View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Aquatic Commons

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور – مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور

عنوان :

بهینه سازی جیره غذایی تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) با جایگزینی اقلام غذایی ارزان و بومی

مجری :
محمد محمدی

شماره ثبت
٤٤٤٧٣

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور

عنوان پروژه : بهینه سازی جیره غذایی تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) با جایگزینی اقلام غذایی ارزان و بومی
شماره مصوب پروژه : ۸۹۰۸۷-۱۲-۱۲-۲
نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : محمد محمدی
نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) :-
نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : محمد محمدی
نام و نام خانوادگی همکار(ان) : محمود حافظیه، حبیب سرسنگی علی‌آباد، نسرین مشایی، احمد بیطرف، داود طالبی حقیقی، فرهاد رجبی‌پور، مرتضی علیزاده
نام و نام خانوادگی مشاور(ان) :-
نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : حمید رمضانی
محل اجرا : استان یزد
تاریخ شروع : ۸۹/۱۰/۱
مدت اجرا : ۲ سال و ٦ ماه
ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
تاریخ انتشار : سال ۱۳۹٤
حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

پروژه : بهینه سازی جیره غذایی تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) با جایگزینی اقلام غذایی ارزان و بومی

کد مصوب :۸۹۰۸۷-۱۲-۱۲-۲

شماره ثبت (فروست) : ٤٤٤٧٣ تاریخ : ۹۲/۱۲/۳

با مسئولیت اجرایی جناب آقای محمد محمدی دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع‌طبیعی - شیلات می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اصلاح نژاد و تکثیر و پرورش آبزیان در تاریخ۹۲/۱۱/۷ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در

ستاد □ پژوهشکده □ مرکز■ ایستگاه□

با سمت مسئول آزمایشگاه تغذیه در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور مشغول بوده است.

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه

چکیده ۱
۱- مقدمه ۲
۲- آزمایش اول: کلزا ۴
۲-۱- مقدمه ۴
۲-۲- مروری بر مطالعات انجام شده ۸
۲-۳- مواد و روش‌ها ۹
۲-۴- نتایج ۱۳
۲-۵- بحث ۱۶
۳- آزمایش دوم: پنبه‌دانه ۱۹
۳-۱- مقدمه ۱۹
۳-۲- مروری بر مطالعات انجام شده ۲۲
۳-۳- مواد و روش‌ها ۲۴
۳-۴- نتایج ۲۷
۳-۵- بحث ۳۰
۴- آزمایش سوم: آزولا ۳۳
۴-۱- مقدمه ۳۳
۴-۲- مروری بر مطالعات انجام شده ۳۵
۴-۳- مواد و روش‌ها ۳۷
۴-۴- نتایج ۴۰
۴-۵- بحث ۴۳
۵- نتیجه‌گیری ۴۵
پیشنهادها ۴۶
منابع ۴۸
چکیده انگلیسی ۵۱

چکیده

تولید پودر ماهی جهان به دلیل محدود بودن ذخایر ماهیان به سطح ثابت و پایدار رسیده، ضمن اینکه با توجه به بالا رفتن روز افزون میزان تقاضای این محصول، قیمت آن نیز رو به افزایش است. لذا توجه به سایر منابع تامین کننده پروتیین در جیره‌های غذایی حیوانات از ضروریات می‌باشد. چندین منبع پروتیین گیاهی به ویژه پروتیین حاصل از دانه‌های روغنی به دلیل قیمت پایین و تولید نسبتا بالا در سطح جهان و ایران، پتانسیل بسیار ارزشمندی برای جایگزینی پودر ماهی می‌باشند. بر اساس اطلاعات موجود و اقلام غذایی در دسترس از دانه‌های روغنی، کنجاله پنبه‌دانه و کانولا و سرخس شناور آزولا که ماهی تیلاپیا می‌تواند از آن تغذیه کرده و به کنترل آن در شمال کشور کمک نماید به عنوان منابع پروتیین گیاهی انتخاب شدند.

شاخص‌های رشد (WG و SGR)، کارایی غذا (FCR) و پروتیین (PER و PCE) ماهیان تیلاپیای نیل انگشت‌قد (*Oreochromis niloticus*) بطور همزمان در سه آزمایش طی ۱۲ تیمار و ۳۶ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمار شاهد و سطوح جایگزینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد کانولا و ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد پنبه‌دانه بجای منابع پروتیینی گران قیمت (پودر ماهی و سویا) و سطوح ۱۳، ۲۱ و ۲۹ درصد آزولا بررسی شدند. میزان شاخص‌های رشد، برداشت غذا و مصرف پروتیین در جیره شاهد بطور معنی‌داری بیشتر از تمامی جیره‌های محتوی منابع پروتیین گیاهی بود ($p<0.05$). با افزایش میزان منابع پروتیین گیاهی به جیره‌ها، شاخص‌های فوق الذکر در گروه خود کاهش معنی‌داری نشان دادند. در ضریب تبدیل غذایی و شاخص‌های کارایی پروتیین بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی کانولا (۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی)، پنبه‌دانه (۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد جایگزینی) و آزولا (۱۳ و ۲۱ درصد) اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>0.05$). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد در تمامی اقلام غذایی مورد بررسی نکته مشترک عدم خوش خوراکی خوراک برای ماهیان تیلاپیا بود که به تبع آن کاهش برداشت غذا، پروتیین مصرفی و در نهایت رشد ایجاد شد. در صورت رفع مشکل خوش خوراکی خوراک می‌توان انتظار داشت کنجاله کانولا و پنبه‌دانه به ترتیب تا سطوح ۵۰ و ۳۵ درصد جایگزینی و آزولا تا سطح ۲۱٪ جیره قابلیت استفاده داشته باشند.

کلمات کلیدی: جیره، تیلاپیای سیاه، جایگزینی، اقلام غذایی بومی و ارزان

۱-مقدمه

رشد جهانی تولید غذای آبزیان در طول دو دهه گذشته بر الگوی استفاده از پودر و روغن ماهی اثر گذار بوده است اما بر میزان تولید سالیانه آن اثر کمتری داشته است. آبزی‌پروری پتانسیل استفاده از ۱۰۰-۷۰ درصد از تولیدات سالیانه پودر و روغن ماهی را دارا می‌باشد. از پودر ماهی به عنوان منبع تامین کننده پروتیین در جیره ماهیان بنا به دلیل زیر استفاده می‌شود (Lim, *et al*., 2008):

- میزان پروتیین پودر ماهی نسبتا بالاست (۷۲-۶۵٪).
- پروفایل اسیدهای‌آمینه پودر ماهی با میزان اسیدهای‌آمینه ضروری مورد نیاز ماهیان گوشتخوار مطابقت بیشتری دارد.
- میزان قابلیت جذب پروتیین و اسیدهای‌آمینه پودر ماهی برای اکثر ماهیان بالاست.
- جیره‌هایی بر اساس پودر ماهی برای بیشتر ماهیان پرورشی دلپذیر می‌باشد.

کیفیت پودر ماهی به عواملی همچون تازگی مواد خام، شرایط فرآوری و ذخیره‌سازی، نسبت مواد محلول در پودر ماهی و میزان آنتی‌اکسیدان‌ها بستگی دارد که شرایط را برای دستیابی به پودر ماهی با کیفیت سخت می-کند. از طرف دیگر تولید پودر ماهی جهانی به دلیل محدود بودن ذخایر ماهیان به سطح ثابت و پایدار رسیده است و حتی به دلیل استفاده مستقیم انسان از منابع اولیه مورد نیاز جهت تولید پودر ماهی، دسترسی به آن محدودیت بیشتری دارد، ضمن اینکه با توجه به بالا رفتن میزان تقاضای این محصول، قیمت آن نیز رو به افزایش است (Mwachireya, *et al*., 1999). لذا توجه به سایر منابع تامین کننده پروتیین در جیره‌های غذایی حیوانات از ضروریات است.

چندین منبع پروتیین گیاهی به ویژه پروتیین حاصل از دانه‌های روغنی به دلیل تولید نسبتا بالا در سطح جهانی و قیمت پایین پتانسیل بسیار ارزشمندی برای جایگزینی پودر ماهی می‌باشد (Mwachireya, *et al*., 1999). دانه‌های روغنی و محصولات جانبی آنها منبع عمده پروتیین در آبزی‌پروری خصوصا برای ماهیان گرمابی همه‌چیزخوار و یا علفخوار مانند گربه ماهی و تیلاپیا به شمار می‌روند (Agbo, *et al*., 2011). برخی از آنها به دلیل پروتیین، اسیدهای‌آمینه و قابلیت جذب مناسب، ارزش غذایی مشابه پودر ماهی دارند. ترکیب اسیدهای‌آمینه جیره اهمیت بسیار زیادی دارد زیرا بر فضولات نیتروژنی محلول بسیار اثرگذار است. زیاد بودن اسیدهای‌آمینه سبب کاتابولیسم و تولید آمونیاک و از دست دادن انرژی می‌شود و کمبود آن سبب پایین آمدن ضریب انباشت پروتیین و افزایش فضولات نیتروژنی محلول می‌گردد (Lim, *et al*., 2008). پروفایل اسیدهای‌آمینه منابع پروتیین گیاهی همانند آنچه در منابع پروتیین دریایی قابل مشاهده است با نیازهای غذایی ماهیان گوشتخوار مطابقت ندارد و زمانی که به میزان زیاد در جیره جایگزین شوند، میزان غذای مصرفی را احتمالا با کاهش خوش خوراکی و جذابیت غذا پایین می‌آورند. اگر چه ضریب جذب منابع پروتیین گیاهی برای ماهیان گوشتخوار

پرورشی مشابه پروتیین پودر ماهی می‌باشد ولی قابلیت جذب ماده خشک آنها احتمالا به دلیل حضور کربوهیدرات‌های غیر قابل جذب و فیبر در پروتیین‌های گیاهی پایین‌تر است (Lim, *et al*., 2008).

در ارزیابی اقلام غذایی برای خوراک آبزیان چندین عامل مهم باید مد نظر قرار گیرند تا بتوان به درستی قضاوت کرد که آیا آن ماده امکان وارد شدن به جیره غذایی را دارد یا خیر. این عوامل شامل قابلیت جذب، خوش خوراکی و کارایی غذایی آن می‌باشد (Enami, 2011).

هم اکنون میزان بسیار زیادی تیلاپیا در کشورهای در حال توسعه تولید می‌شود که به دلیل قیمت پایین آن قابلیت قرار گرفتن در سبد خانوار اقشار آسیب پذیر را دارد (El-Sayed and Tacon, 1997). کارخانجات تولید خوراک آبزیان خصوصا تیلاپیا به دلیل شرایط خاص و گرانی پودر ماهی باید به دنبال جایگزین برای آن جهت حفظ کیفیت خوراک و البته پایین آوردن قیمت آن باشند که در مورد ماهیان علفخوار اهمیت بیشتری دارد.

اقلام غذایی مختلفی جهت پیدا کردن جایگزین مناسب در جیره غذایی تیلاپیا مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله منابع پروتیین حیوانی می‌توان به محصولات جانبی ماهی، پودر میگو، محصولات جانبی حیوانات اهلی و خانگی مانند پودر پر، خون و استخوان و منابع پروتیین گیاهی مثل پودر سویا، پنبه‌دانه، بادام زمینی، آفتابگردان، کلزا، کنجد، نارگیل، خرما، گیاهان آبزی شبیه آزولا و غیره اشاره کرد (Ogunji, 2004).

برای تولید جیره با بیشترین کارایی اقتصادی، در آبزی‌پروری با مقیاس کوچک باید اصل استفاده از مواد قابل دسترس محلی را در نظر داشت، ضمن اینکه این مواد قابلیت جایگزینی تمام تا قسمتی از منابع پروتیین دریایی را در جیره غذایی آبزیان دارا باشند (Hasan and Chakrabarti, 2009). به این منظور بر اساس اطلاعات موجود و اقلام غذایی در دسترس، کنجاله پنبه‌دانه و کانولا از دانه‌های روغنی به دلیل قابلیت‌ها، فراوانی و قیمت انتخاب شدند. سرخس شناور آزولا که علی‌رغم قابلیت‌های فراوانش در شمال کشور به یک معضل تبدیل شده است نیز انتخاب شد زیرا ماهی تیلاپیا از آن تغذیه کرده و می‌تواند به کنترل آن در شمال کشور کمک نماید.

۲- آزمایش اول: کلزا

۲-۱- مقدمه

قدمت رویش دانه روغنی کلزا در هند به بیش از ۳۰۰۰ سال و در چین و ژاپن حداقل به ۲۰۰۰ سال می‌رسد و احتمالا بومی منطقه مدیترانه بوده است (Bell, 1984). گیاه کلزا (Rape seed) از جنس (*Brassica* sp.) به میزان بالای اسید اوریک (Uric acid)(۵۵-۲۵٪ از کل اسیدهای چرب آن) مشهور است که سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد که این در واریته‌های جدید آن بنام کانولا یا دو صفر کاهش یافته است (Lim, *et al*., 2008)، در این واریته میزان اسید اوریک به کمتر از ۲٪ و میزان گلوکوزینولات (Glucosinolate) به کمتر از ۳۰ میکرومول در گرم کاهش یافته است (Enami, 2011). البته میزان ایندولیل گلیکوزینولات (Indolyl glucosinolate) در واریته دو صفر با کلزا تفاوت چندانی ندارد و نیمی از میزان گلیکوزینولات موجود در کانولا را تشکیل می‌دهد که محصول هیدرولیز آن نیز تیوسیانات (Thiocyanate) است (Bell, 1984).

محل اصلی کشت کانولا در کانادا، قسمت‌هایی از اروپا، استرالیا و آسیا می‌باشد. در ایران خصوصا در استان گلستان از سال ۱۹۹۸ تحقیقات روی بهبود کیفیت این گیاه شروع شده است. در دوازده سال اخیر محققین در شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی واریته‌های دو صفر کلزا را گسترش داده‌اند. تحقیقات بیانگر کاهش میزان گلوکوزینولات به کمتر از ۷۷/۳ درصد و افزایش سطح زیر کشت آن در ایران می‌باشد (Enami, 2011).

کشت کانولا بعد از سویا و قبل از تخم پنبه‌دانه در رتبه دوم محصولات دانه‌های روغنی دنیا قرار دارد (Lim, *et al*., 2008; Mwachireya, *et al*., 1999). روغن آن یکی از بهترین ترکیبات اسیدهای چرب را در بین روغن‌های گیاهی داراست. در حالی که کلزا به روغنش مشهور بوده یک منبع پروتیین خوبی نیز می‌باشد (Lim, *et al*., 2008). کشت کلزا در ایران در سال‌های اخیر روند رشد فزاینده‌ای داشته و اکنون تمام تولید این محصول در ایران از ارقام دو صفر می‌باشد (صفری و بلداجی، ۱۳۸۷). در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ از لحاظ سطح برداشت کلزا با ۱۷/۲ درصد از کل محصولات صنعتی (۹۳۱۰۶ هکتار) بعد از چغندرقند در رتبه سوم ایستاده است. برآورد کل تولید آن در این سال ۱۸۹۹۹۰ تن بوده که ۱/۵ برابر میزان تولید سویای کشور است (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۲). با توجه به حجم زیاد سرمایه‌گذاری سازمان جهادکشاورزی در خرید تضمینی کانولا و کشت به نسبت راحت آن ضرورت دستیابی به تکنیک مناسب جهت تولید خوراک آبزیان بر پایه استفاده از این منبع پروتیینی مناسب انکار ناپذیر است (صفری و بلداجی، ۱۳۸۷).

به دلیل تفاوت‌های مربوط به منطقه کشت، نوع واریته، روش‌های مختلف آزمایشگاهی و دیگر موارد، اطلاعات یکسانی از ترکیب نوترینتهای آن مانند میزان پروتیین، لیپید و غیره قابل مشاهده نیست. پودر کلزا از نظر کولین (Choline)، بیوتین (Biotin)، فولیک اسید (Folic acid)، نیاسین (Niacin)، ریبوفلاوین (Riboflavin) و تیامین (Thiamine) غنی می‌باشد. اما در مقایسه با پودر ماهی و سویا به ترتیب ویتامین B1 (Thiamine) و B5 (Pantothenic acid) کمتری دارد. شایان ذکر است فرایند روغن‌کشی سبب خروج ویتامین‌های محلول در چربی از کنجاله کلزا

می‌گردد (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011; Bell, 1984). کنجاله کلزا منبع خوبی از مواد معدنی ضروری مانند سلنیوم و فسفر می‌باشد (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011).

در آبزی‌پروری کلزا معمولا به عنوان یک جایگزین در جیره غذایی ماهیان آزاد، قزل‌آلا، گربه‌ماهی، کپور، تیلاپیا، سوف، توربت، میگو، Bass و Seabream استفاده می‌شود (Enami, 2011). ارزش‌غذایی کنجاله کانولا برای ماهیان گرمابی بیشتر از ماهیان سردابی به نظر می‌رسد (Sotoh, *et al*., 1998).

پروتئین

دانه کلزا حدود ۴۰٪ روغن دارد (Bell, 1984) و کنجاله آن بعد از فرایند روغن‌کشی دارای تقریبا ۴۰٪ پروتیین می‌باشد که از لحاظ اسیدهای‌آمینه خصوصا متیونین (Methionine) و سیستیین (Cysteine) غنی بوده و پروتیین آن قابلیت جذب بالایی برای ماهیان دارد. از لحاظ ترکیبات به خوبی دیگر منابع پروتیین گیاهی است و در حقیقت در جهان بعد از سویا دومین مکمل پروتیین در جیره غذایی حیوانات به حساب می‌آید (Lim, *et al*., 2008; Yigit and Olmez, 2009; Yigit, *et al*., 2012).

سه عامل عمده بر کیفیت کانولا اثرگذار است (Enami, 2011):

- میزان روغن باقیمانده در کنجاله.
- میزان گلوکوزینولات و دیگر مواد ضدتغذیه‌ای کنجاله.
- میزان گرمای داده شده در طول فرایند روغن‌کشی که قابلیت جذب پروتیین و برخی اسیدهای‌آمینه از جمله لایزین را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نسبت اسیدهای‌آمینه در پروتیین کانولا در بین منابع پروتیین گیاهی موجود و در دسترس بهترین بوده (Enami, 2011) و پروفایل اسیدهای‌آمینه آن مشابه پودر ماهی هرینگ و بالاتر از کنجاله سویا است (Yigit and Olmez, 2009). میزان متیونین و سیستیین آن در مقایسه با سایر منابع پروتیین گیاهی به نسبت زیاد و منبع بسیار خوبی از اسیدهای‌آمینه‌های سولفوردار می‌باشد. البته همانند بسیاری از منابع پروتیین گیاهی به دلیل کمتر بودن میزان لایزین آن از لحاظ کیفیت در ردیف سویا قرار دارد (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011). قیمت آن از نصف قیمت پودر ماهی، و سویا به عنوان دو منبع عمده تامین کننده پروتیین در جیره غذایی آبزیان پایین‌تر است که این تفاوت قیمت، زمینه‌ای برای فرآوری کلزا و پودر آن ایجاد کرده که به کمک آن ارزش غذایی بالاتری پیدا کند (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011; Yigit and Olmez, 2009).

در آسیا بیشتر کلزا کشت می‌شود و معمولا از آن بطور مستقیم در جیره‌ها استفاده نمی‌گردد، بلکه به عنوان حاصلخیز کننده و به صورت کود مورد مصرف قرار می‌گیرد. سویه اصلاح شده آن (کانولا) که میزان اسید اوریک (C22:1) و گلوکوزینولات (GLS) کمتری دارد بطور گسترده در شمال آمریکا و اروپا کشت شده و از آن به عنوان منبع پروتیین در جیره غذایی حیوانات استفاده می‌شود (Lim, *et al*., 2008).

در ماهیان به دلیل اثرات منفی فیبر و گلوکوزینولات بالای کلزا، سهم استفاده از آن در جیره معمولا به حد ۲۰٪ محدود می‌شود اما در دهه ۱۹۸۰ با انجام کارهای ژنتیکی میزان گلوکوزینولات، فیبر، تانن و دیگر مواد ضد-تغذیه‌ای کلزا کاهش پیدا کرده است (Lim, *et al*., 2008)، که نتیجه آن افزایش سهم آن در جیره غذایی حیوانات می‌باشد.

