



مقاله علمی - پژوهشی:

اثر سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده خوراک بر رشد، کارایی خوراک، ترکیب لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی بچه ماهیان انگشت‌قد تیلایای نیل (*Oreochromis niloticus*)

نگین باقرزاده^۱، احمد ایمانی^{۱*}، کوروش سروی مغانلو^۱، محمد محمدی^۲

*a.imani@urmia.ac.ir

۱- گروه شیلات و آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران
 ۲- مرکز ملی تحقیقات آبزیان آبهای شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان آموزش، ترویج و تحقیق کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۱

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کانولای تخمیر شده با باکتری جنس باسیلوس جدا شده از رسوبات دریای خزر بر شاخص‌های رشد، تغذیه، ترکیب لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی بچه‌ماهیان تیلایای نیل انجام گرفت. ۲۲۵ عدد بچه‌ماهی با میانگین وزنی $1/90 \pm 0/05$ گرم در ۵ تیمار آزمایشی شامل شاهد، تیمار ۱: خوراک بدون کانولای تخمیر شده، تیمار ۲: خوراک حاوی ۱۲/۵ درصد کانولای تخمیر شده، تیمار ۳: خوراک حاوی ۲۵ درصد کانولای تخمیر شده، تیمار ۴: خوراک حاوی ۳۷/۵ درصد کانولای تخمیر شده و تیمار ۵: خوراک حاوی ۵۰ درصد کانولای تخمیر شده، به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص‌های رشد و تغذیه در تیمارهای مختلف آزمایش اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با گروه شاهد نشان ندادند ($p > 0/05$). نتایج تجزیه تقریبی لاشه ماهیان نشان داد که پروتئین در تیمارهای ۲، ۳ و ۴، چربی و رطوبت در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ و خاکستر در تیمارهای ۴ و ۵ در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافتند ($p < 0/05$). همچنین نتایج فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهیان نشان داد که آلکالین پروتئاز در تیمارهای ۳ و ۴، لیپاز در تیمارهای ۲ و ۳ و آلفا آمیلاز در تیمار ۳ در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافتند ($p < 0/05$). به طور کلی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از ۵۰ درصد کانولای تخمیر شده در خوراک بچه ماهیان انگشت‌قد تیلایای نیل بدون اثر منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه امکان‌پذیر است.

کلمات کلیدی: کانولای تخمیر شده، رشد، شاخص‌های تغذیه، آنزیم‌های گوارشی، تیلایای نیل، باسیلوس

*نویسنده مسئول

مقدمه

با توجه به کاهش میزان ذخایر و صید آبزیان و در نتیجه کاهش تولید آرد ماهی و از سوی دیگر، افزایش تولید آبزیان با استفاده از روش‌های پرورش متراکم، وابستگی به غذای دستی و یافتن منابع پروتئینی گیاهی مناسب یک ضرورت اجتناب ناپذیر تلقی می‌شود (Mohammadi et al., 2020). از سویی، به علت افزایش تقاضای جهانی آرد و روغن ماهی و افزایش قیمت منابع دریایی و محدودیت افزایش تولید آنها (Lim et al., 2008) و استفاده از آنها به عنوان مکمل غذایی انسانی از سوی دیگر، تلاش جهت معرفی منابع پروتئینی ارزان قیمت و در دسترس برای استفاده در خوراک آبزیان ضروری است (Mwachireya et al., 1999). تصور بر این است که به علت کاهش بیشتر ذخایر آبزیان در دهه‌های آینده، آرد ماهی به عنوان کالایی گران قیمت شناخته خواهد شد که در سطح کمینه و به اندازه برآوردن احتیاجات غذایی گونه‌های ارزشمند به‌ویژه جهت تغذیه دوره آغازین و مولدین استفاده خواهد شد. از منابع پروتئینی مانند ضایعات کشتارگاه‌های دام و طیور، منابع پروتئینی دریایی حاصل از ضایعات فرآوری و صید جانبی، کنسانتره‌های پروتئینی گیاهی، دانه‌های روغنی و کنجاله‌های آنها می‌توان به عنوان جایگزین آرد ماهی در صنعت تولید خوراک آبزیان اشاره نمود (Lim et al., 2008).

کنجاله‌های حاصل از دانه‌های روغنی به علت تولید بالای جهانی و قیمت پایین، گزینه مناسبی برای جایگزینی آرد ماهی محسوب می‌شوند (Mwachireya et al., 1999). به دلیل ارزان قیمت بودن کنجاله کانولا نسبت به سایر منابع پروتئین حیوانی و گیاهی، می‌توان از این نهاده اولیه در خوراک دام، طیور و آبزیان استفاده نمود. از مزایای کنجاله کانولا محتوای بالای پروتئینی آن، در دسترس بودن و قیمت پایین آن است (Mohammadi et al., 2020). پیش‌تر نیز از کنجاله کانولا در خوراک انواع ماهیان استفاده شده است. در مطالعه محسنی و ملک‌پور (۱۳۹۷) بررسی جایگزینی آرد ماهی با کنجاله خام کانولا نشان داد که جایگزینی ۲۰ درصدی آرد ماهی با کانولا اثر سوء بر عملکرد رشد، قابلیت هضم و پارامترهای خونی

تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) نداشت. Zhou و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی جایگزینی پروتئین کنجاله کانولا با پروتئین آرد ماهی در جیره حاوی پودر سویا، آرد ماهی و کنجاله کانولا گزارش کردند که جایگزینی ۵۰ درصد آرد ماهی با کنجاله کانولا در خوراک ماهی سیم (*Megalobrama amblycephala*) بر ضریب رشد ویژه و ترکیب لاشه اثری نداشت. همچنین نتایج مطالعه شفایی پور و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که جایگزینی ۵۷-۱۰ درصدی آرد ماهی با کنجاله کانولا در خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر عملکرد رشد این گونه اثری نداشت. البته در جایگزینی آرد ماهی با سایر منابع پروتئینی علاوه بر قیمت و محتوای پروتئین، بایستی به پروفیل اسیدهای آمینه و توازن آنها، قابلیت هضم و عوامل ضدتغذیه‌ای نیز توجه داشت (Gatlin et al., 2007; Hardy, 2010). اسیدهای آمینه موجود در کانولا نسبت به سایر پروتئین‌های گیاهی بالاتر بوده و از قابلیت هضم بالایی نیز برخوردار هستند (Turchini et al., 2009). متیونین و سیستئین کانولا در مقایسه با سایر منابع پروتئینی گیاهی بالاتر است و منبع خوب اسید آمینه‌های گوگردی به‌شمار می‌رود. از سویی، کنجاله کانولا دارای کولین، بیوتین، اسیدفولیک، نیاسین، ریبوفلاوین و تیامین است (Lim et al., 2008; Enami, 2011).

