



University of Guilan with collaboration of Iranian  
Aquaculture Society

## Aquatic Animals Nutrition

Vol. 11, No. 2, 2025, pages: 87-100  
DOI: 10.22124/janb.2025.29087.1262



### RESEARCH PAPER

### OPEN ACCESS

## Effects of different levels of soybean and canola meal on the growth and carcass composition of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* fingerling

Seyed Afshin Amiri Sendesi<sup>\*1</sup>, Mohammad Sayad Bourani<sup>1</sup>, Erfan Akbari Nargesi<sup>1</sup>,  
Mansour Sharifian<sup>2</sup>, Mahmoud hafezieh<sup>2</sup>, Seyed Fakhroddin Mirhasheminasab<sup>1</sup>

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

2- Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSR), Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO)

Received 14 April 2025

Revised 16 June 2025

Accepted 18 June 2025

Published online 21 November 2025

### KEYWORDS

Fingerlings

*Ctenopharyngodon*  
*idella*

Canola meal

Soybean meal

Diet

Growth

### ABSTRACT

**Introduction:** Grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, is considered one of the most commercially important farmed fish in the world. One of the important factors in the development of aquaculture is to provide a suitable ration that can meet the nutritional requirements of this fish, and on the other hand, the ration should be as cheap as possible so ultimately to achieve cheaper food by optimizing the food ration. In this research, the effect of different levels of soybean meal and canola on growth parameters and carcass composition of grass carp fingerlings with an average initial weight of  $7.56 \pm 1.12$  g (mean  $\pm$  SD) were investigated for 60 days.

**Materials and methods:** Experiments were conducted in 100-L fiberglass tanks containing 7 grass carp fingerlings in 3 repetitions, with a total of 9 experimental tanks. The three treatments included Treatment 1 (T<sub>1</sub>) with a diet containing 24.5% soybean meal and 24.5% canola meal, Treatment 2 (T<sub>2</sub>) with 29% canola meal and 21% soybean meal, and Treatment 3 (T<sub>3</sub>) with 28% soybean meal and 20% canola meal. The tanks were divided completely randomly.

**Results and discussion:** According to Duncan test, differences were observed between the treatments in terms of mean food conversion ratio (FCR), specific growth rate, and weight gain ( $P < 0.05$ ). The results showed that the maximum and minimum amounts of weight gain were occurred in T<sub>3</sub> ( $89.91 \pm 2.4$  g) and T<sub>2</sub> ( $58.39 \pm 13.17$  g), respectively. The minimum of special growth rate ( $0.70 \pm 0.15$  %/day) was observed in T<sub>2</sub>, while the

maximum ( $1.06 \pm 0.02$  %/day) in T<sub>3</sub>. The minimum average of FCR ( $2.09 \pm 0.05$ ) was found in T<sub>3</sub> while the maximum ( $3.69 \pm 1.09$ ) in T<sub>2</sub>. The results obtained from the Kruskal-Wallis test did not exhibit any significant difference among different treatments in terms of the biochemical composition of the fingerling carcasses, including protein, fat, ash, and moisture contents ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** According to the obtained results, it seems that 28% soybean meal and 20% canola are the most suitable levels in the diet of grass carp fingerlings.

---

\*Corresponding author: afshinamirisendesi2005@gmail.com





"مقاله پژوهشی"

## تأثیر استفاده از سطوح مختلف کنجاله سویا و کانولا در جیره غذایی بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)

سید افشین امیری سندسی<sup>۱\*</sup>، محمد صیاد بورانی<sup>۱</sup>، عرفان اکبری نرگسی<sup>۱</sup>، منصور شریفیان<sup>۲</sup>، محمود حافظیه<sup>۲</sup>، سید فخرالدین میر هاشمی نسب<sup>۱</sup>

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

۲- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰

### کلمات کلیدی

### چکیده

کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) یکی از مهمترین ماهیان پرورشی در دنیا محسوب می‌شود. از عوامل مهم توسعه آبی‌پروری ارائه جیره غذایی مناسب است که نیازمندی‌های غذایی ماهی را تأمین کند و باید تا حد امکان ارزان باشد. در این تحقیق، تأثیر سطوح مختلف کنجاله سویا و کانولا بر فراسنجه‌های رشد و ترکیب لاشه بچه ماهیان کپور علفخوار ( $1/12 \pm 7/56$  گرم) به مدت ۶۰ روز بررسی شد. آزمایش‌ها در مخازن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری حاوی ۷ عدد ماهی انگشت‌قد در ۳ تکرار انجام و در مجموع ۹ مخزن آزمایشی در سه تیمار شامل تیمار ۱: جیره حاوی ۲۴/۵٪ کنجاله سویا و ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا؛ تیمار ۲: جیره حاوی ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا؛ و تیمار ۳: جیره حاوی ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کانولا به‌صورت کاملاً تصادفی تقسیم‌بندی شدند. با توجه به نتایج، بین تیمارها از نظر میانگین ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، و درصد افزایش وزن (WG) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). کمینه WG در تیمار ۲ (با میانگین  $13/179 \pm 58/39$  گرم) و بیشینه آن در تیمار ۳ (با میانگین  $2/4 \pm 89/91$  گرم) مشاهده شد. همچنین، کمینه SGR در تیمار ۲ ( $0/15 \pm 0/7$ ) و بیشینه آن در تیمار ۳ ( $0/02 \pm 1/06$ ) دیده شد. کمینه میانگین FCR مربوط به تیمار ۳ با میانگین  $0/54 \pm 2/09$  و بیشینه آن مربوط به تیمار ۲ با میانگین  $1/09 \pm 3/69$  بود. هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه‌ماهیان (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت) در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد جیره حاوی ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کانولا، مناسب‌ترین سطح کانولا و سویا در جیره بچه ماهیان کپور علفخوار است.

## مقدمه

تغییرات آب و هوایی، بحران‌های مالی و رقابت فزاینده برای منابع طبیعی در قرن حاضر سبب شده است که جهان با چالش‌های جدی برای تغذیه ۹ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ مواجه شود (Zhao et al. 2020). خوشبختانه، آبی‌پروری یک صنعت اقتصادی پایدار برای تولید غذا و بهبود درآمد و استاندارد زندگی مردم است که نقش مهمی در تأمین بیشتر ماهی و فرآورده‌های شیلاتی برای پاسخگویی به نیاز فزاینده برای غذا ایفا می‌کند (Zhao et al. 2020). با وجود این، با توسعه سریع آبی‌پروری متراکم، این صنعت نیز با انتقادات شدیدی به دلیل ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی، به‌ویژه آثار زیست‌محیطی مرتبط با تخلیه آبی‌پروری، مانند آگزوفیکاسیون، هایپرنوتریفیکاسیون و تخریب تنوع زیستی مواجه است. تحقیقات نشان داده‌اند که علل اصلی این مشکلات، شیوه‌های نامناسب مدیریت استخر (به‌ویژه تغذیه و کوددهی) است (Zhao et al. 2020).

