

## تأثیر جیره حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر عملکرد رشد، تغذیه، ترکیب لاشه و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه فیل ماهی (*Huso huso*)

مهسا خوش‌باور رستمی<sup>۱</sup>، حسین اورجی<sup>۱\*</sup>، حسینعلی خوش‌باور رستمی<sup>۲</sup>، سکینه یگانه<sup>۱</sup>، عبدالصمد کرامت<sup>۱</sup>  
 ۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، مازندران  
 ۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، گرگان، گلستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۳۰

### چکیده

اثرات جیره‌های حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر عملکرد رشد و تغذیه، ترکیب لاشه و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه فیل ماهی (*Huso huso*) با وزن اولیه  $1/43 \pm 31/18$  گرم، طی یک پژوهش ۸ هفته‌ای و در قالب یک طرح فاکتوریل  $2 \times 4$  با ۸ تیمار، هر یک با ۳ تکرار بررسی شد. تیمارها عبارت بودند از تیمار ۱: ۲۰٪ کنجاله کانولا بدون پرتوتابی، تیمار ۲، ۳ و ۴ به ترتیب: ۲۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۵ دقیقه، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، تیمار ۵: ۴۰٪ کنجاله کانولا بدون پرتوتابی، تیمار ۶، ۷ و ۸ به ترتیب: ۴۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه. نتایج نشان داد تأثیر جیره حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر میزان وزن نهایی، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا و رشد روزانه در فیل ماهی معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). بیشترین وزن نهایی، درصد افزایش وزن، رشد روزانه و نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۴ و کمترین وزن نهایی، درصد افزایش وزن، رشد روزانه و نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۵ بود ( $p > 0/05$ ). ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۵ به‌طور معنی‌دار نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مجموع، اثر درصد کنجاله کانولا و زمان پرتوتابی به‌طور جداگانه و همچنین، اثر متقابل آن‌ها، سبب بروز اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های رشد به‌جز ضریب تبدیل غذایی شد ( $p < 0/05$ )، اما در مورد ضریب تبدیل غذایی، تنها اثر زمان معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). در طول دوره هیچ گونه تلفاتی مشاهده نشد و بازماندگی ۱۰۰٪ بود. جیره کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر میزان پروتئین و چربی لاشه فیل ماهی اثر معنی‌دار ایجاد نکرد ( $p > 0/05$ )، اما بر میزان خاکستر لاشه اختلاف معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). بر اساس نتایج حاضر، با افزایش زمان پرتودهی، هضم‌پذیری پروتئین افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر قابلیت هضم چربی و ماده خشک اثر معنی‌دار نداشت ( $p > 0/05$ ). پرتوتابی با مایکروویو موجب شد تا کنجاله کانولا تا سطح ۴۰٪ بدون اینکه هیچ اثر منفی بر رشد و هضم‌پذیری پروتئین داشته باشد، در جیره گنجانده شود.

کلمات کلیدی: فیل ماهی، کنجاله کانولا، مایکروویو، قابلیت هضم

## مقدمه

Deacon et al. 1988; Zeb, 1998). دیگر روش‌های عمل‌آوری مواد خوراکی، شامل پرتو گاما و مایکروویو هستند که اخیراً به آنها توجه شده است.

در چند دهه اخیر استفاده از پرتوتایی در پژوهش‌های تغذیه دام توجه محققان را به خود جلب کرده است. در مطالعات مختلف از این پرتوها برای افزایش کیفیت پروتئین، بهبود قابلیت هضم مواد مغذی، حذف عوامل ضدتغذیه‌ای و همچنین به منظور کاهش یا حذف آلودگی خوراک آبزیان استفاده شده است. مایکروویو یکی از مهم‌ترین روش‌های استخراج ترکیبات با ارزش از مواد گیاهی است. امواج کوتاه مانند امواج نور یا امواج رادیویی، قسمتی از طیف الکترومغناطیس انرژی است که دو میدان الکتریکی و مغناطیسی دارند و امکان اعمال فشار بر بار الکتریکی و قطب‌های مغناطیسی را به‌طور همزمان برای آنها فراهم می‌کند. هر چه طول موج کمتر باشد، انرژی بیشتری توسط موج منتقل می‌شود (Fakhouri and Ramaswamy, 2002; Siddhuraju et al. 1993). از مزایای استفاده از این فناوری در عمل‌آوری خوراکی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: برخورداری از سرعت حرارت‌دهی بسیار بالا برای مواد خوراکی؛ سهولت استفاده از آن و عدم وجود آلودگی محیط زیست؛ توانایی قابل توجه در جلوگیری از کپک‌زدگی خوراکی‌ها در شرایط انبار و ذخیره مواد خوراکی؛ ارجحیت این روش در مقایسه با دیگر روش‌های معمول حرارت‌دهی مانند حرارت‌دهی با آب داغ به دلیل آسیب حرارتی کمتر به ماده آزمایشی؛ جلوگیری از ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی در خوراک (Zhao et al. 2007)؛ افزایش قابلیت دسترسی پروتئین و مواد معدنی به دلیل کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای مانند بازدارنده‌های تریپسین، فیتات و تانن (Habiba, 2002) و همچنین، صرفه‌جویی در وقت و بازده انرژی (Mermelstein, 1997).

یکی از گونه‌های مهم ماهیان خاویاری، فیل‌ماهی (*Huso huso*) است که به دلایل سازگاری با شرایط پرورشی، رشد سریع و دارا بودن خاویار ارزشمند، گزینه‌ای مناسب برای پرورش محسوب می‌شود (Mohseni et al. 2008). فیل ماهی به دلیل رژیم گوشت‌خواری به درصد بالایی از پروتئین در جیره غذایی نیاز دارد (محسنی و همکاران،

