مجله علمی شیلات ایران ۳۲(۲) ۶۹-۸۲ (DOI): 10.22092/ISFJ.2023.129252

CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

اثر سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده خوراک بر رشد، کارایی خوراک، ترکیب لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی بچه ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای 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 دریافت: دی ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

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 تیلاپیای نیل انجام گرفت. ۲۲۵ عدد بچه‌ماهی با میانگین وزنی ۰/۰۵±۱/۹۰ 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 تیلاپیای نیل بدون اثر منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه امکان‌پذیر است.

لغات کلیدی: کانولای تخمیر شده، رشد، شاخص‌های تغذیه، آنزیم‌های گوارشی، تیلاپیای نیل، باسیلوس

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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 ۵۷-۱۰درصدی 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٪ ازکل 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 [1]) است. قسمت غیرنشاسته‌ای شامل

[1] Non-Starch Polysaccharide

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

پلی‌ساکاریدهای نامحلول در شوینده اسیدی (ADF[1])، پلی‌ساکاریدهای نامحلول در شوینده خنثی (NDF[2]) و پلی‌ساکاریدهای محلول و نامحلول در آب است (Liu *et al*., 1998; Lim *et al*., 2008; Singh *et al*., 2013). با این‌حال، به‌نظر می‌رسد گونه‌های تیلاپیا تحمل بیشتری نسبت به کپورماهیان در مقابل عوامل ضد تغذیه‌ای ازخود نشان می‌دهند (Francis *et al*., 2001). یکی دیگر از مهم‌ترین ترکیبات ضدتغذیه‌ای منابع گیاهی، اسید فایتیک است. اسید فایتیک یک آستر ۶ فسفاته هگزاهیدریک الکل فوانیوزیتول است که به صورت هگزاکیس فسفات (IP6[3]) یا به شکل نمک فیتات شناخته می‌شود و به‌عنوان ذخیره فسفر (۸۰-۵۰٪ فسفر دانه‌های گیاهی) بافت‌های گیاهی به‌شمار می‌رود (Lim *et al*., 2008). اسید فایتیک یک ماده ضد تغذیه‌ای بوده که برای حیوانات تک‌معده از جمله ماهی‌ها قابل دسترس نیست (محسنی و همکاران، ۱۳۹۶) و با اتصال به پروتئین و مواد معدنی از دسترسی زیستی و نیز قابلیت هضم آنها می‌کاهد (Liu *et al*., 1998; Singh *et al*., 2013). حیوانات تک معده‌ای از جمله آبزیانی چون تیلاپیا و نیز گونه‌های 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، می‌تواند بخش قابل‌توجهی 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 گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان شد (Rodehutscord and Pfeffer, 1995; Li and Robinson, 1997). در مطالعه اسعدی و همکاران (۱۳۹۱) نیز افزودن مکمل آنزیم فیتاز به‌همراه کنجاله سویا سبب بهبود قابلیت هضم پروتئین و افزایش میزان فسفر و کلسیم لاشه فیل‌ماهی جوان (*Huso huso*) شد.

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 ۵۵-۳۸ درجه سانتی‌گراد است. این در حالی است که فیتازهای میکروبی به‌خصوص باکتریایی در محدوده pH و دمای پایین فعال هستند. این خصوصیات آنها را جهت استفاده در صنعت آبزی‌پروری مناسب می‌سازد (ساریخانی و ملبوبی، ۱۳۸۹). یکی از منابع تولید کننده فیتاز، باکتری‌ها (فیتازهای میکروبی) از جمله جنس *باسیلوس* است (Mukhametzyanova *et al*., 2012). فرآیند تخمیر بر اساس کشت میکروارگانیسم‌ها، فعالیت آبی، نیاز اکسیژنی، ویژگی محصول تولیدی و تعداد تلقیح به گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شود. تخمیر در محیط جامد یک فرایند میکروبی است که عمدتاً در سطح مواد جامدی که مقداری آب و مواد مغذی داشته باشند، روی می‌دهد و امکان استفاده از مواد زاید جامد طبیعی مانند سبوس گندم و برنج برای تولید متابولیت‌ها در مقیاس صنعتی را فراهم می‌سازد (Roussos *et al*., 1997).