بیشتر آبی‌پروران اغلب نیازهای تغذیه‌ای را بیش از میزان واقعی تخمین می‌زنند و غذای بیش از حد را برای دستیابی به نرخ رشد سریع ماهی فقط با ارزیابی بصری یا جداول تجربی فراهم می‌کنند که نه تنها منجر به زیان اقتصادی قابل توجهی (مقدار زیادی غذای دور ریختنی) می‌شود، بلکه محیط زیست را نیز تهدید می‌کند. بنابراین، ضروری است که بر اساس نیازهای غذایی ماهی برای مراحل مختلف زندگی و شرایط پرورش، جیره مناسب ارائه شود و راهبردهای تغذیه‌ای را برای ارتقای پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی بهینه‌سازی کرد (Zhao et al. 2020).

کاهش هزینه‌های غذایی ماهیان از طریق استفاده پروتئین گیاهی در جیره غذایی امکان‌پذیر است. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که محصولات پروتئینی سویا، به‌ویژه آرد سویا، در خوراک آبزیان مفید هستند و این ماده به طور معمول به فرمول‌های تجاری برای بسیاری از گونه‌های ماهی اضافه می‌شود. عموماً چندین عامل مختلف از قبیل احتیاجات متفاوت هرگونه آبی به اسیدهای آمینه، مواد تشکیل دهنده جیره‌های غذایی، مقدار مواد ضد تغذیه‌ای ترکیبات جیره، قابلیت هضم واریته‌های مختلف، باعث می‌شوند که برای هر گونه، سطوح خاصی از پروتئین‌های گیاهی را جایگزین آرد

ماهی در جیره‌های غذایی آبزیان کرد (Francis et al. 2008; Shafaeipour et al. 2001). در مقایسه با دیگر پروتئین‌های گیاهی، سویا به دلیل مقدار پروتئین بالا و کربوهیدرات مناسب و فیبر کم قابلیت هضم بالا و اسید آمینه مناسب، سویا به عنوان یکی از مناسب‌ترین پروتئین‌های گیاهی در نظر گرفته می‌شود و در حال حاضر رایج‌ترین منبع پروتئین گیاهی در خوراک ماهی‌هاست (Gatlin et al. 2007).

یکی دیگر از گیاهانی که کاربرد مناسبی در تولید غذای آبزیان دارد، گیاه کانولا (کلزا) است که به شکل وسیعی در کشورهایی مانند کانادا، آمریکا، هندوستان و چین کشت می‌شود. کنجاله کلزا با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع واریته و روش فراوری حاوی ۳۵-۴۴٪ پروتئین، و کنجاله کلزای ایران دارای حدود ۳۵٪ پروتئین است. پروتئین کانولا توازن خیلی خوبی از نظر اسیدهای آمینه نسبت به دیگر پروتئین‌های گیاهی دارد (Ahmadian and Jafari Khorshidi, 2009). مقدار انرژی و پروتئین خام کنجاله نسبت به کنجاله سویا اندکی کمتر ولی مقدار لیاف و چربی آن بیشتر است. همچنین، از نظر اسید آمینه گوگرددار مناسب‌تر از کنجاله سویا است، ولی مقدار لایزین آن کمتر است (Mailer, 2004). مطالعات نشان داده‌اند که با کاهش مقادیر فیبر و مواد ضدتغذیه‌ای مانند گلوکوزینولات‌ها و اسید فایتیک در کنجاله کانولای فراوری شده، میزان پروتئین آن افزایش یافته و قابلیت هضم آن به بیش از ۹۵٪ می‌رسد. همچنین، افزودن آنزیم فیتاز به جیره غذایی حاوی کنجاله کانولا موجب افزایش دسترسی فسفر و کاهش نیاز به افزودن فسفر معدنی می‌شود (Mwachireya et al. 1999). بر همین اساس، استفاده از کنجاله این گیاه می‌تواند روش مناسبی برای افزایش کیفیت و کاهش هزینه تولید جیره غذایی باشد.

یکی از مشکلات پرورش دهندگان در ایران تهیه غذای امور است، به طوری که حتی از جو به عنوان غذای مشترک کپور و امور استفاده می‌کنند. ولی عمده غذای مورد استفاده در پرورش کپور علفخوار در کشور علوفه است که به دلیل بالا بودن میزان تقاضای آن در فصل تابستان و مشترک بودن آن با غذای دیگر دام‌ها اغلب کمبود پیش می‌آید. تأمین علوفه از

زمین‌های مجاور مزرعه پرورش میسر نبوده و پرورش - دهندگان ناچارند از مکان‌های دیگر آن را تهیه کنند. این مشکلات باعث شده که از محاسن پرورش کپور علفخوار در ترکیب چند گونه‌ای صرف نظر شود، در حالی که کپور علفخوار در بارورسازی استخر نقش مؤثری دارد. تولید عمده ماهی امور مربوط به کشور چین است که نقش پررنگی در تولید جهانی دارد. امید است با بالا بردن تولید ماهی امور در کشور به میزان تولید کل ماهیان گرمابی کمک شایانی شود. تحقیقات محدودی در کشور در باره جیره بهینه ماهی کپور علفخوار انجام شده است. Keramat Amirkolaie و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کرده‌اند که غذای پلت رشد بهتری را نسبت به غذای گیاهی نشان می‌دهد. Cremer و همکاران (۲۰۰۴) جیره غذایی بر اساس پروتئین گیاهی، چربی کم و فیبر فراوان را فرموله کردند. ماهیان کپور علفخوار مورد آزمایش با این جیره، در استخرهای خاکی واقع در هاربین چین از وزن ۷۰ گرمی به ۷۱۳ گرم طی ۱۴۳ روز با ضریب تبدیل غذایی ۱/۳۹ رسیدند. فرمولاسیون خوراک ماهی کپور علفخوار چینی معمولاً حاوی پودر ماهی (صفر تا ۱۰٪)، کنجاله سویا (۱۰ تا ۳۰٪)، کنجاله کلزا (۱۰ تا ۳۰٪) است و سبوس برنج، ذرت، گندم و دیگر محصولات جانبی کشاورزی، آرد برگ و پودر علف نیز استفاده می‌شود. همچنین، پیش مخلوط ویتامین‌ها و مواد معدنی و جاذب‌های تغذیه حدود ۲ تا ۵٪ از خوراک را تشکیل می‌دهند (Ma et al. 2005). با توجه به موارد بیان شده، استفاده از کنجاله سویا و کنجاله کانولا می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش هزینه‌های تولید جیره غذایی ماهی امور باشد. بر همین اساس، هدف مطالعه حاضر دستیابی به سطوح مناسب منابع پروتئینی برای کاهش هزینه تولید، بهبود کیفیت جیره غذایی و بررسی شاخص‌های رشد بچه ماهیان کپور علفخوار پس از ۶۰ روز تغذیه با سطوح مختلف کنجاله کانولا و سویا بود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق از پروژه مصوب مؤسسه تحقیقات شیلات ایران با کد مصوب ۲۰۱۰-۰۲۰۱-۱۲-۷۳-۲ طبق دستورالعمل اخلاقی ARRIVE2 (Du Sert et al. 2020) با نظارت و تأیید مؤسسه تحقیقات شیلات ایران در ایستگاه تحقیقات