کربوهیدرات‌های عمده در کنجاله کلزا شامل پکتین‌ها (Pectin) ، آمیلویید (Fuco-amyloid)، کربوهیدرات‌هایی بر پایه آرابینوز (Arabinose)، پنتوسان‌ها (Pentosans) و سلولز (Cellulose) می‌باشند که بیشترین میزان آنها سلولز و پنتوسان‌ها بوده و نزدیک به نیمی از انرژی خام آنرا تشکیل می‌دهند که به کمک آنزیم‌های گوارشی قابل تجزیه نمی‌باشند (Bell, 1984).

مواد ضدتغذیه‌ای

استفاده متناوب از کلزا در نسبت بالایی از جیره غذایی باعث کاهش غذای مصرفی، کاهش کارایی غذا، اختلالات متابولیک (عدم کارایی تیرویید) و در نهایت کاهش عملکرد رشدی در تمامی حیوانات می‌شود. کلزا حاوی مواد ضدتغذیه‌ای مقاوم به حرارت از جمله فیبر، ترکیبات فنلی مانند تانن (Tannin) و سیناپین (Sinapine)، فیتیک‌اسید (Phytic acid)، کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم و ترکیبات گوتیروژنیک (Goitrogenic)(مانند گلیکوزینولات) ناپایدار در برابر حرارت می‌باشد (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011).

میزان فیبر کنجاله کانولا به دلیل نسبت بالای پوسته در کنجاله بیشتر از سویا است (Enami, 2011). پوسته دانه کلزا سرشار از فیبر می‌باشد و حدود ۳۰-۲۷ درصد از کنجاله را به خود اختصاص می‌دهد (Bell, 1984). کانولا نیز دارای مقادیر به نسبت بالایی از فیبر (تقریبا ۱۴/۵٪ سلولز، ۵٪ همی سلولز و ۸/۳٪ لیگنین) می‌باشد که منجر به میزان فیبر خام ۱۰/۶ درصدی در کنجاله آن گردیده است (Enami, 2011). میزان فیبر بیشتر از ۸٪ جیره می‌تواند سبب اثر منفی بر جذب گردد و به دلیل نبود آنزیم‌های هیدورلیتیک (Hydrolytic enzymes) برای ماهی ارزش غذایی ندارد. در جیره غذایی حیوانات تک‌معده‌ای فیبر به دو صورت فیزیکوشیمیایی دیده می‌شود (Lim, *et al*., 2008; Mwachireya, *et al*., 1999):

۱- محلول (Gar gum، Pectins و غیره): فیبرهای محلول در تخلیه معده تاخیر ایجاد کرده، بر نرخ جذب اثر گذارده و سبب افزایش چسبندگی غذا می‌شود، و با ایجاد شرایط چسبناک در روده کوچک بر هضم و جذب اثر منفی می‌گذارد.

۲- فیبر چوبی شده غیر قابل حل (Cellulose، Hemicellulose، Lignin و غیره): حجم مدفوع را افزایش می-دهند. آنها به دلیل اثر بر حرکت مواد غذایی در طول دستگاه گوارش و کاهش میزان ماندگاری غذا در روده بر میزان جذب مواد اثر منفی می‌گذارند.

گلوکوزینولات و ترکیبات فنلی مانند تانن‌ها و سیناپین میزان خوش خوراکی خوراک را برای ماهیان کاهش می‌دهند و به دنبال آن اشتها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. ترکیبات حاصل از هیدرولیز آنها نیز فعالیت تیرویید را مختل می‌کنند (Mwachireya, *et al*., 1999).

تانن ترکیب فنلی محلول در آب بوده و بطور گسترده در گیاهان قابل مشاهده است. از دیدگاه کشاورزی تانن‌ها به عنوان حشره‌کشهای بیولوژیک مطرح می‌گردند. تانن موجود در بقولات و کلزا از نوع تانن غلیظ (Proanthocyanidins) است و خصوصا در پوسته بسیار ازگیاهان دو لپه ای دیده می‌شود، آنها در بسیاری از غذاها از جمله حبوبات و غلات مانند ذرت و جو وجود دارند (Lim, *et al*., 2008).

تانن‌ها به میزان ۳- ۱/۵ درصد در کنجاله کلزا یافت می‌شوند. زمانی که میزان آنها در جیره بالاست (بیشتر از ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم در کیلوگرم جیره برای خوک و ماکیان) به دلیل خاصیت روان کنندگی می‌توانند بر میزان مصرف حیوانات مزرعه اثر بگذارند. آنها اثرات تغذیه‌ای منفی دارند و میزان کارایی غذا را در حیوانات تک-معده‌ای مانند ماهی کاهش می‌دهند. تانن با پروتیین تشکیل کمپلکس می‌دهد و حتی اثرات بازدارنده بر تریپسین (Trypsin) و کموتریپسین (Chymotrypsin) دارد و فعالیتهای هضم را مختل می‌کند. همچنین با موکوس غشای سلولی تشکیل کمپلکس داده و میزان پروتیین بدن را کاهش می‌دهد. اثرات آنها بر قابلیت جذب پروتیین‌ها و اسیدهای‌آمینه بارز است. تمایل تشکیل کمپلکس آنها با پروتیین بیشتر از چربی و کربوهیدرات می‌باشد (Lim, *et al*., 2008; Bell, 1984).

سیناپین نیز یک ترکیب فنلی در اندازه کوچک به شکل پلیمر بوده که یک درصد از کنجاله کلزا را به خود اختصاص داده است و در واقع استر اسید سیناپیک و کولین می‌باشد و تمایل به غذا را به جهت طعم تلخی و تندی کم می‌کند (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011; Bell, 1984). آنها همچنین در گرفتن غذا در سیستم هاضمه دخالت می‌کنند. سیناپین و دیگر ترکیبات فنلی با آب، الکل، متانل و آمونیاک ترکیب می‌شوند که نتیجه آن کاهش اثرات منفی کلزا می‌باشد (Lim, *et al*., 2008).

بیشترین کاهش ارزش غذایی کانولا مربوط به اسید فیتیک و گلوکوزینولات موجود در آن می‌باشد. میزان اسید فیتیک در کلزا بیشتر از میزان آن در سویا (کمتر از ۲٪) بوده و برابر ۴/۴-۳ درصد از ماده خشک می‌باشد. اسید فیتیک (Hexaphosphate of Myoinositol) یک پیوستگی قوی با پروتیین در pH پایین و کاتیون‌هایی نظیر روی (در محیط روده) ایجاد می‌کند. در نتیجه میزان بالای آن در جیره قابلیت دسترسی زیستی کاتیون‌های چند ظرفیتی مانند روی، کلسیم و خصوصا فسفر را در حیوانات خونگرم و ماهیان کاهش می‌دهد (Lim, *et al*., 2008; Mwachireya, *et al*., 1999). حدود دو سوم از فسفر کلزا با فایتین باند شده است (Bell, 1984).

نتیجه سطوح بالای اسید فیتیک جیره در ماهیان کاهش رشد، کاهش میزان استفاده از پروتیین جیره، کاهش بقا و عملکرد تیرویید است. بسیاری از اثرات نامطلوب اسید فیتیک با استفاده از مکمل روی بهبود می‌یابند. استفاده از فلور میکروبی تولید کننده فیتاز و یا استفاده مستقیم از آن و افزودن به جیره اثرات ضدتغذیه‌ای فیتات را در

ماهیان برطرف می‌کند. به عنوان یک راه حل، پروتیین کلزا می‌تواند با اقلامی چون سیلاژ ماهی و آرد گندم که سرشار از فیتاز می‌باشند ترکیب شود (Lim, *et al*., 2008).

گلوکوزینولات یک تیو- اتر می‌باشد و معمولا بطور گسترده در گیاهان دو لپه‌ای وجود دارد و بیشترین تراکم آنها در گیاهان خانواده (*Brassicaseae*) می‌باشد. وجود آن در کلزا شدیدا استفاده از آنرا به عنوان منبع پروتیین محدود می‌کند زیرا می‌تواند عملکرد تیروئید را مختل کند ضمن اینکه مزه تلخ و تند آن میزان خوراک خورده شده توسط ماهی را کاهش می‌دهد (Lim, *et al*., 2008; Enami, 2011). میزان آن در کنجاله کلزا ۶٪ و کانولا کمتر از ۱٪ می‌باشد (Bell, 1984).

۲-۲- مروری بر مطالعات انجام شده

عملکرد رشد قزل‌آلا به میزان ۴۰-۳۰ درصد با تغذیه از جیره‌هایی بر پایه پودر کلزا کاهش نشان داد. اما رشد ماهیان قزل‌آلا که از پودر کلزا اصلاح شده که میزان فیبر آن کم شده و در اسید یا حلال شسته شده مشابه قزل-آلای تغذیه شده با جیره بر پایه پودر ماهی بود. در ماهی آزاد چینوک کاهش رشد در سطح جایگزین ۲۵٪ مشاهده شده است. اما عملکرد رشد در زمان استفاده از پودر کلزا که فیبر آن کم شده و در اسید یا حلال شسته شده افزایش می‌یابد. در Red Seabream، پودر کانولای استرالیایی که تحت فشار فرآوری شده تا ۶۰٪ در جیره بدون اثر منفی بر عملکرد رشد جایگزین گردید. در حالی که Gilhead Seabream حتی در سطح ۴۳٪ جایگزینی با پروتیین تغلیظ شده کلزا کاهش رشد نشان داد. کاهش رشد در توربوت در ۳۰٪ جایگزینی پودر کلزای اصلاح شده مشاهده شده است. در گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) پودر کلزا یا کانولا می‌تواند در سطح بالایی بدون اثر زیان آور بر رشد جایگزین شود و در سطح ۶۲٪ کمی کاهش رشد مشاهده شده است. از دیدگاه تجربی پیشنهاد می‌شود به میزان۳۰-۲۰٪ جایگزینی از پودری استفاده شود که توسط حرارت فرآوری شده باشد (Lim, *et al*., 2008). در بررسی‌های بعمل آمده توسط Hardy و Sullivan (۱۹۸۳)، استفاده از کانولا در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان علی‌رغم اینکه فعالیت تیروئید را تحت تاثیر قرار داده، اثر منفی بر رشد و ضریب تبدیل غذایی نداشته و قیمت تمام شده خوراک را پایین آورده است.

کانولا به خوبی در جیره غذایی آزاد ماهیان و قزل‌آلا جای خود را پیدا کرده و در طول ۲۰ سال اخیر بطور معمول تا میزان ۲۰٪ در آنها استفاده می‌شود، این میزان برای گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) حدود ۳۱٪ و برای نوزاد تیلاپیای نیل (*oreochromis niloticus*) حداکثر تا ۱۰٪ میزان پودر ماهی جیره گزارش شده است. این میزان برای ماهی تیلاپیای نیل در مرحله رشدی می‌تواند تا ۴۰-۳۵٪ از جیره افزایش یابد به شرط آنکه ۴۸/۱۷٪ از پروتیین جیره با پودر سویا تامین گردد (Enami, 2011).

کنجاله فروآوری شده کانولا که میزان فیبر آن کاهش داده شده و برخی مواد ضدتغذیه‌ای آن به کمک حلال کمتر شده در جیره غذایی ماهی آزاد و قزل‌آلا جایگزین شد. این روش‌ها احتمالا به دلیل کاهش میزان

گلوکوزینولات و سیناپین و اثر منفی آنها بر قابلیت دسترسی پروتیین برای ماهی، سبب بهبود عملکرد ماهی گردیده است (McCurdy and March, 1992).

صفری و بلداجی (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای میزان جایگزینی کنجاله سویا و کانولا را در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند. نتایج حاکی از جایگزینی ۴۰ درصد کنجاله کانولا و بهبود عملکرد کانولا نسبت به سویا در این سطح جایگزینی بود و جایگزینی کانولا سبب بهبود عملکرد ماهی قزل‌آلا گردید.

۳-۲- مواد و روش‌ها

۱-۳-۲- محل اجرای آزمایش

این آزمایش در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور انجام شد. این مرکز در فاصله ۱۰ کیلومتری شهرستان بافق از توابع استان یزد به مساحت ۶۰ هکتار در ارتفاع ۹۹۰ متری از سطح دریا در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی در یک منطقه بیابانی با دامنه وسیع تغییرات دمایی در طول سال و اختلاف شدید دما در طول شبانه روز واقع شده است.

۲-۳-۲- طراحی آزمایش

جهت محاسبه شاخص‌های رشد و راندمان غذا و پروتیین از نرم‌افزار Excell (Microsoft office 2007) و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (versin 19) استفاده گردید. بررسی تفاوت‌های موجود بین میانگین‌ها و معنی‌دار بودن آنها در سطح معنی‌دار p=0.01 به کمک آزمون Duncan multiple range test صورت پذیرفت. اعداد بصورت میانگین ± انحراف معیار بیان گردیده است.

۳-۳-۲- آنالیز اقلام غذایی و ماهی

میزان درصد پروتیین، چربی، فیبر، خاکستر و رطوبت کانولا (جدول ۱-۲) و تمامی اقلام غذایی، جیره‌های ساخته شده (جدول ۲-۲) و لاشه ماهیان (جدول ۴-۲) بر اساس روش های آزمایشگاهی مطابق با AOAC انجام شد. میزان کربوهیدرات و انرژی خام موجود نیز به روش محاسباتی بدست آمد. تعدادی ماهی در ابتدا و پنج عدد ماهی از هر تکرار در انتهای آزمایش جهت آنالیز لاشه نمونه برداری شده و پس از خروج احشا هموژن گردیده و سپس تا زمان آزمایش در فریزر ۲۰- نگهداری شدند. نمونه‌های منابع تشکیل دهنده پروتیین جیره جهت آنالیز اسیدهای‌آمینه به روش HPLC همراه با یخ خشک به آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی تهران ارسال شدند.

جدول ۱-۲) آنالیز کانولا

آنالیز شیمیایی	کنجاله کانولا
پروتیین خام (٪)	۳۶
چربی (Ether extract)(٪)	۳/۴
عصاره عاری از ازت (٪)	۳۶/۱
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۳/۸۴
فیبر (٪)	۱۶/۳
خاکستر (٪)	۷/۵
رطوبت (٪)	۷/۵

جدول ۲-۲) آنالیز جیره‌های آزمایشی

آنالیز شیمیایی	جیره شاهد	کانولا ۲۵٪	کانولا ۵۰٪	کانولا ۷۵٪	کانولا ۱۰۰٪
پروتیین خام (٪)	۲۹/۱۳	۲۹/۳۷	۲۹/۴۳	۲۹/۷۱	۲۹/۳۲
چربی (**Ether extract**)(٪)	۹/۲۹	۱۱/۳۸	۱۳/۵۷	۱۵/۷۷	۱۸/۶۶
عصاره عاری از ازت (٪)	۵۰/۲	۴۵/۱	۴۰/۷	۳۵/۴	۳۰/۵
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۴/۵۸	۴/۵۸	۴/۶۱	۴/۶۲	۴/۶۷
فیبر (٪)	۱/۹۵	۵/۱۴	۷/۷	۱۰/۸۴	۱۳/۶۰
خاکستر (٪)	۹/۴۲	۸/۹۸	۸/۵۵	۸/۲۸	۷/۸۹
رطوبت (٪)	۷/۴۹	۶/۲	۶/۲۸	۵/۹۵	۵/۶۴
نسبت پروتیین به انرژی خام (میلی‌گرم بر کیلو کالری)	۶۳/۵۹	۶۴/۰۸	۶۳/۷۷	۶۴/۳۲	۶۲/۷۹

٤-۳-۲- فرمولاسیون غذایی

در این آزمایش ۴ جیره آزمایشی با میزان ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی کنجاله کلزا بجای اقلام غذایی گران قیمت تامین کننده پروتیین جیره (پودر ماهی و سویا) با یک جیره شاهد بر پایه منابع پروتیینی پودر ماهی و سویا که نتیجه پروژه تحقیقاتی تعیین مناسب‌ترین جیره غذایی برای پرورش تیلاپیای سیاه *Oreochromis niloticus* در آب لب‌شور بافق بود با میزان پروتیین و انرژی خام یکسان طراحی، ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳-۲).

٥-۳-۲- ساخت و فرآوری غذا

مواد تهیه شده همه به صورت پودری و یا مایع مورد استفاده قرار گرفتند. جهت درست کردن هر جیره، اجزای غذایی ماکرو به نسبت مناسب برداشته شده و با هم مخلوط می‌شدند. اجزای غذایی میکرو ابتدا در آب مقطر به میزان ۴۰۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم غذا حل شده و سپس با اجزای غذایی ماکرو مخلوط گردیدند. سپس میزان

روغن مورد نیاز به مخلوط حاصل اضافه و در میکسر هم زده شد. پس از اطمینان از اختلاط کامل مواد، مقدار مورد نیاز آب مقطر جهت ایجاد حالت خمیری در جیره غذایی به آن اضافه گردید. خمیر حاصل به کمک چرخ گوشت با اندازه چشمه ۳ میلی‌متر به صورت رشته‌های ماکارانی در آمده و در خشک‌کن در دمای ۶۰- ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت قرار گرفت. غذای خشک بدست آمده بسته‌بندی شده و پس از اتصال برچسب آن در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد.

٦-۳-۲- سیستم پرورش

تمامی تانک‌های پرورشی (۱۵ عدد تانک برای ۴ تیمار آزمایشی به همراه تیمار شاهد هر کدام با سه تکرار) مجهز به یک سنگ هوای ۲۰ سانتی‌متری متصل به سیستم هواده مرکزی بودند. جهت دستیابی به میزان دقیق برداشت غذا، غذای اضافی باقی مانده در تانک ۳۰-۱۵ دقیقه بعد از غذادهی به کمک سیفون خارج، شمرده شده و پس از محاسبه وزن آن، از مقدار غذای داده شده در هر وعده در هر تانک کسر گردید.

جدول ۳-۲) فرمولاسیون و ترکیب جیره‌های آزمایشی (مقادیر به درصد می‌باشد)

اقلام غذایی	جیره شاهد	کانولا ۲۵٪	کانولا ۵۰٪	کانولا ۷۵٪	کانولا ۱۰۰٪
پودر کانولا	۰	۲۰/۱	۴۰/۲۱	۶۰/۳۱	۷۸/۷۷
پودر ماهی	۲۳/۱۳	۱۷/۲۹	۱۱/۸۷	۶/۱۶	۰
پودر سویا	۲۳/۱۵	۱۷	۱۱	۵/۵	۰
آرد گندم	۲۰	۱۶/۷۱	۱۰/۵۴	۴/۱۵	۰
نشاسته ذرت	۲۵/۲	۱۵	۱۰	۵	۰
مکمل ویتامینی[1]	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین ث[2]	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
کولین	۰	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴
مکمل معدنی[3]	۱	۱	۱	۱	۱
مکمل اسیدآمینه[4]	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
متیونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ترئونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
لایزین	۰	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
روغن سویا	۵/۳۴	۹/۰۷	۱۱/۵۵	۱۴/۰۶	۱۶/۴۰
اکسید کروم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۱- Vitamin A 3600000 IU/kg; D3 800000 IU/kg; E 14400 mg/kg; K3 800 mg/kg; B1 710 mg/kg; B2 2640 mg/kg; B3 11880 mg/kg; Calcium Pantothenate 3920 mg/kg; B6 1176 mg/kg; B9 400 mg/kg; B12 6 mg/kg; Biotin 40 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۲- درصد خلوص ویتامین ث ۵۰ است.

۳- Zn 33880 mg/kg; Mn 39680 mg/kg; Cu 4000 mg/kg; Fe 20000 mg/kg; Se 80 mg/kg; I 397 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۴- Vitamin A 30000000 IU/l; D3 1000000 IU/l; E 15000 mg/l; K3 1000 mg/l; B1 4000 mg/l; B2 3000 mg/l; B3 10000 mg/l; B5 5000 mg/l; B6 1000 mg/l; B12 10 mg/l; H 20 mg/l; L-Aspartic acid 3600 mg/l; L-Glycine 2400 mg/l; L-Lysine 3100 mg/l; L-Histidine 800 mg/l; L-Arginine 2100 mg/l; L-Isoleucine 1900 mg/l; L-Leucine 3200 mg/l; L-Tyrosine 1200 mg/l; L-Phenylalanine 1900 mg/l; L-Alanine 2600 mg/l; L-Cystine 600 mg/l; L-Valine 2800 mg/l; DL-Methionine 700 mg/l; L-Threonine 2100 mg/l; L-Serine 2700 mg/l; L-Glutamic acid 6200 mg/l; L-Proline 2100 mg/l.