از عمده مشکلات استفاده از کانولا در خوراک آبزیان می‌توان به مواد ضدتغذیه‌ای و میزان بالای اسید اروسیک (۲۵-۵۵٪ از کل اسیدهای چرب) و گلوکوزینولات اشاره کرد (Lim, et al., 2008). مشخص شده است که گلوکوزینولات و مشتقات آن باعث کاهش رشد، اختلال در عملکرد غده تیروئید، کاهش ترشح هورمون تیروئیدی و آسیب‌های کبدی و کلیوی می‌شوند (Francis et al., 2001). همچنین کنجاله کانولا مانند سایر دانه‌های روغنی دارای ترکیبات فنولی است. از دیگر عوامل ضد تغذیه‌ای کانولا، الیاف (فیبرها) هستند. پلی‌ساکارید کنجاله کانولا شامل نشاسته و انواع غیرنشاسته‌ای (NSPs)^۱ است. قسمت غیرنشاسته‌ای شامل

¹ Non-Starch Polysaccharide

فیتازهای میکروبی در مقایسه با فیتازهای گیاهی در محدوده بیشتر دمایی و اسیدیته فعال هستند. برای مثال، pH بهینه فیتاز گیاهی ۵-۴/۵ و دمای بهینه آن ۳۸-۵۵ درجه سانتیگراد است. این در حالی است که فیتازهای میکروبی به خصوص باکتریایی در محدوده pH و دمای پایین فعال هستند. این خصوصیات آنها را جهت استفاده در صنعت آبزی پروری مناسب می سازد (ساریخانی و ملبویی، ۱۳۸۹). یکی از منابع تولید کننده فیتاز، باکتری ها (فیتازهای میکروبی) از جمله جنس *باسیلوس* است (Mukhametzyanova et al., 2012). فرآیند تخمیر بر اساس کشت میکروارگانیسم ها، فعالیت آبی، نیاز اکسیژنی، ویژگی محصول تولیدی و تعداد تلقیح به گروه های مختلف تقسیم بندی می شود. تخمیر در محیط جامد یک فرایند میکروبی است که عمدتاً در سطح مواد جامدی که مقداری آب و مواد مغذی داشته باشند، روی می دهد و امکان استفاده از مواد زائد جامد طبیعی مانند سبوس گندم و برنج برای تولید متابولیت ها در مقیاس صنعتی را فراهم می سازد (Roussos et al., 1997).

تیلایا دومین گونه پرورشی در دنیا و مهم ترین گونه آبزی پروری تجاری در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری از جمله بیش از ۱۴۰ کشور جهان محسوب می شود. چین بزرگترین کشور تولید کننده تیلایا با سهمی بالغ بر ۵۰٪ کل تولیدات جهانی به شمار می رود. این گونه ها با داشتن عادت غذایی گیاه خواری و همه چیزخواری، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند. همچنین گونه های تیلایا بعد از جذب کیسه زرده، از توانایی پذیرش غذای دستی برخوردارند که سبب تسهیل پرورش آنها می گردد (رجبی پور و همکاران ۱۳۹۵).

تاکنون پژوهشی مبنی بر استفاده از باکتری *باسیلوس* جدا شده از بستر دریای خزر که دارای قابلیت تولید فیتاز باشد، به منظور کاهش همزمان محتوای فیبر و فیتات کنجاله کانولا انجام نشده است. آنزیم های حاصل از منابع دریایی (باسیلوس جدا شده از رسوبات دریای خزر)، ممکن است از نظر ویژگی هایی مانند توانایی سازگاری با دماهای پایین و در نتیجه، سهولت استفاده در دماهای محیطی با آنزیم های موجودات خشکی زی متفاوت باشند. این مطالعه

پلی ساکاریدهای نامحلول در شوینده اسیدی (ADF^1)، پلی ساکاریدهای نامحلول در شوینده خنثی (NDF^2) و پلی ساکاریدهای محلول و نامحلول در آب است (Liu et al., 1998; Lim et al., 2008; Singh et al., 2013). با این حال، به نظر می رسد گونه های تیلایا تحمل بیشتری نسبت به کپورماهیان در مقابل عوامل ضد تغذیه ای از خود نشان می دهند (Francis et al., 2001). یکی دیگر از مهم ترین ترکیبات ضد تغذیه ای منابع گیاهی، اسید فایتیک است. اسید فایتیک یک آستر ۶ فسفات هگزاهیدریک الکل فوانیوزیتول است که به صورت هگزاکیس فسفات ($IP6^3$) یا به شکل نمک فیتات شناخته می شود و به عنوان ذخیره فسفر (۸۰-۵۰٪ فسفر دانه های گیاهی) بافت های گیاهی به شمار می رود (Lim et al., 2008). اسید فایتیک یک ماده ضد تغذیه ای بوده که برای حیوانات تک معده از جمله ماهی ها قابل دسترسی نیست (محسنی و همکاران، ۱۳۹۶) و با اتصال به پروتئین و مواد معدنی از دسترسی زیستی و نیز قابلیت هضم آنها می کاهد (Liu et al., 1998; Singh et al., 2013). حیوانات تک معده ای از جمله آبزیانی چون تیلایا و نیز گونه های بدون معده قادر به استفاده از فسفر فیتاتی به دلیل نداشتن آنزیم فیتاز، نیستند (Lim et al., 2008). آنزیم فیتاز به عنوان افزودنی مواد خوراکی، می تواند بخش قابل توجهی از فسفر فیتاتی را در دسترس موجود زنده قرار دهد که در بهبود کیفیت خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی موثر است (Singh et al., 2013). مشخص شده است که افزودن مکمل فیتاز به خوراک باعث افزایش قابلیت هضم فیتات و مقدار مواد معدنی در گربه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) و قزل آلا (Rodehutsord and Pfeffer, 1995; Li and Robinson, 1997). در مطالعه اسعدی و همکاران (۱۳۹۱) نیز افزودن مکمل آنزیم فیتاز به همراه کنجاله سویا سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین و افزایش میزان فسفر و کلسیم لاشه فیل ماهی جوان (*Huso huso*) شد.

¹ Acid Detergent Fiber

² Neutral Detergent Fiber

³ Inositol hexaphosphate

میزان فیتات با استفاده از روش عصاره‌گیری و جذب نوری به روش De Boland و همکاران (۱۹۷۵) و میزان ADF و NDF کنجاله کانولا قبل و بعد از تخمیر با دستگاه فایبرتک به روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) سنجش شدند.

