



بررسی سطوح جایگزینی کنجاله کلزا، پنبه دانه و آزولا در جیره غذایی تیلاپای نیل

محمد محمدی^{۱*}، حبیب سرسنگی علی آباد^۱، نسرين مشایي^۲، احمد بیطرف^۳، فرهاد رجبی پور^۴، محمود حافظیه^۵

- ۱- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق
- ۲- استادیار، مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق
- ۳- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ۴- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق
- ۵- دانشیار، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق

دریافت: ۹۴/۰۹/۰۲ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۷

*نویسنده مسئول مقاله: mohammaditabasy@gmail.com

چکیده:

شاخص‌های رشد (WG و SGR)، کارایی غذا (FCR، FI و PI) و پروتئین (PER و PCE) ماهی تیلاپای نیل انگشت‌قد (*Oreochromis niloticus*) به‌طور هم‌زمان در سه آزمایش طی ۱۲ تیمار و هر یک با سه تکرار ارزیابی شد. تیمار شاهد و سطوح جایگزینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد کانولا و ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد پنبه‌دانه به‌جای منابع پروتئینی گران‌قیمت (پودر ماهی و سویا) و سطوح ۱۳، ۲۱ و ۲۹ درصد آزولا بررسی شدند. میزان شاخص‌های رشد، برداشت غذا و مصرف پروتئین در جیره شاهد به‌طور معناداری بیشتر از تمامی جیره‌های محتوای منابع پروتئین گیاهی بود ($p < 0.05$). با افزایش میزان منابع پروتئین گیاهی به جیره‌ها، شاخص‌های فوق در تمامی تیمارهای جایگزینی منابع پروتئین گیاهی کاهش معناداری نشان دادند. در ضریب تبدیل غذایی و شاخص‌های کارایی پروتئین 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 معنادار مشاهده نشد ($p > 0.05$). با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد در تمامی ارقام غذایی بررسی شده نکته مشترک عدم خوش‌خوراکی غذا برای ماهیان تیلاپا بود که به‌دنبال آن کاهش برداشت غذا، پروتئین مصرفی و در نهایت رشد ایجاد شد. در صورت رفع مشکل خوش‌خوراکی خوراک می‌توان انتظار داشت کنجاله کانولا و پنبه‌دانه به‌ترتیب تا سطوح ۵۰ و ۳۵ درصد جایگزینی و آزولا تا سطح ۲۱ درصد جیره قابلیت استفاده در جیره غذایی دوره رشدی تیلاپای نیل را داشته باشند.

کلید واژگان: جایگزینی، کلزا، پنبه‌دانه، آزولا و تیلاپا

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه تیلاپای زیادی تولید می‌شود که به دلیل قیمت پایین آن قابلیت قرارگیری در سبد خانوار اقشار آسیب‌پذیر را دارد (El-Sayed and Tacon, 1997). کارخانجات تولید خوراک آبزیان به‌ویژه تیلاپا به دلیل شرایط خاص و گرانی پودر ماهی باید به دنبال جایگزینی برای آن به منظور حفظ کیفیت خوراک و البته کاهش قیمت آن باشند که درباره ماهیان علفخوار اهمیت بیشتری دارد. از طرفی تولید پودر ماهی به سطح ثابت و پایدار رسیده و حتی با استفاده مستقیم انسان از منابع اولیه لازم برای تولید پودر ماهی، دسترسی به آن محدودیت بیشتری پیدا کرده است؛ ضمن این‌که با توجه به بالا رفتن میزان تقاضای این محصول، قیمت آن نیز رو به افزایش است (Mwachireya et al. 1999). از این‌رو توجه به سایر منابع تأمین‌کننده پروتئین در جیره‌های غذایی حیوانات از ضروریات است. اقلام غذایی مختلفی برای پیدا کردن جایگزین مناسب در جیره غذایی تیلاپا مطالعه شده است. از جمله منابع پروتئین گیاهی می‌توان به پودر سویا، پنبه‌دانه، بادام‌زمینی، آفتابگردان، کلزا، کنجد، نارگیل، خرما، گیاهان آبری شبیه آزولا و غیره اشاره کرد (Ogunji, 2004). در این بین دانه‌های روغنی و محصولات جانبی آنها منبع عمده پروتئین در آبری پروری به‌ویژه برای ماهیان گرمابی همه‌چیزخوار و یا علفخوار مانند گربه ماهی و تیلاپا به‌شمار می‌روند (Agbo et al. 2011). گیاه کلزا (Rape seed) از جنس (*Brassica sp.*) بومی منطقه مدیترانه بوده (Bell, 1984) و به میزان بالای اسید اروسیک (Erucic acid) (۵۵-۲۵ درصد از کل اسیدهای چرب آن) مشهور است که در واریته‌های جدید آن به نام کانولا یا دو صفر میزان اسید اروسیک به کمتر از ۲ درصد