بچه ماهیان تک جنس تیلاپیای نر (۸/۵۳±۲۶/۶۶ گرمی) بطور کاملا تصادفی به تعداد ۱۲ عدد در هر تانک رهاسازی گردید. حجم آبگیری هر تانک ۱۵۰ لیتر بود که با دبی ۲ لیتر بر دقیقه آبرسانی می‌شد. ماهیان در ابتدا به مدت یک هفته جهت سازگاری با محیط پرورش در تانک‌ها نگهداری و با غذای یکسان غذادهی شدند و سپس جهت سازگاری با غذای جدید به مدت یک هفته با غذای مخصوص خود تغذیه گردیدند. غذادهی بصورت در حد اشباع صورت گرفت. زیست سنجی هر دو هفته یکبار انجام شد و تمام ماهیان هر تانک ابتدا با پودر گل میخک با غلظت ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر (Mohammadi, *et al*., 2011) بیهوش شده و بعد از زیست سنجی به محل خود بازگردانده شدند. در طول مدت ۴۲ روز پرورش، ۳۰-۱۵ دقیقه بعد از هر غذادهی (ساعت ۸ و ۱۴) مقدار غذای اضافی داخل تانک‌ها جمع آوری شده و از مقدار غذای مصرفی روزانه کسر گردید.

۷-۳-۲- شاخصهای مورد ارزیابی

ضریب تبدیل غذایی (FCR): نسبت مقدار غذای خورده شده به مقدار افزایش وزن حاصل شده

افزایش وزن (WG): حاصلضرب نسبت اختلاف وزن حاصل شده به وزن اولیه در صد

ضریب رشد ویژه (SGR): حاصلضرب نسبت لگاریتم نپری اختلاف وزن حاصل شده به مدت زمان پرورش در صد

نرخ بازده پروتیین (PER): گرم افزایش وزن حاصله به ازای هر گرم پروتیین مصرفی

راندمان پروتیین تبدیلی (PCE): گرم افزایش پروتیین به ازای ۱۰۰ گرم پروتیین مصرفی

۸-۳-۲- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل اکسیژن محلول و pH بطور روزانه با دستگاه WTW-330 ثبت گردید. دمای آب به کمک هیتر مرکزی در دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد ثابت نگاه داشته شد. شوری آب نیز در طول آزمایش ثابت و برابر ۸ گرم بر لیتر بود. میزان نیتریت و آمونیاک آب بطور هفتگی در تمامی تانک‌ها به کمک دستگاه WTW-CR220 اندازه‌گیری شد.

٤-۲- نتایج

در طول ۶ هفته آزمایش دما، اکسیژن، pH، نیتریت و آمونیاک اندازه‌گیری شد. میزان شوری آب به دلیل استفاده از آب چاه همیشه ثابت و برابر ۸ گرم بر لیتر بود. میزان دما نیز به دلیل تثبیت آن به کمک سیستم گرمایش مرکزی ثابت و معادل ۰/۴۶ ± ۲۹/۱ درجه سانتی‌گراد بود. میزان اکسیژن و pH نیز به ترتیب ۰/۴۱ ± ۶/۰۳ میلی-گرم بر لیتر و ۰/۰۸ ± ۷/۴۱ ثبت گردید. میزان آمونیاک نیز ۰/۰۰۰۹۸ ± ۰/۰۰۳۸ گرم بر لیتر بدست آمد و هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب مشاهده نشد ($p>0.05$). سطوح کانولا (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ جایگزینی) بر میزان زنده‌مانی اثر معنی‌دار نشان نداد ($p>0.05$). میزان زنده-مانی در همه جیره‌ها بجز شاهد (۹۷/۲٪) صد درصد بدست آمد.

۱-٤-۲- شاخص‌های رشد

۱-۱-٤-۲- افزایش وزن (*Weight gain*)

با افزایش درصد کانولا، افزایش وزن (WG) کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<0.05$). بطوریکه جیره شاهد (۲۹/۵±۱۸۵/۶) بیشترین رشد را داشت و بطور معنی‌داری متفاوت از بقیه بود. افزایش وزن بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰٪ اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>0.05$). شایان ذکر است در جیره غذایی ۱۰۰٪ جایگزینی میزان آن منفی بود (جدول ۴-۲).

۲-۱-٤-۲- ضریب رشد ویژه (*Specific growth rate*)

ضریب رشد ویژه (SGR) بطور معنی‌داری تحت تاثیر میزان کانولای جیره‌ها قرار داشت و مقدار آن با افزایش میزان کانولای جیره‌ها کاهش پیدا کرد بطوریکه بیشترین میزان در جیره شاهد (۰/۲۴±۲/۴۹) بدست آمد و در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد مقدار آن منفی بود ($p<0.05$). شایان ذکر است بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0.05$)(جدول ۴-۲ ؛شکل ۱-۲ و ۲-۲).

۲-٤-۲- شاخص‌های راندمان غذا

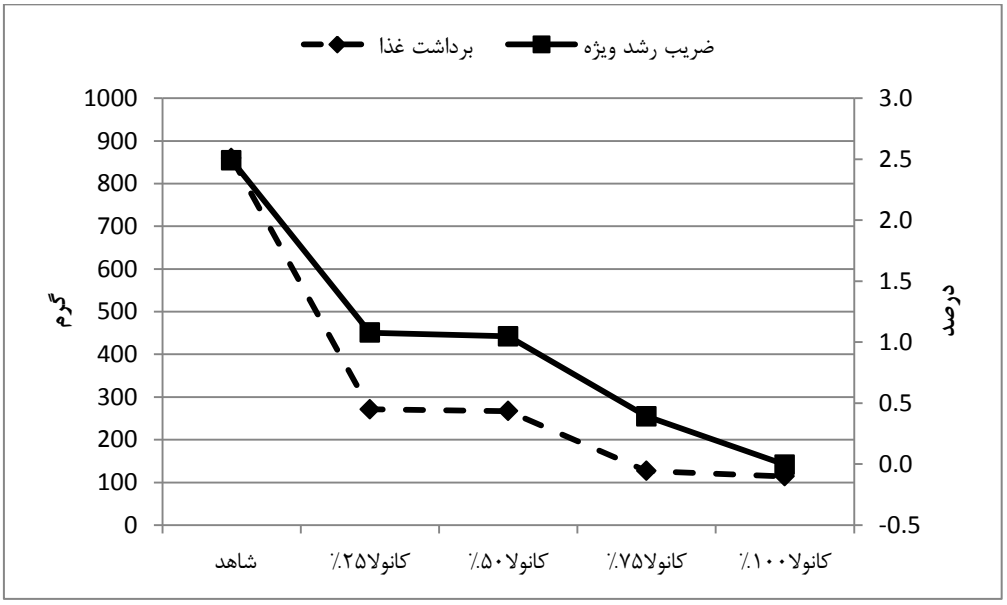
۱-۲-٤-۲- ضریب تبدیل غذایی (***Food conversion ratio***)

طبق نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده آزمایش، سطوح مختلف کانولا بر میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) ماهیان در سطح معنی‌داری اثر گذار بود ($p<0.05$)، بطوری که در سطح جایگزینی ۱۰۰٪ به دلیل کاهش وزن ماهیان میزان آن قابل ارائه نبود و ضریب تبدیل غذایی در سطح ۷۵٪ جایگزینی بطور معنی‌داری از جیره شاهد و سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴-۲؛ شکل ۲-۲).

۲-۲-٤- ۲-برداشت غذا (*Total food intake*)

میزان برداشت غذا در جیره شاهد نسبت به جیره‌های حاوی کانولا بطور معنی‌داری متفاوت و بسیار بیشتر از آنها بود ($p<0.05$). بین جیره‌های حاوی ۲۵ و ۵۰٪ و همچنین جیره‌های ۷۵ و ۱۰۰٪ جایگزینی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$)(جدول ۴-۲؛ شکل ۱-۲).

شکل ۱-۲) مقایسه روند تغییرات ضریب رشد ویژه و برداشت خوراک



۳-۲-٤-۲- مصرف پروتیین (*Protein intake*)

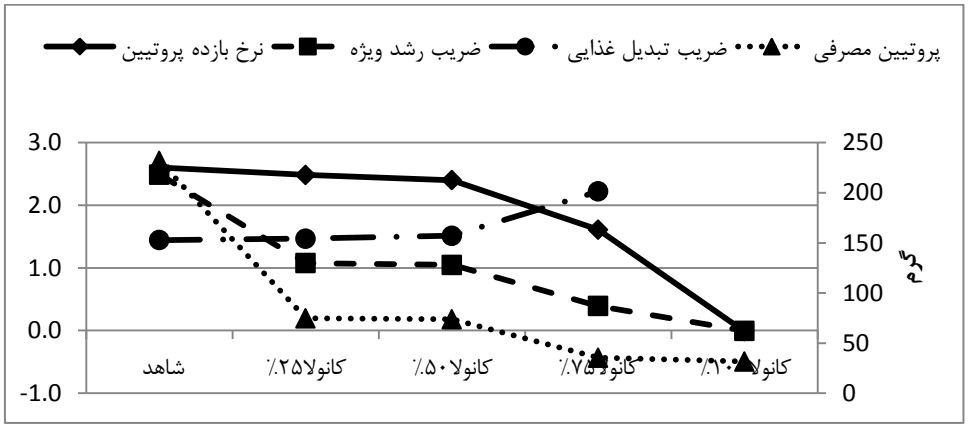
مصرف پروتیین بطور معنی‌داری بین جیره‌های مختلف متفاوت بود ($p<0.05$). در جیره شاهد میزان آن بسیار بیشتر از جیره‌های حاوی پودر کانولا بدست آمد. بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد و همچنین ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$)(جدول ۴-۲؛ شکل ۲-۲).

۳-۲-٤- شاخص‌های بازده پروتیین

۱-۳-۲-٤- نرخ بازده پروتیین (*Protein efficiency rate*)

نرخ بازده پروتیین (PER) بین سطوح مختلف بجز جیره حاوی ۷۵٪ پودر کانولا معنی‌دار نبود ($p>0.05$). این در حالی است که بیشترین میزان آن در جیره شاهد (۲/۶۰±۰/۳۴) بدست آمد. البته میزان نرخ بازده پروتیین در سطح جایگزینی ۱۰۰٪ به دلیل رشد منفی قابل بیان نبود (جدول ۴-۲؛ شکل ۲-۲).

شکل ۲-۲) مقایسه روند تغییرات میزان پروتیین مصرفی با ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نرخ بازده پروتیین



۲-۳-٤-۲- راندمان پروتیین تبدیلی (*Protein conversion efficiency*)

بیشترین میزان راندمان پروتیین تبدیلی (PCE) در جیره شاهد (۳۹/۲۰±۵/۰۴) مشاهده شد که البته با سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰٪ کانولا اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0.05$). راندمان پروتیین تبدیلی در جیره حاوی ۱۰۰٪ کانولا به دلیل رشد منفی قابل ارائه نبود (جدول ۴-۱).

جدول ٤-۲) نتایج حاصل از فاکتورهای رشدی و آنالیز لاشه ماهیان

شاخصها		جیره شاهد	کانولا ۲۵٪	کانولا ۵۰٪	کانولا ۷۵٪	کانولا ۱۰۰٪
وزن اولیه*[1]		۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳
وزن انتهایی[1]		۷۶/۱۳±۷/۹۱	۴۱/۹۵±۲/۳۳	۴۱/۴۵±۲/۴۷	۳۱/۴۰±۰/۰۰	۲۶/۶۳±۱/۴۵
ضریب تبدیل غذایی		۱/۴۵±۰/۲۰ [a]	۱/۴۶±۰/۱۳ [a]	۱/۵۱±۰/۰۸ [a]	۲/۲۲±۰/۰۱ [b]	–
افزایش وزن		۱۸۵/۶±۲۹/۵ [a]	۵۷/۴±۸/۷ [b]	۵۵/۴±۹/۳ [b]	۱۷/۸±۰/۱ [c]	-
ضریب رشد ویژه		۲/۴۹±۰/۲۴ [a]	۱/۰۷±۰/۱۳ [b]	۱/۰۵±۰/۱۴ [b]	۰/۳۹±۰/۰۰ [c]	-
برداشت غذا [1]		۸۵۹/۹±۲۶/۴ [a]	۲۷۱/۱±۶۵/۵ [b]	۲۶۷/۱±۳۱/۳ [b]	۱۲۶/۹±۱/۱ [c]	۱۱۴/۱±۸/۴ [c]
مصرف پروتیین[1]		۲۳۱/۷±۷/۱ [a]	۷۴/۷±۸/۰ [b]	۷۳/۷±۸/۶ [b]	۳۵/۵±۰/۳ [c]	۳۱/۶±۲/۳ [c]
نرخ بازده پروتیین		۲/۶۰±۰/۳۴ [a]	۲/۴۸±۰/۲۳ [a]	۲/۴۰±۰/۱۳ [a]	۱/۶۱±۰/۰۰ [b]	-
راندمان پروتیین تبدیلی		۳۹/۲۰±۵/۰۴ [a]	۳۳/۷۹±۴/۰۲ [a]	۳۲/۵۲±۲/۱۱ [a]	۱۵/۷۷±۰/۹۲ [b]	-
آنالیز لاشه	پروتیین خام[2]	۵۲/۸۰±۰/۱۰ [a]	۶۱/۰۰±۱/۹۷ [b]	۵۷/۰۰±۰/۷۸ [ab]	۶۰/۴۷±۴/۱۹ [b]	۵۸/۳۳±۲/۲۵ [b]
	چربی (**Ether extract**) [2]	۳۱/۵۸±۱/۳۵ [a]	۲۲/۶۲±۱/۰۷ [c]	۲۶/۶۵±۰/۱۱ [b]	۱۹/۹۵±۱/۴۷ [c]	۱۹/۸۳±۳/۶۷ [c]

- اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (**$p<0.05$**).

۱- گرم

۲- مقادیر بر اساس وزن خشک می‌باشند.

٤-٤-۲- ترکیبات لاشه ماهیان

کمترین میزان پروتیین لاشه در جیره شاهد بدست آمد که بطور معنی‌داری نسبت به سایرین متفاوت بود ($p<0.05$)(جدول ۴-۱). بین جیره‌های حاوی کانولا در میزان پروتیین لاشه اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ($p>0.05$). جیره‌های مختلف بر چربی لاشه تاثیر معنی‌دار داشتند ($p<0.05$)، بطوریکه بیشترین میزان آن در جیره شاهد و سپس سطح جایگزینی ۵۰٪ کانولا بدست آمد. بین سایر سطوح جایگزینی کانولا اختلاف معنی‌داری در میزان چربی لاشه مشاهده نگردید ($p>0.05$)(جدول ۴-۱).

۵-۲- بحث

در این آزمایش سطوح مختلف کنجاله کانولا بر میزان زنده‌مانی اثر معنی‌داری نداشت ($p>0.05$) که این نتیجه توسط Yigit و Olmez (۲۰۰۹) نیز تایید شده است.

بررسی فاکتورهای رشدی (WG و SGR) حاکی از اختلاف بسیار زیاد بین جیره شاهد و تیمارهای مختلف کانولا می‌باشد. بجز شاهد، در تیمارهای مختلف کانولا نیز شاخص‌های رشد با افزایش میزان کانولا کاهش نشان دادند و در غذای حاوی ۱۰۰٪ کانولا نیز وزن انتهایی ماهیان از وزن اولیه کمتر شد. ارتباط معکوس بین افزایش میزان کانولای جیره با شاخص‌های رشدی در نوزاد تیلاپیای سیاه نیز دیده شده است (Yigit and Olmez, 2009). کاهش خطی نرخ رشد ویژه با افزایش میزان کانولا در ماهی آمور نیز گزارش شده بطوریکه بیشترین نرخ رشد ویژه در گروه شاهد بوده است (Tan, *et al.*, 2013). در گربه‌ماهی کانالی نیز Webster و همکاران (۱۹۹۷) رشد بیشتر و معنی‌دار گروه شاهد را نسبت به تمامی تیمارهای جایگزینی کانولا گزارش کردند. آنها با افزایش میزان کانولا نیز شاهد تفاوت معنی‌دار در افزایش وزن بین تیمارهای ۱۲ و ۳۶٪ با ۴۸٪ جایگزینی بودند بطوریکه با افزایش کانولا میزان رشد کاهش پیدا کرده بود. این در حالی است که Martins و همکاران (۲۰۰۱) نیز برای ماهیان تیلاپیای نیل در فاز رشدی اختلاف معنی‌دار در میزان نرخ رشد ویژه در اثر سطوح مختلف جایگزینی کانولا با پودر سویا بدست نیاوردند.

در بررسی شاخص‌های کارایی غذا نکات قابل توجهی به چشم می‌خورد. میزان برداشت غذا در جیره شاهد بسیار بیشتر از سایرین می‌باشد و در جیره‌های حاوی کانولا نیز میزان آن با افزایش سطح کانولا کاهش نشان می-دهد. کاهش میزان برداشت خوراک در اثر افزایش منابع پروتیین گیاهی در جیره به دلیل افزایش حجم غذا توسط Emani (۲۰۱۱) گزارش شده است. در آزمایشی دیگر بر روی نوزاد ماهی تیلاپیای نیل نیز کاهش معنی‌دار برداشت غذا بین جیره شاهد و جیره های حاوی کانولا مشهود بود و در عین حال بین ضریب تبدیل غذایی تا سطح جایگزینی ۴۰٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Yigit and Olmez, 2009). این در حالی است که در مطالعه حاضر نیز بر خلاف میزان برداشت غذا، ضریب تبدیل غذایی بین جیره شاهد و جیره های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی اختلاف معنی‌داری نشان نداد اما میزان آن افزایش یافت (شکل ۱-۲). عدم تاثیرپذیری ضریب تبدیل

غذایی در ماهی تیلاپیای نیل در فاز رشدی به دلیل جایگزینی کنجاله کانولا با پودر سویا گزارش شده است (Martins, *et al*., 2001). Yigit و همکاران (۲۰۱۲) عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای نوزادان قزل‌آلای رنگین-کمان و گربه‌ماهی کانالی در جیره‌های حاوی کنجاله کانولا تا سطح جایگزینی به ترتیب ۱۶ و ۳۶٪ را گزارش کردند (به ترتیب: Yigit, *et al*., 2012; Webster, *et al*., 1997).

افزایش میزان ضریب تبدیل غذایی احتمالا به دلیل افزایش میزان فیبر جیره می‌باشد خصوصا به این علت که در جیره‌هایی با سطح بالای کانولا، میزان فیبر از ۸ درصد تجاوز می‌کرد. زیاد بودن میزان فیبر جیره عبور غذا از مجرای گوارشی را سریعتر کرده و فرصت هضم غذا را کاهش می‌دهد. Yigit و Olmez (۲۰۰۹) نیز دلیل افزایش ضریب تبدیل غذایی با افزایش میزان کانولای جیره را افزایش میزان فیبر خوراک اعلام کردند. این نتایج نشان دهنده پایین بودن میزان تمایل ماهیان به خوردن خوراک‌های حاوی کانولا است زیرا به ازای مقدار غذای خورده شده رشد مناسب و ضریب تبدیل قابل قبولی دیده می‌شود.

در شاخص‌های ارزیابی کیفیت پروتیین (PER و PCE) اختلاف معنی‌داری بین جیره شاهد با جیره‌های دارای کانولا تا سطح جایگزینی ۵۰٪ حاصل نشد. نوزادان تیلاپیای نیل نیز نسبت به سطوح جایگزینی کانولا تا سطح ۴۰٪ اختلاف معنی‌داری در میزان نرخ بازده پروتیین نشان ندادند (Yigit and Olmez, 2009). در ماهی آمور نیز اختلاف معنی‌داری در نرخ بازده پروتیین بین تیمار شاهد با جیره‌های حاوی کانولا تا ۳۲٪ جایگزینی حاصل نشد (Tan, *et al*., 2013).

عدم تفاوت معنی‌دار بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی کانولا در میزان ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتیین و کارایی تبدیل پروتیین (شکل ۲-۲) این گفته‌ها را تایید می‌کند که صرف نظر از فاکتورهای رشدی که به دلیل عدم خوش خوراکی خوراک و پایین بودن میزان برداشت غذا و پروتیین مصرفی کاهش یافتند سایر فاکتورها نشان دهنده کیفیت مناسب آن و قابلیت جایگزینی تا سطح ۵۰٪ است، پس به نظر می‌رسد جایگزینی کنجاله کانولا تا سطح ۵۰٪ تاثیر منفی قابل توجهی بر قابلیت جذب جیره‌ها نداشته باشد. Enami (۲۰۱۱) گزارش کرد که پودر کنجاله کانولای اصلاح شده و یا پروتیین تغلیظ شده کانولا می‌تواند نقش بسیار مهمی در جایگزینی پودر ماهی در خوراک آبزیان ایفا نماید. در جیره غذایی نوزاد تیلاپیای نیل تا میزان ۱۰٪ جایگزینی کنجاله کانولا با پودر ماهی توصیه شده است.