ساخت خوراک‌های آزمایشی و شروع دوره پرورش

پس از مشخص شدن اثر تخمیر بر محتوای مواد ضدتغذیه‌ای کنجاله کانولا، خوراک‌های آزمایشی بر اساس نیازهای غذایی بچه‌ماهی تیلاپیی نیل تنظیم (NRC, 2011) و ساخته شد. همچنین تجزیه تقریبی خوراک و اجزای تشکیل‌دهنده آن (پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت و انرژی) بر اساس (AOAC 2005) اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). پژوهش حاضر در قالب ۵ تیمار و در سه تکرار بر ماهی تیلاپیی نیل تک جنس نر با میانگین وزنی $1/9 \pm 0/05$ گرم به مدت ۸ هفته انجام گرفت. جهت شروع دوره، ۱۵ قطعه ماهی در هرتانک ۱۰۰ لیتری (با ۵۰٪ آب‌گیری)، رهاسازی شدند. همچنین با استفاده از بخاری الکتریکی دمای محیط پرورش در ۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و غذادهی ماهیان در طول دوره پرورش در حد سیری و روزانه در سه نوبت انجام گرفت.

مطالعه شاخص‌های رشد و کارآیی خوراک

هر دو هفته تمامی ماهیان مخازن پرورشی به منظور عملیات زیست‌سنجی قطع غذا و بعد از ۲۴ ساعت با استفاده از پودر گل میخک با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیهوش شدند (Figueiredo-Silva et al., 2010). شاخص‌های رشد و عملکرد تغذیه‌ای شامل وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، میزان افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل خوراک و کارایی پروتئین و چربی بر اساس داده‌های زیست‌سنجی و با استفاده از روابط ذیل محاسبه شدند (Farhangi and Carter, 2007). همچنین در پایان دوره آزمایش، از هر مخزن سه ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب شده و پس از بیهوشی جهت

با هدف بررسی امکان حذف یا کاهش مواد ضدتغذیه‌ای کنجاله کانولای تخمیرشده به‌وسیله باکتری جنس باسیلوس و بررسی حداکثر استفاده از آن به جای سایر منابع پروتئینی گران‌تر مانند کنجاله سویا در خوراک ماهیان براساس شاخص‌های رشد، تغذیه، تجزیه تقریبی لاشه و فعالیت آنزیم گوارشی روده (آلکالین پروتئاز، آلفا آمیلاز و لیپاز) بچه‌ماهیان تیلاپیا انجام گرفت.

مواد و روش کار تخمیر کنجاله کانولا

ابتدا کنجاله کانولا آسیاب شده و ذرات با اندازه کمتر از ۴۰۰ میکرون برای تلقیح و سرانجام تخمیر با باکتری استفاده شد. به این منظور ۵۰ درصد رطوبت به کنجاله اضافه شد و باکتری باسیلوس جدا شده از رسوبات بستر دریای خزر با توانایی تولید فیتاز که پیش‌تر محسنی و همکاران (۱۳۹۶) آنها را غربالگری و شناسایی کرده بودند، با تراکم 10^5 cfu.g^{-1} به کانولا افزوده شد. در ادامه ارلن‌های حاوی باکتری و کنجاله در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند. پس از طی مدت زمان لازم جهت تخمیر، عمل شستشوی کنجاله سه بار با آب مقطر انجام و در نهایت به کمک فشرده‌سازی تا حد امکان رطوبت کنجاله گرفته شد. محصول نهایی در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از آون به‌طور کامل خشک گردید. در این مرحله محتوای مواد ضدتغذیه‌ای آن شامل کل ترکیبات فنلی، تانن، اسید فایتیک، ADF و NDF اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

جدول ۱: محتوای مواد ضدتغذیه‌ای و تجزیه تقریبی کنجاله کانولا

Table 1: Anti-nutritional factors contents and proximate composition of canola meal

شاخص	قبل از تخمیر	بعد از تخمیر
ترکیبات فنلی (/)	۲/۳۲	۱/۶۳
تانن (/)	۰/۰۶	۰/۰۳
اسید فایتیک (/)	۶	۳/۶۰
ADF (/)	۲۳/۷۰	۱۸/۶۰
NDF (/)	۲۸/۱۰	۲۵/۸۰
پروتئین (/)	۳۶/۴۴	۳۹/۳۸
چربی (/)	۸/۹۰	۹/۲۰
ماده خشک (/)	۹۲/۷۲	۹۶/۴۲

تجزیه لاشه (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت) و محاسبه شاخص‌های مربوطه بر اساس روش Mohammadi et al. (2020) استفاده شدند:

تعداد ماهیان هر تانک/ وزن زی‌توده هر تانک = وزن نهایی
 $100 \times$ (طول دوره پرورش به روز/ لگاریتم طبیعی وزن اولیه - لگاریتم طبیعی وزن نهایی) = نرخ رشد ویژه
 (وزن اولیه به گرم/ وزن اولیه به گرم - وزن نهایی به گرم) = میزان افزایش وزن
 $100 \times$ (وزن اولیه/ وزن اولیه به گرم - وزن نهایی به گرم) = درصد افزایش وزن بدن
 مقدار غذای خشک مصرفی به گرم/ افزایش وزن به گرم = ضریب تبدیل خوراک
 پروتئین خام مصرفی به گرم/ افزایش وزن به گرم = کارایی پروتئین
 چربی خام مصرفی به گرم/ افزایش وزن به گرم = کارایی چربی
 $100 \times$ (پروتئین مصرفی به گرم/ افزایش پروتئین به گرم) = نرخ تولید پروتئین
 $100 \times$ (چربی مصرفی به گرم/ افزایش چربی به گرم) = نرخ تولید چربی

قرائت شد (Iijima et al., 1998).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پژوهش حاضر به صورت یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نرمال بودن داده‌ها و نیز همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون بررسی شد. برای آنالیز داده‌ها از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از آزمون توکی استفاده شد. سرانجام نتایج به صورت انحراف معیار $\pm$ میانگین ارائه گردید. حداقل سطح معنی‌دار بودن آزمون‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه

بر اساس نتایج شاخص‌های رشد و تغذیه (جدول ۳) اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد با سایر تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p > 0.05$). با این حال، بالاترین شاخص‌های وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، میزان افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن و نرخ تولید چربی و کمترین ضریب تبدیل خوراک در تیمار ۵ (خوراک حاوی ۵۰