شیلاتی فومن انجام شد. آزمایش‌ها در مخازن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری که حاوی ۷ عدد ماهی کپور علفخوار انگشت‌قد با میانگین وزنی اولیه  $1/12 \pm 7/56$  گرم در سه تیمار و سه تکرار و در مجموع ۹ مخزن آزمایشی به مدت ۶۰ روز بررسی شدند. تیمارها شامل تیمار ۱: جیره‌ای که عمده اقلام غذایی آن محتوی ۲۴/۵٪ کنجاله سویا، ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا، تیمار ۲: جیره‌ای که عمده اقلام غذایی آن ۲۹٪ کنجاله کانولا، ۲۱٪ کنجاله سویا و تیمار ۳: جیره‌ای که عمده اقلام غذایی آن ۲۸٪ کنجاله سویا، ۲۰٪ کانولا به صورت کاملاً تصادفی تقسیم‌بندی شدند (جدول ۱). آب مخازن مورد آزمایش هر روز تعویض آب می‌شد. ماهی‌ها به مدت ۲ هفته با شرایط تغذیه و محیط پرورشی سازش یافتند. سپس، ۷ عدد ماهی با وزن مشخص از هر مخزن انتخاب شده و وارد مخازن ۱۰۰ لیتری شدند. میانگین وزن بچه ماهیان در شروع آزمایش برای همه تیمارها در جدول ۲ گزارش شده است و از لحاظ آماری نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. در طی دوره پرورش در فواصل ۱۵ و پایان دوره پرورش زیست‌سنجی انجام شد. غذادهی روزانه و بر اساس سیری انجام شد. فرض شد که ماهی‌ها فقط خوراک شناور را می‌خورند و خوراکی که به کف مخزن فرو می‌رود را نمی‌خورند. دو ساعت پس از آخرین تغذیه ماهیان، پلت‌های مصرف نشده شمارش و با توجه به وزن خشک هر پلت میزان مصرف خوراک توسط ماهیان در هر مخزن محاسبه شد. در نهایت، میزان مصرف خوراک نسبت به توده زنده در هر دوره زیست‌سنجی به دست آمد.

سنجش روزانه هدایت الکتریکی و pH و دما از دستگاه مولتی‌متر مدل Multi 340i ساخت شرکت آلمانی WTW و همچنین فراسنجه‌های فیزیوشیمیایی شامل اکسیژن و سختی کل بر اساس روش‌های استاندارد آمریکا در آنالیز آب و فاضلاب (APHA, 1989) هر دو هفته یکبار انجام شد (جدول ۳). برای محاسبه عوامل رشد شامل درصد افزایش وزن (WG)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب چاقی (CF)، رشد روزانه (DG)، میزان بازماندگی و ضریب کارایی پروتئین از روابط زیر استفاده شد (Canzhou and Yirongyue, 2010):

$100 \times (\text{وزن اولیه (گرم)} / (\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن ثانویه (گرم)})) = \text{درصد افزایش وزن}$   
 $\text{افزایش وزن (گرم)} / \text{غذای داده شده (گرم)} = \text{ضریب تبدیل غذایی}$   
 $100 \times \text{مدت زمان پرورش} / \text{لگاریتم طبیعی وزن اولیه} - \text{لگاریتم طبیعی وزن ثانویه} = \text{نرخ رشد ویژه}$   
 $100 \times (\text{طول})^3 / \text{وزن} = \text{ضریب چاقی}$   
 $100 \times \text{مدت زمان پرورش} / (\text{وزن اولیه (گرم)} / (\text{وزن اولیه (گرم)} - \text{وزن ثانویه (گرم)})) = \text{درصد رشد روزانه}$   
 $\text{مقدار ماهی معرفی شده} / \text{مقدار ماهی موجود} = \text{نرخ بازماندگی} \times 100$   
 $100 \times \text{پروتئین مصرفی} / \text{وزن تر بدست آمده} = \text{ضریب کارایی پروتئین}$

### ساخت جیره‌های آزمایشی

کنجاله زیتون نیز از روغن‌کشی شهرستان رودبار تهیه شد. جیره غذایی بر اساس سطوح مختلف مصرف کنجاله کانولا و سویا تنظیم شد و در نهایت جیره در سه تیمار بر اساس ۳٪ چربی، ۳۰٪ پروتئین و ۱۵/۶ مگاژول انرژی خام فرموله شد (FAO, 2024). پس از تعیین سطوح انرژی، پروتئین، چربی جیره‌های آزمایشی جدول ۱ و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری UFFD تنظیم شد.