رشد سریع جمعیت، محدودیت منابع تأمین مواد غذایی و افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید و ارزان با خصوصیات عملکردی مطلوب، توجه دانشمندان را به منابع پروتئین گیاهی مخصوصاً دانه‌های روغنی معطوف داشته است. از جمله فرآورده‌های دانه‌های روغنی، کنجاله‌ها هستند که به‌عنوان یک منبع پروتئینی مناسب در تغذیه دام و آبزیان استفاده می‌شوند (صافرفر، ۱۳۸۲). عمده مصرف کانولا در تولید روغن و در مرتبه بعد، تولید کنجاله و محصولات پروتئینی آن است. پسماند کنجاله آن پس از روغن‌کشی، حاوی ۴۰-۵۰٪ پروتئین با ترکیب مناسبی از اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین است (طهمیزی، ۱۳۹۳). کانولا یکی از واریته‌های اصلاح شده کلزاست که روغن آن حاوی کمتر از ۲٪ اسید اورسیک و کنجاله آن حاوی ۱۶ تا ۳۰ میکرومول بر گرم گلوکوزینولات است. میزان پروتئین خام کنجاله کانولا ۳۲-۳۸٪ است و ترکیب مناسب و با ارزشی از اسیدهای آمینه را دارد (Boila and Ingalls, 1992). در بین دانه‌های روغنی، سویا و کلزا به‌طور گسترده در جیره دام و آبزیان استفاده می‌شود (Baker and Chung, 1992). استفاده از آنها در جیره به دلیل وجود مواد ضدتغذیه‌ای مانند الیاف زیاد، گلوکوسینولات، پلی‌فنل‌ها و اسید فایتیک در کلزا و محدود کننده پروتئازها (بازدارنده تریپسین و بازدارنده کیموتریپسین) در سویا محدود است (Zeb, 1998; Siddhuraju et al. 2002). در طی سالیان گذشته از روش‌های مختلف عمل‌آوری برای بهبود ارزش غذایی و کاهش مواد ضد تغذیه‌ای در دانه و کنجاله کلزا و سویا استفاده شده است. عمده‌ترین روش عمل‌آوری، استفاده از حرارت است، اما بیشتر روش‌های عمل‌آوری حرارتی در دماهای بالا سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین می‌شوند (Farag, 1986). در اثر استفاده از دماهای بالا در روش‌های حرارتی، مجموعه‌های پروتئین-کربوهیدرات و پروتئین-پروتئین (واکنش میلارد) تشکیل شده و قابلیت هضم پروتئین در روده کاهش می‌یابد. همچنین، روش‌های حرارتی سبب از بین رفتن بعضی از اسیدهای آمینه خوراک می‌شوند (Mustafa et al. 2003; Fathi Nasri, 2008).

۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه مایکروویو (سامسونگ، مدل PG 3200) پرتوتابی شد. برای تهیه جیره‌ها ابتدا مواد اولیه خشک توسط ترازوی دیجیتال توزین و برای همگن کردن، ترکیبات خشک مخلوط شدند. سپس مواد اولیه مایع، مانند روغن ذرت، روغن ماهی و ملاس به مخلوط اضافه شد. در این مرحله، کنجاله کانولا پرتوتابی شده نیز اضافه شد. پس از افزودن مقداری آب به خمیر، مخلوط از یک چرخ گوشت بزرگ عبور داده شد تا غذا به پلت‌های استوانه‌ای به قطر ۳ و طول ۶ میلی‌متر تبدیل شوند. در انتها، پلت‌ها در خشک کن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس، در بسته‌های مناسب و غیرقابل نفوذ بسته‌بندی و در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. فرمول جیره‌های مورد استفاده در جدول ۱، تجزیه تقریبی جیره‌ها بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) در جدول ۲ و میزان مواد ضدتغذیه‌ای (فیتات و تانن) کانولا پرتوتابی شده در جدول ۳ ارائه شده است.

۱۳۸۴). از آنجا که پروتئین‌ها، بخش عمده هزینه غذاهای تنظیم شده را در هر گونه پرورشی تشکیل می‌دهند (Mohseni et al. 2013)، تعیین احتیاجات پروتئینی و وارد کردن اجزای پروتئینی ارزان قیمت در فرموله کردن غذایی واجد سطوح متعادل اسید آمینه، اولین گام موثر در جهت تولید جیره غذایی کم هزینه با کارایی بالا در رشد ماهیان محسوب می‌شود (Coutinho et al. 2012). تاکنون اثر عمل‌آوری با مایکروویو بر مواد ضد تغذیه‌ای (اسیدفایتیک و تانن) کنجاله کانولا در جیره آبزیان مطالعه نشده است. بنابراین، در این مطالعه به بررسی تأثیر جیره حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر عملکرد رشد و تغذیه، خصوصیات لاشه و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه‌فیل ماهی پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی جیره‌های آزمایشی

ابتدا کنجاله کانولا تهیه شده از شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران واقع در شهرستان ساری با دوز ۸۰۰ وات به مدت

جدول ۱ ترکیب جیره‌های آزمایشی (اقلام بر اساس درصد).

اقلام خوراکی	جیره آزمایشی	
	کانولا ۲۰٪	کانولا ۴۰٪
پودر ماهی <sup>۱</sup>	۵۰	۳۸
آرد کانولا <sup>۲</sup>	۲۰	۴۰
آرد گندم <sup>۳</sup>	۱۲	۵
مکمل معدنی <sup>۴</sup>	۲	۲
مکمل ویتامینی <sup>۵</sup>	۲	۲
روغن ماهی	۵	۵/۵
روغن سویا	۵	۵/۵
ملاس	۴	۲

۱. پودر ماهی کیلکا (*Clupeonella delicatula*)، خوراک دام مازندران، ساری؛ ۲. کانولا، خوراک دام مازندران، ساری؛ ۳. آرد گندم، خوراک دام مازندران، ساری؛ ۴. هر ۱۰۰ گرم پرمیکس معدنی ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۵۰ میلی‌گرم کبالت، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۵۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید؛ ۵. هر ۱۰۰ میلی‌گرم پرمیکس ویتامینی حاوی IU ۱۵۰۰ ویتامین A، ۳۰۰۰ IU ویتامین تیامین، ۵ گرم ریبولافین، ۶ گرم نیاسین، ۴ گرم پیریدوکسین، ۱ گرم اسید فولیک، ۴ میلی‌گرم سیانوکوبالامین، ۳۰ گرم ویتامین C، ۳ گرم ویتامین K<sub>۳</sub>، ۹ گرم توکوفرول.

جدول ۲ آنالیز تقریبی جیره های آزمایشی.