سنجش میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده

در پایان دوره آزمایش پس از بیهوشی ماهیان با پودر گل میخک، نمونه‌برداری از روده کوچک ماهیان (۳ ماهی از هر مخزن پرورشی) انجام گرفت و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در ادامه از نمونه‌ها جهت استخراج عصاره خام آنزیمی استفاده شد (Lemieux et al., 1999; Rungraungsak-Torrissen et al., 2006). برای تعیین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز از نشاسته ۱٪ به عنوان سوبسترا استفاده شد. نشاسته تحت تأثیر آنزیم آلفا آمیلاز تجزیه می‌شود و تولید مالتوز می‌کند که از طریق رنگ‌سنجی و تغییر شدت رنگ در مخلوط واکنش در حضور معرف اسید دی‌نیتروسالیسیلیک قابل سنجش است (Bernfeld, 1955). سوبسترای مورد استفاده در این آزمایش جهت سنجش فعالیت آلکالین پروتئاز، آزوکازئین ۲٪ Azocasein بود (Garcia-Carreno and Haard, 1993). فعالیت آنزیم لیپاز نیز با استفاده از هیدرولیز p-nitrophenyl myristate و به طریق اسپکتروفتومتری تعیین گردید. هر سنجش لیپازی (۰/۵ میلی لیتر) شامل ۰/۵ میلی مولار از p-nitrophenyl myristate، ۰/۲۵ میلی مولار از ۲-methoxy ethanol sodium cholate، ۵ میلی مولار از Tris-HCl (pH=۹ بود (Sigma, USA). میزان جذب لایه آبی زیرین در ۴۰۵ نانومتر

درصد پودر کانولای تخمیر شده) به دست آمد ($p > 0.05$).
 همچنین بالاترین نرخ تولید و کارایی پروتئین در تیمار ۳
 (خوراک حاوی جایگزینی ۳۷/۵ درصد پودر کانولای
 تخمیر شده) مشاهده شد ($p > 0.05$).

جدول ۲: اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش

Table 2: Feed ingredients and proximate composition of experimental diets used in the research

تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	مواد خوراکی (%)
۸	۸	۸	۸	۸	آرد ماهی (کیلکا)
۰/۷	۹/۵	۱۸/۳	۲۷/۳	۳۶	کنجاله سویا
۵	۵	۵	۵	۵	پودر خون
۵۰	۳۷/۵	۲۵	۱۲/۵	۰	کنجاله کانولا تخمیری
۵	۵	۵	۵	۵	مخمر
۵	۵	۵	۵	۵	گلو تن گندم
۰/۵	۴/۱	۷/۸	۱۱/۲	۱۵	آرد گندم
۵	۵	۵	۵	۵	نشاسته ذرت
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	ملاس
۲/۹	۲/۹	۲/۹	۲/۹	۲/۹	روغن ماهی (کیلکا)
۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۹	۲/۹	روغن سویا
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	مکمل اسید آمینه
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	مکمل مواد معدنی
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	متیونین
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	ترئونین
۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	لیزین
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	دی کلسیم فسفات
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	ویتامین C
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	ویتامین E
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	کولین کلراید
ترکیب شیمیایی خوراک (%)					
۳۸/۰۷	۳۸/۰۵	۳۸/۰۶	۳۸/۱۱	۳۸/۰۸	پروتئین خام
۹/۰۲	۹/۰۷	۹/۰۲	۹/۰۶	۹/۰۱	چربی
۵/۷۶	۵/۱۲	۴/۴۸	۳/۸۵	۳/۲۱	فیبر خام
۷/۶۰	۷/۳۲	۷/۰۷	۶/۸۱	۶/۵۵	خاکستر
۳۶/۹۹	۳۸/۴۲	۳۹/۹۳	۴۱/۳۰	۴۲/۸۳	عصاره عاری از ازلت
۱۶/۶۷	۱۶/۳۳	۱۵/۹۷	۱۵/۶۱	۱۵/۲۶	انرژی ناخالص (MJ/kg)

تجزیه تقریبی لاشه

نتایج تجزیه تقریبی لاشه ماهیان تیمارهای آزمایشی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج پروتئین لاشه در تیمارهای ۲ (خوراک حاوی ۱۲/۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده)، ۳ (خوراک حاوی ۲۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده) و ۴ (خوراک حاوی ۳۷/۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده) در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت ($p < 0.05$). چربی لاشه در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ (خوراک حاوی ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده) در

مقایسه با تیمار ۱ افزایش یافت ($p < 0.05$). همچنین نتایج نشان داد که این شاخص در تیمار ۵ با تیمارهای ۳ و ۴ و تیمار ۴ با تیمار ۳ نیز دارای اختلاف معنی داری بود ($p < 0.05$). درصد خاکستر لاشه تیمارهای ۴ و ۵ با تیمار شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$). رطوبت لاشه نیز در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ دارای اختلاف معنی داری با گروه شاهد بود ($p < 0.05$).

جدول ۳: شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده (Mean $\pm$ SE, n=3)

Table 3: Growth and nutritional indices of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal

شاخص	تیمارهای آزمایشی				
	۵	۴	۳	۲	۱
وزن اولیه (گرم)	۱/۸۸±۰/۰۹	۲/۱۳±۰/۰۸	۱/۹۷±۰/۱۵	۱/۹۷±۰/۰۹	۱/۸۹±۰/۰۵
وزن نهایی (گرم)	۱۵/۴۱±۰/۷۱	۱۴/۱۳±۱/۶۴	۱۳/۴۶±۰/۲۸	۱۵/۲۳±۰/۳۹	۱۳/۵۹±۰/۵۹
نرخ رشد ویژه (%)	۴/۱۳±۰/۱۲	۳/۶۹±۰/۲۶	۳/۷۸±۰/۱۹	۴/۰۱±۰/۱۴	۳/۸۶±۰/۰۸
میزان افزایش وزن	۱۳/۵۴±۰/۶۹	۱۲±۱/۶۶	۱۱/۴۸±۰/۴۱	۱۳/۲۵±۰/۴۷	۱۱/۶۹±۰/۵۸
درصد افزایش وزن (%)	۷۲۴/۶±۵۳/۷	۵۶۷/۸±۹	۵۹۲/۹±۷۰/۸	۶۷۷/۲±۵۳/۶	۶۱۷/۹±۳۰/۱
ضریب تبدیل خوراک	۱/۲۱±۰/۰۵	۱/۲۴±۰/۱۸	۱/۳۲±۰/۰۸	۱/۲۳±۰/۰۶	۱/۳۸±۰/۰۷
کارایی پروتئین	۰/۱۴۶±۰/۰۰۶	۰/۱۴۷±۰/۰۱۹	۰/۱۳۴±۰/۰۰۸	۰/۱۴۶±۰/۰۰۴	۰/۱۳۱±۰/۰۰۵
کارایی چربی	۰/۶۲±۰/۰۰۳	۰/۶۲±۰/۰۰۸	۰/۵۷±۰/۰۰۳	۰/۶۲±۰/۰۰۲	۰/۵۵±۰/۰۰۲
نرخ تولید پروتئین	۰/۰۲۴±۰/۰۰۱	۰/۰۲۶±۰/۰۰۵	۰/۰۲۳±۰/۰۰۱	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱	۰/۰۲۱±۰/۰۰۱
نرخ تولید چربی	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱	۰/۰۲۲±۰/۰۰۳	۰/۰۱۷±۰/۰۰۱	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱

حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح $p < 0.05$ است.