جایگزینی ۴۱/۸٪ کنجاله کلزا در جیره غذایی ماهیان انگشت‌قد تیلاپیا *Sarotherodon mossambicus* رشد خوبی ایجاد کرده است (Jackson, *et al*,, 1982). جایگزینی کانولا تا میزان بالای ۷۵٪ در میزان رشد ماهیان تیلاپیای نیل نژاد GIFT اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد (Luo, *et al*., 2012). این در حالی است که Enami (۲۰۱۱) توصیه کرد کنجاله کانولا به دلیل کنترل میزان گلوکوزینولات در جیره آبزیان (زیر ۲۶۵۰ میکرومول بر کیلوگرم جیره) زیر ۳۰٪ جایگزین شود.

عدم رشد به دلیل عدم برداشت غذا و در نتیجه پایین بودن پروتیین مصرفی بوده، که در واقع مزه تلخ و تند حاصل از گلوکوزینولات و سیناپین باعث خوش خوراک نبودن خوراک گشته است. در مطالعات دیگر بیان شده مزه تلخ و تند متابولیت‌های گلوکوزینولات مانند ایزوتیوسیانات (Isothiocyanate) و اوکسازولیدینتیون (Oxazolidinethione) و همچنین سیناپین علاوه بر بوی خردل مانند گلوکوزینولات سبب عدم خوش خوراکی خوراک حاوی کانولا می‌گردد (Bell, 1984).

در جیره‌های طراحی شده در موارد جایگزینی کانولای ۲۵ و ۵۰ درصد میزان فیبر در حد استاندارد و زیر ۸ درصد می‌باشد و فیبر بالای ۸ درصد نیز می‌تواند از دلایل رشد نامناسب در جیره های بالای ۵۰ درصد کانولا باشد. Enami (۲۰۱۱) نیز جایگزینی بالای ۵۰ درصد کنجاله کانولا را به دلیل افزایش فیبر جیره بالای ۸ درصد توصیه نکرده است. در تیلاپیا افزایش فیبر جیره، میزان رشد و کارایی پروتیین را کاهش می‌دهد (Yigit and Olmez, 2009) همانند آنچه در جیره‌هایی با کانولای بالای ۵۰ درصد مشاهده شد.

شرایط زیست محیطی و نوع کشت، خصوصیات زمین و نحوه مدیریت مزرعه همه بر میزان مواد ضدتغذیه‌ای کانولا موثر است. علی‌رغم اینکه گونه‌های کشت شده در ایران همه از نوع دو صفر می‌باشند و میزان اسید اوریک و گلوکوزینولات آنها به روش‌های ژنتیکی پایین آورده شده ولی شرایط پرورش و همچنین و از همه مهمتر فرآوری آن و پروسه روغن‌کشی در میزان کاهش مواد ضدتغذیه‌ای بسیار موثر است. Enami (۲۰۱۱) نیز بیان کرده ارزش غذایی کنجاله کلزا یا کانولا به فرآوری و روش روغن‌کشی بستگی دارد.

با توجه به تفاوت نتایج حاصله از این آزمایش با آنچه دیگر محققین گزارش کرده‌اند به نظر می‌رسد بر اثر نحوه و شرایط کشت و همچنین پروسه روغن‌کشی میزان مواد ضدتغذیه‌ای در کنجاله کانولای بکار رفته بیشتر از حد تصور بوده است. به خصوص ترکیبات فنلی آن مانند سیناپین، تانن به علاوه گلوکوزینولات که طعم تلخی و تندی به خوراک داده و میزان خوش خوراکی آنرا برای ماهیان بسیار کم کرده‌اند و سایر محققین نیز به آن اذعان دارند (Yigit and Olmez, 2009).

بین جیره‌های حاوی کانولا و جیره شاهد در میزان چربی و پروتیین لاشه اختلاف معنی‌داری بدست آمد که این بر خلاف نتایج دیگر محققین بر روی نوزاد تیلاپیای نیل (Yigit and Olmez, 2009) می‌باشد.

۳- آزمایش دوم: پنبه‌دانه

۳-۱- مقدمه

پنبه یک گیاه گرمسیری و نیمه گرمسیری است که در طرفین خط استوا (از مدار ۳۶ درجه در نیمکره جنوبی تا ۴۷ درجه در نیمکره شمالی) کشت می‌گردد. قدمت آن به قرن‌ها قبل از میلاد مسیح باز می‌گردد. در موزه قاهره کشور مصر پارچه‌های پنبه‌ای کاملا سالم با عمر ۷۰۰۰ ساله نگهداری می‌شود. کشت آن در ایران به زمان هخامنشیان باز می‌گردد. این گیاه دو لپه و چند ساله می‌باشد که در شرایط اقلیمی مساعد سال‌ها به زندگی خود ادامه می‌دهد، اما هر سال از کمیت و کیفیت محصول کاسته شده و ارزش تجاری خود را از دست می‌دهد. ارقام تجاری این گیاه در شرایط اقلیمی ایران بصورت محصول یک ساله کشت می‌شود. با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی و جغرافیای مناطق پنبه خیز ایران و واکنش شدید این گیاه به اقلیم، در مناطق مختلف رقم‌های خاصی کشت می‌شود. در حال حاضر رقم ساحل در شمال ایران، رقم بختگان در استان فارس، رقم ورامین در مناطق مرکزی، خراسان و مغان، رقم مهر در دشت مغان و برخی مناطق خراسان کشت می‌گردد (سهرابی، ۱۳۸۶). کنجاله پنبه‌دانه در جهان سومین منبع پروتیین گیاهی می‌باشد که ارزانتر از سویا و پودر ماهی می‌باشد (Lim, *et al.*, 2008). این مزیت اهمیت امکان جایگزینی آن با پودر ماهی و سویا، به منظور ایجاد جیره‌های ارزان با سود اقتصادی بیشتر را نشان می‌دهد.

دانه آن به شکل تخم مرغ و جزء دانه‌های روغنی است و از سه قسمت لینتر، پوسته و مغز تشکیل شده است. ۷۰-۶۰ درصد وزن پنبه‌دانه، مغز و ۱۰- ۵ درصد آن لینتر بوده و دارای وزن ۰/۱۷- ۰/۰۷ گرم، طول ۱۲-۷ میلی‌متر و عرض ۶-۴ میلی‌متر است. حدود ۳۳ درصد از وزن وش به الیاف پنبه و ۵۷ درصد آن به پنبه‌دانه اختصاص داشته و حدود ۱۰ درصد آن نیز ضایعات است. نسبت وزن کل وش پنبه به دانه آن در حدود ۲:۱ است (سهرابی، ۱۳۸۶).

کنجاله پنبه‌دانه و کیک پنبه‌دانه بطور گسترده در دنیا (El-Sayed and Tacon, 1997) مصرف می‌شود. در ایران نیز از نظر سطح برداشت محصولات صنعتی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ پنبه با ۲۱/۷ درصد (۱۱۷۱۲۹ هکتار) در رتبه اول قرار دارد. در برآورد میزان تولید نیز با ۲۷۰۸۱۰ تن در رتبه سوم می‌باشد. با در نظر گرفتن سطح تولید و درصد کنجاله تولیدی نسبت به کل پنبه‌دانه که حدود نیمی از آنرا تشکیل می‌دهد، کنجاله پنبه‌دانه می‌تواند به عنوان یک منبع پروتیین گیاهی نقش مهمی در تولید خوراک دام، طیور و آبزیان کشور داشته باشد. این در حالی است که در دنیا سویا به عنوان مهمترین منبع پروتیین گیاهی جایگزین پودر ماهی مطرح است ولی تولید آن در ایران بسیار کمتر از پنبه‌دانه به میزان ۱۲۵۸۰۴ تن در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ می‌باشد (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۲).

پنبه‌دانه حاوی ۲۵-۲۰ درصد چربی بوده و باقیمانده آن، از ۳۲ درصد پوست، ۵۵ درصد مغز و ۱۳ درصد لینتر تشکیل شده است. برای ایجاد ارزش افزوده استفاده از بقایا، ضایعات و محصولات فرعی پنبه اجتناب ناپذیر

است. هم اکنون در دنیا از پنبه دهها محصول خوراکی، بهداشتی، آرایشی و صنعتی استحصال می‌گردد، اما در ایران تنها به روغن، الیاف و تا حدودی لینتر پنبه توجه می‌شود. در حالیکه این گیاه به عنوان منبع غنی پروتیین قابلیت نفوذ در برنامه غذایی انسان، دام، طیور و آبزیان را دارد و در مناطق پنبه خیز می‌تواند جایگزین کاملا مناسب و اقتصادی برای کنجاله سویا باشد (سهرابی ۱۳۸۶).

۱-۱-۳- ارزش غذایی کنجاله پنبه‌دانه

کنجاله پنبه در آمریکا بر حسب ۴۱ درصد پروتیین خام استاندارد شده است، پروتیین کنجاله پنبه‌دانه کیفیت خوبی داشته ولی از لحاظ اسیدهای‌آمینه به ویژه لایزین و اسیدهای‌آمینه سولفوردار مانند متیونین و سیستیین در حد پایینی می‌باشد (Lim, *et al*., 2008؛ سهرابی، ۱۳۸۶). میزان کلسیم و کاروتن کنجاله پایین، و میزان تیامین آن متغیر می‌باشد. کنجاله پوست‌گیری شده حاوی ۴۵/۷ درصد پروتیین، ۸/۹ درصد چربی، ۲۹/۳ درصد کربوهیدرات، ۸/۷ درصد فیبر خام و ۷/۴ درصد خاکستر می‌باشد (سهرابی، ۱۳۸۶). از جمله مواد ضدتغذیه‌ای کنجاله پنبه‌دانه می‌توان به اسید فیتیک، بازدارنده‌های تریپسین، سیناپین، سیکلوپروپیونیک اسید و گوسیپول اشاره کرد (Agbo, *et al*., 2011; El-Sayed and Tacon, 1997)، که وجود آنها استفاده از این منبع پروتیین را برای ماهیان مشکل می‌کند.

۲-۱-۳- گوسیپول

کنجاله پنبه‌دانه درارای گوسیپول (*gossypol*) می‌باشد که به میزان زیاد در جیره می‌تواند سمیت ایجاد نماید (Lim, *et al*., 2008). گوسیپول یک رنگ‌دانه پلی‌فنلیک ($C_{30}H_{30}O_8$) می‌باشد که در گیاهان جنس (*Gossypium*) و خانواده (*Malvaceae*) و جنس‌های وابسته وجود دارد. گوسیپول در تمام قسمت‌های گیاه وجود دارد و به شکل لکه‌های ریز سیاه رنگ یا قرمز تیره در برش عرضی پنبه‌دانه قابل رویت و بیشتر آن در غدد رنگدانه‌ای دانه متمرکز شده است. گوسیپول در دانه به فرم آزاد می‌باشد که سمیت آن برای حیوانات تک‌معده‌ای مسجل است (Lim, *et al*., 2008; El-Saidy and Gaber, 2004؛ سهرابی، ۱۳۸۶).

گوسیپول به دو شکل آزاد و باند شده وجود دارد که بخش عمده آن به شکل آزاد است. گوسیپول آزاد سمی و شکل باند شده آن غیر سمی می‌باشد. عمل‌آوری تخم پنبه‌دانه و تبدیل آن به کنجاله منجر به اتصال گوسیپول به پروتیین‌ها از طریق گروه آمین اسیدآمینه لیزین و باند شدن گوسیپول و غیرفعال شدن آن می‌گردد (سهرابی، ۱۳۸۶).

میزان گوسیپول آزاد در دانه خام بطور قابل توجهی بسته به فاکتورهای محیطی، میزان آبیاری، مقدار و ترکیب کود و گونه پنبه و واریته‌های آن از ۰/۳۹ تا ۱/۷۵ درصد متفاوت است. شرایط فرآوری دانه در میزان گوسیپول آزاد بسیار تاثیرگذار می‌باشد (سهرابی، ۱۳۸۶؛ Lim, *et al*., 2008).

در طول فرایند فرآوری مقادیر مختلفی از گوسیپول آزاد با پروتیین و یا مواد معدنی ترکیب شده و به فرم باند شده تبدیل می‌شود که کمتر برای حیوانات اهمیت دارد زیرا به شکل غیرقابل جذب از لوله گوارش عبور می-کند. کل میزان گوسیپول چون برایند فرم باندی و آزاد می‌باشد در فرآوری تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. گرما، رطوبت، اکسیژن هوا، فشار و سایش پیوند بین گوسیپول آزاد و گروه‌های آمینی با اپسیلون آزاد لایزین را افزایش می‌دهد که منجر به تشکیل یک ترکیب غیر قابل جذب می‌شود و میزان لایزین قابل دسترس را تا ۶۶ درصد کاهش می‌دهد. سیستیین، ترئونین، متیونین و اسیدهای‌آمینه‌ای آبگریز نیز تمایل به تشکیل باند با گوسیپول دارند (Lim, *et al*., 2008).

گوسیپول آزاد همچنین با دیگر اجزا مانند پپتیدها، فسفولیپیدها و غیره واکنش نشان می‌دهد تا تولیدات متراکم‌تر (چگالتر) تولید نماید. در دانه‌های پنبه‌دانه‌ای که مستقیم از حلال برای استخراج چربی استفاده می‌کنند میزان گوسیپول آزاد بالا و بطور میانگین ۰/۳ درصد، در استخراج با حلال و فشار حدود ۰/۰۵٪ و در روش استخراج مکانیکی (Screw pressed) حداقل میزان آن ۰/۰۴ درصد می‌باشد. میانگین مقدار گوسیپول کل در رنج بین ۱/۱۳ تا ۱/۰۲ درصد گزارش شده است. سمیت گوسیپول آزاد برای ماهی بسته به گونه، نژاد، سن، اندازه، شرایط محیطی، میزان نوترینت‌های جیره و مدیریت غذادهی از جمله زمان و نرخ غذادهی متغیر است. از دیرباز نشان داده شده که اثر سمیت گوسیپول آزاد به ترکیبات جیره مانند کیفیت و کمیت پروتیین و مواد معدنی و نسبت-های آنها بستگی دارد، زیرا با اینها واکنش نشان داده و به صورت ترکیب درآمده و سمیت آن از بین می‌رود (Lim, *et al*., 2008).

سالهاست که از مواد معدنی جهت کاهش سمیت گوسیپول آزاد استفاده می‌شود. گوسیپول آزاد با آهن فرو کمپلکس قوی گوسیپول- آهن فرو را تشکیل می‌دهد و از جذب آنها در روده حیوانات تک‌معده‌ای جلوگیری می‌کند (Lim, *et al*., 2008; El-Saidy and Gaber, 2004). هر ملکول گوسیپول آزاد با یک ملکول آهن فرو واکنش نشان می‌دهد که تشکیل این باند قبل از مصرف غذا بسیار موثر است (Lim, *et al*., 2008).

استفاده بیش از اندازه از آهن برای مقابله با سمیت گوسیپول می‌تواند برای ماهی مضر باشد. میزان آهن باید با میزان گوسیپول آزاد در تعادل باشد تا از رشد باکتریایی فون گوارشی حمایت شود. میزان زیاد آهن در گربه-ماهی کانالی سبب افزایش حساسیت به عفونت ناشی از (*Edwardsiella ictaluri*) می‌شود (El-Saidy and Gaber, 2004).

به منظور خنثی‌سازی سمیت گوسیپول استفاده از لایزین در جیره غذایی حیوانات توصیه می‌شود. افزودن لایزین کریستاله در خوک‌ها بطور موثری اثر سمیت گوسیپول آزاد را نسبت به بکارگیری منابع پروتیین سالم با کیفیت بالا مانند پودر ماهی و سویا کاهش نمی‌دهد زیرا ترکیب گوسیپول- لایزین آزاد از مجرای هاضمه جذب می-شود (Lim, *et al*., 2008).

۲-۳- مروری بر مطالعات انجام شده

مطالعات زیادی به منظور تعیین سطح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه انجام شده که گویای عدم تاثیر جایگزینی بر عملکرد رشد تیلاپیای نیل می‌باشد. نتایج حاکی از وابستگی سطح جایگزینی به میزان گوسیپول آزاد موجود در کنجاله پنبه‌دانه، اسیدهای سیکلوپروپیونیک و میزان لایزین موجود در جیره‌های غذایی طراحی شده می‌باشد (El-Saidy and Gaber, 2004; Yue and Zhou, 2008). آنها از کنجاله پنبه‌دانه به همراه مکمل آهن به منظور جایگزینی ۱۰۰٪ پودر ماهی در جیره تیلاپیای نیل استفاده کردند. نتایج نشان داد امکان ۱۰۰٪ جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی با استفاده از نسبت ۱:۱ مکمل سولفات فرو وجود دارد. کنجاله پنبه‌دانه فرآوری شده تحت فشار و حلال بدون نیاز به مکمل لایزین می‌تواند تا ۵۰٪ پودر ماهی در جیره غذایی تیلاپیای نیل جایگزین گردد (El-Saidy, 1999).

در آزمایشی سطوح جایگزینی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی در تیلاپیای نیل انگشت‌قد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از امکان جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۵۰٪ برای تیلاپیای نیل می‌باشد بطوری که هیچ اثر منفی بر رشد و کارایی غذا نداشته و هزینه تمام شده خوراک را ۵۰٪ پایین می‌آورد.

در مطالعه‌ای که اثر جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با کنجاله سویا بر ماهیان نوجوان هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis niloticus* × *O.aureus*) بررسی شد، امکان جایگزینی تا ۳۳/۷۶٪ کنجاله پنبه‌دانه با تقریبا ۶۰٪ کنجاله سویا در جیره پیشنهاد گردید (Yue and Zhou, 2008).

قزل‌آلای رنگین‌کمان انگشت‌قد میزان گوسیپول آزاد حاصل از gossypol-acetic acid را در سطح ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره تحمل می‌کند. گربه‌ماهی کانالی انگشت‌قد میزان گوسیپول آزاد را تا ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره تحمل می‌کنند. در حالی که گزارش شده در حضور ۶۷۱ میلی‌گرم گوسیپول آزاد میزان افزایش وزن و مصرف غذا کاهش یافت (Lim, *et al*., 2008).

در مقایسه با گربه‌ماهی و قزل‌آلا، تیلاپیای آبی انگشت‌قد تغذیه شده با جیره‌های خالص توان تحمل میزان بیشتری گوسیپول آزاد را تا ۱۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم دارند که این میزان برای تیلاپیای نیل انگشت‌قد تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدون اثر منفی بر رشد و بقا در استفاده از جیره‌های خالص می‌باشد. در استفاده از جیره‌هایی بر پایه کنجاله پنبه‌دانه جنس تیلاپیا توان تحمل ۵۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوسیپول آزاد را داراست و مقادیر ۷۰۰ و بالاتر بر رشد و کارایی غذا اثر منفی دارد (Lim, *et al*., 2008).

اضافه کردن آهن فریک به دلیل غیرقابل حل بودن آن، اثر خنثی‌سازی بر گوسیپول آزاد را ندارد. سولفات آهن فرو در نسبت یک به یک آهن و گوسیپول بطور موفقی سمیت گوسیپول را برای خوک، موش و مرغ خنثی می‌کند (Lim, *et al*., 2008). در تیلاپیای نیل اضافه کردن ۹۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات آهن فرو به جیره بر پایه ۶۷٪ کنجاله پنبه‌دانه حاوی ۹۷۲ میلی‌گرم گوسیپول آزاد رشد را بهبود داده و اثرات منفی گوسیپول آزاد را

کاهش می‌دهد. که این کاهش برای گربه‌ماهی مشاهده نشده و برای خوک و ماکیان بطور نسبی پاسخ داده است (El-Saidy and Gaber, 2004).