کانولا	زمان	تیمار	پروتئین	چربی	خاکستر
۲۰٪	صفر	T1	۴۷/۸۰	۱۹/۴۰	۹/۳۰
	۵	T2	۴۹/۱۵	۲۰/۳۸	۹/۷۱
	۱۰	T3	۴۹/۲۷	۲۰/۷۶	۹/۶۶
	۱۵	T4	۴۸/۳۰	۱۹/۷۵	۱۰/۰۲
۴۰٪	صفر	T5	۴۶/۲۰	۱۹/۳۷	۹/۳۵
	۵	T6	۴۷/۶۴	۲۱/۹۲	۸/۳۴
	۱۰	T7	۴۷/۶۰	۲۰/۱۵	۹/۵۲
	۱۵	T8	۴۷/۹۵	۲۰/۰۳	۹/۳۵

جدول ۳ میزان مواد ضد تغذیه ای (فیتات و تانن) کانولا پرتوتابی شده.

مواد ضد تغذیه ای	زمان پرتوتابی کانولا			
	صفر	۵	۱۰	۱۵
فیتات	۴/۶۸ ± ۰/۹۱ <sup>a</sup>	۳/۴۹ ± ۱/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۶ ± ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۰/۲۹ ± ۰/۱۴ <sup>b</sup>
تانن	۶/۱۷ ± ۰/۶۷ <sup>a</sup>	۵/۳۲ ± ۰/۳۵ <sup>ab</sup>	۴/۱ ± ۰/۴۵ <sup>bc</sup>	۳/۹۱ ± ۰/۲۶ <sup>c</sup>

### محل و شرایط انجام آزمایش

۳۰۰ قطعه بچه فیل ماهی از مرکز پرورش شهید رجایی واقع در شهرستان ساری خریداری، و در همان محل ماهیان به منظور عدم آلودگی با آب نمک ضد عفونی، و سپس به مدت ۱۰ روز برای سازش با شرایط در مخازن نگهداری شدند. در طی این مدت، ماهیان با جیره غذایی پایه تغذیه شدند. ماهیان در پایان ۱۰ روز جداسازی (سورت بندی) شده و در هر تکرار تعداد ۲۰ قطعه بچه ماهی با میانگین وزنی ۱۰ تا ۱۵ گرم در مخازن پرورشی ذخیره سازی شدند. بر اساس رفتار تغذیه ای بچه ماهیان، غذایی به میزان ۳ تا ۴٪ وزن بدن در کل دوره آزمایش در حد سیری در ۳ نوبت انجام شد. دوره آزمایش ۸ هفته بود.

تیمار ۱ (T1): ۲۰٪ کنجاله کانولا بدون پرتوتابی، تیمار ۲ (T2): ۲۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۵ دقیقه، تیمار ۳ (T3): ۲۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۱۰ دقیقه، تیمار ۴ (T4): ۲۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۱۵ دقیقه، تیمار ۵ (T5): ۴۰٪ کنجاله کانولا بدون پرتوتابی، تیمار ۶ (T6): ۴۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۵ دقیقه، تیمار ۷ (T7): ۴۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۱۰ دقیقه، تیمار ۸ (T8): ۴۰٪ کنجاله کانولا پرتوتابی شده با دوز ۸۰۰ وات در ۱۵ دقیقه. برای هر تیمار آزمایشی، ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

### بررسی شاخص های رشد

در پایان آزمایش از هر تکرار ۳ عدد ماهی انتخاب و پس از بیهوشی با پودر گل میخک، شاخص های رشد و غذایی از طریق روابط زیر محاسبه شد (Abdelghany and Ahmad, 2002; Marcouli et al. 2006):

### تیمار بندی

تیمار بندی بر اساس نسبت کانولا (۲۰ و ۴۰٪) و پرتوتابی مایکروویو با دوز ۸۰۰ وات در چهار زمان صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شد.

$$\text{رابطه ۱: نرخ رشد ویژه} = \left[ \frac{\text{Ln}(\text{وزن نهایی} - \text{Ln}(\text{وزن اولیه}))}{\text{تعداد روزهای پرورش}} \right] \times 100$$

رابطه ۲: میزان رشد روزانه = (وزن نهایی بدن - وزن اولیه بدن) / تعداد روزهای پرورش  
رابطه ۳: ضریب تبدیل غذا = مقدار غذای گرفته شده / افزایش وزن توده  
رابطه ۶: میزان افزایش وزن بدن = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم)  
رابطه ۷: درصد بازماندگی = (تعداد اولیه - تعداد تلفات / تعداد اولیه) × ۱۰۰

### تجزیه تقریبی لاشه

برای سنجش ترکیب لاشه شامل سنجش پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و رطوبت از روش AOAC (۲۰۰۵) استفاده شد. پروتئین خام از روش کلدال ( Kjeldahl method) با ضریب تبدیل ۶/۲۵، چربی کل با دستگاه Soxhlet extractor، خاکستر با دستگاه کوره الکتریکی و رطوبت با دستگاه Oven اندازه‌گیری شدند.

### هضم پذیری

پس از پایان هفته هشتم، تغذیه ماهیان با جیره غذایی حاوی ۱٪ اکسید کروم به میزان ۳ تا ۵٪ وزن بدن به مدت ۳ تا ۴ هفته دیگر با توجه به مقادیر کمی مدفوع ادامه یافت. برای تخلیه شکمی ماهیان هر دو روز یکبار اقدام به صید ۵ تا ۱۰ ماهی شد. آنها ابتدا به وسیله پودر گل میخک بیهوش شدند و سپس محتویات محوطه شکمی با مالش قسمت شکمی (Stripping) ماهیان تخلیه شد. نمونه مدفوع از ماهیان در تیوپ‌های سرپوشیده نگهداری و برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. قابلیت هضم واقعی ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام با استفاده از روابط زیر تعیین شد (Li et al. 2013):

$$\left\{ \text{غذایی جیره در کرومیک اکسید درصد میزان / مدفوع کرومیک اکسید میزان} \right\} = 100 - \{ 100 - (\% \text{ خشک ماده ظاهری هضم قابلیت (درصد به مدفوع معنی ماده / درصد به غذای جیره معنی ماده)}) - 100 \}$$
$$\left( \frac{\%}{\%} \right) \text{ مغذی ماده هضم قابلیت} = \frac{100 - (\% \text{ خشک ماده ظاهری هضم قابلیت})}{100 \times (\% \text{ مغذی ماده هضم قابلیت})}$$