و میزان گلوکوزینولات (Glucosinolate) به کمتر از ۳۰ میکرومول در گرم کاهش یافته است (Lim et al. 2008; Enami, 2011). در حالی‌که کانولا به روغنش مشهور بوده یک منبع پروتئین خوبی نیز می‌باشد (Lim et al. 2008). در ایران کشت کانولا پس از سویا و پیش از تخم پنبه‌دانه در رتبه دوم محصولات دانه‌های روغنی دنیا قرار دارد (Lim et al. 2008; Mwachireya et al. 1999). کلزا حاوی مواد ضد تغذیه‌ای مقاوم به حرارت از جمله فیبر بالا (تقریباً ۱۴/۵ درصد سلولز، ۵ درصد همی سلولز و ۸/۳ درصد لیگنین)، ترکیبات فنلی مانند تانن (Tannin) و سیناپین (Sinapine) که یک ترکیب فنلی در اندازه کوچک به شکل پلیمر بوده و تمایل به غذا را به دلیل طعم تلخی و تندی کم می‌کند، فیتیک اسید (Hexaphosphate of Myoinositol) (Phytic acid): که قابلیت دسترسی زیستی کاتیون‌های چند ظرفیتی مانند روی، کلسیم و به‌ویژه فسفر را در حیوانات خونگرم و ماهیان کاهش می‌دهد، کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم و ترکیبات گوتیروژنیک (Goitrogenic) مانند گلیکوزینولات که عملکرد تیروئید را مختل کرده و مزه تلخ و تند آن میزان خوراک خورده شده به وسیله ماهی را کاهش می‌دهد، می‌باشد (Lim et al. 2008; Enami, 1999; Bell, 1984; Mwachireya et al. 2011). کنجاله پنبه‌دانه در جهان سومین منبع پروتئین گیاهی می‌باشد که ارزان‌تر از سویا و پودر ماهی است (Lim et al. 2008) و قیمت آن اهمیت امکان جایگزینی آن با پودر ماهی و سویا، به‌منظور ایجاد جیره‌های ارزان با سود اقتصادی بیشتر را نشان می‌دهد. در ایران نیز از نظر سطح برداشت و میزان تولید محصولات صنعتی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به ترتیب در رتبه اول و سوم قرار داشت.

اسیدهای آمینه آن از لحاظ لایزین غنی بوده و برای تغذیه حیوانات به نسبت مطلوب می‌باشد (Hasan and Chakrabarti, 2009). آزولا دارای مواد ضدتغذیه‌ای همچون سیانید (Cyanide)، تانن (Tannin)، فایتین (Phytin) و بازدارنده تریپسین می‌باشد (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 بنابراین خشک کردن ارزش غذایی آن را بالا می‌برد (Fasakin and Balogun, 2001). براساس اطلاعات موجود و ارقام غذایی در دسترس، کنجاله پنبه‌دانه و کانولا از دانه‌های روغنی به دلیل قابلیت‌ها، فراوانی و قیمت انتخاب شدند. سرخس شناور آزولا که با وجود 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 کند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات ملی آبریان آب‌های شور انجام شد. کنجاله کانولا و پنبه‌دانه از کارخانه روغن‌کشی یگانه خزر و سه گل خراسان به ترتیب خریداری شد و آزولا نیز از سطح تالاب انزلی جمع‌آوری و در معرض نور آفتاب خشک گردید. 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 پودر شده گیاه استفاده شد. میزان درصد پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر و رطوبت منابع پروتئین (جدول ۱) و تمامی ارقام غذایی، جیره‌های ساخته شده (جدول ۳) و لاشه ماهیان (جدول ۴، ۵ و ۶) براساس روش‌های آزمایشگاهی مطابق با AOAC (۱۹۹۰) انجام شد.

پروتئین کنجاله پنبه‌دانه دارای کیفیت خوبی است اما مشکلاتی از جمله مواد ضدتغذیه‌ای مانند اسید فیتیک، بازدارنده‌های تریپسین، سیناپین، سیکلوپروپیونیک اسید و گوسیپول را نیز دارد (Agbo et al. 2011; El-Sayed and Tacon, 1997). گوسیپول یک رنگ‌دانه پلی‌فنلیک ($C_{30}H_{30}O_8$) آزاد در دانه بوده که سمیت آن برای حیوانات تک‌معدده‌ای مسجل است (Lim et al. 2008; El-Saidy and Gaber, 2004). سهرابی، (۱۳۸۶). گوسیپول آزاد با آهن فرو کمپلکس قوی گوسیپول- آهن فرو را تشکیل می‌دهد و از جذب آنها در روده حیوانات تک‌معدده‌ای جلوگیری می‌کند (Lim et al. 2008; El-Saidy and Gaber, 2004). هر مولکول گوسیپول آزاد با یک مولکول آهن فرو واکنش نشان می‌دهد که تشکیل این باند پیش از مصرف غذا بسیار مؤثر است و سمیت آن را از بین می‌برد (Lim et al. 2008).

آزولای وارد شده به ایران (*Azolla filiculoides* Lam.) یک سرخس پلانکتونی کوچک آبی است با ریشه‌های غوطه‌ور و برگ‌هایی که در سایه سبز رنگ و در آفتاب قرمز رنگ می‌باشد و روی سطح کانال‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها، استخرها و نه‌های آرام گسترده است (Hasan and Chakrabarti, 2009; Hashemloian and azimi, 2009). در سال ۱۹۸۶ وزارت کشاورزی ایران آن را از فیلیپین وارد و به بندرانزلی برای مطالعه روی قابلیت تثبیت نیتروژن آن معرفی کرد که بعدها در سرتاسر شمال ایران گسترش یافت (Hashemloian and Azimi, 2009). این گیاه به‌عنوان یک منبع غذایی، اهمیت زیادی برای ماهیان علفخوار دارد. اکنون این گیاه مفید به دلیل رشد سریع و گسترش زیاد آن به یک گیاه مضر تبدیل شده است (Hashemloian and Azimi, 2009). آزولا نسبت به سایر علوفه‌ها و گیاهان آبی، پروتئین خام بیشتری داشته (۳۰-۱۹ درصد) و ترکیبات