نتایج آزمایشات گوناگون نشان می‌دهد که سطح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه در جیره ماهیان بسته به میزان گوسیپول آزاد و اسید آمینه لایزین قابل دسترس آن متفاوت است. در گربه‌ماهی کانالی سطح جایگزینی ۱۷/۵٪ کنجاله پنبه‌دانه (با میزان گوسیپول آزاد ۰/۴۹٪) بدون اثر منفی بر رشد میسر است. با استفاده از پودر کنجاله پنبه-دانه با میزان گوسیپول آزاد پایین‌تر (۰/۰۲۲٪) تا میزان ۲۴/۸٪ در جیره گربه‌ماهی کانالی (کاهش ۵۰ درصدی کنجاله سویا) بدون نیاز به مکمل لایزین می‌تواند جایگزین کنجاله سویا گردد. این میزان تا ۵۰/۸٪ (حذف ۱۰۰ درصدی کنجاله سویا) با استفاده از مکمل لایزین قابل جایگزینی است. البته این نتایج توسط دیگر محققین تایید نشده که می‌تواند ناشی از میزان گوسیپول آزاد بیشتر جیره‌های آزمایشی باشد (Lim, *et al*., 2008).

در کنجاله پنبه‌دانه بدون غده (Glandless: چربی زدایی از پنبه‌دانه بدون غده) که دارای کمتر از ۰/۰۱٪ گوسیپول آزاد می‌باشد تا ۱۰۰٪ امکان جایگزینی آن بدون بروز اثر منفی بر رشد و کارایی غذا وجود دارد و استفاده از مکمل لایزین اثر مثبت ندارد. در ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان انگشت‌قد و Coho salmon (*O. kisutch*) به ترتیب ۲۲، ۱۵ و ۳۴ درصد جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه بجای پودر ماهی صورت گرفته است (Lim, *et al*., 2008).

Jackson و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کرده‌اند که کنجاله پنبه‌دانه حاصل از استخراج به روش فشار و حلال دارای ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گوسیپول آزاد، می‌تواند منبع پروتیین خوبی برای تیلاپای موزامبیک باشد. رشد ماهیان در ۵۰٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله پنبه‌دانه بهبود یافته و در ۱۰۰٪ جایگزینی نیز مشابه ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد بود. در مقابل Ofojekwu و Ejike (۱۹۸۴) گزارش کردند که کیک پنبه‌دانه حتی در سطح جایگزینی ۲۰-۱۶٪ هم رشد قابل قبول را در تیلاپیای نیل رقم نمی‌زند.

در جیره غذایی تیلاپیای هیبرید در اندازه پرواری (*O.aureus* × *O.niloticus*) می‌توان از کنجاله پنبه‌دانه با گوسیپول پایین به میزان کنجاله سویا در استخرهای پرواری استفاده کرد (Viola and Zohar, 1984). جایگزینی یک سوم کنجاله سویا با ۱۹٪ کنجاله پنبه‌دانه و لایزین اثر منفی بر عملکرد رشد تیلاپیای نیل انگشت‌قد نداشته و افزایش آن تا سطح ۳۸٪ و بیشتر اثر منفی بر رشد دارد (Lim, *et al*., 2002).

استفاده از ۱۹/۴٪ کیک پنبه‌دانه در جیره غذایی تیلاپیای نیل انگشت‌قد در مقایسه با گروه کنترل محتوی پودر ماهی کاهش وزن و کارایی غذا را نشان داد (Lim, *et al*., 2002). همچنین El-Sayed (۱۹۹۰) گزارش کرد در تیلاپیای نیل انگشت‌قد تغذیه شده با ۶۵٪ کنجاله پنبه‌دانه میزان افزایش وزن ۲۴٪ و کارایی غذا ۳۵٪ در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافت. در جیره گونه تیلاپیا (*Oreochromis* spp.) که ۵۰٪ پودر ماهی داشته باشد امکان جایگزینی تا ۲۹/۴٪ با کنجاله پنبه‌دانه بدون اثر منفی بر افزایش وزن و کارایی غذا وجود دارد.

۳-۳- مواد و روش‌ها

۱-۳-۳- محل اجرای آزمایش

به قسمت ۱-۳-۲ مراجعه شود.

۲-۳-۳- طراحی آزمایش

به قسمت ۲-۳-۲ مراجعه شود.

۳-۳-۳- آنالیز اقلام غذایی و ماهی

میزان درصد پروتیین، چربی، فیبر، خاکستر پنبه‌دانه (جدول ۱-۳) و رطوبت تمامی اقلام غذایی، جیره‌های ساخته شده (جدول ۲-۳) و لاشه ماهیان (جدول ۴-۳) بر اساس روش‌های آزمایشگاهی مطابق با AOAC انجام شد. میزان هیدرات کربن و انرژی خام موجود نیز به روش محاسباتی بدست آمد. در ادامه مطلب به قسمت ۳-۳-۲ مراجعه شود.

٤-۳-۳- فرمولاسیون غذایی

در این آزمایش ۴ جیره آزمایشی با میزان ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه بجای اقلام غذایی گران قیمت تامین کننده پروتیین جیره (پودر ماهی و سویا) با یک جیره شاهد بر پایه منابع پروتیینی پودر ماهی و سویا که نتیجه پروژه تحقیقاتی تعیین مناسب‌ترین جیره غذایی برای پرورش تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) در آب لب‌شور بافق بود با میزان پروتیین و انرژی خام یکسان طراحی، ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳-۳).

میزان گوسیپول آزاد موجود در کنجاله پنبه‌دانه رقم ورامین که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت ۰/۰۳٪ از کنجاله را تشکیل می‌دهد (سهرابی، ۱۳۸۶) که البته با توجه به اینکه این میزان به شرایط کشت پنبه‌دانه و سایر عوامل محیطی و ژنتیکی بستگی دارد بنا به توصیه موسسه تحقیقات پنبه کشور میزان گوسیپول آزاد دو برابر مقدار گزارش شده در نظر گرفته شد. لذا با توجه به توصیه‌های انجام شده سولفات آهن فرو در نسبت برابر در جیره به جهت خنثی‌سازی اثرات منفی گوسیپول آزاد استفاده گردید (El-Saidy and Gaber, 2004; Yue and Zhou, 2008).

۵-۳-۳- ساخت و فرآوری غذا

به قسمت ۵-۳-۲ مراجعه شود.

٦-۳-۳- سیستم پرورش

به قسمت ۶-۳-۲ مراجعه شود.

۷-۳-۳- شاخص‌های مورد ارزیابی

به قسمت ۷-۳-۲ مراجعه شود.

۸-۳-۳- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

به قسمت ۸-۳-۲ مراجعه شود.

جدول ۱-۳) آنالیز کنجاله پنبه‌دانه

آنالیز شیمیایی	کنجاله پنبه‌دانه
پروتیین خام (٪)	۲۷
چربی (**Ether extract**)(٪)	۷/۳۹
عصاره عاری از ازت (٪)	۲۸/۲۸
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۳/۳۸
فیبر (٪)	۳۲/۱۸
خاکستر (٪)	۵/۱۵
رطوبت (٪)	۶/۶۲

جدول ۲-۳) آنالیز جیره‌های آزمایشی

آنالیز شیمیایی	جیره شاهد	پنبه ۱۵٪	پنبه ۲۵٪	پنبه ۳۵٪	پنبه ۴۵٪
پروتیین خام (٪)	۲۹/۱۳	۲۹/۳۳	۲۹/۱۵	۲۸/۴۵	۲۸/۶۴
چربی (**Ether extract**)(٪)	۹/۲۹	۱۲/۵۴	۱۵/۷۸	۱۹/۰۸	۲۲/۶۴
عصاره عاری از ازت (٪)	۵۰/۲۱	۴۲/۸۶	۳۶/۶۵	۲۹/۳۰	۲۲/۴۵
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۴/۵۸	۴/۶۰	۴/۶۴	۴/۶۱	۴/۶۸
فیبر (٪)	۱/۹۵	۶/۴۸	۹/۹۰	۱۴/۷۵	۱۸/۰۶
خاکستر (٪)	۹/۴۲	۸/۷۸	۸/۵۲	۸/۴۲	۸/۲۱
رطوبت (٪)	۷/۴۹	۷/۰۷	۵/۷۶	۳/۴۴	۳/۴۵
نسبت پروتیین به انرژی خام (میلی‌گرم بر کیلو کالری)	۶۳/۵۹	۶۳/۷۹	۶۲/۸۴	۶۱/۷۱	۶۱/۲۵

جدول ۳-۳) فرمولاسیون و ترکیب جیره‌های آزمایشی (مقادیر به درصد می‌باشد)

اقلام غذایی	جیره شاهد	پنبه ۱۵٪	پنبه ۲۵٪	پنبه ۳۵٪	پنبه ۴۵٪
پودر پنبه‌دانه	۰	۱۳/۷۵	۲۷/۵۰	۴۱/۲۵	۵۳/۹۶
پودر ماهی	۲۳/۱۳	۲۰/۰۸	۱۷/۹۲	۱۵/۱۹	۱۲/۲۹
پودر سویا	۲۳/۱۵	۲۰	۱۷	۱۵	۱۳
آرد گندم	۲۰	۱۸/۸۶	۱۲/۴۱	۵/۵۰	۰
نشاسته ذرت	۲۵/۲	۱۵	۱۰	۵	۰
مکمل ویتامینی[۱]	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین ث[۲]	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
مکمل معدنی[۳]	۱	۱	۱	۱	۱
مکمل اسیدآمینه[۴]	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
متیونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ترئونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
لایزین	۰	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲
روغن سویا	۵/۳۴	۸/۵۰	۱۱/۳۵	۱۴/۲۴	۱۶/۹۱
سولفات آهن فرو	۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۳
اکسید کروم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۱- Vitamin A 3600000 IU/kg; D3 800000 IU/kg; E 14400 mg/kg; K3 800 mg/kg; B1 710 mg/kg; B2 2640 mg/kg; B3 11880 mg/kg; Calcium Pantothenate 3920 mg/kg; B6 1176 mg/kg; B9 400 mg/kg; B12 6 mg/kg; Biotin 40 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۲- درصد خلوص ویتامین ث ۵۰ است.

۳- Zn 33880 mg/kg; Mn 39680 mg/kg; Cu 4000 mg/kg; Fe 20000 mg/kg; Se 80 mg/kg; I 397 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۴- Vitamin A 30000000 IU/l; D3 1000000 IU/l; E 15000 mg/l; K3 1000 mg/l; B1 4000 mg/l; B2 3000 mg/l; B3 10000 mg/l; B5 5000 mg/l; B6 1000 mg/l; B12 10 mg/l; H 20 mg/l; L-Aspartic acid 3600 mg/l; L-Glycine 2400 mg/l; L-Lysine 3100 mg/l; L-Histidine 800 mg/l; L-Arginine 2100 mg/l; L-Isoleucine 1900 mg/l; L-Leucine 3200 mg/l; L-Tyrosine 1200 mg/l; L-Phenylalanine 1900 mg/l; L-Alanine 2600 mg/l; L-Cystine 600 mg/l; L-Valine 2800 mg/l; DL-Methionine 700 mg/l; L-Threonine 2100 mg/l; L-Serine 2700 mg/l; L-Glutamic acid 6200 mg/l; L-Proline 2100 mg/l.

٤-۳- نتایج

مشخصات فیزیکوشیمیایی آب بطور کلی در قسمت ۴-۲ آمده است. سطوح پنبه‌دانه بر میزان زنده‌مانی اثر معنی‌دار نشان نداد ($p>0.05$). میزان زنده‌مانی در جیره شاهد، پنبه ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵٪ جایگزینی به ترتیب ۹۷/۲، ۱۰۰، ۹۷/۲، ۹۷/۲ و ۹۴/۴ بدست آمد.

۱-٤-۳- شاخص‌های رشد

۱-۱-٤-۳- افزایش وزن (*Weight gain*)

با افزایش درصد کنجاله پنبه‌دانه، افزایش وزن کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<0.05$). بطوریکه جیره شاهد (۲۹/۵±۱۸۵/۶) بیشترین رشد را داشت و بطور معنی‌داری متفاوت از بقیه بود. افزایش وزن بین سطوح جایگزینی ۱۵، ۲۵ و ۳۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>0.05$). شایان ذکر است در جیره غذایی ۴۵٪ جایگزینی میزان آن بطور معنی‌داری از همه کمتر بود (جدول ۴-۳).

۲-۱-٤-۳- ضریب رشد ویژه (*Specific growth rate*)

ضریب رشد ویژه بطور معنی‌داری تحت تاثیر میزان کنجاله پنبه‌دانه جیره‌ها قرار داشت و مقدار آن با افزایش میزان پنبه جیره‌ها کاهش پیدا کرد بطوریکه بیشترین میزان در جیره شاهد (۰/۲۴±۲/۴۹) بدست آمد و در سطح جایگزینی ۴۵ درصد مقدار آن بطور معنی‌داری از همه کمتر بود ($p<0.05$). شایان ذکر است بین سطوح جایگزینی ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد این اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0.05$)(جدول ۴-۳؛ شکل ۱-۳).

۲-٤-۳- شاخص‌های راندمان غذا

۱-۲-٤-۳- ضریب تبدیل غذایی (*Food conversion efficiency*)

طبق نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده آزمایش، سطوح مختلف کنجاله پنبه‌دانه بر میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) ماهیان در سطح معنی‌داری اثر گذار بود ($p<0.05$)، بطوری که سطح جایگزینی ۴۵٪ بطور معنی‌داری از بقیه بیشتر بود (جدول ۴-۳؛ شکل ۱-۳) و بین سایر سطوح اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>0.05$).

۲-۲-٤- ۳-برداشت غذا (*Total food intake*)

میزان برداشت غذا با افزایش کنجاله پنبه‌دانه بطور معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفت ($p<0.05$). ماهیان جیره شاهد بیشترین میزان برداشت خوراک را داشتند که بطور معنی‌داری متفاوت از بقیه بود و یک ارتباط معکوسی بین افزایش میزان پنبه و برداشت غذا مشاهده شد (جدول ۴-۳). در جیره‌های حاوی پنبه بیشترین میزان در سطح جایگزینی ۱۵٪ مشاهده شد و بین جیره‌های حاوی ۲۵ و ۳۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$). ضمن

اینکه ماهیان تغذیه شده با جیره دارای بیشترین میزان جایگزینی پنبه‌دانه بطور معنی‌داری متفاوت و کمتر از بقیه خوراک مصرف کرده بودند ($p<0.05$).

۳-۲-٤-۳- مصرف پروتیین (*Protein intake*)

روند تغییرات مصرف پروتیین کاملا منطبق بر میزان برداشت غذا بود (جدول ۴-۳؛ شکل ۱-۳). بیشترین و کمترین میزان مصرف پروتیین به ترتیب در جیره‌های شاهد و سطح جایگزینی ۴۵٪ کنجاله پنبه‌دانه مشاهده شد که بطور معنی‌داری با بقیه جیره‌ها متفاوت بود ($p<0.05$). بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۳۵ درصد اختلاف معنی-داری مشاهده نشد ($p>0.05$).

۳-٤-۳- شاخص‌های بازده پروتیین

۱-۳-٤-۳- نرخ بازده پروتیین (*Protein efficiency rate*)

نرخ بازده پروتیین بین سطوح مختلف بجز جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله پنبه‌دانه، اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0.05$). این در حالی است که بیشترین میزان آن در جیره شاهد (۰/۳۴±۲/۶۰) بدست آمد (جدول ۴-۳؛ شکل ۱-۳).

۲-۳-٤-۳- راندمان پروتیین تبدیلی (*Protein conversion efficiency*)

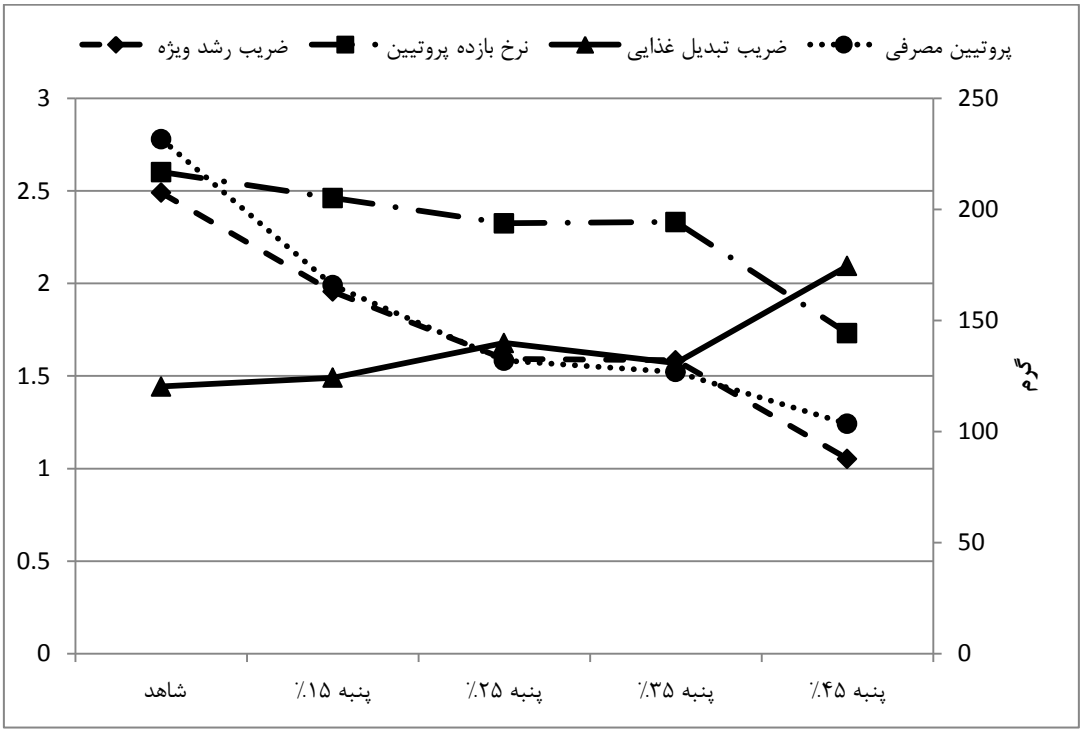
بیشترین میزان راندمان پروتیین تبدیلی در جیره شاهد (۵/۰۴±۳۹/۲۰) مشاهده شد (جدول ۴-۳) که البته با سطوح جایگزینی ۱۵، ۲۵ و ۳۵٪ کنجاله پنبه‌دانه اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0.05$). راندمان پروتیین تبدیلی در جیره حاوی ۴۵٪ پنبه بطور معنی‌داری کمتر از سایر خوراک‌ها بود ($p<0.05$).

٤-۳- ترکیبات لاشه ماهیان

میزان پروتیین لاشه جیره حاوی ۱۵٪ جایگزینی بیشترین مقدار بود (جدول ۴-۳) که بطور معنی‌داری از مقدار آن در لاشه ماهیان تغذیه شده با خوراک دارای ۴۵٪ جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه بیشتر بود ($p<0.05$).

میزان چربی لاشه ماهیان در کلیه خوراک‌های مورد استفاده در این آزمایش اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>0.05$)(جدول ۴-۳).

شکل ۱-۳) مقایسه روند تغییرات میزان پروتیین مصرفی با ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نرخ بازده پروتیین



جدول ٤-۳) نتایج حاصل از فاکتورهای رشدی و آنالیز لاشه ماهیان

شاخص-ها		جیره شاهد	پنبه ٪۱۵	پنبه ٪۲۵	پنبه ٪۳۵	پنبه ٪۴۵
وزن اولیه*[1]		۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳
وزن انتهایی[1]		۷۶/۱۳±۷/۹۱	۶۰/۷۰±۳/۵۸	۵۲/۴۰±۷/۵۶	۵۲/۰۳±۵/۰۴	۴۱/۵۳±۲/۶۲
ضریب تبدیل غذایی		۱/۴۵±۰/۲۰ [a]	۱/۴۹±۰/۰۵ [a]	۱/۶۷±۰/۴۸ [a]	۱/۵۷±۰/۱۶ [a]	۲/۰۹±۰/۱۴ [b]
افزایش وزن		۱۸۵/۶±۲۹/۵ [a]	۱۲۷/۶۹±۱۳/۴۴ [b]	۹۶/۵۷±۲۸/۳۷ [b]	۹۵/۲۰±۱۸/۸۹ [b]	۵۵/۸۱±۹/۸۴ [c]
ضریب رشد ویژه		۲/۴۹±۰/۲۴ [a]	۱/۹۶±۰/۱۳ [b]	۱/۶۰±۰/۳۴ [b]	۱/۵۸±۰/۲۳ [b]	۱/۰۵±۰/۱۵ [c]
برداشت غذا[1]		۸۵۹/۹±۲۶/۴ [a]	۶۰۸/۶±۵۸/۹ [b]	۴۸۰/۴±۷۴/۵ [c]	۴۶۱/۷±۵۴/۷ [c]	۳۷۴/۳±۴۴/۵ [d]
مصرف پروتیین[1]		۲۳۱/۷±۷/۱ [a]	۱۶۵/۹±۱۶/۱ [b]	۱۳۲±۲۰/۵ [c]	۱۲۶/۸±۱۵/۰ [c]	۱۰۳/۵±۱۲/۳ [d]
نرخ بازده پروتیین		۲/۶۰±۰/۳۴ [a]	۲/۴۶±۰/۰۸ [a]	۲/۳۳±۰/۸۰ [a]	۲/۳۳±۰/۲۱ [a]	۱/۷۳±۰/۱۱ [b]
راندمان پروتیین تبدیلی		۳۹/۲۰±۵/۰۴ [a]	۴۰/۴۳±۱/۸۵ [a]	۳۵/۴۷±۱۲/۴۹ [a]	۳۴/۹۴±۴/۳۴ [a]	۲۲/۹۴±۲/۰۴ [b]
آنالیز لاشه	پروتیین خام[2]	۵۲/۸۰±۰/۱۰ [ab]	**55/10±0/95 [a]**	**54/23±1/14 [ab]**	**54/33±1/56 [ab]**	**51/90±0/46 [b]**
	چربی (**Ether extract**) [2]	۳۱/۵۸±۱/۳۵ [a]	**31/12±0/97 [a]**	**29/98±1/28 [a]**	**31/51±0/24 [a]**	**31/52±0/63 [a]**

- اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (**p<0.05**).