جدول ۴: تجزیه تقریبی لاشه ماهیان تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده (Mean $\pm$ SE, n=3)

Table 4: Proximate body composition of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal

شاخص	تیمارهای آزمایشی				
	۵	۴	۳	۲	۱
پروتئین (%)	۱۶/۱±۰/۲ ^b	۱۷/۱±۰/۱ ^a	۱۷±۰/۱ ^a	۱۶/۸±۰/۱ ^a	۱۶/۱±۰/۱ ^b
چربی (%)	۳/۸±۰/۱ ^a	۳/۳±۰/۱ ^b	۲/۹±۰/۱ ^c	۲/۴±۰/۱ ^d	۲/۵±۰/۱ ^d
خاکستر (%)	۲/۸±۰/۵ ^a	۲/۷±۰/۱ ^a	۲/۶±۰/۱ ^{ab}	۲/۳±۰/۱ ^b	۲/۳±۰/۱ ^b
رطوبت (%)	۷۵/۹±۰/۱ ^a	۷۵±۰/۱ ^b	۷۵/۳±۰/۳ ^{ab}	۷۲±۰/۱ ^c	۷۱/۵±۰/۱ ^c

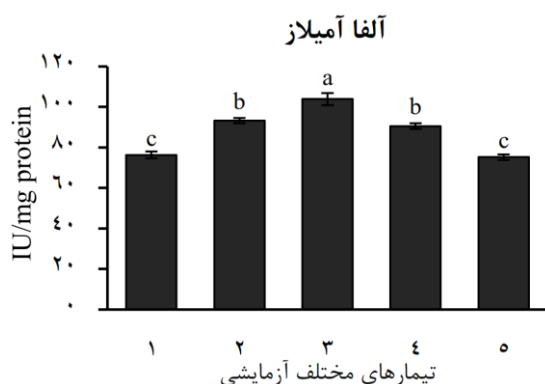
حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح $p < 0.05$ است.

فعالیت آنزیم‌های گوارشی

بر اساس نتایج فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهیان، بیشترین فعالیت آلکالین پروتئاز (شکل ۱) در تیمارهای ۲ (خوراک حاوی ۱۲/۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده)، ۳

(خوراک حاوی ۲۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده) و ۴ (خوراک حاوی ۳۷/۵ درصد پودر کانولای تخمیر شده) مشاهده شد ($p < 0.05$). فعالیت این آنزیم در تیمار ۵

بیشترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (شکل ۳) نیز در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ مشاهده شد ($p < 0.05$). فعالیت این آنزیم در تیمار ۵ در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0.05$).



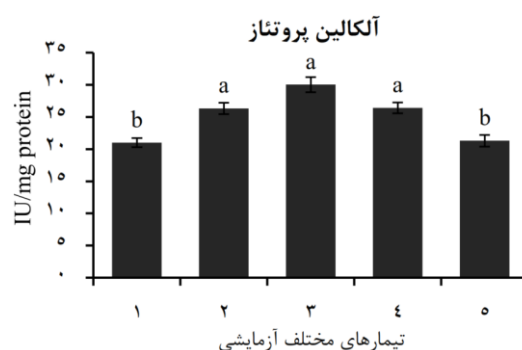
شکل ۳: فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز روده ماهیان تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی داری در سطح $p < 0.05$ است.

Figure 3: Intestinal alpha amylase activity of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal. Different letters indicates statistically significant differences at $p < 0.05$

بحث

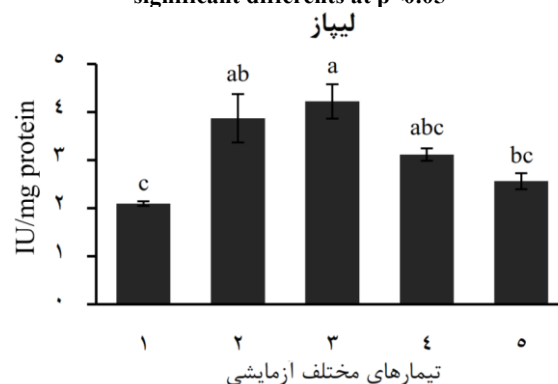
نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که استفاده از ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده در خوراک بچه ماهیان انگشت قد تیلاپای نیل بدون هیچ گونه اثر منفی بر شاخص های رشد و تغذیه امکان پذیر است. این نتایج با برخی یافته های پیشین در مورد جایگزینی منابع گیاهی با آرد ماهی خوراک ماهیان مطابقت دارد. در مطالعه محسنی و ملک پور (۱۳۹۷) جایگزینی تا ۲۰ درصد از آرد ماهی خوراک تاس ماهیان سبیری (*Acipenser baerii*) با پودر کنجاله کانولا اثری بر شاخص های رشد و تغذیه ای مانند رشد نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل خوراک و کارایی پروتئین نشان نداد. همچنین مطالعه Burel و همکاران (۲۰۰۰) و شفایی پور و همکاران (۱۳۸۸) در تعیین سطح جایگزینی آرد ماهی خوراک بچه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با کنجاله کانولا، نشان داد که این جایگزینی تا ۳۰ درصد اثر

(خوراک حاوی ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده) اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت ($p > 0.05$). همچنین آنزیم لیپاز (شکل ۲) در تیمارهای ۲ و ۳ بیشترین سطح فعالیت را داشت ($p < 0.05$). فعالیت این آنزیم در تیمارهای ۴ و ۵ اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت ($p > 0.05$).



شکل ۱: فعالیت آنزیم آلکالین پروتئاز روده ماهیان تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی داری در سطح $p < 0.05$ است.