جدول ۱ تجزیه شیمیایی منابع پروتئین گیاهی

آزولا	کنجاله پنبه‌دانه	کنجاله کانولا	آنالیز شیمیایی
۱۴/۳۳	۲۷	۳۶	درصد پروتئین خام
۶/۹۷	۱/۳۹	۳/۴	درصد چربی (Ether extract)
۴۰/۷۸	۲۱/۲۱	۳۶/۱	درصد عصاره عاری از ازت
۳/۱۴	۳/۳۸	۳/۸۴	انرژی خام (کیلوکالری بر گرم)
۲۸/۳۸	۳۲/۱۸	۱۶/۳	درصد فیبر
۹/۵۳	۵/۱۵	۷/۵	درصد خاکستر
۶/۵۴	۶/۶۲	۷/۵	درصد رطوبت

درصد پودر آزولا) به جای اقلام غذایی گران‌قیمت تأمین‌کننده پروتئین جیره (پودر ماهی و سویا) با یک جیره شاهد بر پایه منابع پروتئینی پودر ماهی و سویا (محمدی، ۱۳۸۸) با میزان پروتئین و انرژی خام یکسان طراحی، ساخته و ارزیابی شدند (جدول ۲). میزان گوسپیول آزاد موجود در کنجاله پنبه‌دانه رقم ورامین که در این آزمایش استفاده شد، ۰/۰۳ درصد 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 مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، میزان گوسپیول آزاد دو برابر مقدار گزارش شده در نظر گرفته شد. از این‌رو با توجه به توصیه‌های انجام شده سولفات آهن فرو در نسبت برابر در جیره به دلیل خنثی‌سازی اثرهای منفی گوسپیول آزاد استفاده گردید (El-Saidy and Gaber, 2004; Yue and Zhou, 2008).

میزان کربوهیدرات (کربوهیدرات = ۱۰۰ - مجموع پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر) و انرژی خام (جمع حاصل‌ضرب میزان پروتئین خام، چربی خام و کربوهیدرات به ترتیب در ضرایب ۵/۶۵، ۹/۴۴ و ۴/۱ کیلوکالری بر گرم) نیز به روش محاسباتی به دست آمد (Enien and Roem 1997). نمونه‌های منابع تشکیل‌دهنده پروتئین جیره برای آنالیز اسیدهای آمینه به روش HPLC همراه با یخ خشک به آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی تهران ارسال شدند. تعدادی ماهی در ابتدا و پنج عدد ماهی از هر تکرار در پایان آزمایش برای آنالیز لاشه نمونه برداری شده و پس از خروج احشا هموژن گردیده و سپس تا زمان آزمایش در فریزر ۲۰- نگهداری شدند.

در این آزمایش‌ها براساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی منابع پروتئین و ترکیب اسیدهای آمینه هر کدام از جیره‌های آزمایشی مختلف به کمک نرم‌افزار Lindo طراحی شدند. جیره‌های حاوی کنجاله کانولا (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی)، کنجاله پنبه‌دانه (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد جایگزینی) و آزولا (۱۳، ۲۱ و ۲۹

جدول ۲ تجزیه شیمیایی جیره‌های آزمایشی کانولا

آزولا	آزولا	آزولا	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	کانولا	کانولا	کانولا	کانولا	جیره	آنالیز شیمیایی
%۲۹	%۲۱	%۱۳	%۴۵	%۳۵	%۲۵	%۱۵	%۱۰۰	%۷۵	%۵۰	%۲۵	شاهد	
۲۸/۸۸	۲۹/۱۵	۲۸/۹۶	۲۸/۶۴	۲۸/۴۵	۲۹/۱۵	۲۹/۳۳	۲۹/۳۲	۲۹/۷۱	۲۹/۴۳	۲۹/۳۷	۲۹/۱۳	درصد پروتئین خام
۱۷/۰۴	۱۴/۸۰	۱۲/۵۷	۲۲/۶۴	۱۹/۰۸	۱۵/۷۸	۱۲/۵۴	۱۸/۶۶	۱۵/۷۷	۱۳/۵۷	۱۱/۳۸	۹/۲۹	درصد چربی (Ether extract)
۳۳/۰۳	۳۷/۳۶	۴۳/۵۰	۲۲/۴۵	۲۹/۳۰	۳۶/۶۵	۴۲/۸۶	۳۰/۵	۳۵/۴	۴۰/۷	۴۵/۱	۵۰/۲	درصد عصاره عاری از اذت
۴/۵۹	۴/۵۸	۴/۶۱	۴/۶۸	۴/۶۱	۴/۶۴	۴/۶۰	۴/۶۷	۴/۶۲	۴/۶۱	۴/۵۸	۴/۵۸	انرژی خام (Kcal/g)
۱۰/۴۹	۸/۵۸	۵/۵۱	۱۸/۰۶	۱۴/۷۵	۹/۹۰	۶/۴۸	۱۳/۶۰	۱۰/۸۴	۷/۷	۵/۱۴	۱/۹۵	درصد فیبر
۱۰/۵۶	۱۰/۱۰	۹/۴۵	۸/۲۱	۸/۴۲	۸/۵۲	۸/۷۸	۷/۸۹	۸/۲۸	۸/۵۵	۸/۹۸	۹/۴۲	درصد خاکستر
۶/۷۴	۸/۳۵	۶/۱۶	۳/۴۵	۳/۴۴	۵/۷۶	۷/۰۷	۵/۶۴	۵/۹۵	۶/۲۸	۶/۲	۷/۴۹	درصد رطوبت
۶۲/۸۶	۶۳/۷۰	۶۲/۸۸	۶۱/۲۵	۶۱/۷۱	۶۲/۸۴	۶۳/۷۹	۶۲/۷۹	۶۴/۳۲	۶۳/۷۷	۶۴/۰۸	۶۳/۵۹	پروتئین/انرژی خام (mg /Kcal)

برای ساخت جیره‌های آزمایشی مواد تهیه شده همه درست کردن هر جیره، اجزای غذایی ماکرو به نسبت به‌صورت آرد و یا مایع استفاده شدند (جدول ۳). برای مناسب برداشته شده و با هم مخلوط می‌شدند.