کنجاله کانولا از کارخانه روغن نباتی یگانه خزر آق‌قلا تهیه شد. پودر ماهی، آرد گندم، آرد ذرت، سویا، لایزین، متیونین، پودر یونجه و سبوس برنج از یک شرکت پخش مواد غذایی در شهر رشت خریداری و سپس این مواد در آزمایشگاه دامپزشکی دکتر میراعلمی سنجش شدند. مولتی‌ویتامین و مکمل مواد معدنی از شرکت ارس بازار آمل خریداری و

### جدول ۱ فرمول و ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی

**Table 1 Formulation and biochemical composition of the experimental diets**

| Diets Ingredients (g/kg) | Treatments                           |                                      |                                          |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
|                          | 28% soybean meal and 20% canola meal | 21% soybean meal and 29% canola meal | 24.5% soybean meal and 24.5% canola meal |
| Fish meal                | 10                                   | 10                                   | 10                                       |
| Soybean meal             | 28                                   | 21                                   | 24.5                                     |
| Canola meal              | 20                                   | 29                                   | 24.5                                     |
| Wheat flour              | 11                                   | 12                                   | 11                                       |
| Corn flour               | 12                                   | 11                                   | 12                                       |
| Rice bran                | 5                                    | 4.5                                  | 6                                        |
| Alfalfa powder           | 5                                    | 5.2                                  | 5                                        |
| Canola oil               | 0.1                                  | 0.3                                  | 0.2                                      |
| Olive meal               | 3.9                                  | 2                                    | 1.8                                      |
| Molasses                 | 2                                    | 2                                    | 2                                        |
| Vitamins*                | 2                                    | 2                                    | 2                                        |
| Minerals**               | 1                                    | 1                                    | 1                                        |
| Proximate analysis       |                                      |                                      |                                          |
| Dry matter (%)           | 90.66 ± 0.57                         | 90.26 ± 0.65                         | 90.33 ± 0.71                             |
| Ash (%)                  | 12.1 ± 0.21                          | 13.1 ± 0.52                          | 12.6 ± 0.12                              |
| Crude fat (%)            | 3.25 ± 0.22                          | 3.3 ± 0.79                           | 3.45 ± 0.21                              |
| Crude protein (%)        | 30.23 ± 1.59                         | 30.13 ± 1.39                         | 29.86 ± 1.04                             |
| Energy (kcal/kg)         | 3693                                 | 3702                                 | 3689                                     |

\* Vitamin A 50,000 IU, B<sub>2</sub> 3 mg, Vitamin D 10,000 IU, B<sub>12</sub> 0.01 mg, Vitamin E 10 mg, Vitamin C 100 mg, Vitamin B<sub>1</sub> 20 mg, Nicotinamide 30 mg, Calcium dipentotenate 10 mg; multivitamin from Aras Bazaar Factory.

\*\* Copper 3 mg, Zinc 15 mg, Iron 10 mg, Manganese 1.5 mg, Iodine 4 mg; mineral supplement called Mineravit from Aras Bazaar Factory.

اساس روش‌های استاندارد آمریکا در سنجش آب و فاضلاب اندازه‌گیری شد (APHA, 1989).

### تجزیه و تحلیل آماری

جهت مقایسه تیمارها با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون واریانس یکطرفه استفاده شد. همچنین، برای مقایسه میانگین هر یک از فراسنجه‌های رشد و لاشه در تیمارهای مختلف از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

### نتایج

با توجه به آزمون چند دامنه دانکن با سطح اطمینان ۹۵٪ در جدول ۲ مشخص شد بین تیمارها از نظر میانگین ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن اختلاف آماری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). نتایج مربوط به شاخص‌های رشد بچه ماهیان کپور علفخوار در جدول ۲ پس از ۶۰ روز تغذیه با سطوح مختلف کنجاله کانولا و کنجاله سویا نشان داد که بیشترین میانگین وزن نهایی ( $14/39 \pm 1/35$  گرم)، بالاترین نرخ رشد ویژه ( $0/02 \pm 1/068$  درصد در روز)، بیشترین ضریب کارایی پروتئین ( $2/09 \pm 0/054$ ) و بیشترین میانگین رشد روزانه ( $11/35 \pm 0/23$  گرم) در تیمار تغذیه شده با ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا مشاهده شد و در تمامی موارد بیان شده تفاوت معنی داری با دیگر تیمارها دیده شد ( $P < 0.05$ ). بیشترین افزایش وزن و ضریب چاقی در تیمار تغذیه شده با ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا و تیمار تغذیه شده با ۲۴/۵٪ کنجاله سویا و ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا مشاهده شد و در این زمینه نتایج دو تیمار ذکر شده تفاوت معنی داری با تیمار تغذیه شده با ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا نشان دادند ( $P < 0.05$ ). کمترین ضریب تبدیل غذایی ( $2/09 \pm 0/054$ ) نیز در تیمار تغذیه شده با ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا مشاهده شد و تفاوت معنی داری با دیگر تیمارها دیده شد ( $P < 0.05$ ).

اقلام تهیه شده آسیاب و از الک ۵/۰ میکرون عبور داده شدند. سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم ساخت ژاپن (ADAPTEWR, AND) طبق جدول ۱ توزین، و کاملاً مخلوط شد. بعد از مخلوط شدن و اضافه کردن آب مقطر آن را به شکل خمیری درآورده و از چرخ گوشتی که قطر سوراخ‌های خروجی آن یک میلی متر مخصوص این کار ساخته شده بود، عبور داده و داخل سینی به صورت رشته‌های باریک ریخته شد. سپس سینی‌های حاوی رشته در آن با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و کاملاً خشک شدند. بعد از خشک شدن، آنها را داخل سینی ریخته و پلت مورد نظر ساخته و سپس سنجش شد (جدول ۱).

### اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی جیره و لاشه

خوراک‌های تهیه شده در قالب جیره آزمایشی در شروع و همچنین لاشه بچه‌ماهیان در پایان آزمایش با روش استاندارد AOAC (۱۹۹۰) به شرح زیر انجام شد. برای اندازه‌گیری لاشه بچه ماهیان در انتهای دوره آزمایش، از هر مخزن تعداد ۲ عدد ماهی برای سنجش لاشه جدا شد. برای این منظور، ماهیان به صورت کامل و هر تیمار به صورت مجزا چرخ شده و محتوای رطوبت از طریق خشک کردن نمونه‌ها در آن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. همچنین، خاکستر جیره‌های آزمایشی از طریق قرار دادن نمونه‌ها در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲ ساعت اندازه‌گیری شد. پروتئین خام از طریق تعیین نیتروژن کل بر اساس فرمول  $6/25 \times \text{نیتروژن کل} = \text{پروتئین خام}$  تعیین شد. نیتروژن کل به روش کلدال مشخص و در ۶/۲۵ ضرب شد. چربی خام به وسیله دستگاه سوکسله عمومی اندازه‌گیری شد (Flochet al, 1975). میزان انرژی خام به وسیله بمب کالری متر مدل Gallenkamp Auto Bomb اندازه‌گیری شد. همچنین، شاخص‌های فیزیکی شیمیایی بر

