیون و آنالیز بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی (گرم در گیلوگرم)**

**Table 1: Experimental diets formulation and proximate biochemical composition**

| ماده اولیه | تیمارهای آزمایشی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T0 | T5 | T10 | T15 |
| پودر ماهی ضایعات کنسروی | ۲۳۰ | ۲۳۰ | ۲۳۰ | ۲۳۰ |
| پودر ماهی ساردین | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ |
| کنجاله سویا | ۲۱۰ | ۱۶۰ | ۱۱۰ | ۶۰ |
| کنجاله کنجد | ۰ | ۵۰ | ۱۰۰ | ۱۵۰ |
| آرد گندم | ۱۳۷ | ۱۳۷ | ۱۳۷ | ۱۳۷ |
| گلوتن ذرت | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ |
| پودر ضایعات کشتارگاهی | ۱۲۰ | ۱۲۰ | ۱۲۰ | ۱۲۰ |
| روغن ماهی | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ |
| روغن سویا | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ |
| مکمل پرمیکس ویتامینه[1] | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| مکمل پرمیکس معدنی[1] | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| مکمل لیزین | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ |
| مکمل متیونین | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ |
| **آنالیز تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی (بر اساس ماده خشک)** | | | | |
| پروتئین خام (٪) | ۴۸/۰۷ | ۴۷/۶۱ | ۴۷/۳۲ | ۴۷/۳۸ |
| چربی خام (٪) | ۱۴/۰۴ | ۱۳/۹۱ | ۱۴/۳۷ | ۱۴/۰۵ |
| خاکستر (٪) | ۱۳/۹۷ | ۱۴/۰۸ | ۱۴/۳۲ | ۱۴/۵۰ |
| فیبر خام (٪) | ۲/۷۱ | ۳/۲۳ | ۳/۷۳ | ۴/۱۴ |
| ازت آزاد کل (mg/100g) | ۳۶/۳۵ | ۳۵/۸۹ | ۳۴/۱۲ | ۳۷/۵۸ |
| انرژی خام (kcal/kg) | ۵۰۱۸/۸ | ۴۸۲۶/۰ | ۴۶۹۷/۷ | ۵۰۳۴/۹ |
| رطوبت (٪) | ۶/۸۹ | ۵/۸۵ | ۶/۳۵ | ۵/۷۵ |

[1] پرمیکس ویتامینه شرکت نوین رشد نادین (میلی گرم در کیلوگرم): A: ۴۵۰، D3: ۲۴۰، E: ۱۵۰۰۰، K3: ۲۰۰، B1: ۱۱۰۰، B2: ۱۳۵۰، B3: ۵۱۰۰، B5: ۳۵۰۰، B6: ۹۰۰، B9: ۲۳۰، B12: ۲، H2: ۵۰، C: ۳۳. پرمیکس معدنی (میلی گرم در کیلوگرم): آهن: ۲۵۰۰، روی: ۳۰۰۰، کبالت: ۳۶، منگنز: ۲۷۰۰، مس: ۳۲۰، ید: ۱۶۰، سلنیوم: ۱۸

**ساخت جیره‌های آزمایشی**

مقادیر محاسبه شده مواد اولیه با استفاده از ترازوی برند VTV با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کشی شدند و ابتدا مواد پودری خشک درون یک همزن به مدت ۳ دقیقه کاملاً با یکدیگر مخلوط شدند. سپس مخلوط روغن ماهی و روغن سویا به همراه ۷۰ درصد آب به مخلوط اضافه گردید و تا زمان یکنواخت خمیر، مخلوط شدند. در پایان خمیر حاصل از یک چرخ گوشت با قطر صفحه ۳ میلی متر عبور داده شدند. پلت‌های خارج شده از چرخ گوشت روی سینی‌های توری قرار گرفت و در یک آون با دمای ۵۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (Hardy and Barrows, 2002). غذاها پس از خشک شدن، بسته‌بندی و علامت‌گذاری شد و در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف، نگهداری شدند.

**شاخص‌های رشد و تغذیه**

در پایان دوره غذادهی با انجام زیست‌سنجی و ثبت اطلاعات مربوط به کل ماهیان هر مخزن شاخص‌های مربوط به رشد، تغذیه، شاخص هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه گردید:

شاخص چاقی (CF): (وزن ماهی/ طول کل ۳) × ۱۰۰ (Ronyai *et al.*,1990)

افزایش وزن بدن (WG) (درصد): (میانگین وزن نهایی– میانگین وزن اولیه) / (میانگین وزن اولیه) ×۱۰۰ (Ronyai *et al.*,1990)

ضریب رشد ویژه(SGR) (درصد در روز): (لگاریتم وزن نهایی– لگاریتم وزن اولیه)/ تعداد روزهای آزمایش × ۱۰۰ (Montero *et al.*, 2010)

مصرف غذا (FI) (گرم/ ماهی): کل غذای خورده شده (گرم)/ مجموع (تعداد روزهای بقا هر ماهی/تعداد کل روزهای آزمایش) (Takakuwa *et al.*, 2020)

ضریب تبدیل غذایی (FCR): کل غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم) (Ronyai *et al.*, 1990)