Figure 1: Intestinal alkaline protease activity of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal. Different letters indicates statistically significant differences at $p < 0.05$



شکل ۲: فعالیت آنزیم لیپاز روده ماهیان تیلاپای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی داری در سطح $p < 0.05$ است.

Figure 2: Intestinal lipase activity of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal. Different letters indicates statistically significant differences at $p < 0.05$

قابل توجهی از فسفر فیتاتی را در دسترس موجود زنده قرار دهد که در بهبود کیفیت خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی موثر است (Singh et al., 2013).

نتایج تجزیه تقریبی لاشه ماهیان تیلاپیی نیل در مطالعه حاضر نشان دهنده افزایش پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت در تیمارهای حاوی کانولای تخمیر شده بود. نتایج مختلفی از اثر تغذیه ماهیان با خوراک حاوی منابع گیاهی بر تجزیه تقریبی آنها گزارش شده است. در مطالعه صفایی و همکاران (۱۳۹۸) جایگزینی آرد ماهی با کنجاله سویا منجر به افزایش پروتئین لاشه ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) شد. نتایج برخی مطالعات حاکی از عدم تغییر شاخص‌های تجزیه لاشه تاس‌ماهی (*Huso huso*) سیبری (*Acipenser baerii*) و فیل ماهی (*Huso*) منابع گیاهی بودند (Mazurkiewicz et al., 2009; Taghizadeh et al., 2011). در مطالعه Przybyl و همکاران (۲۰۰۶) جایگزینی آرد ماهی خوراک تاس‌ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) با کنجاله کانولا و سویا و مطالعه Zhou و همکاران (۲۰۱۸) جایگزینی آرد ماهی خوراک ماهی سیم (*Megalobrama amblycephala*) با کنجاله کانولا منجر به کاهش شاخص‌های تقریبی لاشه ماهیان شد. محققان تفاوت در ترکیب تقریبی لاشه ماهیان را در ارتباط با ترکیبات شیمیایی خوراک دریافتی می‌دانند. تخمیر کنجاله کانولا باعث کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و افزایش احتمالی قابلیت هضم و جذب مواد مغذی از جمله پروتئین و مواد معدنی نظیر فسفر شده و منجر به افزایش محتوای پروتئین و مواد معدنی لاشه می‌شوند (Kim et al., 2010; Yamamoto et al., 2010).

در مطالعه حاضر، فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهیان نشان دهنده افزایش فعالیت آلکالین پروتئاز، لیپاز و آلفا آمیلاز در ماهیانی بود که از خوراک حاوی ۲۵ درصد کانولای تخمیر شده تغذیه گردیدند. فعالیت این آنزیم‌ها در تیمار ۵ که خوراک حاوی ۵۰ درصد کانولای تخمیر شده بود، مشابه گروه شاهد بود. نتایج مختلفی از اثر منابع گیاهی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی ارائه شده است. در

منفی بر شاخص‌های رشد نداشت. البته در این مطالعات سطوح بالاتر جایگزینی باعث اختلال در عملکرد رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان مورد مطالعه شد. در مطالعه Przybyl و همکاران (۲۰۰۶) نیز جایگزینی آرد ماهی خوراک تاس‌ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) با کنجاله کانولا و سویا بالاتر از سطح ۵۰ درصد منجر به کاهش رشد شد. پیش‌تر نیز عنوان شد که استفاده از کنجاله کانولا در خوراک ماهیان به واسطه داشتن ترکیبات ضد تغذیه‌ای از جمله تانن، فیبر و فیتات دارای محدودیت است (Francis et al., 2001). این در حالی است که نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از کانولای تخمیر شده در سطح ۵۰ درصد نه تنها اثر منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان تیلاپیی نیل (*Oreochromis niloticus*) نداشت بلکه سبب بهبود برخی شاخص‌ها نیز گردید. بررسی مقایسه‌ای جایگزینی کامل آرد ماهی خوراک قزل‌آلای رنگین‌کمان با کنجاله کانولای تخمیر شده با *Bacillus* spp نشان داد که شاخص‌های رشد و تغذیه در ماهیان تغذیه شده با کانولای تخمیر شده اختلاف معنی‌داری با ماهیان تغذیه شده با آرد ماهی نداشتند (Yamamoto et al., 2010). نتایج پژوهش Plaipetch و Yakupitiyage (۲۰۱۲) نیز نشان داد که جایگزینی کنجاله سویا خوراک ماهی تیلاپیی نیل با کنجاله کانولا تخمیر شده با مخمر نانویی منجر به کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای کانولا گردید و بر شاخص‌های رشد ماهیان اثر منفی نداشت. باکتری‌های جنس باسیلوس، گرم مثبت بوده و از طیف وسیع بسترهای آلی و معدنی به عنوان منابع مغذی استفاده می‌کنند و به محدودیت‌های محیطی مقاوم هستند. تخمیر کنجاله کانولا با استفاده از گونه‌های باکتری باسیلوس با توجه به مقاومت نسبت به محدوده گسترده pH و دما جهت کاهش مواد ضدتغذیه‌ای و ترکیبات فیبری توصیه شده است (Alcaraz et al., 2010). استفاده از تخمیر میکروبی در خوراک حاوی منابع گیاهی باعث به حداکثر رسیدن قابلیت هضم و افزایش رشد و جذب پروتئین، فسفر، کلسیم و منیزیم در ماهیان تیلاپیی نیل می‌شود (Portz and Liebert, 2004). همچنین می‌تواند بخش

آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور، شماره ۴۹۷۲۱، ۳۷ صفحه.

ساریخانی، م. و ملبوبی، م.، ۱۳۸۹. فیتازها: از دیدگاه آنزیم‌شناسی، ویژگی‌های مولکولی، بیوشیمیایی و کاربردها. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی، ۲(۲): ۱۳-۴۰.

شفایی پور، آ.، یآوری، و.، غفله مرمضی، ج.، فلاحتکار، ب. و گرجی پور، ع.، ۱۳۸۸. بررسی اثرات سطوح متفاوت کنجاله کلزا (کانولا) بر رشد، ترکیب لاشه و پارامترهای بیوشیمیایی در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، ۱۸(۱): ۸۱-۱۰۰.

صفایی، ح.، خارا، ح.، فلاحتکار، ب. و وهاب زاده، ح.، ۱۳۹۸. تاثیر جایگزینی سطوح مختلف پودر کنجاله سویا به جای آرد ماهی در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، کیفیت لاشه و برخی فاکتورهای خونی بچه‌ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، ۱۱(۱): ۱۸۸-۱۸۱.