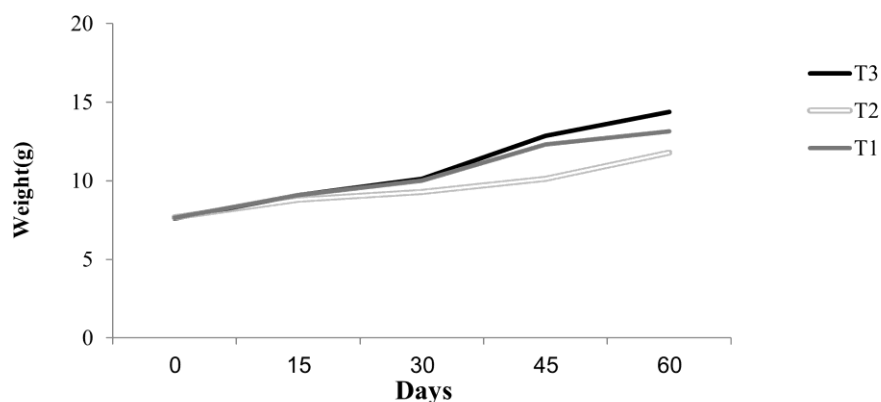
جدول ۲ شاخص های رشد بچه ماهیان آمور پس از ۶۰ روز تغذیه با سطوح مختلف کنجاله کانولا و کنجاله سویا

**Table 2 Growth indices of grass carp fingerlings after 60 days of feeding with different levels of canola meal and soybean meal**

| Growth parameters            | Treatments                           |                                      |                                          |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
|                              | 28% soybean meal and 20% canola meal | 21% soybean meal and 29% canola meal | 24.5% soybean meal and 24.5% canola meal |
| Initial weight (g)           | 7.58 ± 1.40                          | 7.67 ± 0.90                          | 7.64 ± 1.07                              |
| Final weight (g)             | 14.39 ± 1.35 <sup>a</sup>            | 11.78 ± 2.01 <sup>b</sup>            | 13.13 ± 1.79 <sup>ab</sup>               |
| Weight gain (%)              | 89.91 ± 2.4 <sup>a</sup>             | 58.39 ± 13.9 <sup>b</sup>            | 71.91 ± 7.11 <sup>a</sup>                |
| Specific growth rate (%/day) | 1.07 ± 0.02 <sup>a</sup>             | 0.70 ± 0.15 <sup>b</sup>             | 0.90 ± 0.06 <sup>ab</sup>                |
| Feed conversion ratio        | 2.09 ± 0.054 <sup>b</sup>            | 3.69 ± 1.09 <sup>a</sup>             | 2.62 ± 0.29 <sup>ab</sup>                |
| Protein efficiency ratio (%) | 22.71 ± 0.47 <sup>a</sup>            | 13.67 ± 3.62 <sup>b</sup>            | 18.32 ± 1.99 <sup>ab</sup>               |
| Daily growth rate (%)        | 11.35 ± 0.23 <sup>a</sup>            | 6.89 ± 1.81 <sup>b</sup>             | 9.16 ± 0.99 <sup>ab</sup>                |
| Condition factor             | 1.036 ± 0.01 <sup>a</sup>            | 0.89 ± 0.03 <sup>b</sup>             | 1.001 ± 0.06 <sup>a</sup>                |

مقادیر برحسب (میانگین ± انحراف معیار) نوشته شده است. اعداد در هر ردیف با حروف متفاوت با یکدیگر دارای اختلاف معنی دار هستند ( $P < 0.05$ ).

نتایج حاصل از اندازه گیری میانگین وزن بچه ماهیان در هر زیست سنجی که در مجموع ۵ زیست سنجی را شامل می شود، در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱ روند رشد بچه ماهیان کپور علف خوار طی ۶۰ روز

**Figure 1 Growth trend of grass carp fingerlings during 60 days**

بعد از ۸ هفته پرورش، تلفاتی مشاهده نشد و میزان بقا در تیمارها ۱۰۰٪ بود. دیگر فراسنجه های مربوط به سنجش شیمیایی آب را در جدول ۳ مشاهده می شود.

نتایج حاصله بیانگر این امر است که میانگین درجه حرارت آب مخازن در طی مدت پرورش  $19 \pm 2/55$  سانتی گراد بود. همچنین، کمترین نوسان اکسیژن محلول را داشته و در طی مدت آزمایش روند ثابتی را داشته است (جدول ۳). همچنین،

جدول ۳ میانگین مقادیر فیزیوشیمیایی آب در طول مدت آزمایش (۶۰ روز)

Table 3 Average water physicochemical values during the experimental period (60 days)

|                                                     | Treatments                           |                                      |                                          |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                     | 28% soybean meal and 20% canola meal | 21% soybean meal and 29% canola meal | 24.5% soybean meal and 24.5% canola meal |
| Electrical Conductivity ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | 605.0 $\pm$ 18.08                    | 590.0 $\pm$ 0.90                     | 591.6 $\pm$ 8.38                         |
| Nitrate (ppm)                                       | 0.23 $\pm$ 0.01                      | 0.78 $\pm$ 0.01                      | 0.13 $\pm$ 0.01                          |
| Hardness (ppm)                                      | 248.3 $\pm$ 40.42                    | 222.7 $\pm$ 1.15                     | 234.0 $\pm$ 7.21                         |
| pH                                                  | 7.82 $\pm$ 0.18                      | 8.01 $\pm$ 0.03                      | 7.91 $\pm$ 0.10                          |
| Dissolved Oxygen (mg/L)                             | 7.69 $\pm$ 0.16                      | 7.82 $\pm$ 0.08                      | 7.78 $\pm$ 0.19                          |

## ترکیب بیوشیمیایی لاشه

مشاهده شد. کمینه و بیشینه میزان خاکستر لاشه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۲۴٪ کنجاله سویا و ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا و تیمار ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا بوده و همچنین کمینه و بیشینه میزان رطوبت لاشه به ترتیب در تیمار ۲۴٪ کنجاله سویا و ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا و تیمار ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا مشاهده شد (۷۹/۴۴ و ۷۹/۶۵٪).