تیلاپیا دومین گونه پرورشی در دنیا و مهم‌ترین گونه آبزی‌پروری تجاری در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری از جمله بیش از ۱۴۰ کشور جهان محسوب می‌شود. چین بزرگترین کشور تولید کننده تیلاپیا با سهمی بالغ بر ۵۰٪ کل تولیدات جهانی به‌شمار می‌رود. این گونه‌ها با داشتن عادت غذایی گیاه‌خواری و همه‌چیزخواری، از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه هستند. همچنین گونه‌های تیلاپیا بعد از جذب کیسه زرده، از توانایی پذیرش غذای دستی برخوردارند که سبب تسهیل پرورش آنها می‌گردد (رجبی‌پور 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. آنزیم‌های حاصل از منابع دریایی (باسیلوس جدا شده از رسوبات دریای خزر)، ممکن است از نظر ویژگی‌هایی مانند توانایی سازگاری با دماهای پایین و در نتیجه، سهولت استفاده در دماهای محیطی با آنزیم‌های موجودات خشکی‌زی متفاوت باشند. این مطالعه

[1] Acid Detergent Fiber
[2] Netural Detergent Fiber
[3] Inositol hexaphosphate

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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

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 تیلاپیای 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 تیلاپیای نیل تک جنس نر با میانگین وزنی ۱/۹±۰/۰۵ 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 زیست سنجی 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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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
۱۰۰× (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
۱۰۰× (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 = کارآیی پروتئین
چربی خام مصرفی به گرم/ افزایش وزن به گرم = کارآیی چربی
۱۰۰× (پروتئین مصرفی به گرم/ افزایش پروتئین به گرم) = نرخ تولید پروتئین
۱۰۰× (چربی مصرفی به گرم/ افزایش چربی به گرم) = نرخ تولید چربی

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، ۵ میلی مولار از sodium cholate و بافر Tris – HCl ۰/۲۵ مولار در pH=۹ بود (Sigma, USA). میزان جذب لایه آبی زیرین در ۴۰۵ نانومتر 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 به‌ترتیب 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 به‌صورت انحراف معیار ± 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>۰/۰۵). با این‌حال، 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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

درصد پودر کانولای تخمیر شده) به‌دست آمد ($p>0/05$).
همچنین بالاترین نرخ تولید و کارآیی 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

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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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 ($p<۰/۰۵$). چربی لاشه در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ (خوراک حاوی ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده) در مقایسه با تیمار ۱ افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). همچنین نتایج نشان داد که این شاخص در تیمار ۵ با تیمارهای ۳ و ۴ و تیمار ۴ با تیمار ۳ نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$). درصد خاکستر لاشه تیمارهای ۴ و ۵ با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). رطوبت لاشه نیز در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ دارای اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$).