محسنی، م. و ملک‌پور، م.، ۱۳۹۷. جایگزینی آرد ماهی با کنجاله کانولا و تاثیر آن بر عملکرد رشد، قابلیت هضم، برخی پارامترهای خونی و سطح هورمون‌های تیروئیدی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۷(۵): ۱۴۹-۱۳۵. DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118084

محسنی، م.، قربانزاده، ف. و سید علیپور، ب.، ۱۳۹۶. تولید فیتاز از عصاره سیوس برنج به کمک سویه‌های باسیلوس جدا شده از رسوبات بستر دریای مازندران. مجله پژوهش‌های سلولی و ملکولی، ۳(۴): ۴۸۷-۴۷۶.

Alcaraz, L.D., Moreno-Hagelsieb, G., Eguiarte, L.E., Souza, V., Herrera-Estrella, L. and Olmedo, G., 2010. Understanding the evolutionary relationships and major traits of *Bacillus* through comparative genomics. BMC genomics 11(1): 332. DOI: 10.1186/1471-2164-11-332

مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۲۱) جایگزینی آرد ماهی با کانولای فرآوری شده بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهیان تیلاپپای نیل اثری نداشت. در مطالعات Cheng و همکاران (۲۰۱۰) و Dossou و همکاران (۲۰۱۸) نیز تغذیه ماهیان سی باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) و تیلاپپای نیل با خوراک حاوی کنجاله کانولای تخمیر شده بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی اثری نداشت. بررسی اثر کنجاله آفتابگردان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهیان تیلاپپای نیل نشان‌دهنده کاهش فعالیت این آنزیم‌ها بود (Hassaan et al., 2019). سطح فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهیان نشان‌دهنده وضعیت تغذیه‌ای آنهاست و مشخص شده است که فعالیت آنها در ارتباط با نوع و ترکیبات خوراک مصرفی دچار تغییرات می‌شود (Suzer et al., 2006).

به طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین بیان نمود که جنس باسیلوس با تخمیر کانولا با توجه به کاهش مواد ضد تغذیه‌ای و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی آن می‌تواند گزینه مناسبی برای استفاده در خوراک آبزیانی چون ماهی تیلاپپا و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده خوراک و همچنین رقابتی‌تر نمودن تولید این آبی باشد. در این پژوهش استفاده از ۵۰ درصد کانولای تخمیر شده در خوراک ماهیان تیلاپپای نیل با توجه به این‌که بر شاخص‌های رشد و تغذیه اثری نداشت، امکان‌پذیر است.

منابع

اسعدی، ر.، ایمان پور، م.، اصغری، م. و عنایت غلام پور، ط.، ۱۳۹۱. اثرات جایگزینی تدریجی پودر ماهی با پودر سویا و مکمل آنزیم فیتاز بر قابلیت هضم و ترکیبات عناصر لاشه فیل ماهی جوان (*Huso huso*). مجله دامپزشکی ایران، ۸(۱): ۱۴-۵.

رجبی پور، ف.، حسن نیا، م.، مشائی، ن.، محمدی، م.، سرسنگی، ح.، جعفری، م.، نجار، م.، بهمنش، ش.، اخیکان، و. و شفیع مبارکه، ج.، ۱۳۹۵. پرورش تیلاپپا در قفس در برخی منابع آبی (استخرهای پرورش و ذخیره آب کشاورزی) حوزه بافق. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات،

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005.** Official methods of analysis of association of official agriculture chemists. 18th ed, Washington, Gaithersburg. 25 P.
- Bernfeld, P., 1955.** Amylase α and β . In: Methods in Enzymology. Volume 1, Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. (eds) Academic Press, New York, USA. pp 149–158. DOI: 10.1016/0076-6879(55)01021-5
- Burel, C., Boujard, T., Escaffre, A.M., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van der Geyten, S. and KuÈhn, E.R., 2000.** Dietary low-glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 83 (6): 653–664. DOI: 10.1017/S0007114500000830
- Cheng, Z., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Ma, H., Li, Y. and Zhang, J., 2010.** Effects of dietary canola meal on growth performance, digestion and metabolism of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 305(1–4): 102–108. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.03.031
- De Boland, A.R., Garner, G.B. and O'Dell, B.L., 1975.** Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(6): 1186–1189. DOI: 10.1021/jf60202a038
- Dossou, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Dawood, M.A.O., El Basuini, M.F., El-Hais, A.M. and Olivier, A., 2018.** Effect of partial replacement of fish meal by fermented rapeseed meal on growth, immune response and oxidative condition of red sea bream juvenile, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 490(1): 228–235. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.02.010
- Enami, H., 2011.** A review of using canola/rapeseed meal in aquaculture feeding. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6(1): 22–36. DOI: 10.3923/jfas.2011.22.36
- Farhangi, M. and Carter, C.G., 2007.** Effect of enzyme supplementation to dehulled lupin-based diets on growth, feed efficiency, nutrient digestibility and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 38(12): 1274–1282. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01789.x
- Figueiredo-Silva, A., Corraze, G., Borges, P. and Valente, L., 2010.** Dietary protein/lipid level and protein source effects on growth, tissue composition and lipid metabolism of blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture Nutrition*, 16(2): 173–187. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2009.00649.x
- Francis, G., Makkar, H.P. and Becker, K., 2001.** Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3–4): 197–227. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00526-9
- Garcia-Carreno, F.L. and Haard, N.F., 1993.** Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 17(2): 97–

113. DOI: 10.1111/j.1745-4514.1993.tb00864.x
- Gatlin III, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W. and Nelson, R., 2007.** Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38(6): 551-579. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x
- Hardy, R.W., 2010.** Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5): 770-776. DOI: doi/abs/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x
- Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R. and Abdel Rahman, A.A.S., 2019.** Exogenous xylanase improves growth, protein digestibility and digestive enzymes activities in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed different ratios of fish meal to sunflower meal. *Aquaculture Nutrition*, 25(4): 841–853. DOI: 10.1111/anu.12903
- Iijima, N., Tanaka, S. and Ota, Y., 1998.** Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 18(1): 59–69. DOI: 10.1023/A:1007725513389
- Kim, S.S., Pham, M.A., Kim, K.W., Son, M.H. and Lee, K.J., 2010.** Effects of Microbial Fermentation of Soybean on growth performances, phosphorus availability, and antioxidant activity in diets for juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Food Science and Biotechnology*, 19: 1605–1610. DOI: 10.1007/s10068-010-0227-3
- Lemieux, H., Blier, P. and Dutil, J.D., 1999.** Do digestive enzymes set a physiological limit on growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 20(4): 293-303. DOI:10.1023/A:1007791019523
- Li, M.H. and Robinson, E.H., 1997.** Microbial Phytase Can Replace Inorganic Phosphorus Supplements in Channel Catfish *Ictalurus punctatus* Diets 1. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4): 402-406. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1997.tb00287.x
- Lim, C., Webster, C.D. and Lee, C.S., 2008.** Alternative protein sources in aquaculture diets: Haworth Press New York, USA. 594 P.
- Liu, B.L., Rafiq, A., Tzeng, Y.M. and Rob, A., 1998.** The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme and Microbial Technology*, 22(5): 415-424. DOI: 10.1631/jzus.B0720006
- Mazurkiewicz, J., Przybyl, A. and Golski, J., 2009.** Usability of some plant protein ingredients in the diets of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Archives of Polish Fisheries*, 17: 45-52. DOI: 10.2478/v10086-009-0002-3
- Mohammadi, M., Imani, A., Farhangi, M., Gharaei, A. and Hafezieh, M., 2020.** Replacement of fishmeal with processed canola meal in diets for juvenile Nile tilapia