### اندازه گیری ترکیبات ضد تغذیه ای مواد خوراکی

اندازه گیری تانن به روش وانیلین-اسید کلریدریک (Burn, 1971) انجام شد. مقدار فیتات یا اسید فایتیک با روش

de Boland و همکاران (۱۹۷۵) اندازه گیری شد. اسید فایتیک نمونه‌ها با رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{مقدار فیتات} = \frac{(\text{فیتات قفسر} \times 100)}{18.28}$$

### تجزیه و تحلیل آماری

طرح کلی این تحقیق در قالب کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی و اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و شیمیایی از آزمون آماری دانکن در سطح اعتماد ۹۵٪ استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

### نتایج

#### شاخص‌های رشد

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق نتایج به‌دست آمده، تأثیر جیره حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر میزان وزن نهایی، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا و رشد روزانه در فیل‌ماهی معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). به طوری که بیشترین وزن نهایی، درصد افزایش وزن، رشد

### ترکیب شیمیایی بدن

نتایج مربوط به پروتئین، چربی و خاکستر لاشه فیل ماهی در جدول ۵ نشان داده شده است. طبق این نتایج، جیره کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر میزان پروتئین و چربی لاشه فیل ماهی اثر معنی دار ایجاد نکرد ( $p > 0.05$ ) اما بر میزان خاکستر لاشه اثر معنی دار ایجاد شد ( $p < 0.05$ ). نتایج حاصل از اثرات اصلی درصد کنجاله کانولا و زمان پرتوتابی و اثر متقابل آنها، تفاوت معنی داری بر میزان پروتئین و چربی لاشه نداشت ( $p > 0.05$ )، اما تفاوت اثر درصد کنجاله بر میزان خاکستر معنی دار بود ( $p < 0.05$ ).

روزانه و نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۴ و کمترین وزن نهایی، درصد افزایش وزن، رشد روزانه و نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۵ بود ( $p < 0.05$ ). ضریب تبدیل غذا در تیمار ۵ به طور معنی دار نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مجموع اثر درصد کنجاله کانولا و زمان پرتوتابی به صورت جداگانه و اثر متقابل آنها، سبب بروز اختلاف معنی دار بین شاخص های رشد به جز ضریب غذا تبدیل شد ( $p < 0.05$ )، اما در مورد ضریب تبدیل غذا تنها اثر زمان معنی دار بود ( $p < 0.05$ ). در طول دوره هیچ گونه تلفاتی مشاهده نشد و بازماندگی صد در صد بود.

جدول ۴ نتایج مربوط به شاخص‌های رشد فیل ماهی تغذیه شده با جیره‌های حاوی کانولا پرتوتابی شده.

کانولا	زمان (دقیقه)	تیمار	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن (%)	ضریب تبدیل غذا	نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	رشد روزانه (گرم)	بازماندگی (%)
٪۲۰	صفر	T1	۳۱/۰۵ ± ۰/۷۴	۹۹/۱۹ ± ۰/۱۴ <sup>d</sup>	۲۱۹/۵۴ ± ۸/۱ <sup>c</sup>	۱/۰۲ ± ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۹۴ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۱۴ ± ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱۰۰
	۵	T2	۳۰/۹۰ ± ۰/۰۳	۹۹/۶۳ ± ۰/۰۸ <sup>d</sup>	۲۲۲/۳۹ ± ۰/۰۴ <sup>c</sup>	۰/۹۹ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۹۵ ± ۰/۰۰ <sup>b</sup>	۱/۱۴ ± ۰/۰۰۷ <sup>c</sup>	۱۰۰
	۱۰	T3	۳۰/۵۳ ± ۰/۲۸	۱۰۲/۵۸ ± ۱/۲۷ <sup>c</sup>	۲۳۶/۰۲ ± ۷/۲۸ <sup>bc</sup>	۰/۹۷ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۲/۰۲ ± ۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۱/۲۰ ± ۰/۰۲ <sup>c</sup>	۱۰۰
	۱۵	T4	۳۳/۰۵ ± ۰/۹۴	۱۱۸/۱۶ ± ۱/۳۵ <sup>a</sup>	۲۶۲/۶۷ ± ۵/۳۰ <sup>a</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۱ <sup>b</sup>	۲/۱۲ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۴۱ ± ۰/۰۰۷ <sup>a</sup>	۱۰۰
٪۴۰	صفر	T5	۳۱/۷۸ ± ۱/۸۴	۸۳/۱۶ ± ۱/۳۵ <sup>e</sup>	۱۶۳/۷۱ ± ۱۹/۱۰ <sup>d</sup>	۱/۲۸ ± ۰/۱۸ <sup>a</sup>	۱/۶۱ ± ۰/۱۲ <sup>c</sup>	۰/۸۶ ± ۰/۰۴ <sup>d</sup>	۱۰۰
	۵	T6	۳۲/۵۸ ± ۲/۳۷	۱۰۱/۶۳ ± ۰/۷۷ <sup>cd</sup>	۲۱۲/۷۱ ± ۲۰/۴۱ <sup>c</sup>	۱/۰۵ ± ۰/۰۶ <sup>b</sup>	۱/۹۰ ± ۰/۱۱ <sup>b</sup>	۱/۱۵ ± ۰/۰۲ <sup>c</sup>	۱۰۰
	۱۰	T7	۲۹/۸۲ ± ۰/۳۶	۹۹/۹۵ ± ۱/۴۱ <sup>d</sup>	۲۳۵/۱۹ ± ۰/۵۶ <sup>bc</sup>	۰/۹۸ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۲/۰۱ ± ۰/۰۰ <sup>ab</sup>	۱/۱۷ ± ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱۰۰
	۱۵	T8	۲۹/۶۷ ± ۰/۱۹	۱۰۷/۶۰ ± ۰/۸۸ <sup>b</sup>	۲۵۷/۲۳ ± ۶/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۸۷ ± ۰/۰۰ <sup>b</sup>	۲/۱۴ ± ۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۳۰ ± ۰/۰۱ <sup>b</sup>	۱۰۰
	کانولا		NS	S	S	NS	S	-	
	زمان		NS	S	S	S	S	-	
	اثر متقابل		NS	S	S	NS	S	-	

میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار در هر ردیف و تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری ( $p < 0.05$ ) با حروف انگلیسی نشان داده شده‌اند که در آن عدم وجود حروف در هر ردیف بیانگر نداشتن اختلافات در شاخص مذکور است. علامت S (Significant) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار و علامت NS (No Significant) بیانگر عدم وجود آن است.