۲- گرم

۲- مقادیر بر اساس وزن خشک می‌باشند.

۵-۳- بحث

سطوح مختلف جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه بر میزان زنده‌مانی ماهیان اثر معنی‌دار نداشت. نتیجه‌ای که سایر محققین نیز گزارش کردند (Agbo, *et al*., 2011; Yue and Zhou, 2008).

بررسی فاکتورهای رشدی حاکی از اختلاف بین تیمار شاهد با سطوح جایگزینی بود، به این صورت که میزان رشد در جیره شاهد بطور معنی‌داری بیشتر از جیره‌های دارای کنجاله پنبه‌دانه بود. نتایج مشابه در تیلاپیای نیل تغذیه شده با جیره‌هایی بر پایه کنجاله پنبه‌دانه بدست آمده است (Ofojekwu and Ejike, 1984; El-Sayed, 1990). با افزایش سطح جایگزینی پنبه‌دانه شاخص‌های رشد کاهش یافتند که البته این کاهش بین سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵٪ جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی و سویا معنی‌دار نبود. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای حاوی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰٪ بجای پودر ماهی و البته با جیره شاهد در تیلاپیا گزارش شد (Agbo, *et al*., 2011; Mbahinzireki, *et al*., 2001). این نتایج توسط You و Zhou (۲۰۰۸) بر روی هیبرید ماهی تیلاپیا تا سطح جایگزینی ۶۰٪ کنجاله پنبه‌دانه با پودر سویا مشاهده شد.

در میزان برداشت غذا و مصرف پروتیین نیز در جیره شاهد بالاتر از سطوح جایگزینی بود. در بین تیمارهای حاوی کنجاله پنبه‌دانه، ماهیان در سطح جایگزینی ۱۵ درصد بطور معنی‌داری بیشتر از بقیه غذا خورده و به تبع آن میزان پروتیین مصرفی آنان نیز بالاتر بوده است و بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۳۵ درصد نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. Agbo و همکاران در تیلاپیای نیل انگشت‌قد اختلاف معنی‌دار در میزان برداشت غذا بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰٪ مشاهده نکردند. نتایج مشابه بر روی تیلاپیا توسط Mbahinzireki و همکاران (۲۰۰۱) گزارش شده است.

در بررسی میزان ضریب تبدیل غذایی بین جیره شاهد با سطوح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه (بجز با سطح جایگزینی ۴۵ درصد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در آزمایشی، جایگزینی ۱۰۰٪ کنجاله پنبه‌دانه همراه با مکمل سولفات آهن فرو به نسبت یک به یک گوسیپول آزاد در جیره غذای تیلاپیای نیل اختلاف معنی‌داری در میزان ضریب تبدیل غذایی بین جیره دارای کنجاله پنبه‌دانه با خوراک شاهد بر پایه پودر ماهی مشاهده نشد (El-Saidy and Gaber, 2004)، این نتایج توسط Agbo و همکاران (۲۰۱۱) بر روی بچه ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای نیل تا سطح جایگزینی ۵۰٪ کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی تایید می‌شود.

صرف نظر از شاخص‌های رشد، نتایج حاکی از قابلیت بالای جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه می‌باشد و نشان می‌دهد که کاهش برداشت غذا و به تبع آن پروتیین مصرفی سبب کاهش رشد گردیده و علت آن می‌تواند خوش خوراک نبودن خوراک به دلیل وجود سیناپین (دارای مزه تند و تلخ) و فیبر زیاد در جیره‌هایی با میزان بالای ۳۵٪ کنجاله پنبه‌دانه باشد. دلایلی که توسط سایر محققین تایید می‌گردد (Agbo, *et al*., 2011).

آنالیزهای آماری اطلاعات حاصل از آزمایش در شاخص‌های کارایی پروتیین (PER و PCE) نیز بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین جیره شاهد و سطوح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵ درصد می‌باشد. در

آزمایشی بر روی تیلاپیای نیل که اثر جایگزینی ۱۰۰٪ پنبه‌دانه با پودر ماهی با استفاده از مکمل سولفات آهن فرو بررسی شد اختلاف معنی‌داری در میزان نرخ بازده پروتیین بین جیره شاهد با خوراک دارای نسبت برابر گوسیپول آزاد و سولفات آهن فرو مشاهده نگردید (El-Saidy and Gaber, 2004). در مطالعه‌ای دیگر Agbo و همکاران (۲۰۱۱) از عدم وجود اخلاف معنی‌دار در میزان شاخص‌های کارایی پروتیین در بچه ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای نیل تغذیه شده با جیره‌هایی با کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰٪ ماهی خبر دادند.

در مطالعه حاضر کارایی میزان پروتیین در سطوح جایگزینی بالا بوده و عوامل ضدتغذیه‌ای بر قابلیت جذب و کارایی پروتیین اثر گذار نبوده‌اند و مشکل اساسی در خوش خوراک نبودن خوراک و کاهش برداشت غذا می‌باشد (شکل ۱-۳). با توجه به متناسب بودن شاخص‌های کارایی پروتیین و خوراک بین جیره شاهد و جیره‌های دارای کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵٪ جایگزینی به نظر می‌رسد کنجاله پنبه‌دانه بر قابلیت جذب خوراک اثر بارزی نداشته است. صرف نظر از میزان رشد، با توجه به شاخص‌های کارایی خوراک و پروتیین، در صورت بر طرف شدن مشکل خوش خوراکی غذا به کمک مواد جذاب به نظر می‌رسد کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۳۵٪ قابلیت استفاده در جیره‌های تیلاپیای پرواری را داشته باشد.

تفاوت در میزان گوسیپول موجود در کنجاله پنبه‌دانه به علت شرایط متفاوت کشت و عدم مناسب بودن عوامل محیطی، روش روغن‌کشی تخم پنبه‌دانه در کارخانجات روغن‌کشی و یا مخلوطی از هر دو عامل می‌باشد. علی‌رغم اینکه El-Saidy و Gaber (۲۰۰۴) اختلاف در نتایج ارائه شده در جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه در جیره ماهیان را وجود تفاوت در میزان گوسیپول آزاد کنجاله‌های پنبه‌دانه اعلام کردند.

با توجه به اینکه وجود گوسیپول آزاد در جیره‌ها اثرات سمی بر حیوانات تک‌معده‌ای از جمله ماهیان دارد (Yue and Zhou, 2008) به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های کارایی خوراک و پروتیین بین جیره شاهد و جیره‌های دارای کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵٪ جایگزینی پودر ماهی و سویا به نظر می‌رسد استفاده از سولفات آهن فرو اثرات سمی گوسیپول را خنثی کرده است و علت اختلاف بین نتایج حاصل از این تحقیق با سایر محققین به زیاد بودن میزان سایر مواد ضدتغذیه‌ای مانند سیناپین و فیبر زیاد باشد که بر خوش خوراکی خوراک اثر منفی داشته و باعث کاهش برداشت غذا و به تبع آن کاهش پروتیین مصرفی و رشد می‌گردد (Agbo, *et al.*, 2011). از آنجایی که گوسیپول در غدد رنگدانه‌ای گیاه ذخیره می‌باشد (سهرابی، ۱۳۸۶)، در آزمایشی با بررسی اثرات گوسیپول بر تغذیه تیلاپیا (*Tilapia aurea*) با کنجاله پنبه‌دانه با غده و غده‌زدایی شده نشان داده شد عملکرد ضعیف ماهی تغذیه شده با منبع پروتیین پنبه‌دانه ظاهرا ربطی به گوسیپول جیره ندارد (Robinson, *et al.*, 1984). در مطالعه‌ای دیگر بر روی گربه‌ماهیان مشخص شده که استفاده از کنجاله پنبه‌دانه اصلاح نژاد شده از لحاظ تغذیه‌ای اثرات مشابه کنجاله پنبه‌دانه معمولی اصلاح نژاد نشده دارد (Li, *et al.*, 2008).

در آزمایشات دیگر نیز محققین دلایل متفاوتی را جهت کاهش رشد ماهیان تیلاپیا که در معرض جیره‌های حاوی کنجاله پنبه‌دانه بودند ذکر می‌کنند. برخی کمبود لایزین، متیونین و سیستین جیره را عاملی بر کاهش

رشد می‌دانند و برخی آنرا رد می‌کنند. عده دیگری از محققین گوسیپول را مسئول کاهش رشد ماهیان نمی‌دانند و حضور سیکلوپروپیونیک اسید را عاملی بر آن می‌شمارند (Ogunji, 2004).

بین جیره شاهد و سطوح جایگزینی تا سطح ۴۵ درصد اختلاف معنی‌دار در میزان پروتیین لاشه مشاهده نشد و در میزان چربی لاشه اختلافی بین تمامی تیمارها مشاهده نگردید. Yue و Zhou (۲۰۰۸) نیز بیان کردند در ماهیان هیبرید تیلاپیا، پروتیین و چربی لاشه تحت تاثیر سطوح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با پودر سویا قرار نگرفته است.

٤- آزمایش سوم: آزولا

١-٤- مقدمه

گونه آزولای ایران (*Azolla filiculoides* Lam.) یک سرخس پلانکتونی کوچک آبزی می‌باشد با ریشه‌های غوطه‌ور که روی سطح کانالها، دریاچه‌ها، تالابها، استخرها و نهرهای آرام دیده می‌شود. جنس آزولا دارای ۶ گونه می‌باشد که در سراسر جهان در مناطق حاره‌ای، تحت حاره‌ای و معتدله پراکنش دارد (Hasan and Chakrabarti, 2009; Hashemloian and azimi, 2009). برگ‌های آن در سایه سبز رنگ و در آفتاب قرمز است. گیاه کوچکی با طول ۲/۵-۱/۵ سانتی‌متر بوده و ریشه‌های آن ریشه‌چه‌های جانبی داشته و ظاهری پر مانند دارند. برگ‌ها ۲-۱ سانتی‌متر طول دارند و سطح رویی آنها سبز، سبز قهوه‌ای یا قرمز و سطح زیرین آنها قهوه‌ای شفاف می‌باشد (شکل ۱-۴). در فصل تکثیر اسپورهای گرد ۱/۵-۱ میلی‌متری در شاخه‌های جانبی لبه پایینی آن قابل رویت است. برگ‌های قرمز و خرمایی مایل به قرمز، یک پوشش قرمز مخملی در سطح منابع آبی به نمایش می‌گذارند (Hashemloian and azimi, 2009).

شکل ١-٤) آزولا

تکثیر آزولا هم به صورت رویشی و هم با اسپور می‌باشد. سرعت رشد آن بسیار زیاد و توده آن در مدت ۱۰-۳ روز دو برابر می‌شود و توانایی زیستن در اکوسیستم‌هایی با نیتروژن فقیر را دارد. میزان برداشت آن ۱۰-۸ تن در هکتار بر اساس وزن‌تر می‌باشد که در هند این رقم ۳۷/۸ نیز گزارش شده است. این گیاه در لیست علف‌های هرز آمریکا قرار دارد. آزولا با جلبک سبز- آبی *Anabaena azollae* با قابلیت ذخیره‌سازی نیتروژن به کمک سیانوباکترها همزیستی دارد که این می‌تواند همانند گیاه سویا در مزارع برنج مفید باشد و در سیستم‌های پرورش نیمه‌متراکم نیز قابلیت دسترسی به نیتروژن را افزایش می‌دهد. به این دلیل است که گاهی اوقات از آن به عنوان کود در مزارع استفاده می‌شود (Hashemloian and Azimi, 2009; Hasan and Chakrabarti, 2009; Micha, *et al*., 1988; Santiago, *et al*., 1988).

گونه‌های بومی از آزولا در ایران گزارش نشده است. در سال ۱۹۸۶ وزارت کشاورزی ایران آنرا از فیلیپین وارد و به بندرانزلی جهت مطالعه روی قابلیت تثبیت نیتروژن آن معرفی کرد که بعدها در سرتاسر شمال ایران گسترش یافت. شرایط جغرافیایی مزارع برنج، استخرها و رودخانه‌های شمال ایران بهترین زیستگاه برای گسترش و رشد آزولا می‌باشند. آزولا بسیار سریع رشد کرد و در طول بیست سال در سه استان شمالی ایران پخش شد (Hashemloian and Azimi, 2009)(شکل ۲-۴).

شکل ۲-٤) تالاب کاندوچال

از آزولا به عنوان کود جهت افزایش تولید در مزارع استفاده می‌شود، همچنین آزولا به عنوان مکمل غذایی برای خوک و ماکیان مطرح می‌باشد (Hasan and Chakrabarti, 2009). آزولا به عنوان یک منبع غذایی اهمیت زیادی برای ماهیان علفخوار دارد. این گیاه در کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز در مزارع برنج موثر است و همچنین قادر است بطور قابل توجهی سرب، کادمیوم، مس و روی را از منابع آبی جذب نماید که به این دلیل در پالایش فاضلاب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکنون این گیاه مفید به دلیل رشد سریع و گسترش زیاد آن به یک گیاه مضر تبدیل شده است، آنها سطح آب را بطور متراکم فرش می‌کنند و قایق رانی، صید و فعالیت‌های تفریحی را مختل کرده و همچنین کیفیت آب را تحت تاثیر قرار می‌دهند بطوریکه سطح اکسیژن و همچنین نفوذ نور به داخل آب را کاهش و شرایط را برای زیست ماهیان و سایر گیاهان آبزی سخت می‌نماید و هر ساله هزاران ماهی در تالابها به دلیل نبود اکسیژن هلاک می‌شوند. آنها همچنین مانع مهاجرت ماهیان برای تخم‌ریزی شده و از بازگشت ماهیان انگشت‌قد به دریای خزر جلوگیری می‌کنند. آزولا با افزایش مواد مغذی سبب اوتروفی رودخانه‌ها، تالابها، دریاچه‌ها، آبگیرها و استخرها شده و اثر منفی بر اکوسیستم شمال ایران نهاده است. آنها سبب ایجاد مشکل در پمپ ها، فیلترها، منابع آب آشامیدنی و سدها، کاهش ذخایر آب باران، افزایش خطر سیل و کاهش عمق آب با افزایش رسوب گذاری گردیده‌اند (Hashemloian and Azimi, 2009).

۱-۱-٤- ارزش غذایی آزولا

آزولا نسبت به سایر علوفه‌ها و گیاهان آبزی پروتیین خام (۳۰-۱۹ درصد) بیشتری داشته و ترکیبات اسیدهای-آمینه آن از لحاظ لایزین غنی بوده و برای تغذیه حیوانات به نسبت مطلوب می‌باشد. میزان پروتیین خام گونه آزولای وارد شده به ایران (*A. filiculoides*) بطور میانگین ۲۸/۵-۲۵ درصد، چربی خام ۳/۱ درصد، ماده خشک ۶/۵ درصد و خاکستر آن ۱۷/۳ درصد است. از لحاظ اسیدهای‌آمینه نسبت به سایر گونه‌ها فقیرتر می‌باشد (Hasan and Chakrabarti, 2009).

۲-۱-٤- مواد ضدتغذیه‌ای

آزولا دارای مواد ضدتغذیه‌ای همچون سیانید (Cyanide)، تانن (Tannin)، فایتین (Phytin) و بازدارنده تریپسین می‌باشد. علاوه بر این آزولا قابلیت انباشت فلزات سنگین مانند نیکل، مس، کادمیوم، سرب و روی را دارد (Hashemloian and Azimi, 2009; Fasakin and Balogun, 2001; Maity and Patra, 2003). میزان مواد ضدتغذیه‌ای در آزولای تازه بیشتر از آزولای خشک شده در برابر آفتاب می‌باشد و لذا خشک کردن ارزش غذایی آنرا بالا می‌برد. آنها در فرایندهای هاضمه حیوانات دخالت کرده و موجب کاهش رشد و کارایی خوراک می‌گردند (Fasakin and Balogun, 2001).

۲-٤- مروری بر مطالعات انجام شده

کاربرد آزولا عنوان خوراک در آبزی‌پروری در مقیاس کوچک مورد توجه قرار گرفته است (Hasan and Chakrabarti, 2009). مطالعات کمی بر روی استفاده از گونه‌های مختلف آزولا جهت تغذیه هیبرید کپورماهیان و گونه‌های سیچلیده (*Cichlid*) انجام شده است و نشان داده شده *A. caroliniana* ترجیح بیشتری برای ماهیان سیچلیده دارد. علی‌رغم کاهش فاکتورهای رشدی با افزایش آزولا در جیره تیلاپیا توصیه کرده‌اند که می‌توان از آن جهت تولید جیره‌هایی با بیشترین توجیه اقتصادی استفاده کرد.

در مطالعه‌ای ماهیان تیلاپیای نیل انگشت‌قد و نرهای بالغ با *A. pinnata* تغذیه شدند (Almazan, *et al*., 1986). ماهیان انگشت‌قد با آزولای تازه، پودر شده، پلت شده به صورت جایگزینی در جیره شاهد (۴۰٪ پودر ماهی، ۴۰٪ سبوس برنج، ۱۰٪ نشاسته ذرت و ۱٪ مواد ریز مغذی) از ۱۰ تا ۹۰ درصد تغذیه شدند. در تمامی جیره‌های استفاده شده از آزولا رشد منفی و یا آهسته بود. با افزایش میزان آزولا، رشد کاهش و ضریب تبدیل غذایی افزایش می‌یافت.

در آزمایشی Micha و همکاران (۱۹۸۸) از آزولا در جیره غذایی *Oreochromis niloticus* و *Tilapia rendalli* انگشت‌قد استفاده کردند. آنها سه تیمار غذای پلت، غذای پلت و آزولا به نسبت برابر و آزولای تنها را

آزمودند. نتایج حاکی از کاهش شاخص‌های رشد، کارایی خوراک و پروتیین با حضور آزولا در جیره غذایی ماهیان است.

پاسخ لاروهای تیلاپیای نیل به پودر آزولا توسط Santiago و همکاران (۱۹۸۸) بررسی شد. آنها از پودر آزولای خشک شده در معرض آفتاب در سطوح ۸/۵، ۱۷، ۲۵/۴۶، ۳۴ و ۴۲/۴۵ درصد بجای پودر ماهی در جیره غذایی ماهیان استفاده کردند. نتایج حاکی از افزایش رشد و بهبود کارایی غذا با افزایش میزان آزولای جیره می‌باشد.

اثرات فرموله کردن جیره غذایی ماهی تیلاپیا (*Tilapia mossambica*) با استفاده از آزولا به عنوان منبع پروتیین توسط Sithara و Kamalaveni (۲۰۰۸) بررسی شد. میزان برداشت خوراک و رشد ماهیان تیلاپیا با افزایش میزان آزولای جیره افزایش یافت، لذا آزولا را عنوان ماده‌ای با ارزش غذایی بالا جهت ساخت جیره‌های اقتصادی برای این ماهی معرفی کردند.

اثرات تراکم بر رشد، محصول و سود مزارع تیلاپیای نیل تغذیه شده با آزولا در استخرهای خاکی مورد مطالعه قرار گرفت (Abou, *et al*., 2007). بر پایه مطالعات رشدی و سود اقتصادی، تراکم کشت تیلاپیای ۳ عدد در متر مربع با جیره حاوی ۴۰٪ آزولا جهت دستیابی به بهبود تولید و بیشترین سود اقتصادی توصیه شد.