نسبت بازده پروتئین(PER) : افزایش وزن کسب شده (گرم) / پروتئین خورده شده (گرم) (Ricker, 1979)

نسبت بازده چربی(LER) : افزایش وزن کسب شده (گرم) / چربی خورده شده (گرم) (Ricker, 1979)

شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) (درصد): (وزن کبد / وزن بدن) ×۱۰۰ (Wang *et al.*, 2008)

شاخص احشایی (VSI) (درصد): (وزن امعاء و احشاء / وزن بدن) × ۱۰۰ (Wang *et al.*, 2008)

بازماندگی (درصد): (تعداد نهایی/ تعداد اولیه) × ۱۰۰ (Yang *et al.*, 2010)

**تجزیه بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی و عضله ماهی**

در انتهای دوره غذادهی از هر مخزن تعداد دو عدد ماهی به صورت تصادفی صید شد و نمونه‌گیری عضله از آنها صورت گرفت. سپس نمونه‌ها با آب مقطر شست و شوی کامل شده و درون فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا بعداً مورد سنجش بیوشیمیایی قرار گیرند. ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های غذایی و نیز نمونه‌های عضله مطابق با دستورالعمل کتابچه AOAC[1] (۱۹۹۵) تعیین گردید، براین اساس ماده خشک با خشک کردن نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، پروتئین خام با استفاده از روش کلدال در سه مرحله هضم، تقطیر، تیتراسیون و ضرب نمودن ازت به‌دست آمده از هر گرم ماده خشک در عدد ۶/۲۵، خاکستر با سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، چربی خام با استخراج چربی به روش سوکسله با استفاده از حلال دی-اتیل اتر با رسیدن به نقطه جوش ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۴ ساعت در استخراج‌کننده سوکسله اندازه‌گیری و انرژی کل با استفاده از بمب کالری متر به‌دست آمدند.

[1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC)

**اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی**

در انتهای دوره غذادهی پس از ۱۲ ساعت قطع خوراک از هر مخزن دو عدد ماهی به صورت تصادفی مورد نمونه‌برداری شد و پس از بی‌هوشی با عصاره گل میخک از بافت کبد آنها نمونه‌برداری شد و پس از شست و شوی بافت با آب مقطر دو بار تقطیر درون فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به منظور انجام سنجش‌های آنزیمی ابتدا هم‌وزن نمونه‌ها از بافر متشکل از (۲۷ mmol سیترات سدیم+ ۳۳۶ mmol کلرید سدیم+ ۱۱۵ mmol گلوکز+ ۹ mmol EDTA) استفاده شد. سپس محتویات در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در هموژنایزر همگن و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با میزان دور ۴۸۰۰rpm به مدت ۶۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از آن از قسمت بالای نمونه به عنوان عصاره بافت کبد برای انجام تست‌های آنزیم کبدی استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) با استفاده از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون و به روش فتومتریک طبق استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان (DGKC) صورت گرفت و میزان جذب نوری با طول موج ۴۰۵ نانومتر ثبت گردید. فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) با استفاده از کیت تشخیصی پارس آزمون و به روش فتومتریک طبق روش فدراسیون بین‌المللی شیمی بالینی (IFCC) و میزان جذب نوری با طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

**روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها**

داده‌های کسب شده در نرم افزار Excel به ثبت رسید و مورد پردازش قرار گرفتند. سپس نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov و معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق تجزیه واریانس یک‌طرفه مورد سنجش قرار گرفت و در صورت مشاهده اختلاف، از تست دانکن Duncan برای مقایسه میانگین‌ها به عنوان Post-hoc در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن برای همه موارد (p<۰/۰۵)۰/۰۵ در نظر گرفته شد. به منظور رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