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

آزولا	آزولا	آزولا	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	پنبه‌دانه	کانولا	کانولا	کانولا	کانولا	جیره	اقلام غذایی
%۲۹	%۲۱	%۱۳	%۴۵	%۳۵	%۲۵	%۱۵	%۱۰۰	%۷۵	%۵۰	%۲۵	شاهد	
-	-	-	-	-	-	-	۷۸/۷۷	۶۰/۳۱	۴۰/۲۱	۲۰/۱	-	پودر کانولا
-	-	-	۱۳/۷۵	۱۳/۷۵	۱۳/۷۵	۱۳/۷۵	-	-	-	-	-	پودر پنبه دانه
۲۹/۴۰	۲۱/۰۰	۱۲/۶۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	پودر آزولا
۲۱/۰۰	۲۰/۹۸	۲۱/۸۴	۵۳/۹۶	۴۱/۲۵	۲۷/۵۰	۱۳/۷۵	۰	۶/۱۶	۱۱/۸۷	۱۷/۲۹	۲۳/۱۳	پودر ماهی
۲۰/۴۸	۲۲	۲۲	۱۲/۲۹	۱۵/۱۹	۱۷/۹۲	۲۰/۰۸	۰	۵/۵	۱۱	۱۷	۲۳/۱۵	پودر سویا
۹/۱۷	۱۲/۹۲	۱۷/۳۶	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰	۰	۴/۱۵	۱۰/۵۴	۱۶/۷۱	۲۰	آرد گندم
۵/۵	۱۰/۵	۱۵/۵	۰/۵	۶	۱۲/۹۱	۱۹/۳۶	۰/۵	۵/۵	۱۰/۵	۱۵/۵	۲۵/۷	نشاسته ذرت
۱	۱	۱	۰	۵	۱۰	۱۵	۱	۱	۱	۱	۱	مکمل ویتامینی ^۱
۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۱	۱	۱	۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	ویتامین ث ^۲
۱	۱	۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰	کولین
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	مکمل معدنی ^۳
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	مکمل اسید آمینه ^۴
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	متیونین
۱۱/۷۶	۹/۹۲	۸/۰۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	ترئونین
۲۱/۰۰	۲۰/۹۸	۲۱/۸۴	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰	لایزین
۲۰/۴۸	۲۲	۲۲	۱۶/۹۱	۱۴/۲۴	۱۱/۳۵	۸/۵۰	۱۶/۴۰	۱۴/۰۶	۱۱/۵۵	۹/۰۷	۵/۳۴	روغن سویا
-	-	-	۰/۰۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	-	-	-	-	-	سولفات آهن فرو
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع

1- 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- خلوص ویتامین ث ۵۰ درصد است.

3- 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.

4- 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.

لیتر بر دقیقه آبرسانی می‌شد. ماهیان در ابتدا به مدت یک هفته برای سازگاری با محیط پرورش در تانک‌ها نگهداری و با غذای یکسان غذادهی شدند و سپس برای سازگاری با غذای جدید به مدت یک هفته با غذای مخصوص خود تغذیه گردیدند. غذادهی به صورت در حد اشباع صورت گرفت. زیست‌سنجی هر دو هفته یکبار انجام شد و تمام ماهیان هر تانک ابتدا با پودر گل میخک با غلظت ۲۰۰- ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیهوش شده و پس از زیست‌سنجی به محل خود بازگردانده شدند. در طول مدت ۴۲ روز پرورش، ۳۰-۱۵ دقیقه پس از هر غذادهی (ساعت ۸ و ۱۴) مقدار غذای اضافی داخل تانک‌ها جمع‌آوری شده و از مقدار غذای مصرفی روزانه کسر گردید.

برای ارزیابی جیره‌های آزمایشی شاخص‌های رشد، بازدهی خوراک و پروتئین به شرح زیر استفاده شد:

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

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

ضریب رشد ویژه (SGR): حاصل ضرب نسبت لگاریتم نپری اختلاف وزن حاصل شده به مدت زمان

پرورش در صد

نرخ بازده پروتئین (PER): گرم افزایش وزن حاصل شده به ازای هر گرم پروتئین مصرفی

اجزای غذایی میکرو ابتدا در آب مقطر به میزان ۴۰۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم غذا حل شده و سپس با اجزای غذایی ماکرو مخلوط شدند. سپس میزان روغن لازم به مخلوط حاصل اضافه و در میکسر هم زده شد. پس از اطمینان از اختلاط کامل مواد، مقدار مورد نیاز آب مقطر برای 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 درآمده و در خشک‌کن در دمای ۶۰- ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت قرار گرفت. غذای خشک به دست آمده بسته‌بندی شد و پس از اتصال برجسب آن در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد.

تمامی تانک‌های پرورشی (۳۶ عدد تانک برای ۱۱ تیمار آزمایشی به همراه تیمار شاهد هر کدام با سه تکرار) مجهز به یک سنگ هوای ۲۰ سانتی‌متری متصل به سیستم هواده مرکزی بودند. برای دستیابی به میزان دقیق برداشت غذا، غذای اضافی باقیمانده در تانک ۳۰-۱۵ دقیقه پس 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.