بررسی کارایی آزولای خشک شده در جیره غذایی کپور ماهیان هندی (روهو) در سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد مورد مطالعه قرار گرفت (Datta, 2011). جیره حاوی ۲۵٪ آزولا بهترین شاخص‌های رشدی را نشان داد.

عملکرد تیلاپیا (*Tilapia zillii*) نسبت به مصرف آزولا در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در جیره غذایی ماهیان نشان داد وجود بیش از ۲۵٪ آزولای خشک در جیره سبب کاهش شاخص‌های رشدی می‌گردد و با افزایش میزان آزولا تلفات ماهیان افزایش می‌یابد (Abdel-Tawwab, 2008).

اثرات جایگزینی آزولا بجای پودر ماهی در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ برای ماهیان تیلاپیای نیل انگشت‌قد و بالغ مورد بررسی قرار گرفت (El-Sayed, 1992). رشد و کارایی خوراک در گروه کنترل بطور معنی‌داری بیشتر از جیره‌های حاوی آزولا بود. نتایج نشان داد ماهیان انگشت‌قد نسبت به بالغین با کارایی بیشتری از آزولا استفاده می‌نمایند.

از آزولا به عنوان ترکیب اصلی خوراک برای تیلاپیای نیل در سطوح ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۴۵ درصد استفاده شد (Fiogbe, *et al*., 2004). نتایج حاکی از کاهش شاخص‌های رشدی در جیره‌های حاوی آزولا است. تنها در جیره حاوی ۱۵٪ آزولا میزان رشد با جیره شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت اما با توجه به رشد ماهیان حتی در جیره دارای ۴۵٪ آزولا می‌توان از آن به عنوان جیره ارزان در پرورش تیلاپیا در استخرهای خاکی همراه با کوددهی استفاده کرد.

۳-٤- مواد و روش‌ها

۱-۳-٤- محل اجرای آزمایش

به قسمت ۱-۳-۲ مراجعه شود.

۲-۳-٤- طراحی آزمایش

به قسمت ۲-۳-۲ مراجعه شود.

۳-۳-٤- تهیه و آماده سازی آزولا

آزولای تازه در فصل تابستان از سطح تالاب انزلی جمع‌آوری شد، سپس در معرض نور آفتاب خشک گردید و در نهایت به مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور منتقل گردید. از آنجایی که ریشه گیاه سنگین بوده و در مخازن آب رسوب می‌نماید و قسمت برگ آن در سطح آب شناور است، آزولاهای خشک شده خرد شدند و با آب شیرین شستشو داده شده و در حین آن ریشه از قسمت برگ جدا گردید. در آزمایش تنها از برگ‌های خشک شده و پودر شده گیاه استفاده شد.

٤-۳-٤- آنالیز اقلام غذایی و ماهی

میزان درصد پروتیین، چربی، فیبر، خاکستر پودر آزولای خشک شده در معرض آفتاب (جدول ۱-۴) و رطوبت تمامی اقلام غذایی، جیره‌های ساخته شده (جدول ۲-۴) و لاشه ماهیان (جدول ۴-۴) بر اساس روش‌های آزمایشگاهی مطابق با AOAC انجام شد. میزان هیدرات‌کربن و انرژی خام موجود نیز به روش محاسباتی بدست آمد. در ادامه مطلب به قسمت ۳-۳-۲ مراجعه شود.

٥-۳-٤- فرمولاسیون غذایی

در این آزمایش ۳ جیره آزمایشی با میزان ۱۳، ۲۱ و ۲۹ درصد پودر آزولا با یک جیره شاهد بر پایه منابع پروتیینی پودر ماهی و سویا که نتیجه پروژه تحقیقاتی تعیین مناسب‌ترین جیره غذایی برای پرورش تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) در آب لب‌شور بافق بود با میزان پروتیین و انرژی خام یکسان طراحی، ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳-۴).

٦-۳-٤- ساخت و فرآوری غذا

به قسمت ۵-۳-۲ مراجعه شود.

جدول ۱-٤) آنالیز آزولا

آنالیز شیمیایی	آزولا
پروتیین خام (٪)	۱۴/۳۳
چربی (**Ether extract**)(٪)	۶/۹۷
عصاره عاری از ازت (٪)	۴۰/۷۸
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۳/۱۴
فیبر (٪)	۲۸/۳۸
خاکستر (٪)	۹/۵۳
رطوبت (٪)	۶/۵۴

جدول ۲-٤) آنالیز جیره‌های آزمایشی

آنالیز شیمیایی	جیره شاهد	آزولا ۱۳٪	آزولا ۲۱٪	آزولا ۲۹٪
پروتیین خام (٪)	۲۹/۱۳	۲۸/۹۶	۲۹/۱۵	۲۸/۸۸
چربی (**Ether extract**)(٪)	۹/۲۹	۱۲/۵۷	۱۴/۸۰	۱۷/۰۴
عصاره عاری از ازت (٪)	۵۰/۲۱	۴۳/۵۰	۳۷/۳۶	۳۳/۰۳
انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)	۴/۵۸	۴/۶۱	۴/۵۸	۴/۵۹
فیبر (٪)	۱/۹۵	۵/۵۱	۸/۵۸	۱۰/۴۹
خاکستر (٪)	۹/۴۲	۹/۴۵	۱۰/۱۰	۱۰/۵۶
رطوبت (٪)	۷/۴۹	۶/۱۶	۸/۳۵	۶/۷۴
نسبت پروتیین به انرژی خام (میلی‌گرم بر کیلو کالری)	۶۳/۵۹	۶۲/۸۸	۶۳/۷۰	۶۲/۸۶

جدول ۳-٤) فرمولاسیون و ترکیب جیره‌های آزمایشی (مقادیر به درصد می‌باشد)

اقلام غذایی	جیره شاهد	آزولا ۱۳٪	آزولا ۲۱٪	آزولا ۲۹٪
آزولا	۰	۱۲/۶۰	۲۱/۰۰	۲۹/۴۰
پودر ماهی	۲۳/۱۳	۲۱/۸۴	۲۰/۹۸	۲۱/۰۰
پودر سویا	۲۳/۱۵	۲۲	۲۲	۲۰/۴۸
آرد گندم	۲۰	۱۷/۳۶	۱۲/۹۲	۹/۱۷
نشاسته ذرت	۲۵/۲	۱۵	۱۰	۵
مکمل ویتامینی[۱]	۱	۱	۱	۱
ویتامین ث[۲]	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
مکمل معدنی[۳]	۱	۱	۱	۱
مکمل اسیدآمینه[۴]	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
متیونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
ترئونین	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
روغن سویا	۵/۳۴	۸/۰۲	۹/۹۲	۱۱/۷۶
اکسید کروم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۱- Vitamin A 3600000 IU/kg; D3 800000 IU/kg; E 14400 mg/kg; K3 800 mg/kg; B1 710 mg/kg; B2 2640 mg/kg; B3 11880 mg/kg; Calcium Pantothenate 3920 mg/kg; B6 1176 mg/kg; B9 400 mg/kg; B12 6 mg/kg; Biotin 40 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۲- درصد خلوص ویتامین ث ۵۰ است.

۳- Zn 33880 mg/kg; Mn 39680 mg/kg; Cu 4000 mg/kg; Fe 20000 mg/kg; Se 80 mg/kg; I 397 mg/kg; Choline chloride 100000 mg/kg.

۴- Vitamin A 30000000 IU/l; D3 1000000 IU/l; E 15000 mg/l; K3 1000 mg/l; B1 4000 mg/l; B2 3000 mg/l; B3 10000 mg/l; B5 5000 mg/l; B6 1000 mg/l; B12 10 mg/l; H 20 mg/l; L-Aspartic acid 3600 mg/l; L-Glycine 2400 mg/l; L-Lysine 3100 mg/l; L-Histidine 800 mg/l; L-Arginine 2100 mg/l; L-Isoleucine 1900 mg/l; L-Leucine 3200 mg/l; L-Tyrosine 1200 mg/l; L-Phenylalanine 1900 mg/l; L-Alanine 2600 mg/l; L-Cystine 600 mg/l; L-Valine 2800 mg/l; DL-Methionine 700 mg/l; L-Threonine 2100 mg/l; L-Serine 2700 mg/l; L-Glutamic acid 6200 mg/l; L-Proline 2100 mg/l.

۳-۷-٤- سیستم پرورش

به قسمت ۶-۳-۲ مراجعه شود. در این آزمایش تعداد تانک‌های ۱۲ عدد (سه تیمار آزولا به همراه یک تیمار شاهد هر کدام در سه تکرار) بود.

۳-۸-٤- شاخص‌های مورد ارزیابی

به قسمت ۷-۳-۲ مراجعه شود.

۹-۳-٤- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

به قسمت ۸-۳-۲ مراجعه شود.

٤-٤- نتایج

مشخصات فیزیکوشیمیایی آب بطور کلی در قسمت ۴-۲ آمده است. سطوح آزولا بر میزان زنده‌مانی اثر معنی-دار نشان نداد ($p>0.05$). میزان زنده‌مانی در تمامی جیره‌ها بین ۱۰۰- ۹۷/۲ درصد بود.

۱-٤-٤- شاخص‌های رشد

۱-۱-٤-٤- افزایش وزن (*Weight gain*)

افزایش وزن بطور معنی‌داری با افزایش آزولا کاهش یافت ($p<0.05$). بطوریکه جیره شاهد (۲۹/۵±۱۸۵/۶) بیشترین رشد را داشت و پس از آن سطح ۱۳٪ آزولا که بطور معنی‌داری متفاوت از بقیه بود. افزایش وزن بین سطوح ۲۱ و ۲۹٪ اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>0.05$)(جدول ۴-۴).

۲-۱-٤-٤- ضریب رشد ویژه (*Specific growth rate*)

الگوی تغییرات ضریب رشد ویژه نیز همانند افزایش وزن می‌باشد. بطوریکه مقدار آن با افزایش میزان آزولا کاهش پیدا کرد و بیشترین میزان در جیره شاهد (۰/۲۴±۲/۴۹) و سپس آزولای ۱۳ درصد (۰/۱۳±۱/۷۴) بدست آمد. بین سطوح ۲۱ و ۲۹ درصد نیز اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0.05$)(جدول ۴-۴؛ شکل ۳-۴).

۲-٤-٤- شاخص‌های راندمان غذا

۱-۲-٤-٤- ضریب تبدیل غذایی (*Food conversion efficiency*)

سطوح مختلف آزولا بر میزان ضریب تبدیل غذایی اثر معنی‌دار نداشت ($p>0.05$). ولی با افزایش میزان آزولا افزایش مختصری نشان داد (جدول ۴-۴؛ شکل ۳-۴).

۲-۲-٤-٤- برداشت غذا (***Total food intake***)

میزان برداشت غذا با افزایش کنجاله آزولا بطور معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفت ($p<0.05$) و الگوی تغییرات آن بر شاخص‌های رشدی منطبق است (جدول ۴-۴). برداشت خوراک در جیره شاهد بطور معنی‌داری بیشتر از از بقیه بود و بعد از آن نیز ماهیان در سطح ۱۳ درصد آزولا نسبت به دو سطح دیگر غذای بیشتری خورده بودند ($p<0.05$). بین جیره‌های حاوی ۲۱ و ۲۹٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$).

۳-۲-٤-٤- مصرف پروتیین (*Protein intake*)

از آنجایی که میزان رشد متاثر از برداشت خوراک و در واقع مصرف پروتیین است روند تغییرات مصرف پروتیین کاملا منطبق بر میزان برداشت غذا و الگوهای رشدی بود (جدول ۴-۴؛ شکل ۳-۴). بیشترین میزان مصرف پروتیین در جیره شاهد بدست آمد و سپس با افزایش آزولا کاهش نشان داد. مصرف پروتیین در جیره شاهد و سطح ۱۳٪ آزولا بطور معنی‌داری با یکدیگر و بقیه جیره‌ها متفاوت بود ($p<0.05$). بین سطوح ۲۱ و ۲۹ درصد آزولا نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$).

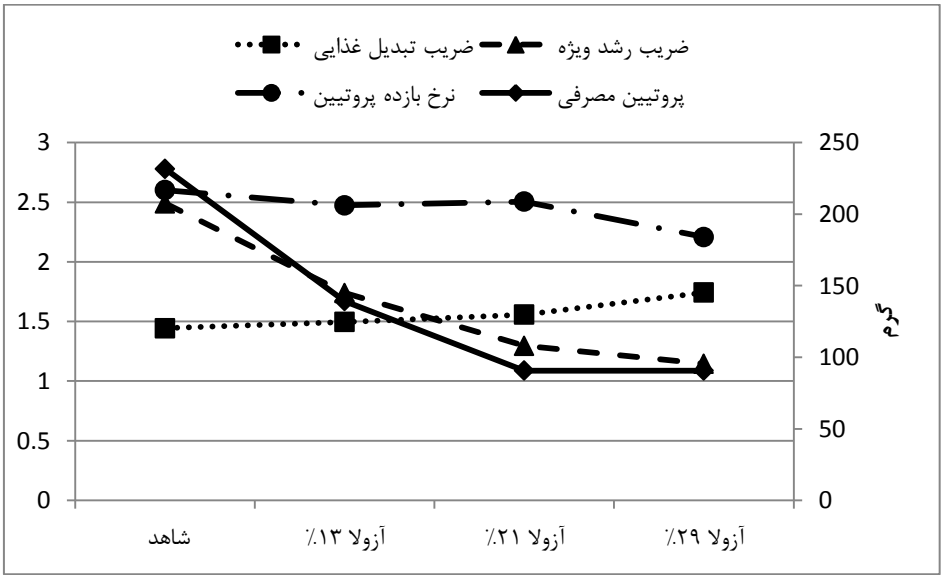
۳-٤-٤- شاخص‌های بازده پروتیین

نرخ بازده پروتیین (Protein efficiency rate) و راندمان پروتیین تبدیلی (Protein conversion efficiency) بین جیره شاهد و سطوح مختلف آزولا اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0.05$). این در حالی است که بیشترین میزان آنها در جیره شاهد (به ترتیب ۰/۳۴±۲/۶۰ و ۵/۰۴±۳۹/۲۰) بدست آمد (جدول ۴-۴؛ شکل ۳-۴).

٤-٤-٤- ترکیبات لاشه ماهیان

میزان پروتیین، چربی، خاکستر و رطوبت لاشه بطور معنی‌داری تحت تاثیر میزان آزولای خوراک قرار داشت($p<0.05$). پروتیین، خاکستر و رطوبت لاشه تا سطح ۲۱٪ آزولا افزایش و سپس کاهش نشان داد. این در حالی است که الگوی تغییرات چربی لاشه ماهیان بر عکس بود و میزان آن تا سطح ۲۱٪ آزولا کاهش و سپس افزایش نشان داد (جدول ۴-۴).

شکل ۳-٤) مقایسه روند تغییرات میزان پروتیین مصرفی با ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نرخ بازده پروتیین



جدول ٤-٤- نتایج حاصل از فاکتورهای رشدی و آنالیز لاشه ماهیان

شاخص-ها		جیره شاهد	آزولا ۱۳٪	آزولا ۲۱٪	آزولا ۲۹٪
وزن اولیه*[1]		۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳
وزن انتهایی[1]		۷۶/۱۳±۷/۹۱	۵۵/۳۸±۳/۰۰	۴۶/۰۹±۴/۴۷	۴۳/۲۱±۲/۹۰
ضریب تبدیل غذایی		۱/۴۵±۰/۲۰ a	۱/۵۰±۰/۱۴ a	۱/۵۶±۰/۴۰ a	۱/۷۴±۰/۴۲ a
افزایش وزن		۱۸۵/۶±۲۹/۵۴ a	۱۰۷/۷۴±۱۱/۲۷ b	۷۳/۲۵±۱۷/۰۶ c	۶۲/۰۸±۱۰/۹۰ c
ضریب رشد ویژه		۲/۴۹±۰/۲۴ a	۱/۷۴±۰/۱۳ b	۱/۳۰±۰/۲۴ c	۱/۱۴±۰/۱۶ c
برداشت غذا[1]		۸۵۹/۹±۲۶/۴ a	۵۱۲/۲±۱۲/۹ b	۳۳۹/۳±۴۵/۹ c	۳۳۶/۷±۲۱/۰ c
مصرف پروتیین[1]		۲۳۱/۷±۷/۱ a	۱۳۹/۲±۳/۵ b	۹۰/۶±۱۲/۳ c	۹۰/۷±۵/۷ c
نرخ بازده پروتیین		۲/۶۰±۰/۳۴ a	۲/۴۷±۰/۲۳ a	۲/۵۰±۰/۶۱ a	۲/۲۱±۰/۴۹ a
راندمان پروتیین تبدیلی		۳۹/۲۰±۵/۰۴ a	۳۷/۸۸±۵/۹۱ a	۳۰/۴۸±۹/۰۳ a	۳۱/۱۴±۷/۰۱ a
آنالیز لاشه	پروتیین خام ٪[2]	۵۲/۸۰±۰/۱۰ a	۵۶/۲۳±۰/۵۹ b	۶۱/۳۳±۱/۵۵ b	۵۸/۳۷±۰/۶۱ c
	چربی (**Ether extract**) ٪[2]	۳۱/۵۸±۱/۳۵ a	۲۸/۲۵±۰/۴۸ b	۱۸/۲۶±۱/۰۴ c	۲۳/۰۲±۰/۴۵ d
	خاکستر ٪[2]	۱۳/۲۵±۰/۹۰ a	۱۴/۸۸±۰/۵۹ ab	۱۸/۳۷±۱/۴۸ c	۱۶/۸۲±۰/۷۲ bc
	رطوبت ٪	۷۱/۱۰±۰/۴۳ a	۷۲/۵۲±۰/۸۴ b	۷۶/۸۸±۰/۱۸ c	۷۴/۲۲±۰/۳۳ d

- اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (**p<0.05**).

۳- گرم

۲- مقادیر بر اساس وزن خشک می‌باشند.

۵-٤- بحث

سطوح مختلف آزولا بر میزان زنده‌مانی ماهیان اثرگذار نبود. عدم تاثیر پذیری بقا از سطوح مختلف آزولا در جیره غذایی ماهیان توسط دیگر منابع نیز تایید شده است (Abou, *et al*., 2007; Santiago, *et al*., 1988).

با افزودن آزولا در جیره ماهیان، شاخص‌های رشد کاهش چشم‌گیری نشان دادند و تفاوت معنی‌داری بین جیره شاهد با جیره‌های حاوی آزولا ایجاد شد. در بین جیره‌های حاوی آزولا، سطح ۱۳٪ رشد بیشتر و معنی‌داری نسبت به سایر سطوح داشت. نتایج مشابه توسط El-Sayed (۱۹۹۲) بر روی تیلاپیای نیل انگشت‌قد گزارش شده است. کاهش رشد ماهیان تیلاپیای نیل انگشت‌قد و نرهای بالغ بر اثر تغذیه از سطوح مختلف *A. pinnata* توسط Almazan و همکاران (۱۹۸۶) مشاهده شده است. دو گونه تیلاپیای نیل *O. niloticus* و *T. rendalli* با تغذیه از آزولا به نسبت یک به یک با غذای پلت و آزولای تنها کاهش رشد نشان دادند (Micha, *et al*., 1988). این در حالی است که Abou و همکاران (۲۰۰۷) اختلاف معنی‌داری در ضریب رشد ویژه با افزایش میزان آزولای جیره در سطوح ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد پیدا نکردند. در ماهی تیلاپیا (*T. zillii*) کاهش رشد با افزایش میزان آزولای خشک در جیره در مقادیر بالای ۲۵٪ گزارش شد (Abdel-Tawwab, 2008). رشد ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با آزولا تا سطح ۱۵٪ جیره شاهد بود و افزایش میزان آزولا بر رشد اثر منفی داشت ولی به نگارش نگارنده رشد صورت گرفته است و با توجه به قیمت تمام شده خوراک جیره‌هایی با آزولای بالا (۴۵٪) نیز برای مصرف در استخرهای خاکی مناسب می‌باشند (Fiogbe, *et al*., 2004). در آزمایشی دیگر بر روی *T. mossambica* و لارو تیلاپیای نیل (جیره‌هایی بر پایه ۸/۵، ۱۷، ۲۵/۴۶، ۳۴ و ۴۲/۴۵ درصد آزولا) نتایج حاکی از افزایش رشد ماهیان مصرف کننده آزولا نسبت به جیره شاهد است (Sithara and Kamalaveni, 2008).