## نتایج

آنالیز آماری داده‌های مربوط به شاخص‌های رشد اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین میانگین‌های تیمارهای آزمایشی نشان ندادند (جدول ۲). با این وجود بیشترین میانگین وزن اولیه مربوط به تیمار T0 با عدد (۷/۱±۱۰۱/۸۰ گرم) بود و کمترین آن نیز به تیمار T15 با عدد (۲/۴±۹۱/۷۰ گرم) تعلق گرفت. در شاخص‌های SGR و WG نیز بیشترین مقدار مربوط به تیمار T0 با اعداد به‌ترتیب ۰/۰۸±۲/۸۶ (درصد/روز) و ۱۹±۴۴۳/۲۷ درصد بود و کمترین آنها نیز در تیمار T15 به‌ترتیب با اعداد ۰/۱۴±۲/۷۵ (درصد/روز) و ۶۹±۴۱۷/۲۹ درصد مشاهده شد. در ارتباط با شاخص‌های تغذیه‌ای آنالیزهای آماری از قبیل FCR، LER و نیز FI هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد (p<۰/۰۵) و طبق نتایج بدست آمده کمترین FCR در تیمار T10 (۰/۰±۹۳/۰۳) و بیشترین آن در تیمار T15 (۰/۰±۹۹/۰۲) به ثبت رسید. بیشترین مقدار LER در تیمار T5 (۰/۰±۷۶/۰۱) و کمترین آن در تیمار T15 (۰/۰±۷۲/۰۱) مشاهده شد و نیز در شاخص FI بیشترین عدد در تیمار T0 (۹۸/۰±۷۵/۵ گرم/ ماهی) و کمترین آن در تیمار T15 (۵۲/۸±۶۹/۳ گرم/ ماهی) مشاهده شد. اما در شاخص (PER) بین تیمار T10 و T15 اختلاف معنی‌دار مشاهده شد به‌طوری‌که این عدد در تیمار T10 برابر با ۰/۰±۲۳/۰۱ بود و در تیمار T15 برابر با ۰/۰±۰/۲۱ شد. همچنین در دو تیمار T0 و T5 عدد ۰/۰۱±۰/۲۲ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با هیچیک از دو تیمار دیگر نداشتند. در شاخص CF کمترین عدد (۰/۰۱±۱/۰۳) در تیمار T0 و بیشترین عدد (۰/۰۱±۱/۰۵) در تیمار T15 مشاهده شدند که اختلاف معنی‌دار داشتند (p<۰/۰۵). همچنین در شاخص‌های HSI و VSI نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (p<0.05) و بیشترین عدد برای HSI و VSI در تیمار T10 به‌ترتیب با مقادیر (۰/۰۲±۱/۰۷ درصد) و (۶/۰±۲۹/۱۹ درصد) به ثبت رسید و کمترین آنها نیز به‌ترتیب (۰/۰۲±۰/۹۹ درصد) و (۰/۱۸±۵/۷۹ درصد) متعلق به تیمار T15 بود.

**جدول ۲: میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه مربوط به ماهیان قزل آلای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار)**
**Table 2: Growth and nutritional factors of rainbow trout fed by experimental diets (means ± S.E.)**

| شاخص | تیمارهای آزمایشی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T0 | T5 | T10 | T15 |
| وزن اولیه (گرم) | ۲۳/۰۱±۲ | ۲۲/۲۱±۱ | ۲۳/۳۳±۲ | ۲۲/۰۹±۱ |
| وزن نهایی (گرم) | ۱۰۱/۸۰±۷/۱ | ۹۵/۹۷±۸/۹ | ۱۰۰/۷۹±۶/۴ | ۹۱/۷۰±۲/۴ |
| WG (درصد) | ۴۴۳/۲۷±۱۹ | ۴۳۶/۷۳±۴۳ | ۴۳۳/۳۸±۲۱ | ۴۱۷/۶۹±۲۹ |
| FI (گرم/ماهی) | ۷۵/۹۸±۵/۰ | ۷۳/۲۷±۸/۸ | ۷۵/۱۰±۲/۶ | ۶۹/۵۲±۳/۸ |
| CF | ۱/۰۳±۰/۰۱$^{b}$ | ۱/۰۴±۰/۰۱$^{ab}$ | ۱/۰۴±۰/۰۱$^{ab}$ | ۱/۰۵±۰/۰۱$^{a}$ |
| FCR | ۰/۹۴±۰/۰۴ | ۰/۹۵±۰/۰۱ | ۰/۹۳±۰/۰۳ | ۰/۹۹±۰/۰۲ |
| SGR (درصد/روز) | ۲/۸۶±۰/۰۸ | ۲/۸۳±۰/۱۹ | ۲/۸۲±۰/۱۰ | ۲/۷۵±۰/۱۴ |
| PER | ۰/۲۲±۰/۰۱$^{ab}$ | ۰/۲۲±۰/۰$^{ab}$ | ۰/۲۳±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۲۱±۰/۰$^{b}$ |
| LER | ۰/۷۶±۰/۰۳ | ۰/۷۶±۰/۰۱ | ۰/۷۴±۰/۰۳ | ۰/۷۲±۰/۰۱ |
| VSI (درصد) | ۶/۲۹±۰/۲۵$^{a}$ | ۶/۰۲±۰/۲۵$^{ab}$ | ۶/۲۹±۰/۱۹$^{a}$ | ۵/۷۹±۰/۱۸$^{b}$ |
| HSI (درصد) | ۱/۰۴±۰/۰۴$^{ab}$ | ۱/۰۴±۰/۰۲$^{ab}$ | ۱/۰۷±۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۹۹±۰/۰۲$^{b}$ |
| نرخ بازماندگی (درصد) | ۹۷/۷۸±۳ | ۹۵/۸۹±۳ | ۹۵/۵۵±۷ | ۹۷/۵۰±۴ |

مقادیر در یک سطر با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی دار با یکدیگرند (p<۰/۰۵).

نتایج ترکیب بیوشیمیایی عضله ماهی نشان دادند که اختلاف معنی‌دار در سطح پروتئین، چربی و رطوبت عضله بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (p<۰/۰۵) (جدول ۳).