- (*Oreochromis niloticus*): Growth performance, mucosal innate immunity, hepatic oxidative status, liver and intestine histology. *Aquaculture*, 518: 734824. DOI: 10.1016/j.aquaculture. 2019.734824
- Mohammadi, M., Imani, A., Farhangi, M., Gharaei, A. and Hafezieh, M., 2021.** Efficacy of various processed canola meals to replace fish meal in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* diet: Growth performance, digestive enzymes, immune parameters, and liver antioxidative status. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(4) 966-986. DOI: 10.22092/ijfs.2022.127517
- Mukhametzhanova, A., Akhmetova, A. and Sharipova, M., 2012.** Microorganisms as phytase producers. *Microbiology*, 81(3): 267-275. DOI: 10.1134/S0026261712030095
- Mwachireya, S., Beames, R., Higgs, D. and Dosanjh, 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(2): 73-82. 10.1046/J.1365-2095.1999.00089.X
- NRC (National Research Council), 2011.** Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press, New York, USA. 392 P.
- Plaipetch, P. and Yakupitiyage, A., 2012.** Use of yeast-fermented canola meal to replace fishmeal in the diet of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). *Journal of Aquaculture Research and Development*, 3(2): 1000125. DOI: 10.4172/2155- 9546.1000125
- Portz, L. and Liebert, F., 2004.** Growth, nutrient utilization and parameters of mineral metabolism in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed plant-based diets with graded levels of microbial phytase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88(9-10): 311-320. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2004.00486.x
- Przybyl, A., Mazurkiewicz, J. and Rozek, W., 2006.** Partial substitution of fish meal with soybean protein concentrates and extracted rapeseed meal in the diet of sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 298-302. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00973.x
- Rodehutscord, M. and Pfeffer, E., 1995.** Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Water Science and Technology*, 31(10): 143-147. DOI: 10.1016/0273-1223(95)00433-N
- Roussos, S., Lonsane, B., Raimbault, M. and Viniegra-Gonzalez, G., 1997.** Advances in solid state fermentation: Springer Science and Business Media, USA. 674 P.
- Rungruangsak-Torrissen, K., Moss, R., Andresen, L., Berg, A. and Waagbo, R., 2006.** Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish*

- Physiology and Biochemistry*, 32(1): 7-23.
DOI: 10.1007/s10695-005-0630-5
- Singh, N.K., Joshi, D.K. and Gupta, R.K., 2013.** Isolation of phytase producing bacteria and optimization of phytase production parameters. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 6(5): 6419-6424.
DOI: 10.5812/jjm.6419
- Suzer, C., Saka, Ş. and Firat, K., 2006.** Effects of illumination on early life development and digestive enzyme activities in common pandora *Pagellus erythrinus* L. larvae. *Aquaculture*, 260(1): 86–93. DOI: 10.1139/cjz-2015-0180
- Taghizadeh, V., Imanpour, M.R., Asadi, R., Chaman Ara, V. and Sharbati, S., 2011.** Effect of vegetable protein Substitution of fish meal on growth parameters, carcass quality and blood biochemical parameters in young Beluga Sturgeon (*Huso huso*). *Iranian Journal of Fisheries*, 4: 33-42.
- Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K., 2009.** Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1(1): 10-57. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583–3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Yamamoto, T., Iwashita, Y., Matsunari, H., Sugita, T., Furuita, H., Akimoto, A. and Suzuki, N., 2010.** Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 309(1-4): 173-180. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.021
- Zhou, Q.L., Habte-Tsion, H.M., Ge, X., Xie, J., Ren, M., Liu, B. and Pan, L., 2018.** Graded replacing fishmeal with canola meal in diets affects growth and target of rapamycin pathway gene expression of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture Nutrition*, 24(1): 300-309. DOI: 10.1111/anu.12560

Dietary effect of different levels of fermented canola on growth, feed utilization, body composition, and digestive enzymes activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings

Bagherzadeh N.¹; Imani A.^{1*}; Sarvi Moghanlou K.¹; Mohammadi M.²

*a.imani@urmia.ac.ir

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

2- National Research Center of Saltwater Aquatic Animals, Iranian Fisheries Sciences Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

The present study was carried out to investigate the effect of different dietary levels of fermented canola meal by the *Bacillus* isolated from Caspian Sea sediments on growth and nutritional indices, proximate body composition, and digestive enzymes activity of Nile tilapia fingerlings. A total of 225 fry fish with an average weight of 1.90 ± 0.05 g were fed with five different experimental diets including treatment 1: a diet without fermented canola, treatment 2: a diet containing 12.5% fermented canola, treatment 3: a diet containing 25% fermented canola, treatment 4: a diet containing 37.5% fermented canola, and treatment 5: a diet containing 50% fermented canola for 8 weeks. Results revealed that the growth and nutrition indices did not significantly differ among various experimental groups ($p > 0.05$). Proximate analyses of the body composition showed that the protein contents of treatments 2, 3, and 4, the lipid and moisture contents of treatments 3, 4, and 5, and also the ash contents of treatments 4 and 5 were increased compared to the control group ($p < 0.05$). Also, the results of digestive enzymes activity showed that the alkaline protease activity of treatments 3 and 4, lipase activity of treatments 2 and 3 and also the alpha amylase activity of treatment 3 were increased in comparison with the control group ($p < 0.05$). In general, it was concluded that incorporating 50% of fermented canola did not affect growth performance and nutritional indices in Nile tilapia fingerlings.

Keywords: Fermented canola, Growth, Nutritional indices, Digestive enzymes, Nile tilapia, *Bacillus*

*Corresponding author