جدول ۵ ترکیب شیمیایی لاشه فیل ماهی تغذیه شده با کانولا پرتوتابی شده.

کانولا	زمان	تیمار	پروتئین	چربی	خاکستر
٪۲۰	صفر	T1	۶۳/۰۰ ± ۲/۴۷	۳۲/۲۳ ± ۷/۶۳	۸/۸۹ ± ۰/۹۳ <sup>b</sup>
	۵	T2	۶۲/۶۵ ± ۰/۴۹	۲۹/۳۵ ± ۰/۲۸	۱۱/۰۹ ± ۰/۲۵ <sup>ab</sup>
	۱۰	T3	۶۲/۴۷ ± ۰/۷۴	۲۸/۲۱ ± ۱/۸۳	۱۰/۹۸ ± ۰/۲۳ <sup>ab</sup>
	۱۵	T4	۶۵/۹۷ ± ۰/۲۴	۲۳/۸۴ ± ۰/۸۲	۱۱/۶۱ ± ۰/۶۴ <sup>a</sup>
٪۴۰	صفر	T5	۶۳/۳۵ ± ۱/۴۸	۲۴/۹۴ ± ۳/۶۲	۱۲/۱۵ ± ۱/۴۴ <sup>a</sup>
	۵	T6	۶۰/۷۲ ± ۰/۷۴	۳۰/۵۶ ± ۰/۳۹	۱۱/۳۲ ± ۰/۹۸ <sup>ab</sup>
	۱۰	T7	۶۳/۰۰ ± ۵/۴۴	۲۷/۶۸ ± ۶/۴۸	۱۲/۱۰ ± ۱/۸۵ <sup>a</sup>
	۱۵	T8	۶۳/۱۷ ± ۰/۷۴	۲۸/۲۴ ± ۱/۸۲	۱۱/۸۴ ± ۰/۲۴ <sup>a</sup>
اثر اصلی	کانولا	NS	NS	NS	S
و اثرات	زمان	NS	NS	NS	NS
متقابل	اثر متقابل	NS	NS	NS	NS

میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار در هر ردیف، تفاوت در مقادیر اندازه گیری ( $p < 0.05$ ) با حروف انگلیسی نشان داده شده اند که در آن، عدم وجود حروف در هر ردیف بیانگر نداشتن اختلافات در شاخص مذکور است. علامت S (Significant) بیانگر وجود اختلاف معنی دار و علامت NS (No Significant) بیانگر عدم وجود آن است.

### قابلیت هضم پذیری ظاهری

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری پروتئین، چربی و ماده خشک در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، با افزایش زمان پرتودهی، هضم پذیری پروتئین افزایش یافت ( $p < 0.05$ )، به طوری که تیمارهای ۴ و ۸ دارای بیشترین قابلیت هضم بودند. کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر قابلیت هضم چربی و ماده خشک اثر معنی دار نداشت ( $p > 0.05$ ). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مجموع، اثر درصد کنجاله کانولا و زمان پرتوتابی به طور جداگانه و اثر متقابل آن‌ها، سبب بروز اختلاف معنی دار بر قابلیت هضم چربی و ماده خشک نمی شود ( $p > 0.05$ )، اما اثرات اصلی درصد کانولا و زمان پرتوتابی، به طور جداگانه سبب بروز اختلاف معنی دار در قابلیت هضم پروتئین شد ( $p < 0.05$ ).

### بحث

نتایج حاصل از پرتوتابی مایکروویو بر روی نشان داد بیشترین تأثیر پرتوتابی بر روی مواد ضدتغذیه ای بوده است، به طوری که پرتوهای الکترون تأثیری بر روی چربی، خاکستر و پروتئین کنجاله کانولا نداشتند، ولی مواد

ضدتغذیه ای تانن و اسید فایتیک در کنجاله کانولا را کاهش داده است. Taghinejad و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از پرتوهای الکترون در دوزهای مختلف بر حسب کیلوگری بر روی دانه کانولا و سویا به نتایج مشابهی دست یافتند. در مطالعه Shawrang و همکاران (۲۰۱۱) که بر روی دانه ذرت انجام شد، پرتوهای الکترون در دوزهای مختلف بر حسب کیلوگری نیز تأثیری بر مقادیر چربی، پروتئین و خاکستر این گیاه نداشتند، ولی میزان تانن در ذرت علوفه ای را کاهش داده است. همچنین، استفاده از پرتوهای الکترون در دوزهای مختلف سبب کاهش و حذف کامل اسید فایتیک در گیاه لوبیا، دانه های کانولا و سویا شده است (Siddhuraju et al. 2002; Al Kaisey et al. 2003; Taghinejad et al. 2010). مطالعات نشان داد که پرتوتابی با الکترون در دوزهای مختلف نسبت به دیگر روش های عمل آوری، تأثیر بهتری بر کاهش میزان اسید فایتیک در دانه های گیاهی دارد. علت کاهش میزان اسید فایتیک توسط پرتوهای الکترون را می توان به شکستگی در ساختار فیتات نسبت داد (Duodu et al. 1999; Bhat et al. 2007). Khattab و Arntfield (۲۰۰۹) گزارش کردند



2005). al. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) نیز با فرآوری دانه منداب بومی توسط پرتوی مایکروویو گزارش کردند که عمل آوری با این پرتو (با قدرت ۸۰۰ وات) بیش از ۲ دقیقه موجب کاهش اسید فایتیک در دانه منداب بومی می شود که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت.

که پرتوتابی با مایکروویو می تواند میزان تانن را تا ۹۰٪ در گیاهان کاهش دهد. تفاوت در میزان کاهش تانن در این مطالعه نسبت به دیگر مطالعات، ممکن است به دلیل خصوصیات بیوشیمیایی متفاوت گونه های گیاهی مورد آزمایش باشد. به علاوه، دیگر عوامل هم در کاهش مقادیر تانن و اسید فایتیک در بقولات تأثیر دارند که یکی از آنها، پایداری ترکیبات فنولی در این گیاهان است (Debnath et

جدول ۶ نتایج قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی فیل ماهی تغذیه شده با کانولا پرتوتابی شده.