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

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

شاخص	تیمارهای آزمایشی				
	۱	۲	۳	۴	۵
وزن اولیه (گرم)	۱/۸۹±۰/۰۵	۱/۹۷±۰/۰۹	۱/۹۷±۰/۱۵	۲/۱۳±۰/۰۸	۱/۸۸±۰/۰۹
وزن نهایی (گرم)	۱۳/۵۹±۰/۵۹	۱۵/۲۳±۰/۳۹	۱۳/۴۶±۰/۲۸	۱۴/۱۳±۱/۶۴	۱۵/۴۱±۰/۷۱
نرخ رشد ویژه (٪)	۳/۸۶±۰/۰۸	۴/۰۱±۰/۱۴	۳/۷۸±۰/۱۹	۳/۶۹±۰/۲۶	۴/۱۳±۰/۱۲
میزان افزایش وزن	۱۱/۶۹±۰/۵۸	۱۳/۲۵±۰/۴۷	۱۱/۴۸±۰/۴۱	۱۲±۱/۶۶	۱۳/۵۴±۰/۶۹
درصد افزایش وزن (٪)	۶۱۷/۹±۳۰/۱	۶۷۷/۲±۵۳/۶	۵۹۲/۹±۷۰/۸	۵۶۷/۸±۹	۷۲۴/۶±۵۳/۷
ضریب تبدیل خوراک	۱/۳۸±۰/۰۷	۱/۲۳±۰/۰۶	۱/۳۲±۰/۰۸	۱/۲۴±۰/۱۸	۱/۲۱±۰/۰۵
کارآیی پروتئین	۰/۱۳۱±۰/۰۰۵	۰/۱۴۶±۰/۰۰۴	۰/۱۳۴±۰/۰۰۸	۰/۱۴۷±۰/۰۱۹	۰/۱۴۶±۰/۰۰۶
کارآیی چربی	۰/۵۵±۰/۰۲	۰/۶۲±۰/۰۲	۰/۵۷±۰/۰۳	۰/۶۲±۰/۰۸	۰/۶۲±۰/۰۳
نرخ تولید پروتئین	۰/۰۲۱±۰/۰۰۱	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱	۰/۰۲۳±۰/۰۰۱	۰/۰۲۶±۰/۰۰۵	۰/۰۲۴±۰/۰۰۱
نرخ تولید چربی	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	۰/۰۱۷±۰/۰۰۱	۰/۰۲۲±۰/۰۰۳	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱

حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $p<۰/۰۵$ است.

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

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

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

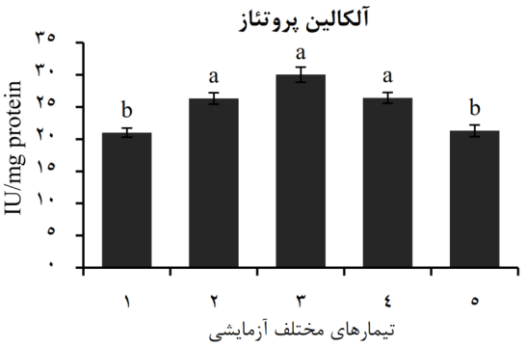
حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح p<۰/۰۵ است.

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<۰/۰۵). فعالیت این آنزیم در تیمار ۵

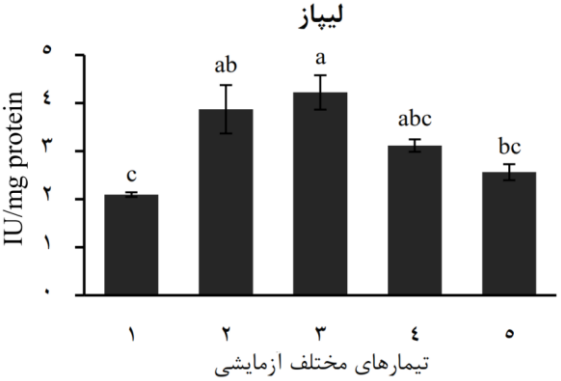
[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

(خوراک حاوی ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده) اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (p>۰/۰۵).
همچنین آنزیم لیپاز (شکل ۲) در تیمارهای ۲ و ۳ بیشترین سطح فعالیت را داشت (p<۰/۰۵). فعالیت این آنزیم در تیمارهای ۴ و ۵ اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (p>۰/۰۵).



شکل ۱: فعالیت آنزیم آلکالین پروتئاز روده ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح p<۰/۰۵ است.