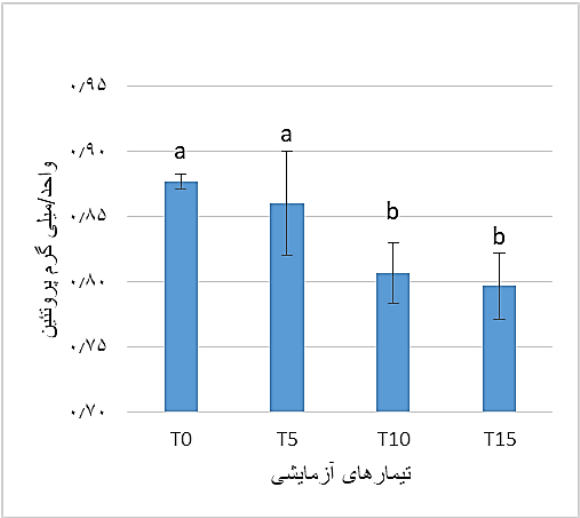
**جدول ۳: تجزیه تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی عضله ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (درصد در ماده خشک). (میانگین ± انحراف معیار).**
**Table 3: Proximate biochemical composition of rainbow trout filet fed by experimental diets (%.dry matter$^{-1}$) (means ± S.E.)**

| ترکیب بیوشیمیایی | تیمارهای آزمایشی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T0 | T5 | T10 | T15 |
| پروتئین | ۷۷/۸۹±۰/۲۷$^{d}$ | ۸۰/۸۰±۰/۱۶$^{c}$ | ۸۳/۸۹±۰/۲۵$^{a}$ | ۸۳/۲۱±۰/۲۵$^{b}$ |
| چربی | ۹/۰۳±۰/۲۰$^{b}$ | ۹/۴۳±۰/۲۱$^{b}$ | ۹/۱۲±۰/۰۴$^{b}$ | ۱۰/۰۴±۰/۴۶$^{a}$ |
| خاکستر | ۶/۳۳±۰/۰۲ | ۶/۲۸±۰/۰۲ | ۶/۶۶±۰/۶۱ | ۶/۱۵±۰/۰۴ |
| رطوبت (٪) | ۸۱/۷۵±۰/۲۱$^{a}$ | ۷۸/۷۹±۰/۱۱$^{b}$ | ۷۸/۶۸±۰/۱۱$^{bc}$ | ۷۸/۴۵±۰/۲۱$^{c}$ |

مقادیر در یک سطر با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار با یکدیگر هستند (p<۰/۰۵).

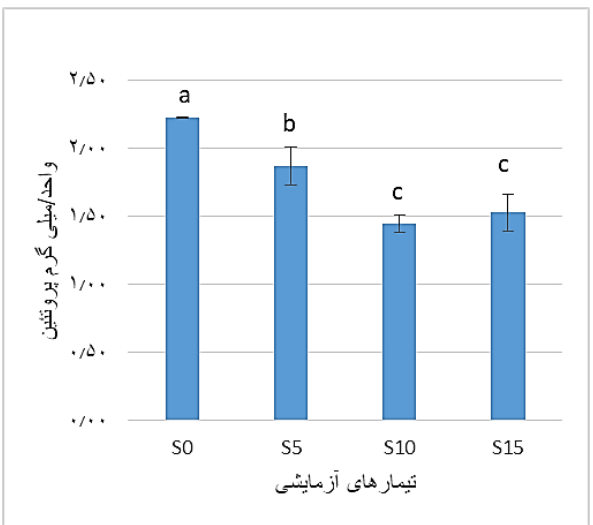
در میزان پروتئین اختلاف معنی‌دار بین تمامی تیمارهای آزمایشی مشاهده شد (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که کمترین مقدار (۷۷/۰±۸۹/۲۷ درصد) مربوط به تیمار T0 و بیشترین مقدار (۸۳/۸۹±۰/۲۵ درصد) مربوط به تیمار T10 بود. همچنین میزان چربی عضله در تیمار T15 به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (p<۰/۰۵) و عدد آن (۱۰/۰±۰۴/۴۶ درصد) حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار T0 (۹/۰±۰۳/۲۰ درصد) به ثبت رسید. اختلاف معنی‌دار در سطح رطوبت عضله نیز بین تیمارهای مختلف مشهود بود و بیشترین مقدار (۸۱/۷۵±۰/۲۱ درصد) و کمترین مقدار (۷۸/۴۵±۰/۲۱ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای T0 و T15 دیده شد. در میزان خاکستر لاشه اما اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (p<۰/۰۵) و در این فاکتور بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب به تیمارهای T10 (۶/۰ ± ۶۶/۶۱ درصد) و T15 (۶/۰±۱۵/۰۴ درصد) تعلق گرفت.