بچه ماهیان نر تیلاپیا (۲۶/۶۶±۸/۵۳ گرمی) به طور کاملاً تصادفی به تعداد ۳۶ عدد در هر تانک رهاسازی گردید. حجم آبیگری هر تانک ۱۵۰ لیتر بود که با دبی ۲

بازدهی پروتئین تبدیلی (PCE): گرم افزایش پروتئین به‌ازای ۱۰۰ گرم پروتئین مصرفی عوامل فیزیکوشیمیایی آب شامل اکسیژن محلول و pH به‌طور 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 به‌طور هفتگی در تمامی تانک‌ها به کمک دستگاه WTW-CR220 اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه شاخص‌های رشد و بازدهی غذا و پروتئین از نرم‌افزار Excell (Microsoft office 2007) و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (version 19) استفاده گردید. بررسی تفاوت‌های موجود بین میانگین‌ها و معنادار بودن آنها در سطح معنادار $p=0/01$ به کمک آزمون Duncan multiple range test صورت پذیرفت. اعداد به‌صورت میانگین \pm انحراف معیار بیان شده است.

نتایج و بحث

میزان شوری آب به‌دلیل استفاده از آب چاه همیشه ثابت و برابر ۸ گرم بر لیتر بود. میزان دما نیز به‌دلیل تثبیت آن به کمک سیستم گرمایش مرکزی ثابت و معادل $29/1 \pm 0/46$ درجه سانتی‌گراد بود. میزان اکسیژن و pH نیز به‌ترتیب $7/41 \pm 0/08$ و $6/03 \pm 0/0098$ میلی‌گرم بر لیتر و $0/038 \pm 0/00098$ گرم بر لیتر گردید. میزان آمونیاک نیز $0/00098 \pm 0/00038$ گرم بر لیتر به‌دست آمد و هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین تیمارهای

مختلف در شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب مشاهده نشد ($p>0/05$). سطوح کانولا، پنبه دانه و آزولا بر میزان زنده‌مانی اثر معنادار نشان ندادند ($p>0/05$). در تمامی تیمارهای آزمایشی میزان زنده‌مانی بین $94/4-100$ درصد به‌دست آمد که این نتایج در کانولا از سوی Yigit و Olmez (۲۰۰۹)، پنبه‌دانه از سوی Agbo et al. 2011 و Abou et al. 2008 و Yue and Zhou در آزولا به‌وسیله Santiago et al. 1988 و 2007 تأیید شد.

با افزایش درصد کانولا، پنبه‌دانه و آزولا افزایش وزن (WG) کاهش معناداری نشان داد ($p<0/05$). به‌طوری‌که جیره شاهد $(185/6 \pm 29/5)$ بیشترین رشد را داشت و به‌طور معناداری متفاوت از بقیه بود. در کانولا افزایش وزن بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد اختلاف معناداری نشان نداد ($p>0/05$). گفتنی است در جیره غذایی ۱۰۰ درصد جایگزینی میزان آن منفی بود (جدول ۴). ضریب رشد ویژه (SGR) نیز به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار داشت و مقدار آن با افزایش میزان کانولا، پنبه‌دانه و آزولای جیره‌ها کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که بیشترین میزان در جیره شاهد $(2/49 \pm 0/24)$ به‌دست آمد که به‌طور معناداری از تمامی تیمارهای جایگزینی بیشتر بود ($p<0/05$). در کلزا و در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد مقدار آن منفی بود و بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد اختلاف، معنادار نبود ($p>0/05$) (جدول ۴).

جدول ۴ نتایج حاصل از شاخص‌های رشدی و آنالیز لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف کانولا

شاخص‌ها	جیره شاهد	کانولا ۲۵٪	کانولا ۵۰٪	کانولا ۷۵٪	کانولا ۱۰۰٪
وزن اولیه* (گرم)	$26/66 \pm 8/53$	$26/66 \pm 8/53$	$26/66 \pm 8/53$	$26/66 \pm 8/53$	$26/66 \pm 8/53$
وزن انتهایی (گرم)	$76/13 \pm 7/91$	$41/95 \pm 2/33$	$41/45 \pm 2/47$	$31/40 \pm 0/00$	$26/63 \pm 1/45$
ضریب تبدیل غذایی	$1/45 \pm 0/20^a$	$1/46 \pm 0/13^a$	$1/51 \pm 0/08^a$	$2/22 \pm 0/01^b$	-

شاخص‌ها	جیره شاهد	کانولا ۲۵٪	کانولا ۵۰٪	کانولا ۷۵٪	کانولا ۱۰۰٪
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 (گرم)	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 پروتئین (گرم)	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 پروتئین	۲/۶۰±۰/۳۴ ^a	۲/۴۸±۰/۲۳ ^a	۲/۴۰±۰/۱۳ ^a	۱/۶۱±۰/۰۰ ^b	-
بازدهی پروتئین تبدیلی	۳۹/۲۰±۵/۰۴ ^a	۳۳/۷۹±۴/۰۲ ^a	۳۲/۵۲±۲/۱۱ ^a	۱۵/۷۷±۰/۹۲ ^b	-
آنالیز لاشه	پروتئین خام ^۱ چربی (Ether extract) ^۱	۵۲/۸۰±۰/۱۰ ^a ۳۱/۵۸±۱/۳۵ ^a	۶۱/۰۰±۱/۹۷ ^b ۲۲/۶۲±۱/۰۷ ^c	۵۷/۰۰±۰/۷۸ ^{ab} ۲۶/۶۵±۰/۱۱ ^b	۶۰/۴۷±۴/۱۹ ^b ۱۹/۹۵±۱/۴۷ ^c
					۵۸/۳۳±۲/۲۵ ^b ۱۹/۸۳±۳/۶۷ ^c

• اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنادار می‌باشند ($p < 0.05$).
۱- مقادیر براساس درصد وزن خشک می‌باشند.