کانولا	زمان	تیمار	ماده خشک	پروتئین خام	چربی خام
۲۰٪	صفر	T1	۶۶/۴۳ ± ۱/۳۰	۷۱/۰۱ ± ۰/۶۳ <sup>b</sup>	۸۶/۴۵ ± ۰/۴۲
	۵	T2	۶۷/۲۱ ± ۰/۲۸	۷۲/۸۵ ± ۰/۲۸ <sup>b</sup>	۸۸/۰۳ ± ۰/۶۷
	۱۰	T3	۶۸/۴۲ ± ۰/۳۴	۷۲/۴۳ ± ۱/۸۳ <sup>b</sup>	۸۹/۳۵ ± ۰/۴۶
	۱۵	T4	۶۸/۴۳ ± ۰/۸۵	۷۴/۸۴ ± ۰/۸۲ <sup>a</sup>	۸۹/۹۳ ± ۰/۲۶
۴۰٪	صفر	T5	۶۷/۲۵ ± ۱/۹۴	۷۰/۸۵ ± ۰/۴۲ <sup>c</sup>	۸۷/۱۶ ± ۱/۱۲
	۵	T6	۶۷/۳۶ ± ۰/۶۲	۷۱/۳۶ ± ۰/۲۴ <sup>bc</sup>	۸۷/۳۲ ± ۰/۹۱
	۱۰	T7	۶۶/۵۲ ± ۰/۹۷	۷۲/۱۲ ± ۰/۱۳ <sup>b</sup>	۸۸/۵۶ ± ۱/۴۶
	۱۵	T8	۶۶/۱۷ ± ۰/۴۶	۷۳/۰۱ ± ۰/۲۵ <sup>a</sup>	۸۷/۷۱ ± ۰/۷۵
اثر اصلی و	کانولا	NS	NS	S	NS
اثرات	زمان	NS	NS	S	NS
متقابل	اثر متقابل	NS	NS	NS	NS

میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار در هر ردیف، تفاوت در مقادیر اندازه گیری ( $p < 0.05$ ) با حروف انگلیسی نشان داده شده اند که در آن، عدم وجود حروف در هر ردیف بیانگر نداشتن اختلاف در شاخص مذکور است. علامت S (Significant) بیانگر وجود اختلاف معنی دار و علامت NS (No Significant) بیانگر عدم وجود آن است.

اصلاح شده (اشعه گاما، پرتوی مایکروویو، مکمل پره بیوتیک و مکمل کربوهیدرات) بر عملکرد رشد، فعالیت آنزیم های گوارشی و ترکیبات عضلانی در ماهی *Betta splendens* نشان داد که ماهی های تغذیه شده با رژیم غذایی تیمار شده با مایکروویو، بیشترین مقدار را در تمام شاخص های رشد و فعالیت آنزیم های گوارشی داشتند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعه حسام پور و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش شد که دانه نخود پرتوتابی شده تا سطح ۴۰٪ در جیره بچه ماهی قزل آلائی رنگین کمان مورد مناسبی برای جایگزینی با پودر ماهی است، بدون اینکه تأثیر منفی بر شاخص های رشد داشته باشد. در دیگر مطالعات مشابه با

با توجه به نتایج به دست آمده، جیره های حاوی کنجاله کانولا پرتوتابی شده با مایکروویو بر شاخص های رشد در فیل ماهی اثر معنی دار داشت، به طوری که بیشترین درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و رشد روزانه در تیمارهای پرتوتابی شده به وسیله مایکروویو در زمان ۱۵ دقیقه در هر دو سطح جایگزینی کنجاله سویا (۲۰ و ۴۰٪) مشاهده شد. کمترین میزان در تیمارهای پرتوتابی نشده به دست آمد. علل این امر با توجه به جدول ۳، ممکن است کاهش مواد ضد تغذیه ای فیتات و تانن در جیره های پرتوتابی شده با مایکروویو باشد. در مطالعه Thongprajukaew و همکاران (۲۰۱۱) اثرات جیره های

پرتوتابی شده به دلیل حذف مواد ضد تغذیه‌ای کنجاله کانولا در اثر پرتوتابی مایکروویو است. در تایید این نتایج، Shawrang و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که پرتوتابی با الکترون در دوزهای مختلف بر حسب کیلوگری سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین در دانه سورگوم می‌شود. نتایج به دست آمده، نشان داد که پرتوتابی با مایکروویو با توان ۸۰۰ وات و در زمان ۱۵ دقیقه، موجب کاهش معنی‌دار مواد ضدتغذیه‌ای (فیتات و تانن) کنجاله کانولا می‌شود، به طوری که قابلیت هضم‌پذیری پروتئین را در این جیره‌ها افزایش می‌دهد و موجب افزایش رشد در فیل‌ماهی می‌شود. پرتوتابی با مایکروویو موجب شد تا کنجاله کانولا تا سطح ۴۰٪ بدون اینکه هیچ اثر منفی بر رشد و هضم‌پذیری پروتئین داشته باشد، در جیره گنجانده شود.

#### منابع

ابراهیمی، س.ر.، نیکخواه، ع. ۱۳۹۵. ترکیبات ضد تغذیه‌ای و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام دانه منداب بومی عمل‌آوری شده با پرتو گاما و مایکروویو. نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران ۸: ۷۲-۸۵.

حسام‌پور، ر.، ملک زاده و پایه، ر.، شورنگ، پ.، محمدی، م.ج.، مددپور داریونی، د. ۱۳۹۴. تاثیر جایگزینی نخود پرتوتابی شده با پودر ماهی بر شاخص‌های رشد، ترکیبات بدنی و قابلیت هضم ظاهری جیره بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. تغذیه آبزیان ۲: ۱۷-۳۸.

صفرافر، ح. ۱۳۸۲. استفاده از کنجاله کلزا در تغذیه دام و طیور آبزیان. چاپ اول، انتشارات جامه نو. ۵۶ صفحه.

طهمزی، ی.، تقی زاده، ا.، مهمان نواز، ی.، مقدم، م. ۱۳۹۳. تعیین میزان تجزیه‌پذیری و ضرایب هضمی کنجاله کانولا با روش‌های کیسه‌های نایلونی و تولید گاز. نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران ۶: ۳۲۳-۳۱۲.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر.، آقثومان، و. ۱۳۸۴. تشکیل و پرورش گله‌های مولد از مولدین پرورش یافته در کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی. فاز اول بیوتکنیک پرورش گوشتی فیل‌ماهی در آب شیرین، موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۱۳۶ صفحه.