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی در کبد ماهیان تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌دار میان تیمارهای مختلف وجود دارد (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که میزان فعالیت آنزیم ALT بصورت معنی‌داری در تیمارهای T0 و T5 بالاتر از تیمارهای T10 و T15 بود و بیشترین مقدار فعالیت این آنزیم در تیمار T0 با مقدار ۰/۰۱±۰/۸۸ (واحد/میلی‌گرم پروتئین) و کمترین آن در تیمار T15 با مقدار ۰/۰۳±۰/۸۰ (واحد/ میلی‌گرم پروتئین) مشاهده شد (شکل ۱). در ارتباط با سطح فعالیت آنزیم AST نیز نتایج اختلاف معنی‌داری بین تیمار T0 با عدد ۰/۰۱±۲/۲۳ (واحد/ میلی‌گرم پروتئین) با تیمارهای آزمایشی نشان دادند و همچنین اختلاف معنی‌دار بین تیمار T5 با عدد ۱/۰±۸۷/۱۴ (واحد/ میلی‌گرم پروتئین) با تیمارهای T10 و T15 با اعداد به‌ترتیب ۰/۰۶±۱/۴۴ و ۰/۱۳±۱/۵۳ (واحد/میلی‌گرم پروتئین) ایجاد شد (p<۰/۰۵) (شکل ۲). همچنین در آنزیم ALP نیز مقدار فعالیت این آنزیم در تیمار T0 اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها ایجاد کرد (p<۰/۰۵) و کمترین مقدار در این تیمار با عدد ۸۰/۳۰±۴۲/۲ (واحد/میلی‌گرم پروتئین) بود و بیشترین آن در تیمار T5 با عدد ۰/۱۰±۵۰/۴۰ (واحد/میلی‌گرم پروتئین) دیده شد (شکل ۳).



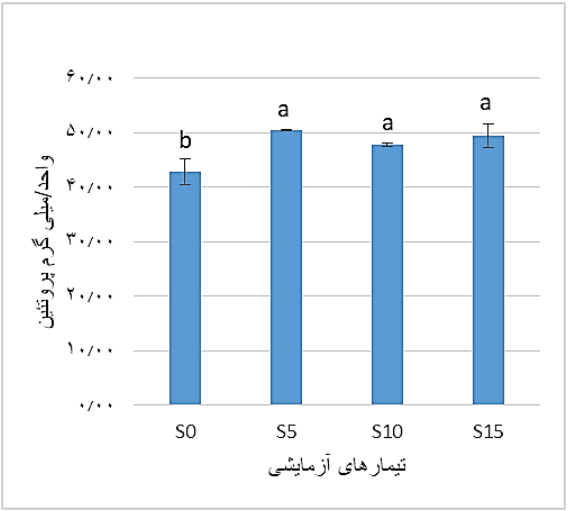

**شکل ۱: فعالیت آنزیم آلانین آمینو ترانسفراز (ALT) در کبد ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار). حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی هستند (p<۰/۰۵)**

**Figure 1: Liver alanine amino transferase enzyme activity of rainbow trout fed by experimental diets (Means ± S.E.). Means with the same superscript are not significantly different (p< 0.05)**




**شکل ۲: فعالیت آنزیم آسپارتات آمینو ترانسفراز (AST) در کبد ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار). حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی هستند (p<۰/۰۵)**

**Figure 2: Liver aspartate amino transferase enzyme activity of rainbow trout fed by experimental diets (Means ± S.E.). Means with the same superscript are not significantly different (p< 0.05)**




**شکل ۳: فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) در کبد ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار). حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی هستند (p<۰/۰۵)**

**Figure 3: Liver alkaline phosphatase enzyme activity of rainbow trout fed by experimental diets (Means ± S.E.). Means with the same superscript are not significantly different (p< 0.05)**

## بحث

مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از کنجاله کنجد تا سطح ۷۵ درصد به جای کنجاله سویا تأثیر معنی‌داری را بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگذاشت. همسو با نتایج این آزمایش، بررسی که Dernekbasi و همکاران (۲۰۱۷) بر ماهی قزل‌آلا انجام دادند، نشان داد که جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کنجد تا سطح جایگزینی ۱۵ درصد از کل جیره بهترین نتیجه را رقم زد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر بر بچه ماهیان ۲ گرمی قزل آلا رنگین‌کمان مشخص شد که جایگزینی کنجد تا سطح ۲۰ درصد به جای پودر ماهی نه تنها تأثیر منفی در رشد نداشت بلکه حتی عملکرد بهتری را نسبت به تیمار شاهد از خود نشان داد (Emadi *et al.*, 2014). همچنین مطالعه‌ای در ارتباط با جایگزینی کنجاله سویا با کنجاله کنجد در جیره ماهی سی بأس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) صورت گرفت که سطح جایگزینی مطلوب را تا سطح ۳۰ درصد بدون تأثیر معنی‌دار بر رشد اثبات نمود (Saleh, 2019). در مطالعه‌ای نیز جایگزینی تا سطح ۵۰ درصد پودر ماهی با کنجاله کنجد در جیره ماهی انگشت‌قد قزل‌آلا سبب افزایش معنی‌دار رشد نسبت به تیمار شاهد گردید (Nang Thu *et al.*, 2011). البته مطالعاتی نیز در رابطه با استفاده از این ماده غذایی همراه با سایر مواد گزارش شده‌اند که توانست نتایج مطلوبی رقم بزند. برای مثال، در آزمایشی تأثیر استفاده از ترکیب دو منبع غذایی کنجد و گیاه بامبرا با نسبت‌های مختلف در جیره غذایی گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت فاکتورهای رشد نشان دادند که با افزایش سهم کنجد نسبت به بامبرا عملکردهای تغذیه‌ای گربه ماهی افزایش پیدا می‌کند (Enyidi *et al.*, 2014). همچنین در بررسی بر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفت، پودر دانه کنجد و بادام زمینی به صورت مجزا و ترکیبی تا سطح ۱۰ درصد به جای کنجاله سویا در جیره غذایی به‌کار رفت. در نهایت نتایج کاهش معنی‌دار رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای را در تیمارهای با جایگزینی مجزای هر یک از مواد مذکور نشان دادند، اما در تیمار ترکیبی (۵٪ کنجد + ۵٪ بادام زمینی) نه تنها کاهش این فاکتورها مشاهده نشد بلکه با افزایش رشد ماهیان نیز همراه بود و نویسندگان بیان داشتند که این اتفاق می‌تواند به دلیل حضور مواد ضد تغذیه‌ای و ناشی از کاهش مصرف خوراک باشد (Dernekbasi and Karayucel, 2017). بر خلاف نتایج این آزمایش، برخی مطالعات نیز گزارش شده‌اند که استفاده از کنجد در جیره‌های غذایی گونه‌های مختلف می‌تواند اثرات معنی‌دار منفی بر عملکردهای رشد و تغذیه بگذارد. جایگزینی کنجد در جیره گربه ماهی افریقایی (*Clarias gariepinus*) به جای کنجاله سویا سبب کاهش رشد و نیز افزایش ضریب تبدیل غذایی شد (Jimoh and Aroyehun, 2011). همچنین افزودن کنجاله کنجد در جیره بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) منجر به کاهش خوش‌خوراکی جیره غذایی شد که در نهایت با کاهش مصرف غذا، نرخ رشد روزانه نیز کاهش یافت (Hasan *et al.*, 1997). به طور کلی، نتایج متفاوت در ارتباط با پاسخ آبزیان به مصرف منابع پروتئینی گیاهی، می‌توان گفت که با توجه به نوع گونه، سن، شرایط پرورش