نتایج به دست آمده (جدول ۴) هیچ اختلاف معنی داری از نظر ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان شامل پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ( $P>0.05$ ). کمترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا با مقدار ۱۶/۳۱ و بیشترین آن در تیمار ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله با مقدار ۱۶/۶۱ مشاهده شد. همچنین کمترین و بیشترین میزان چربی لاشه به ترتیب در تیمار ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا و تیمار ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا (۳/۰۴ و ۳/۱۹٪)

جدول ۴ تجزیه لاشه بچه ماهیان کپور علفخوار تغذیه شده با جیره های آزمایشی

Table 4 Carcass analysis of grass carp fingerlings fed with experimental diets

|              | Treatments                           |                                      |                                          |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
|              | 28% soybean meal and 20% canola meal | 21% soybean meal and 29% canola meal | 24.5% soybean meal and 24.5% canola meal |
| Protein (%)  | 16.61 $\pm$ 0.67                     | 16.22 $\pm$ 0.12                     | 16.45 $\pm$ 0.16                         |
| Fat (%)      | 3.04 $\pm$ 0.09                      | 3.19 $\pm$ 0.11                      | 3.15 $\pm$ 0.05                          |
| Moisture (%) | 79.49 $\pm$ 0.14                     | 79.65 $\pm$ 0.14                     | 79.44 $\pm$ 0.12                         |
| Ash (%)      | 0.95 $\pm$ 0.07                      | 0.98 $\pm$ 0.01                      | 0.95 $\pm$ 0.01                          |

## بحث

مختلف کانولا و سویا در جیره غذایی نشان داد که بین تیمارها از نظر شاخص های رشد اختلاف آماری وجود دارد. در کپور معمولی Kozłowska و Dabrowski (۱۹۸۱) به این نتیجه رسیدند که می توان تا ۲۸٪ جیره ۵۰٪ جایگزینی پودر ماهی را می توان به راحتی انجام داد، بدون آن که تأثیر منفی در رشد ماهی داشته باشد. در تحقیقات دیگر پیشنهاد شد که کنجاله کانولا تا سطح ۲۰٪ در جیره غذایی آزاد ماهیان می-

نتایج در این آزمایش نشان داد که تغییرات سطوح مختلف کانولا و سویا در جیره غذایی بر برخی شاخص های رشد تأثیر معنی داری دارد. بیشترین میزان افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه و کمترین ضریب تبدیل در تیمار ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا به دست آمد. بررسی نتایج به دست آمده برای شاخص های رشد بچه ماهیان کپور علفخوار در سطوح

همکاران (۱۹۸۶) گرفته شده است که با ۱۰٪ جایگزینی به جای آرد ماهی می‌توان رشد این ماهیان را بهبود بخشید. Keramati و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که غذای پلت رشد بهتری را نسبت به غذای گیاهی نشان داد. همچنین، Toutou و همکاران (۲۰۱۸) غذای کنسانتره پلت را با چند نوع گیاه شامل *Echinochloa stagnina* و *Ceratophyllum* *Eichhornia crassipes* و *Spirodela sp* مقایسه کردند که بهترین رشد و ضریب بازماندگی در غذای کنسانتره مشاهده کردند. Cremer و همکاران (۲۰۰۴) جیره غذایی که بر اساس پروتئین گیاهی، چربی کم و فیبر فراوان بود را فرموله کردند. در نهایت، ماهیان کپور علفخوار مورد آزمایش در استخرهای خاکی واقع در هاربین چین از وزن ۷۰ گرمی به وزن ۷۱۳ گرمی در ۱۴۳ روز با ضریب تبدیل غذایی ۱/۳۹ را به دست آوردند.

ماهی کپور علفخوار در بسیاری از کشورها پرورش داده می‌شود و از این رو، فرمول غذایی با در دسترس بودن مواد محلی متفاوت است. معمولاً فرمول خوراک ماهی کپور علفخوار چینی حاوی پودر ماهی (صفر تا ۱۰٪)، کنجاله سویا (۱۰ تا ۳۰٪)، کنجاله کلزا (۱۰ تا ۳۰٪)، سبوس برنج، ذرت، گندم و دیگر محصولات جانبی کشاورزی، آرد برگ و پودر علف نیز استفاده می‌شود. همچنین، پیش مخلوط ویتامین‌ها و مواد معدنی و جاذب‌های تغذیه حدود ۲ تا ۵٪ از خوراک را تشکیل می‌دهند (Ma et al. 2005). لسیترین دانه سویا می‌تواند تجمع چربی در کبد ماهی کپور علفخوار را کاهش، و انتقال چربی از کبد به بافت‌های خارج کبدی را افزایش دهد (Cao et al. 1999). در حال حاضر، کنجاله سویا یکی از مهمترین اقلام غذایی در جیره ماهیان کپور علفخوار است، منبع پروتئینی ارزان قیمتی است که در بیشتر کشورهای در حال توسعه در حال استفاده است (Zheng et al. 2012; Tan et al. 2013). فرمولاسیون خوراک ماهی کپور علفخوار توجه زیادی را به خود جلب کرده است، به‌ویژه جایگزینی مواد گران قیمت با جایگزین‌های ارزان‌تر، کنجاله کلزا بدون هیچ‌گونه عوارض جانبی قابل توجهی می‌تواند با موفقیت جایگزین ۳۰٪ کنجاله سویا در خوراک بچه‌ماهی‌ها شود (Ma et al. 2005). به طور کلی می‌توان تا ۴۲٪ جیره

تواند استفاده شود (Higg et al. 1982; Hardy and Sullivan, 1983). Davies و همکاران (۱۹۹۰) گزارش دادند که می‌توان از کنجاله کانولا تا سطح ۱۵٪ جیره در غذای تیلاپیا استفاده کرد. آنها همچنین گزارش دادند که مصرف پروتئین خالص در تیلاپیا در جیره دارای ۳۰٪ کنجاله کانولا نسبت به جیره بدون کانولا تغییری نمی‌کند، اما رشد کاهش می‌یابد که دلیل این کاهش رشد عدم موازنه اسیدهای آمینه است. Kaushik (۱۹۹۰) گزارش داد که از کنجاله کانولا می‌توان در بیش از ۲۰٪ جیره به جای آرد ماهی در تغذیه ماهیان گوشتخوار مانند آزاد ماهیان استفاده کرد. کانولا نسبت خوبی از اسید آمینه مفید را داراست، لایزین آن پایین‌تر از سویا است. این نسبت در عمل‌آوری کانولا بسیار مهم است که در درجه حرارت بالا لایزین آن پایین می‌آید، اما با آرژنین بالای آن می‌توان نسبت پایین لایزین را چشم‌پوشی کرد (Thiessen et al. 2004). Robinson و همکاران (۱۹۹۴) گزارش دادند که اسید آمینه‌های سولفوردار در کنجاله کانولا بالاست. همچنین، Jackson و همکاران (۱۹۸۲) به این نتیجه رسیدند که می‌توان ۸۵٪ اسید آمینه ضروری را در ۵۰٪ کنجاله کانولا به دست آورد. افزایش کانولا در جیره می‌تواند توازن اسیدهای آمینه را به هم بزند و باعث پایین آمدن پروتئین قابل جذب شود (Canzhou and Yirongyue, 2010).