رشدی اختلاف معنادار در میزان نرخ رشد ویژه در اثر سطوح مختلف جایگزینی کانولا با پودر سویا به دست نیاوردند. در پنبه‌دانه افزایش وزن بین سطوح جایگزینی ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد اختلاف معناداری نشان نداد ($p > 0.05$) و SGR نیز در سطح جایگزینی ۴۵ درصد مقدار آن به طور معناداری از همه کمتر بود ($p < 0.05$) (جدول ۵). نتایج مشابه در تیلاپپای نیل تغذیه شده با جیره‌هایی بر پایه کتجاله پنبه‌دانه به دست آمده است (Ofojekwu and Ejike, 1984; El-Sayed, 1990).

ارتباط معکوس بین افزایش میزان کانولای جیره با شاخص‌های رشدی در نوزاد تیلاپپای سیاه (Yigit and Olmez, 2009) و ماهی آمور (Tan et al. 2013) و گربه‌ماهی کانالی (Webster et al. 1997) نیز دیده شد. به طوری که بیشترین نرخ رشد ویژه در گروه شاهد بوده است. در گربه‌ماهی کانالی با افزایش میزان کانولا شاهد تفاوت معنادار در افزایش وزن بین تیمارهای ۱۲ و ۳۶ درصد با ۴۸ درصد جایگزینی بودند به طوری که با افزایش کانولا میزان رشد کاهش پیدا کرده بود. این در حالی است که Martins و همکاران (۲۰۰۱) نیز برای ماهیان تیلاپپای نیل در مرحله

جدول ۵ نتایج حاصل از شاخص‌های رشدی و آنالیز لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف پنبه‌دانه

شاخص‌ها	جیره شاهد	پنبه ۱۵٪	پنبه ۲۵٪	پنبه ۳۵٪	پنبه ۴۵٪
وزن اولیه* (گرم)	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳
وزن انتهایی (گرم)	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 (گرم)	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 پروتئین (گرم)	۲۳۱/۷±۷/۱ ^a	۱۶۵/۹±۱۶/۱ ^b	۱۳۲±۲/۰۵ ^c	۱۲۶/۸±۱۵/۰ ^c	۱۰۳/۵±۱۲/۳ ^d
نرخ بازده پروتئین	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
بازدهی پروتئین 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	پروتئین خام ^۱ چربی (Ether extract) ^۱	۵۲/۸۰±۰/۱۰ ^{ab} ۳۱/۵۸±۱/۳۵ ^a	۵۵/۱۰±۰/۹۵ ^a ۳۱/۱۲±۰/۹۷ ^a	۵۴/۲۳±۱/۱۴ ^{ab} ۲۹/۹۸±۱/۲۸ ^a	۵۴/۳۳±۱/۵۶ ^{ab} ۳۱/۵۱±۰/۲۴ ^a
					۵۱/۹۰±۰/۴۶ ^b ۳۱/۵۲±۰/۶۳ ^a

• اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنادار می‌باشند ($p < 0.05$).
۱- مقادیر براساس درصد وزن خشک می‌باشند.

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 معناداری در ضریب رشد ویژه با افزایش میزان آزولای جیره در سطوح ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد پیدا نکردند. در ماهی تیلایپا (*T. zillii*) کاهش رشد با افزایش میزان آزولای خشک در جیره در مقادیر بالای ۲۵ درصد گزارش شد (Abdel-Tawwab, 2008). رشد ماهیان تیلایپای نیل تغذیه شده با آزولا تا سطح ۱۵ درصد جیره شاهد بود و افزایش میزان آزولا بر رشد اثر منفی داشت، ولی به نظر نگارنده رشد صورت گرفته است و با توجه به قیمت تمام شده، خوراک جیره‌هایی با آزولای بالا (۴۵ درصد) نیز برای مصرف در استخرهای خاکی مناسب می‌باشند (Fiogbe et al. 2004). در آزمایشی دیگر بر روی *T. mossambica* و لارو تیلایپای نیل (جیره‌هایی بر پایه ۸/۵، ۱۷، ۲۵/۴۶، ۳۴ و ۴۲/۴۵ درصد آزولا) نتایج حاکی از افزایش رشد ماهیان مصرف‌کننده آزولا نسبت به جیره شاهد است (Sithara and Kamalaveni, 2008).

با افزایش سطح جایگزینی پنبه‌دانه شاخص‌های رشد کاهش یافتند که البته این کاهش بین سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی و سویا معنادار نبود. نبود اختلاف معنادار بین تیمارهای حاوی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰ درصد به‌جای پودر ماهی و البته با جیره شاهد در تیلایپا گزارش شد (Agbo et al. 2011; Zhou و You 2001). این نتایج از سوی Mbahinzireki et al. (۲۰۰۸) بر روی هیبرید ماهی تیلایپا تا سطح جایگزینی ۶۰ درصد کنجاله پنبه‌دانه با پودر سویا مشاهده شد.

افزایش وزن در سطح ۱۳ درصد آزولا به‌طور معناداری بهتر از سایر سطوح آن بود درحالی‌که بین سطوح ۲۱ و ۲۹ درصد اختلاف معناداری نشان نداد ($p > 0.05$) و الگوی تغییرات ضریب رشد ویژه نیز همانند افزایش وزن بود (جدول ۶). نتایج مشابه از سوی El-Sayed (۱۹۹۲) بر روی تیلایپای نیل انگشت‌قد گزارش شده است. کاهش رشد ماهیان تیلایپای نیل انگشت‌قد و نرهای بالغ بر اثر تغذیه از سطوح مختلف *A. pinnata* از سوی Almazan و همکاران (۱۹۸۶) نیز مشاهده شده است. دو گونه تیلایپای

جدول ۶ نتایج حاصل از شاخص‌های رشدی و آنالیز لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف آزولا