و نیز شرایط متفاوت عمل‌آوری جیره غذایی، تأثیر بسیاری بر نتایج حاصله خواهند داشت.

ارزیابی کمی و کیفی کبد و نیز میزان فعالیت آنزیم‌های این اندام رابطه مستقیمی با تغذیه و کیفیت خوراک مصرفی و نیز وضعیت سلامتی جاندار دارد به‌طوری‌که هرچه سطوح فعالیت این آنزیم‌ها کمتر باشد، نشان‌دهنده این است که کبد از وضعیت سلامتی مطلوب‌تری برخوردار است (Hyder *et al.*, 2013). نتایج آزمایش حاضر نشان دادند که مصرف کنجاله کنجد سبب تأثیر معنی‌دار بر کاهش اندازه کبد نسبت به کل بدن ماهی دارد و نشان داده شد که ماهیان تغذیه شده با جیره T15 به لحاظ سلامت تغذیه‌ای در وضعیت بهتری نسبت به سایر تیمارها قرار دارند. این موضوع در بررسی‌های آماری میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی نیز مورد تأیید قرار گرفت و نتایج نشان دادند که همراه با افزایش سطح کنجاله کنجد در جیره، مقادیر آنزیم‌های کبدی ALT و AST به طور معنی‌دار کاهش داشتند، ولی میزان فعالیت آنزیم ALP با افزایش معنی‌دار همراه شد. Guo و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که می‌توان کنجاله کنجد را تا سطح ۱۶٪ جایگزین کنجاله سویا در جیره ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) نمود، بدون این‌که اثرات منفی معنی‌داری بر شاخص‌های کبدی و تغذیه‌ای ایجاد کند. بر خلاف این نتایج، استفاده از کنجاله کنجد به جای سویا در جیره بچه ماهیان سی بأس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) موجب افزایش معنی‌دار اندازه کبد و آسیب‌های بافتی به این اندام شد (Saleh, 2019).

ترکیبات بیوشیمیایی لاشه آبزیان پرورشی تحت تأثیر مستقیم نوع ترکیبات مغذی مصرف شده آبزیان در طول دوره پرورش جاندار می‌باشد. در این آزمایش، نتایج مربوط به ترکیبات بیوشیمیایی عضله ماهیان قزل آلا نشان داد که استفاده از کنجاله کنجد در جیره غذایی اثرات معنی‌داری بر پروتئین، چربی و رطوبت دارد به‌طوری‌که میزان چربی و پروتئین همراه با افزایش سهم کنجاله کنجد، افزایش یافت و از سوی دیگر، از میزان رطوبت آنها کاسته شد. در مطالعه‌ای دیگر که بر ماهی قزل آلا صورت گرفت، افزایش سطح استفاده از کنجد به جای کنجاله سویا در جیره، تأثیر معنی‌دار بر میزان پروتئین عضله این ماهی داشت، اما بر رطوبت و چربی تأثیر معنی‌دار مشاهده نشد (Dernekbasi *et al.*, 2017). همچنین مشابه نتایج آزمایش حاضر در ترکیبات لاشه گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) گزارش شده است که با افزایش سهم کنجد در جیره این ماهی رطوبت لاشه کاهش و میزان پروتئین و چربی افزایش معنی‌دار پیدا کرد (Enyidi *et al.*, 2014). همچنین سطح پروتئین لاشه ماهی سی بأس اروپایی تغذیه شده با جیره حاوی بیش از ۳۰ درصد جایگزینی کنجاله کنجد به جای سویا، افزایش معنی‌دار پیدا کرد و بالعکس از میزان چربی لاشه کاسته شد (Saleh, 2019). همچنین برخی مطالعات نتایج متفاوتی ارائه کرده‌اند. برای مثال، بررسی نتایج ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهیان قزل‌آلای تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ درصد کنجد، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد (Emadi *et al.*, 2014).