وجود مواد ضدتغذیه‌ای سیانید، فایتین و تانن در آزولا می‌تواند دلیلی بر کاهش رشد ماهیان در اثر مصرف آزولا باشد که با افزایش میزان آزولا در جیره افزایش یافته، لذا کاهش رشد حادتر می‌شود. Fasakin و Balogun (۲۰۰۱) بیان داشتند که مواد ضدتغذیه‌ای آزولا در فرایند هضم دخالت کرده و میزان رشد و کارایی خوراک را در حیوانات کاهش می‌دهد. وجود بازدارنده‌های تریپسین در آزولا (Maity and Patra, 2003) نیز در این کاهش رشد موثر است.

ماهیان جیره شاهد را بطور قابل توجه و در سطح معنی‌داری بیشتر از جیره‌های حاوی آزولا مصرف کردند و به تبع آن میزان مصرف پروتیین آنها نیز بالاتر بود. در بین سطوح آزولا، در میزان برداشت خوراک و مصرف پروتیین سطح ۱۳٪ بطور معنی‌داری بیشتر از بقیه بدست آمد. کاهش میزان برداشت خوراک در اثر افزایش سطوح آزولا (*A. pinnata*) در جیره غذایی ماهیان تیلاپیا (*T. zillii*) توسط Abdel-Tawwab (۲۰۰۸) گزارش شده است.

علی‌رغم اینکه میزان برداشت غذا، مصرف پروتیین و شاخص‌های رشد در ماهیان جیره شاهد بیشتر بود، در بررسی ضریب تبدیل غذایی به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت خوراک تفاوت معنی‌داری بین تیمارها

مشاهده نشد ولی با افزایش آزولای جیره‌ها میزان آن اندکی افزایش داشت. در آزمایشی Micha و همکاران (۱۹۸۸) از افزایش معنی‌دار میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای نیل *O. niloticus* و *T. rendalli* در اثر افزایش میزان آزولا *A. microphylla* در جیره‌های غذایی‌شان خبر داد. این در حالی است که Abdel-Tawwab (۲۰۰۸) از کاهش معنی‌دار آن در ماهیان تیلاپیا (*T. zillii*) با افزایش سطوح آزولای جیره (*A. pinnata*) خبر داد. کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی در اثر افزایش میزان آزولا در جیره غذایی لارو ماهیان تیلاپیای نیل توسط Santiago و همکاران (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است.

در بررسی شاخص‌های نشان دهنده کارایی پروتیین (PER و PCE) نیز تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف آزولا و جیره شاهد مشاهده نشد. کاهش معنی‌دار شاخص‌های کارایی پروتیین در اثر افزایش سطوح آزولا *A. pinnata* در جیره غذایی ماهیان تیلاپیا (*T. zillii*) گزارش شده است (Abdel-Tawwab, 2008). ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای نیل *O. niloticus* و *T. rendalli* در اثر افزایش میزان آزولا *A. microphylla* در جیره، کاهش معنی‌داری در میزان شاخص‌های کارایی پروتیین نشان دادند (Micha, *et al*., 1988).

علی‌رغم کاهش رشد در ماهیان با افزایش میزان آزولا در جیره آنها، با توجه به مشاهدات ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتیین و راندمان پروتیین تبدیلی می‌توان نتیجه گرفت که کاهش رشد به علت کاهش برداشت خوراک و به تبع آن پروتیین مصرفی می‌باشد و علت آن عدم خوش خوراکی جیره‌ها برای ماهیان است و به دلیل مناسب بودن میزان شاخص‌های کارایی پروتیین و خوراک در مقایسه با جیره شاهد می‌توان نتیجه گرفت آزولا بر قابلیت جذب خوراک اثر منفی بارزی نداشته است (شکل ۳-۴).

میزان پروتیین، خاکستر و رطوبت لاشه ماهیان در جیره شاهد بطور معنی‌داری از سایر جیره‌ها کمتر بوده و با افزایش میزان آزولای جیره تا سطح ۲۱٪ افزایش و سپس کاهش نشان داد. میزان چربی لاشه نیز با افزایش سطوح آزولا تا سطح ۲۱٪ کاهش و سپس افزایش نشان داد و میزان آن در جیره شاهد بطور معنی‌داری بیشتر از بقیه بود. در آزمایشی Micha و همکاران (۱۹۸۸) از افزایش معنی‌دار میزان رطوبت و خاکستر لاشه ماهیان انگشت‌قد تیلاپیای نیل *O. niloticus* و *T. rendalli* در اثر افزایش میزان آزولا *A. microphylla* در جیره غذایی‌شان خبر دادند. این در حالی است که در اثر افزایش میزان آزولا، میزان چربی لاشه ماهیان کاهش معنی‌دار داشت و میزان پروتیین تغییرات معنی‌داری نداشته است. El-Sayed (۱۹۹۲) نشان داد با افزایش میزان آزولا (*A. pinnata*) در جیره غذایی ماهیان تیلاپیای نیل، میزان پروتیین و چربی لاشه ماهیان کاهش و رطوبت و خاکستر آنها افزایش می‌یابد. افزایش رطوبت و خاکستر لاشه ماهیان تیلاپیا (*T. zillii*) همزمان با کاهش میزان پروتیین و چربی آن در اثر افزایش سطوح آزولا (*A. pinnata*) توسط Abdel-Tawwab (۲۰۰۸) نیز مشاهده شده است. به نظر می‌رسد تفاوت موجود بین مشاهدات مختلف به گونه ماهی، اندازه ماهیان تحت آزمایش، گونه آزولا، نحوه استفاده از آزولا و چگونگی فرآوری آن مربوط باشد.

۵- نتیجه گیری

در تمامی اقلام غذایی مورد بررسی نکته مشترک عدم خوش خوراکی خوراک برای ماهیان تیلاپیا بود به دلیل اینکه صرف نظر از رشد، اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های نمایانگر کارایی خوراک و پروتیین جیره شاهد با جیره‌های مختلف آزمایشی در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد کنجاله کانولا و ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد پنبه‌دانه به همراه ۱۳ و ۲۱ درصد آزولا مشاهده نشد و علت رشد پایین نیز کاهش برداشت غذا و به تبع آن پروتیین مصرفی بود.

در ارزیابی منابع پروتیین خصوصا گیاهی جهت جایگزینی، بررسی میزان خوش خوراکی و پذیرش خوراک توسط ماهی بسیار اهمیت دارد. با این وجود در نهایت این اقتصادی بودن جیره غذایی است که میزان و نوع ماده جایگزین کننده را مشخص می‌کند (Ogunji, 2004)، که این بسته به نوع پرورش، گونه و تراکم متفاوت است و چه بسا موادی برای جایگزینی خصوصا در استخرهای خاکی مورد استفاده قرار گیرند با علم بر اینکه از میزان رشد می‌کاهند ولی نتیجه اقتصادی مطلوبی داشته باشند.

در صورت رفع مشکل خوش خوراکی خوراک می‌توان انتظار داشت کنجاله کانولا تا سطح ۵۰٪ جایگزینی، آزولا تا سطح ۲۱٪ جیره و کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵٪ جایگزینی قابلیت استفاده داشته باشند. همانطور که در دیگر تحقیقات بیان شده کنجاله پنبه‌دانه حتی می‌تواند به عنوان تنها منبع تامین کننده پروتیین جیره برای تیلاپیا استفاده شود (Jackson, *et al*., 1982; El-Sayed, 1990).

پیشنهادها

- تحقیقات در رابطه با تعیین میزان مواد ضدتغذیه‌ای و کیفیت منابع پروتیین گیاهی بر اساس سطح و میزان تولید آنها در کشور و قابلیت دسترسی به آنها ادامه یابد.
- در ارتباط با استفاده از مواد جاذب برای تیلاپیا در جیره‌های حاوی منابع پروتیین گیاهی (کانولا، پنبه‌دانه و آزولا) پروژه‌هایی طراحی و اجرا گردد.
- پروژه‌های مختلف دیگری در رابطه با نحوه کاهش و یا حذف مواد ضدتغذیه‌ای منابع پروتیین گیاهی خصوصا کانولا، پنبه‌دانه و آزولا تعریف گردد.

تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور انجام پذیرفت. بر خود لازم می‌دانم از تمامی همکاران، مشاوران و اساتیدی که در مجموعه موسسه تحقیقات، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی– انزلی و به ویژه مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور اینجانب را همراهی نمودند از جمله پرسنل اداری و خدماتی تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

- صفری، ا. و بلداجی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی نسبی کنجاله کانولا و کنجاله سویا با آرد ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*. پژوهش و سازندگی، ۷۹، ۵۱-۴۵.
- سهرابی مشک‌آبادی، ب.، ۱۳۸۶. تعیین ارزش غذایی پنبه‌دانه و کنجاله‌های ارقام امیدبخش. گزارش نهایی موسسه تحقیقات پنبه کشور، شماره مصوب ۸۲۰۳۵-۰۰۰۰-۰۰-۲۴۰۰۰۰-۱۰۰، ۳۵ص.
- محمدی، م. تعیین مناسب‌ترین جیره غذایی برای پرورش تیلاپیای سیاه در آب لب‌شور بافق. گزارش نهایی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۹۱/۴۰۹۱۴.
- مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، شابک: ۹-۰۵۸-۴۶۷-۹۶۴-۹۷۸، ۱۲۳ص.
-

- AOAC (Association of official Analytical chemists). (1990). *Official Methods of Analysis AOAC*. Washington, DC: 1263 pp.
- Abdel-Tawwab, M., 2008. The preference of the omnivorous-macrophagous, *Tilapia zillii* (Gervais), to consume a natural free-floating fern, *Azolla pinnata*. *Journal of the World Aquaculture Society*, **39** (1), 104-112.
- Agbo, N. W., Madalla, N. and Jauncey, K., 2011. Effects of dietary cottonseed meal protein levels on growth and feed utilization of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Journal of Applied Science and Environmenta Management*, **15** (2), 235-239.
- Almazan, G. S., Pullin, R. S. V., Angeles, A. F., Manalo, T. A., Agbayani, R. A. and Trono, M. T. B., 1986. *Azolla pinnata* as a dietary component for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. pp. 523-528. *In* J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos, eds. *The First Asian Fisheries Forum.* Manila, Asian Fisheries Society.
- Bell., J. M., 1984. Nutrients and toxicants in Rapeseed meal: a review. *Journal of animal science*, **58**, 996-1010.
- Datta, S. N., 2011. Culture of *Azolla* and its efficacy in diet of *Labeo rohita*. *Aquaculture*, **310** (3-4), 376-379.
- El-Saidy D. M. S. D., 1999. Evaluation of cottonseed meal as partial and complete replacement of fish meal in practical diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, **3**, 441-457.
- El-Saidy, D. M. S. D. and Gaber, M. M., 2004. Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Research*, **35**, 859-865.
- El-Sayed, A. F. M., 1990. Long-term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquaculture*, **84** (3-4), 315-320.
- El-Sayed, A. F. M., 1992. Effects of substituting fish meal with *Azolla pinnata* in practical diets for fingerling and adult Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*, **23** (2), 167-173.
- El-Sayed, A. F. M., 2006. Tilapia culture. CABI Publishing, UK, 277p.
- El-Sayed, A. F. M. and Tacon, A. G. J., 1997. Fishmeal replacers for tilapia: A review. *In*: Tacon, A. G. J. (ed.), Basurco, B. (ed.). *Feeding tomorrow's fish*. Zaragoza: Ciheam, 1997. p. 205-224 (Cahiers Options Mediterraneennes; n. 22).
- Enami, H. R., 2011. A review of using Canola/Rapeseed meal in aquaculture feeding. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **6 (1)**, 22-36.
- Fasakin, E. A. and Balogun, A. M., 2001. Nutritional and anti-nutritional analyses of *Azolla africana* Desv. And *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden as feedstuffs for fish production. *In*. *14th Annual conference of the fisheries society of Nigeria* (FISON), 19-23 January 1998, Ibadan, Nigeria.
- Hardy, R. W. and Sullivan, C. V., 1983. Canola meal in Rainbow trout *Salmo gairdneri* production diets. *Canadian Journal of Fish Aquatic Scinece*, **40**, 281-286.

- Hasan, M. R. and Chakrabarti, R., 2009. *Use of algae and quatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture, a review*. Fisheries and Aquaculture Organization of the United Nations, Room, Technical paper 531.
- Hashemloian, B. D. and Azimi, A. A., 2009. Alien and exotic *Azolla* in northern Iran. *African Journal of Biotechnology*, **8** (2), 187-190.
- Jackson, A. J., Capper, B. S. and Matty, A. J., 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, **27**, 97-109.
- Li, M. H., Hartnell, G. F., Robinson, E. H., Kronenberg, J. M., Healy, C. E. and Oberle, D. F., 2008. Evaluation of cottonseed meal derived from genetically modified cottn as feed ingredients for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture nutrition*, **14** (6), 490-498.
- Lim, C., Yilirim-Aksoy, M. and Klesius, P. H., 2002. Dietary cottonseed meal affects growth, hematology, immune response of Nile tilapia. *Global Aquaculture*, **5**, 29-30.
- Lim, C., Yilirim-Aksoy, M. and Klesius, P. H., 2003. Levels of dietary gossypol affect growth and bacterial resistance of Nile tilapia. *Global Aquacutlure*, **6**, 42-43.
- Lim, C., Webster, C. D. and Lee, C. S., 2008. *Alternative Protein Sources in Aquacutlure Diets*. The Haworth Press, Taylor & Francis Group, Newyork and London, ISBN: 978-1-56022-148-7, pp: 571.
- Luo, Z., Liu, C. X. and Wen, H., 2012. Effect of dietary fish meal replacement by Canola meal on growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed Tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in fresh water. *Journal of the World Aquaculture Society*, **43**(5), 670-678.
- Maity, J. and Patra, B. C., 2003. Isolation and Characterization of trypsin inhibitor from the vater fern, *Azolla pinnata* R.Br. *Journal of Food Biochemistry*, **27** (4), 281-294.
- Mbahinzireki, Dabrowski, Lee, El-Saidy and Wisner, 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. *Aquaculture nutrition*, **7** (3), 189-200.
- McCurdy, S. M. and March, B. E., 1992. Processing of canola meal for incorporation in trout and salmon diets. *Journal of American Oil Chemist's society*, **69**, 213-220.
- Micha, J. C., Antoine, T., Wery, P. and Van Hove, C., 1988. Growth, ingestion capacity, comparative appetency and biochemical composition of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia rendalli* fed with *Azolla*. p. 347-355. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J. L. Maclean (eds.). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and Interational Center for Living Aquatic Resources Mangagement, Manila, Philippines.
- Mohammadi, M., Sarsangi, H., Askar, M., Bitaraf, A., Mashaii, N., Rajabipour, F. and Alizadeh, M., 2011. Use of underground brackish water for reproduction and larviculture of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, **23**, 103-111.
- Mwachireya, S. A., Beames, R. M., Higgs, D. A. and 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.
- Ofojekwu, P. C. and Ejike, C., 1984. Growth response and feed utilization in the tropical cichlid *Oreochromis niloticus* (Linn.) fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture*, **42**, 27-36.
- Ogunji, J. O., 2004. Alternative protein sources in diets for farmed tilapia. *Nutrition Abstracts and Reviews*: Series B **74** (9), 23N-32N.
- Robinson, E. H., Rawles, S. D., Oldenburg, P. W. and Stickney, R. R., 1984. Effects of feeding glandless and glanded cottonseed products and gossypol to *Tilapia aurea*. *Aquaculture*, **38**, 145-154.
- Santiago, C. B., Aldaba, M. B., Reyes, O. S. and Laron, M. A., 1988. Response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry to diets containing *Azolla* meal. p. 377-382. *In* R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J. L. Maclean (eds.). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and Interational Center for Living Aquatic Resources Mangagement, Manila, Philippines.
- Satoh, S., Higgs, D. A., Dosanjh, B. S., Hardy R. W., Eales, J. G. and Deacon, G., 1998. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* in seawater. *Aquaculture nutrition*, **4**, 115-122.
- Sithara, K. and Kamalaveni, K., 2008. Formulationof low-cost feed using *Azolla* as a protein supplement and its influence on feed utilization in fishes. *Current Biotica*, **2** (2), 212-219.
- Soares, C. M., Hyyashi, C., Faria, A. C. E. A. D. and Furuya, W. M., 2001. Replacement of soybean meal protein by Canola meal protein in diets for Nile tilapia *Oreochromis noloticus* in the growing phase. *Brazilian Journal of Animal Science* (online), **30**(4), 1172-1177.

- Tan, Q., Liu, Q., Chen, X., Wang, M. and Wu, Z., 2013. Growth performance, biochemical indices and hepatopancreatic functionof grass cart, *Ctenopharyngodon idellus*, woud be impaired by dietary rapeseed meal. *Aquaculture*, **414-415**, 119-126.
- Viola, S. and Zohar, G., 1984. Nutrition studies with market size hybrids of tilapia *Oreochromis* in intensive culture. *Bamidgeh*, **36**, 3-15.
- Webster, C. D., Tiu, L. G., Tidwell, J. H. and Grizzle, J. M., 1997. Growth and body composition of Channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing various percentages of Canola meal. *Aquaculture*, **150** (1-2), 103-112.
- Yigit, N. O. and Olmez, M., 2009. Canola meal as an alternative protein source in diets for fry of Tilapia *Oreochromis niloticus*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, **61** (1), 35-41.
- Yigit, N. O., Koca, S. B., Bayrak, H., Dulluc, A. and Diler, I., 2012. Effects of canola meal on growth and digestion of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fry. *Turkish journal of veterinary & Animal Science*, **36** (5), 533-538.
- Yue, Y. R. and Zhou, Q. C., 2008. Effect of replacing Soybean meal with Cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, **284**, 185-189.

Abstract
Fish meal production has been fixed in the world because of a limitation in fish stocks. On the other hand, demand of fish meal is growing daily and consequent the cost, too. Therefor, attention to the other protein sources is nessesary. Some plant protein sources, especially oilseeds, have valuable potentials for replacing fish meal because of relative high production in the world and Iran and low cost. According to existing information and availability, cottonseed meal and canola meal were selected as oilseeds; and Azolla was considered whether to be controlled in north provinces of Iran as weed.
Growth indices (WG and SGR), food (FCR) and protein efficiency (PER and PCE) of fingerling Nile tilapia *Oreochromis niloticus* were evaluated in 3 synchronous examinations with 12 treatments and 36 replications. Groups of control, canola meal (at rates of 25, 50, 75 and 100%), cottonseed meal (at rates of 15, 25, 35 and 45%), as the replacements of expensive protein sources (fish meal and soybean meal), and azolla (at rates of 13, 21 and 29% of diet) were studied. Growth indices, total food intake and protein intake of control group were higher than all diets contained plant protein sources. They decreased with plant protein increasing in every grous, separagely ($p<0.05$). FCR and protein efficiency indices didn't show any significant differences ($p>0.05$) between control and canola meal (at rates of 25 and 50%), cottonseed meal (at rates of 15, 25 and 35%) and azolla (at rates of 13 and 21%). All plant protein ingredients were unpalatable, and consequent total food intake, protein consumption and growth decreased. It will be expected that Canola meal and cottonseed meal replace expensive protein sources at the rates of 50 and 35% respectively, and azolla use at the rate of 21% in diets If the problem in palatability solves.
Key words: diet, Black tilapia, replacement, low-cost and native materials

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION – Inland Saline ,Waters Aquaculture Research Center

---

Project Title : Improvement of Black Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Diets with Replacement of Low-Cost, Native Materials
Approved Number: 2-12-12-89087
Author: Mohammad Mohammadi
Project Researcher : Mohammad Mohammadi
Collaborator(s) *:* Hafezieh Mahmoud, Sarsangi Aliabad Habib, Mashaii Nasrin, Bitaraf Ahmad , Talebi Haghighi Davood, Rajabipour Farhad ,Alizadeh morteza
Advisor(s): -
Supervisor: Hamid Ramezani
Location of execution : Yazd province
Date of Beginning : 2011
Period of execution : 2 Years & 6 Months
Publisher : *Iranian Fisheries Research Organization*
Date of publishing : *2015*
All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION - Inland Saline ,Waters
Aquaculture Research Center

Project Title :

Improvement of Black Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Diets with Replacement of Low-Cost, Native Materials

Project Researcher :

Mohammad Mohammadi

Register NO.

44473