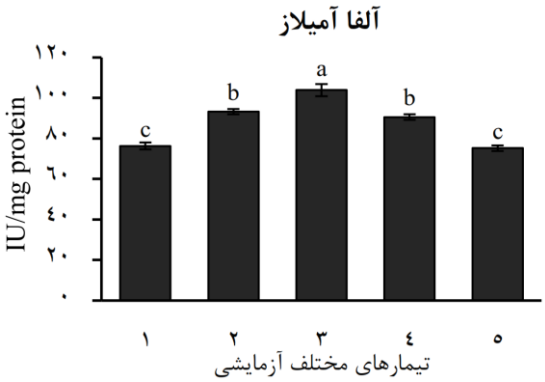
Figure 1: Intestinal alkaline protease activity of Nile tilapia fed different dietary contents of fermented canola meal. Different letters indicates statistically significant differents at p<0.05



شکل ۲: فعالیت آنزیم لیپاز روده ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح p<۰/۰۵ است.

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

بیشترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (شکل ۳) نیز در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ مشاهده شد (p<۰/۰۵). فعالیت این آنزیم در تیمار ۵ در مقایسع با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵).



شکل ۳: فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز روده ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله کانولای تخمیر شده، حروف غیر یکسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح p<۰/۰۵ است.

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

بحث

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که استفاده از ۵۰ درصد پودر کانولای تخمیر شده در خوراک بچه‌ماهیان انگشت قد تیلاپیای نیل بدون هیچ‌گونه اثر منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه امکان‌پذیر است. این نتایج با برخی یافته‌های پیشین در مورد جایگزینی منابع گیاهی با آرد ماهی خوراک ماهیان مطابقت دارد. در مطالعه محسنی و ملک‌پور (۱۳۹۷) جایگزینی تا ۲۰ درصد از آرد ماهی خوراک تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) با پودر کنجاله کانولا اثری بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای مانند رشد نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل خوراک و کارآیی پروتئین نشان نداد. همچنین مطالعه Burel و همکاران (۲۰۰۰) و شفایی‌پور و همکاران (۱۳۸۸) در تعیین سطح جایگزینی آرد ماهی خوراک بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با کنجاله کانولا، نشان داد که این جایگزینی تا ۳۰ درصد اثر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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 به‌واسطه 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 نه‌تنها اثر منفی بر شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان تیلاپیای 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 تیلاپیای نیل با کنجاله کانولا تخمیر شده با مخمر نانوایی 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 تیلاپیای نیل می‌شود (Portz and Liebert, 2004). همچنین می‌تواند بخش قابل‌توجهی 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 تیلاپیای نیل در مطالعه حاضر نشان‌دهنده 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 سیبری (*Acipenser baerii*) و فیل ماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با خوراک حاوی جایگزینی آرد ماهی با 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 نشان‌دهنده 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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

مطالعه Mohammadi و همکاران (۲۰۲۱) جایگزینی آرد ماهی با کانولای فرآوری شده بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهیان تیلاپیای نیل اثری نداشت. در مطالعات Cheng و همکاران (۲۰۱۰) و Dossou و همکاران (۲۰۱۸) نیز تغذیه ماهیان سی بأس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) و تیلاپیای نیل با خوراک حاوی کنجاله کانولای تخمیر شده بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی اثری نداشت. بررسی اثر کنجاله آفتابگردان بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهیان تیلاپیای 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 تیلاپیا و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده خوراک و همچنین رقابتی‌تر نمودن تولید این آبزی باشد. در این پژوهش استفاده از ۵۰ درصد کانولای تخمیر شده در خوراک ماهیان تیلاپیای 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.، اخیگان، و. و شفیعی مبارکه، ج.، ۱۳۹۵. پرورش تیلاپیا در قفس در برخی منابع آبی (استخرهای پرورش و ذخیره آب کشاورزی) حوزه بافق. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، 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 آنزیم شناسی، ویژگی‌های مولکولی، بیوشیمیایی و کاربردها. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی، ۲(۲): ۴۰-۱۳.

شفایی پور، آ.، یاوری، 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): ۱۰۰-۸۱.

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 سبوس 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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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–

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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., Przybyi, 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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

(*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

Mukhametzyanova, 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*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

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

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]