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این بررسی مشخص شد که جایگزینی کنجاله سویا با استفاده از کنجاله دانه کنجد در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند تا سطح ۷۵ درصد صورت گیرد به‌طوری‌که نه تنها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و تغذیه ایجاد نگردد بلکه موجب برخی تاثیرات معنی‌دار مثبت بر شاخص‌های سلامت ماهی از جمله وضعیت کبد، آنزیم‌های کبدی و نیز ارتقاء کیفیت لاشه از نظر افزایش سهم پروتئین و چربی و ماده خشک در عضله ماهی شد.

## تشکر و قدردانی

از عوامل گروه شیلات دانشگاه تهران به سبب در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی و کارگاهی جهت انجام این دوره آزمایشی و از مدیریت محترم شرکت نوین رشد نادین (تولیدکننده تخصصی خوراک آبزیان) به سبب همکاری صمیمانه در ارتباط با تأمین بچه ماهی و مواد اولیه جیره ماهی تشکر و قدردانی می‌گردد . همچنین از جناب آقای مهندس ساجدی مسئول محترم آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشگاه تهران بابت راهنمایی‌ها و کمک‌های ارزشمندشان در امر آنالیز مواد اولیه و جیره‌های آزمایشی سپاسگزاریم.

## منابع

**AOAC (Association of Official Analytical Chemist), 1995**. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th edn. AOAC Inc., Arlington, VA, USA. 670 P.

**Brito, O.J. and Nunez, N., 1982.** Evaluation of sesame flour as a complementary protein source for combinations with soy and corn flours. *Journal of Food Science*, 47(2): 457-460. Doi:10.1111/j.1365-2621.1982.tb10103.x.

**De Padua, M.R., 1983.** Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. *Journal of Food Science*, 48(4): 1145-1147. Doi:10.1111/j.1365-2621.1983.tb09178.x.

**Dernekbasi, S. and Karayucel, I., 2017.** Partial Replacement of Soybean Meal by Peanut and Sesame Seed Meals in Practical Diets for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 6(1): 00146. Doi:10.15406/JAMB.2017.06.00146.

**Dernekbasi, S., Karayucel, I. and Akyus, A.P., 2017.** Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1): 31-39. Doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.05.

**Emadi, H., Mokhayer, B. and Faal M., 2014.** Alternative role of sesame seed replacing fish meal in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(3): 608-620.

**Enyidi, U.D., Pirhonen, J. and Vielma, J., 2014.** Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish *Clarias gariepinus. Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(4): 998-1013.

**FAOSTAT, 2018.** FAO Statistics Division 2018; Rainbow trout world production. In: Food and Agriculture Organization of the United Nation.

**Francis, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2001.** Anti-nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197-227. Doi:10.1016/S0044-8486(01)00526-9.

**Gatlin, D.M., Barrows, F.T. and Brown, P., 2007.** Expanding the utilization of sustainable plant products in aqua feeds: a review. *Aquaculture Research*, 38: 551–579. Doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x.

**Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007.** A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17–34. Doi:10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x.

**Guo, Y., Dong, X. and Tan, B., 2011.** Partial replacement of soybean meal by sesame meal in diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus L*. *Aquaculture Research*, 42:1298–1307. Doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02718.x.

**Hardy, R.W. and Barrows, F.T., 2002.** Diet formulation and manufacture. *Fish*

*Nutrition*, 3: 505-600. Doi:10.1016/B978-012319652-1/50010-0.

**Hasan, M. R., Macintosh, D.J. and Jaunceyn, K., 1997.** Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio L*) fry. *Aquaculture*, 151 (1-4): 55-70. Doi:10.1016/S0044-8486(96)01499-8

**Hyder, M., Hasan, M. and Mohieldein, A., 2013.** Comparative levels of ALT, AST, ALP and GGT in liver associated diseases. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2): 280-284.

**Iwe, M.O., van Zuilichem, D.J., Ngoddy, P.O. and Lammers, W., 2001.** Amino acid and protein dispersibility index (PDI) of mixtures of extruded soy and sweet potato flours. *LWT-Food Science and Technology*, 34(2): 71-75. Doi:10.1006/fstl.2000.0731.

**Jimoh, W.A. and Aroyehun, H.T., 2011.** Evaluation of cooked and mechanically defatted seasame (*Seasame indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 185-190. Doi:10.4194/trjfas.2011.0202.