شاخص‌ها	جیره شاهد	آزولا ۱۳٪	آزولا ۲۱٪	آزولا ۲۹٪
وزن اولیه (گرم)	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳	۲۶/۶۶±۸/۵۳
وزن انتهایی (گرم)	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 (گرم)	۸۵۹/۹±۲۶/۴ ^a	۵۱۲/۲±۱۲/۹ ^b	۳۳۹/۳±۴۵/۹ ^c	۳۳۶/۷±۲۱/۰ ^c
مصرف پروتئین (گرم)	۲۳۱/۷±۷/۱ ^a	۱۳۹/۲±۳/۵ ^b	۹۰/۶±۱۲/۳ ^c	۹۰/۷±۵/۷ ^c
نرخ بازده پروتئین	۲/۶۰±۰/۳۴ ^a	۲/۴۷±۰/۲۳ ^a	۲/۵۰±۰/۶۱ ^a	۲/۲۱±۰/۴۹ ^a
بازدهی پروتئین تبدیلی	۳۹/۲۰±۵/۰۴ ^a	۳۷/۸۸±۵/۹۱ ^a	۳۰/۴۸±۹/۰۳ ^a	۳۱/۱۴±۷/۰۱ ^a
درصد پروتئین خام ^۱	۵۲/۸۰±۰/۱۰ ^a	۵۶/۲۳±۰/۵۹ ^b	۶۱/۳۳±۱/۵۵ ^b	۵۸/۳۷±۰/۶۱ ^c
آنالیز درصد چربی (Ether extract) ^۱	۳۱/۵۸±۱/۳۵ ^a	۲۸/۲۵±۰/۴۸ ^b	۱۸/۲۶±۱/۰۴ ^c	۲۳/۰۲±۰/۴۵ ^d
درصد خاکستر ^۱	۱۳/۲۵±۰/۹۰ ^a	۱۴/۸۸±۰/۵۹ ^{ab}	۱۸/۳۷±۱/۵۸ ^c	۱۶/۸۲±۰/۷۲ ^{bc}
درصد 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 معنادار می‌باشند ($p < 0.05$).
۱- مقادیر براساس وزن خشک می‌باشند.

بیشترین میزان جایگزینی پنبه‌دانه به‌طور معناداری متفاوت و کمتر از بقیه خوراک مصرف کرده بودند ($p < 0/05$). در آزولا، الگوی تغییرات برداشت غذا بر شاخص‌های رشدی منطبق است (جدول ۶). برداشت خوراک در تیمار سطح ۱۳ درصد آزولا نسبت به دو سطح دیگر به‌طور معناداری بیشتر بود ($p < 0/05$) و بین جیره‌های حاوی ۲۱ و ۲۹ درصد اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$). مصرف پروتئین به‌طور معناداری بین جیره‌های مختلف متفاوت بود ($p < 0/05$). در جیره شاهد میزان آن بسیار بیشتر از جیره‌های حاوی منابع پروتئین گیاهی جایگزین به‌دست آمد. در کانولا بین سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد و همچنین ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۴). در تیمارهای مختلف پنبه‌دانه روند تغییرات مصرف پروتئین کاملاً منطبق بر میزان برداشت غذا بود (جدول ۵). از آنجایی که میزان رشد متأثر از برداشت خوراک و در واقع مصرف پروتئین است، در سطوح مختلف آزولا روند تغییرات مصرف پروتئین کاملاً منطبق بر میزان برداشت غذا و الگوهای رشدی بود (جدول ۶). مصرف پروتئین در جیره شاهد و سطح ۱۳ درصد آزولا به‌طور معناداری با یکدیگر و بقیه جیره‌ها متفاوت بود ($p < 0/05$). بین سطوح ۲۱ و ۲۹ درصد آزولا نیز اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$).

کاهش میزان برداشت خوراک در اثر افزایش منابع پروتئین گیاهی در جیره به‌دلیل افزایش حجم غذا از سوی Emami (۲۰۱۱) گزارش شده است. در کانولا، در آزمایشی دیگر بر روی نوزاد ماهی تیلاپپای نیل نیز کاهش معنادار برداشت غذا بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی کانولا مشهود بود و در عین حال بین ضریب تبدیل غذایی تا سطح جایگزینی ۴۰ درصد اختلاف معناداری مشاهده نشد (Yigit and Olmez, 2009). این در حالی است که در

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 است، بنابراین کاهش رشد حادث 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 مؤثر است.

طبق نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده آزمایش، سطوح مختلف کانولا و پنبه‌دانه بر میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) ماهیان در سطح معناداری اثرگذار بود ($p < 0/05$)، در کانولا، در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد به‌دلیل کاهش وزن ماهیان میزان آن قابل ارائه نبود و ضریب تبدیل غذایی در سطح ۷۵ درصد جایگزینی به‌طور معناداری از جیره شاهد و سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در پنبه‌دانه سطح جایگزینی ۴۵ درصد به‌طور معناداری از بقیه بیشتر بود (جدول ۵) و بین سایر سطوح اختلاف معنادار مشاهده نشد ($p > 0/05$). سطوح مختلف آزولا بر میزان ضریب تبدیل غذایی اثر معنادار نداشت ($p > 0/05$)، ولی با افزایش میزان آزولا افزایش مختصری نشان داد (جدول ۶).

میزان برداشت غذا در جیره شاهد نسبت به جیره‌های حاوی کانولا، پنبه‌دانه و آزولا به‌طور معناداری متفاوت و بیشتر از آنها بود ($p < 0/05$). در کانولا، بین جیره‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد و همچنین جیره‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۴). در پنبه‌دانه ارتباط معکوسی بین افزایش میزان کنجاله آن و برداشت غذا مشاهده شد (جدول ۵)، به‌طوری‌که ماهیان تغذیه‌شده با جیره دارای

یک به یک گوسیپول آزاد در جیره غذای تیلاپای نیل اختلاف معناداری 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 از سوی Agbo و همکاران (۲۰۱۱) بر روی بچه ماهیان انگشت‌قد تیلاپای نیل تا سطح جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله پنبه‌دانه با پودر ماهی تأیید می‌شود.