چندین عامل متفاوت از قبیل نیازمندی متفاوت هر گونه به اسیدهای آمینه، قابلیت هضم، ترکیبات جیره‌های غذایی و وابسته‌های مختلف پروتئین گیاهی می‌تواند در جایگزینی پروتئین گیاهی با آرد ماهی تأثیرگذار باشد (Shafaeipour et al. 2008). احتمالاً علاوه بر موارد فوق، شرایط پرورش، وزن و اندازه ماهی نیز می‌تواند مؤثر واقع شود. Hilton و همکاران (۱۹۸۶) گزارش دادند که جیره‌های حاوی کانولا می‌تواند به خاطر نداشتن مواد جذاب غذایی، باعث پایین آمدن مصرف غذا شود و همچنین به این نتیجه رسیدند که نمی‌توان کنجاله کانولا را جایگزین آرد ماهی در غذای بچه‌ماهی قزل‌آلا کرد. نکته قابل توجه این‌که Higg و همکاران (۱۹۸۲) به این نتیجه رسیدند که می‌توان آن را جایگزین آرد ماهی در غذای ماهیان چینوک، ماهی آزاد و کوهو تا حد ۲۰ تا ۱۶٪ کرد. اما یک نتیجه جالب دیگر توسط Hilton و

سطح کانولا در جیره ماهیان کپور علفخوار را ۲۰٪ گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به ترکیب لاشه می‌توان مشاهده کرد که تیمار ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا کمترین خاکستر را دارا بوده و با افزایش کانولا خاکستر افزایش نشان می‌دهد که با نتایج Lim و Klesius (۱۹۹۷) همسو است. همچنین، با توجه به نتایج ذکر شده این تحقیق، تفاوت معنی‌داری بر روی پروتئین لاشه و چربی دیده نشد که با نتایج Higgs و همکاران (۱۹۸۲) و Webster و همکاران (۱۹۹۷) همسویی دارد. Dabrowski و Kozłowska (۱۹۸۱) به این نتیجه رسیدند که با افزایش مصرف کانولا، چربی بدن افزایش نشان می‌دهد که این نتیجه را Yurkowski و همکاران (۱۹۷۸) نیز به دست آوردند. با توجه به نتایج این تحقیق نشان داده شد که با افزایش سطح کانولا، چربی بدن بچه‌ماهیان افزایش نشان می‌دهد که با نتایج Dabrowski (۱۹۸۱) و Yurkowski و همکاران (۱۹۷۸) هم‌راستاست. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که در این مقطع وزنی جیره‌ای که عمده اقلام غذایی آن ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کانولا (نسبت بیشترکنجاله سویا) است، بهترین سطوح این کنجاله‌ها در جیره غذایی بچه ماهیان کپور علفخوار است.

#### منابع

Ahmadian, F., Jafari Khorshidi, K. 2009. Guide to Using Meals in Feeding Livestock, Poultry, and Aquatic Animals. Naqsh Gostaran Bahar Publications, 118 p. (In Persian).  
American Public Health Association (APHA). 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 7th ECL. Washington, 150-453.  
AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International Vol. 1. Agricultural Chemicals Contaminants, drugs, 16<sup>th</sup> edition. AOAC International, Arlington, 1298 p.  
Borquez, A., E. Serrano, P. Dantagnan, J. Carrasco., A. Hernandez. 2011. Feeding high effects on growth, nutrient

بچه ماهیان کپور علفخوار را از کنجاله سویا استفاده کرد، بدون این که عوارض و اختلال در رشد دیده شود (Gan et al. 2017, Zheng و همکاران (۲۰۱۲) بهترین سطح سویا که بیشترین افزایش وزن در آن جیره مشاهده شد را ۳۰٪ سویا گزارش کردند. این الگو کاملاً در آزمایش انجام شده تحقیق حاضر صدق می‌کند، به طوری که در نتایج حاضر تیمار ۲۸٪ کنجاله سویا و ۲۰٪ کنجاله کانولا در جیره رشد بهتری نسبت به ۲۴/۵٪ کنجاله سویا و ۲۴/۵٪ کنجاله کانولا نشان داده شد. همچنین، تیمار ۲۹٪ کنجاله کانولا و ۲۱٪ کنجاله سویا پایین‌ترین شاخص‌های رشد را نشان داد که نشان می‌دهد با افزایش کانولا در جیره رشد بچه ماهیان کاهش می‌یابد و این دستاورد با نتایج Hilton و همکاران (۱۹۸۶)، Canzhou و Yirongyue (۲۰۱۰) و Tan و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. افزایش سطح کانولا در جیره باعث افزایش گلوکزینولات اسید فیتیک و تانن می‌شود و افزایش سطح این مواد باعث اختلال در عملکرد روده و کبد می‌شود و جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد در نتیجه باعث کاهش رشد می‌شود (Borquez et al. 2011; Omnes et al. 2015). همچنین، Tan و همکاران (۲۰۱۳) بهترین سطح کانولا در جیره ماهیان کپور علفخوار را ۱۶٪ گزارش کردند. این در حالی است که Chen و همکاران (۲۰۲۰) بهترین

digestibility, liver and intestine histology and muscle fatty acid composition. Aquaculture Research 42: 1067-1078. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02690.x.  
Cao, J., Lin, D., Xue, H., Liu, Y., Guang, G., Tian, L., Mao, Y. 1999. Substitutional effects of four lipotropic agents on lipid accumulation in grass carp liver. Acta Hydrobiologica Sinica 23: 102-111. (In Chinese).  
Chen, K., Zhu, J., Li, J. 1996. Preliminary study on feeding attraction effect of extracts of some animals and plants for young grass carp. Journal of Sichuan Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine 10: 39-44. (in Chinese).