جیره‌های غنی‌شده با فیتات، کاهش میزان رشد و کاهش قابلیت هضم پروتئین در ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور (*Cyprinus carpio*) مشاهده شده است (Spinelli et al. 1983; Reddy et al. 1989; Hossain and Jauncey, 1993).

تحقیقات نشان داد که یکی از علل کاهش کارایی رشد در سطوح بالای گنجاندن پروتئین‌های گیاهی در جیره غذایی ماهیان گوشت‌خوار ممکن است افزایش حضور مواد ضدتغذیه‌ای و کاهش خوش‌خوراکی (Francis et al. 2002; Oliva-Teles and Pereira, 2001) باشد. همچنین، پیوند اسید فایتیک با برخی از اسیدهای آمینه، پروتئین و یا نسبت اسیدهای آمینه باعث عدم جذب پروتئین کافی در لوله گوارش می‌شود (حسام‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). نسبت اسیدهای آمینه در پروتئین خام ممکن است بر میزان پروتئین، رطوبت، چربی و خاکستر بافت عضله ماهیان تأثیرگذار باشد (Helland et al. 2006). همچنین، پرتوی مایکروویو موجب افزایش ژلاتینه شدن نشاسته و قابلیت حل شدن در آب می‌شود. بهبود عملکرد رشد در ماهیان که با جیره غذایی پرتودیده با مایکروویو تغذیه می‌شوند، تنها به دلیل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی رژیم غذایی نیست، بلکه بهبود میزان مصرف غذا نیز در این امر موثر است (Thongprajukaew et al. 2011).

بر اساس نتایج حاصله، قابلیت هضم‌پذیری پروتئین و چربی با افزایش میزان کنجاله کانولا در جیره غذایی فیل ماهی کاهش یافته است. تیمارهای تحت تأثیر پرتوتابی مایکروویو در زمان‌های بالاتر (۱۰ و ۱۵ دقیقه) دارای قابلیت هضم‌پذیری بهتری نسبت به دیگر تیمارها بودند. همچنین، Thongprajukaew و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که عمل‌آوری سویا با استفاده از پرتوی مایکروویو هضم پروتئین و کربوهیدرات در شرایط *in vitro* برای ماهیان آب شیرین را بهبود می‌بخشد. محققان دیگر نیز یکی از عوامل کاهش میزان هضم‌پذیری این دانه‌های گیاهی را حضور فیتات عنوان کرده‌اند (Olli and Krogdahl, 1994; Mwachireya et al. 1999; Borgeson et al. 2006). هضم‌پذیری ظاهری پروتئین در جیره‌های حاوی کنجاله

- Abdelghany, A.E., Ahmad, M.H. 2002. Effects of feeding rates on growth and production of Nile tilapia, common carp and silver carp poly cultured in fertilized ponds. *Aquaculture Research* 33: 415-423.
- Al-Kaisey, M.T., Abdul-Kader, H.A., Mohammad, M.H., Saeed, A.H. 2003. Effect of gamma irradiation on antinutritional factor in broad bean. *Radiation and Physics and Chemistry* 67: 439-496.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. (17 ed.) Gaithersburg, Maryland, USA.
- Baker, D.H., Chung, T.K. 1992. Ideal protein for swine and poultry. *Biokyowa Technical Review* 4. Biokyowa, Inc., Chesterfield, MO, U.S.A, pp: 16
- Bhat, R., Sridhar, K.R. 2007. Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds. *Food Chemistry* 107: 174-184.
- Boila, R. J., and J. R. Ingalls. 1992. In situ rumen digestion and escape of dry matter, nitrogen and amino acids in canola meal. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 891-901.
- Borgeson, T.L., Racz, V.J., Wilkie, D.C., White, L.J., Drew, M.D. 2006. Effect of replacing fishmeal and oil with simple or complex mixtures of vegetable ingredients in diets fed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition* 12: 141-149.
- Burns, R.E. 1971. Method for estimation of tannin in grain sorghum 1. *Agronomy Journal* 63: 511-512.
- Coutinho, F., Peres, H., Guerreiro, I., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A. 2012. Dietary protein requirement of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) juveniles. *Aquaculture* 356: 391-397.
- Deacon, M.A., Boer, G., Kennelly, J.J. 1988. Influence of jet-sploding and extrusion on ruminal and intestinal disappearance of canola and soybeans. *Journal of Dairy Science* 71: 745-753.
- Debnath, D., Sahu, N.P., Pal, A.K., Baruah, K., Yengkokpam, S., Mukherjee, S.C. 2005. Present scenario and future prospects of phytase in aquafeed (Review). *Aquaculture Research* 36: 180-187.
- Duodu, K.G., Minnaar, A., Taylor, J.R.N. 1999. Effect of cooking and irradiation on the labile vitamins and anti-nutrient content of a traditional African sorghum porridge and spinach relish. *Food Chemistry* 66: 21-27.
- Fakhouri, M.O., Ramaswamy, H.S. 1993. Temperature uniformity of microwave heated food as influenced byproduct type and composition. *Food Research International* 26: 89-95.
- Farag, M.D.H. 1986. Radiation deactivation on anti-nutritional factors: trypsin inhibitor and hemagglutinin in soybean. *Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications* 6: 207-215.
- Fathi Nasri, M.H., France, J., Danesh Mesgaran, M., Kebreab, E. 2008. Effect of heat processing on ruminal degradability and intestinal disappearance of nitrogen and amino acids in Iranian whole soybean. *Livestock Science* 113: 43-51.
- 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.
- Habiba, R.A. 2002. Changes in anti-nutrients, protein solubility, digestibility, and HCl-extractability of ash and phosphorus in vegetable peas as affected by cooking methods. *Food Chemistry* 77: 187-192.