**Montero D., Mathlouthi F., Tort L., Afonso J.M., Torrecillas S., Fernandez-Vaquero A., Negrin D. and Izquierdo M.S.,** 2010. Replacement of diatary fish oil by vegetable oils affects humoral immunity and expression of pro-inflammatory cytokines genes in gilthead sea bream *(Sparus aurata)*. *Fish and Shellfish Immunology*, 29: 1073-1081. Doi:10.1016/j.fsi.2010.08.024.

**Nang Thu., T.T., Bodin, N., Saeger, S., Larondelle, Y. and Rollin, X., 2011.** Substitution of fish meal by sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) meal. *Aquaculture Nutrition*, 17(1), 80-89. Doi:10.1111/j.1365-2095.2009.00732.x.

**Oliva-Teles, A., Enes, P. and Peres, H., 2015.** 8 - Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. Feed and Feeding Practices in Aquaculture, 203-233. Doi:10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8.

**Onsaard, E., Pomsamud, P. and Audtum, P., 2010.** Functional properties of sesame protein concentrates from sesame meal. *Asian Journal of Food and AgroIndustry*, 3(4): 420-431.

**Peter, R.S., 2007.** Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46(3): 239-250. Doi:10.1016/j.jcs.2007.06.006.

**Ricker, W.E., 1979.** Growth rates and models. *Fish Physiology*, 8: 677-743.

**Ronyai, A., Peteri, A. and Radics, F., 1990.** Cross breeding of sterlet and Lena River's sturgeon. *Aquaculture Hungrica*, 6: 13-18.

**Saleh, N.E., 2019.** Assessment of sesame meal as a soybean meal replacement in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) diets based on aspects of growth, amino acid profiles, haematology, intestinal and hepatic integrity and macroelement contents. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46 (3), 861-879. Doi:10.1007/s10695-019-00756-w

**Sotoudeh, E., Amiri Moghaddam, J., Shahhosseini, G. and Aramli, M.S., 2016.** Effect of dietary gamma-irradiated and fermented soybean meal on the growth performance, body composition, and digestive enzymes activity of Caspian brown trout, *Salmo trutta caspius*, juvenile. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47: 830–842. Doi:10.1111/jwas.12297.

**Takakuwa, F., Suzuri, K., Horikawa, T., Nagahashi, K., Yamada, S., Biswas, A. and Tanaka, H., 2020.** Availability of potato protein concentrate as an alternative protein source to fish meal in greater amberjack (*Seriola dumerili*) diets. *Aquaculture Research*, 51: 1293– 1302. Doi:10.1111/are.14480.

**Wang, Y., Li, K., Han, H., Zheng, Z.X. and Bureau, D., 2008.** Potential of using a blend of rendered animal protein ingredients to replace fish meal in practical diets for malabar *grouper (Epinephelus malabricus)*. *Aquaculture*, 281: 113–117. Doi:10.1016/j.aquaculture.2008.03.033

**Yang, H.G., Liu, Y.J., Tian, L.L., Liang Y.G. and Lin, H.R., 2010.** Effects of supplemental lysin and methionine on growth performance and body composition for grass carp *(Ctenopharyngodon idella)*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 5 (2): 222 – 227. Doi:10.3844/ajabssp.2010.222.227.

# Replacement of soybean meal with sesame oil-cake in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet and its effects on growth indices, nutrition, fillet biochemical compositions, and liver enzymes

Amin Hashemi Panah Mehr Abadi A.[1]; Rafiee G.[1*]; Bozorgi S.[1]

*ghrafiee@ut.ac.ir

1-Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Tehran, Iran.

## Abstract

In the present study, the effects of the different levels soybean meal replacement with sesame oil-cake in rainbow trout diet on growth performance, body biochemical composition and liver enzymes were evaluated. An 8-week feeding period were performed by Four experimental diets with different levels of sesame oil-cake 0% (S0), 5% (S5), 10% (S10) and 15% (S15), respectively, in a completely randomized design in triplicate. Growth and nutrition indices including final weight (FW), specific growth rate (SGR), weight gain (WG), feed conversion ratio (FCR), lipid efficiency rate (LER) and feed intake (FI) did not show significant differences between different treatments ($p<0.05$). However, there was a significant difference between S10 (0.23) and S15 (0.21) treatments in protein efficiency rate (PER). In contrast, hepato somatic index (HSI), visceral somatic index (VSI) and condition factor (CF), showed significant difference ($p<0.05$) between experimental treatments, so that most of them were related to the treatments (S10= 1.07), (S10= 6.29) and (S15= 1.05, respectively, and the lowest of them were observed in the treatments (S15= 0.98), (S15= 5.78) and (S0= 1.02), respectively. There was a significant difference in fillet protein, lipid and moisture ($p<0.05$) but the amount of ash did not show any significant difference. In addition, the activity of alanine amino transferase and aspartate amino transferase showed a significant decrease with increasing sesame meal and conversely, the activity level of alkaline phosphatase increased significantly with increasing replacement level ($p<0.05$). According to the results, it can be stated that not only the use of sesame meal instead of soybean meal up to 15% did not have a significant effect on rainbow trout growth and nutritional indices and also improved the health status and quality of the fillet biochemical composition.

**Keywords:** Sesame oil-cake, Rainbow trout, Growth indices, Liver enzymes, Biochemical composition

*Corresponding author