- Chen, W., Zhang, Y. 2005. Application of photosynthetic bacteria in grass carp fingerling culture ponds. *Fisheries Sciences* 24: 39-40. (In Chinese).
- Cremer, M.C., Enhua, Z., Jian, Z. 2004. Pond Production of >2.5-kg Grass Carp with a Soy-Maximized Feed. *American Soybean Association*, 6 p.
- Cun Zhou, Q., Rong Yue, Y. 2010. Effect of replacing soybean meal with canola meal on growth, feed utilization and haematological indices of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research* 41: 982-990. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02381.x.
- Dabrowski, K., Kozłowska, H. 1981. Rapeseed meal in the Diet of Common Carp Reared in Heated waters. I. Growth of fish and utilization of the diet. In: *Quaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*. Tiews, K. (Ed.). Heenemann, Hamburg, Germany, 263-274.
- Davies, S.J., Mcconnell, S., Bateson, R.I. 1990. Potential of rapeseed meal an alternative protein source in complete diet for tilapia (*Oreochromis mossambicus* peters). *Aquaculture* 87: 145-154. DOI: 10.1016/0044-8486(90)90271-N.
- Du Sert, N.P., Ahluwalia, A., Alam, S., Avey, M.T., Baker, M., Browne, W.J., Clark, A., Cuthill, I.C., Dirnagl, U., Emerson, M. Garner, P. 2020. Reporting animal research: Explanation and elaboration for the ARRIVE guidelines 2.0. *PLoS Biology* 18: p.e3000411. DOI: 10.1371/journal.pbio.3000411
- Floch, J., less, M., Stanlely, H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)64849-5
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2024. Grass carp nutritional requirements. [online]. Available at: <https://www.fao.org/fishery/affris/profile-des-especes/grass-carp/nutritional-requirements/fr/>
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227. DOI: 0.1016/S0044-8486(01)00526-9.
- Gan, L., Li, X. Pan, X., Wu, Q., Feng, S.L., T., Ye, H. 2017. Effects of replacing soybean meal with faba bean meal on growth, feed utilization and antioxidant status of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture Nutrition* 23: 192-200. DOI: 10.1111/anu.12380.
- Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Wurtele, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38: 551-579. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x.
- Hardy, R.W. 2008. Utilization of plant proteins in fish diets; effect of global demand and supplies of grain and oilseeds. *Proceeding of the Aquaculture Europe 15-18 September 2008, Krakow, Poland*, 5-8.
- Hardy, R.W., Sullivan, C.V. 1983. Canola meal in rainbow trout *Salmo gairdneri*. Production diets. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 281-286. DOI: 10.1139/f83-042.
- Higgs, D.A., McBride, J.R., Markert, J.R., Dosanjh, B.S., Plotnikoff, M.D., Clarke, W.C. 1982. Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture* 29: 1-31. DOI: 10.1016/0044-8486(82)90030-8

- Hilton, J.W., Slinger, S.J. 1986. Digestibility and utilization of canola meal in practical-type diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 1149-1155. DOI: 10.1139/f86-143.
- Jackson, A.J., Capper B.S., Matty, A.J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture 27: 97-109. DOI: 10.1016/0044-8486(82)90129-6.
- Kaushik, S.J. 1990. Use of alternative protein sources for the intensive rearing of carnivorous fishes. In: Mediterranean Aquaculture. Flos, R., Tort, L., Torres, P. (Eds.), Ellis Horwood, UK., 125-138.
- Keramat Amirkolaie, A., Lashkar Boloky, M., Mirzaee Abdoli, S. 2010. Effects of pellet and grass diets on growth and morphology of gastro-intestinal tract in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resources 63: 209-217. (In Persian).
- Lim C., L.C., Klesius, P.H. 1997. Responses of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed iron-deficient and replete diets to *Edwardsiella ictaluri* challenge. Aquaculture 157: 83-93. DOI: 10.1016/S0044-8486(97)00143-9.
- Lovell, T. 1988. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. Springer, New York, 260 p.
- Ma, L., Huang, F., Wu, J., Yong, W., Cao, J. 2005. Effects of different rapeseed meal levels on growth, serum biochemical indices and toxins residues in *Ctenopharyngodon idellus*. Journal of Fisheries of China 29: 798-803. (in Chinese).
- Mailer, R.J. 2004. Canola Meal; Limitations and Opportunities. Australian Oil Seed Federation. New South Wales, Australia. 30 p.
- Mwachireya, S.A., Beames, R.M., Higgs, D.A., Dosanj, H.B. 1999. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. Aquaculture Nutrition 5: 73-82. DOI: 10.1046/j.1365-2095.1999.00089.x
- Omnes, M.H., Silva, F.C.P., Moriceau, J., Aguirre, P., Kaushik, S., Gatesoupe, F.J. 2015. Influence of lupin and rapeseed meals on the integrity of digestive tract and organs in Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.) and Goldfish (*Carassius auratus* L.) juveniles. Aquaculture Nutrition 21: 223-233. DOI: 10.1111/anu.12162.
- Robinson, E.H., Li, M.H. 1994. Use of plant proteins in catfish feeds: replacement of soybean meal with cottonseed meal and replacement of fish meal with soybean meal and cottonseed meal. Journal of the World Aquaculture Society 25: 271-276. DOI: 0.1111/j.1749-7345.1994.tb00190.x.
- Safari, O. 2008. Study of effect of partial substitution of canola meal and soybean meal with fish meal in the diet of rainbow trout. Animal and Fisheries Sciences 79: 45-51. (In Persian).
- Safari, O., Boldajii, F. 2008. Study of effect of partial substitution of canola meal and soybean meal with fishmeal in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Pajouhesh and Sazandegi 79: 45-51. (In Persian)
- Shafaeipour, A., Yavari, V., Falahatkar, B., Maremmazi, J.G.H., Gorjipour, E. 2008. Effect of canola meal on physiological and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition 14: 110-119. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00509.x.
- Tan, Q., Liu, Q., Chen, X., Wang, M., Wu, Z. 2013. Growth performance, biochemical indices and hepatopancreatic function performance, biochemical indices and hepatopancreatic function of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*, would be

- impaired by dietary rapeseed meal. *Aquaculture* 414: 119-126. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.07.036
- Thiessen, D.L., Maenz, D.D., Newkirk, R.W., Classen, H.L., Drew, M.D. 2004. Replacement of fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 10: 379-383. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2004.00313.x.
- Toutou, M.M., Soliman, A.A., Elokby, M. A., Abdel-Rahim, M.M. 2018. Impacts of using fresh aquatic plants as a total substitute for formulated feed on performance, health and economic efficiency of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) fingerlings. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 11: 1892-1907.
- 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. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01471-8
- Yurkowski, M., Bailey, J.K., Evans, R.E., Tabachek, J.A.L., Ayles, G.B., Eales, J. G. 1978. Acceptability of rapeseed proteins in diets of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Board of Canada* 35: 951-962. DOI: 10.1139/f78-156
- Zhao, S., Zhu, M., Ding, W., Zhao, S., Gu, J. 2020. Feed requirement determination of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) using a hybrid method of bioenergetics factorial model and fuzzy logic control technology under outdoor pond culturing systems. *Aquaculture* 521: 734970. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.734970.
- Zheng, Q., Wen, X., Han, C., Li, H., Xie, X. 2012. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, hematology, antioxidant enzymes activity and expression for juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 1059-1069. DOI: 10.1007/s10695-011-9590-0.