- Helland, I.B., Saugstad, O.D., Saarem, K., Van Houwelingen, A.C., Nylander, G., Drevon, C.A. 2006. Supplementation of n-3 fatty acids during pregnancy and lactation reduces maternal plasma lipid levels and provides DHA to the infants. *Journal of Maternal-Fetal Neonatal Medicine* 19: 397-406.
- Hossain, M.A., Jauncey, K. 1993. The effects of varying dietary phytic acid, calcium and magnesium levels on the nutrition of common carp (*Cyprinus carpio*). In: *Fish Nutrition in Practice. IV<sup>th</sup> International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*, Biarritz, France, June 24-27. INRA, Paris, France, 705-715.
- Khattab, R.E., Arntfield, S.D. 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Anti-nutritional factors. *Food Science and Technology* 42: 1113-1118.
- Li, M.H., Oberle, D.F., Lucas, P.M. 2013. Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research* 44: 282-288.
- Marcouli, P.A., Alexis, M.N., Andriopoulou, A., Iliopoulou-Georgudaki, J. 2006. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition* 12: 25-33.
- Mermelstein, N. H. 1997. How food technology covered microwaves over the years. *Food Technology* 51: 82-84.
- Mohseni, M., Ozorio, R.O.A., Pourkazemi, M., Bai, S.C. 2008. Effects of dietary L-carnitine supplements on growth and body in beluga sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Journal of Applied Ichthyology* 24: 646-649.
- Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseni, M.R., Hassani, M.H.S. and Bai, S.C. 2013. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). *Aquaculture Research* 44: 378-387.
- Mustafa, A.F., Chouinard, Y.P., Ouellet, D.R., Soita, H. 2003. Effects of moist heat treatment on ruminal nutrient degradability of sunflower seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1059-1064.
- Mwachireya, S.A., Beames, R.M., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S. 1999. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. *Aquaculture Nutrition* 5: 73-82.
- Olli, J.J., Krogdahl, A. 1994. Nutritive value of four soybean meal products in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) reared in fresh water. *Acta Agriculture Scandinavica* 44: 185-192.
- Pereira, T.G., Oliva-Teles, A. 2002. Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture Research* 33: 1183-1189.
- Reddy, N.R., Pierson, M.D., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. 1989. *Phytate in Cereals and Legumes*. CRC Press Inc., Baton Raton, FL, USA, 152 P.
- Shawrang, P., Sadeghi, A.A., Behgar, M., Zareshahi, H., Shahhoseini, G. 2011. Study of chemical compositions, anti-nutritional contents and digestibility of electron beam irradiated sorghum grains. *Food Chemistry* 125: 376-379.
- Siddhuraju, P., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2002. The effect of ionising radiation on antinutritional factors and the nutritional value of plant materials with reference to human and animal food. *Food Chemistry* 78: 187-205.
- Spinelli, J., Houle, C.R., Wekell, J.C. 1983. The effect of phytates on the growth of

- rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. *Aquaculture* 30: 71-83.
- Taghinejad, M., Ebrahimi, S.R., Azizi, S., Shawrang, P. 2010. Effects of electron beam irradiation on chemical composition, anti-nutritional factors, ruminal degradation and in vitro protein digestibility of canola meal. *Radiation Physics and Chemistry* 79: 1264-1269.
- Taghinejad, M., Shawrang, P., Rezapour, A., Sadeghi, A.A., Ebrahimi, S.R. 2009. Changes in Anti- Nutritional Factor, Ruminal Degradability and in vitro protein digestibility of gamma irradiation Canola meal. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8: 1298-1304.
- Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Chandang, P. 2015. Microwave irradiation improves physico-chemical properties of soya meal for economic freshwater fish. *Maejo International Journal of Science and Technology* 9: 43-53.
- Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Kovitvadhi, S., Somsueb, P., Rungruangsak-Torrissen, K. 2011. Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Aquaculture* 322323: 1-9.
- Zeb, A. 1998. Possibility and limitations of feeding rapeseed meal to broiler chicks. Ph.D. dissertation George August University, Göttingen Germany.
- Zhao, J., Verpoorte, R. 2007. Manipulating indole alkaloid production by *Catharanthus roseus* cell cultures in bioreactors: from biochemical processing to metabolic engineering. *Phytochemistry Reviews* 6: 435-457.

## Effects of microwave irradiated canola meal on growth, nutrition performance, carcass characteristics and digestibility of nutrients in *Huso huso* fry

Mahsa Khoshbavar Rostami<sup>1</sup>, Hossein Oraji<sup>1</sup>, Hosseinali Khoshbava Rostami<sup>2</sup>, Sakineh Yeganeh<sup>1</sup>, Abdolsamad Keramat<sup>1</sup>

1- Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran

2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Inland Waters Aquatic Stocks Research Center, Gorgan, Golestan, Iran

Received 14 March 2019; accepted 21 September 2019

### Abstract

Effects of diets containing microwave-irradiated canola meal were evaluated on growth, nutrition performance, carcass composition and digestibility of nutrients in *Huso huso* fry with  $31.18 \pm 1.43$  g in initial weight during 8-week experiment in a factorial design  $4 \times 2$  with 8 treatments, each with 3 replications. Treatments included T<sub>1</sub>: %20 canola meal without irradiation; T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub>: 20% irradiated-canola meal at 800 watts for 5, 10 and 15 min respectively; T<sub>5</sub>: 40% canola meal without irradiation; T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, and T<sub>8</sub>: %40 800 watt – radiated canola meal at 5, 10 and 15 min respectively. At the end of the experiment, according to the results, the effects of diet containing microwave-irradiated canola meal on the final weight, weight gain, specific growth factor, feed conversion ratio and daily growth in *H. huso* fry were significant ( $p < 0.05$ ). The highest final weight, percentage of weight gain, daily growth and specific growth rate were found in T<sub>4</sub>, while the lowest ones in T<sub>5</sub> ( $p < 0.05$ ). Food conversion ratio increased significantly in T<sub>5</sub> compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ). The results of analysis of variance exhibited that the effects of both canola meal rate (%) and irradiation time and also their interactions caused significant differences in the growth indices except for the coefficient of conversion ( $p < 0.05$ ), but only irradiation time displayed significant effect on food conversion ratio ( $p < 0.05$ ). During the experiment, survival rate was 100%. Microwave-irradiated canola meal diet did not significantly affect the protein and fat contents of the fish carcasses ( $p > 0.05$ ), but showed significant effect on the carcass ash content ( $p < 0.05$ ). According to these results, by increasing irradiation time, the protein digestibility increased ( $p < 0.05$ ). Microwave-irradiated canola meal exhibited no significant effects on fat digestibility and dry matter content ( $p > 0.05$ ). So, it can be added to the diet up to 40% without any unfavorable effect on protein digestibility and growth rate.

**Keywords:** *Huso huso*, Canola meal, Microwave, Digestibility

Corresponding author: Hoseinoraji@yahoo.com