در بین سطوح آزولا، در میزان برداشت خوراک و مصرف پروتئین سطح ۱۳ درصد به‌طور معناداری بیشتر از بقیه به‌دست آمد. کاهش میزان برداشت خوراک در اثر افزایش سطوح آزولا (*A. pinnata*) در جیره غذای ماهیان تیلاپا (*T. zillii*) از سوی Abdel-Tawwab (۲۰۰۸) گزارش شده است. علی‌رغم این‌که میزان برداشت غذا، مصرف پروتئین و شاخص‌های رشد در ماهیان جیره شاهد بیشتر بود، در بررسی ضریب تبدیل غذایی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت خوراک تفاوت معناداری بین تیمارها مشاهده نشد، ولی با افزایش آزولای جیره‌ها میزان آن اندکی افزایش داشت. در آزمایشی Micha و همکاران (۱۹۸۸) از افزایش معنادار میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان انگشت‌قد تیلاپای 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 معنادار آن در ماهیان تیلاپا (*T. zillii*) با افزایش سطوح آزولای جیره (*A. pinnata*) خبر داد. کاهش معنادار ضریب تبدیل غذایی در اثر افزایش میزان آزولا در جیره غذای لارو ماهیان تیلاپای نیل از سوی Santiago و همکاران (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است.

در کانولا، نرخ بازده پروتئین (PER) بین جیره شاهد و سطوح مختلف جایگزینی به‌جز جیره حاوی ۷۵ درصد

مطالعه حاضر نیز بر خلاف میزان برداشت غذا، ضریب تبدیل غذایی بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی اختلاف معناداری نشان نداد، اما میزان آن افزایش یافت. عدم تأثیرپذیری ضریب تبدیل غذایی در ماهی تیلاپای نیل در مرحله رشدی به‌دلیل جایگزینی کنجاله کانولا با پودر سویا گزارش شده است (et Martins al. 2001). Yigit و همکاران (۲۰۱۲) نبود اختلاف معنادار برای نوزادان قزل‌آلای رنگین‌کمان و گربه‌ماهی کانالی در جیره‌های حاوی کنجاله کانولا تا سطح جایگزینی به‌ترتیب ۱۶ و ۳۶ درصد را گزارش کردند (به‌ترتیب: Yigit et al. 1997; Webster et al. 2012). افزایش میزان ضریب تبدیل غذایی احتمالاً به‌دلیل افزایش میزان فیبر جیره است، زیرا در جیره‌هایی با سطح بالای کانولا، به‌ویژه 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 نشان‌دهنده پایین بودن میزان تمایل ماهیان به خوردن خوراک‌های حاوی کانولا است زیرا به‌ازای مقدار غذای خورده شده رشد مناسب و ضریب تبدیل قابل قبولی دیده می‌شود.

در پنبه‌دانه نیز Agbo و همکاران در تیلاپای نیل انگشت‌قد اختلاف معنادار در میزان برداشت غذا بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰ درصد مشاهده نکردند. نتایج مشابه همچنین بر روی تیلاپا از سوی Mbahinzireki و همکاران (۲۰۰۱) گزارش شده است. در خصوص نحوه تغییرات ضریب تبدیل غذایی در پنبه‌دانه، در آزمایشی جایگزینی ۱۰۰ درصد کنجاله پنبه‌دانه همراه با مکمل سولفات آهن فرو به نسبت

نرخ بازده پروتئین و بازدهی پروتئین تبدیلی بین جیره شاهد و سطوح مختلف آزولا نیز اختلاف معنادار نداشت ($p > 0.05$) و بیشترین میزان آنها در جیره شاهد به دست آمد (جدول ۶). کاهش معنادار شاخص‌های کارایی پروتئین در اثر افزایش سطوح آزولا *A. pinnata* در جیره غذایی ماهیان تیلایپا (*T. zillii*) گزارش شده است (Abdel- (Tawwab, 2008). ماهیان انگشت‌قد تیلایپای نیل *O. niloticus* و *T. rendalli* در اثر افزایش میزان آزولا *A. microphylla* در جیره، کاهش معناداری در میزان شاخص‌های کارایی پروتئین نشان دادند (Micha et al. (1988).

عدم تفاوت معنادار بین جیره شاهد و جیره‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی کانولا در میزان ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتئین و کارایی تبدیل پروتئین این گفته‌ها را تأیید می‌کند که صرف‌نظر از شاخص‌های رشدی که به دلیل عدم خوش‌خوراکی خوراک و پایین بودن میزان برداشت غذا و پروتئین مصرفی کاهش یافتند، سایر شاخص‌ها نشان‌دهنده کیفیت مناسب آن و قابلیت جایگزینی تا سطح ۵۰ درصد است. از این‌رو به نظر می‌رسد جایگزینی کنجاله کانولا تا سطح ۵۰ درصد تأثیر منفی قابل توجهی بر قابلیت جذب جیره‌ها نداشته باشد. Enami (۲۰۱۱) گزارش کرد که پودر کنجاله کانولای اصلاح شده و یا پروتئین تغلیظ شده کانولا می‌تواند نقش بسیار مهمی در جایگزینی پودر ماهی در خوراک آبزیان ایفا کند. در جیره غذایی نوزاد تیلایپای نیل تا میزان ۱۰ درصد جایگزینی کنجاله کانولا با پودر ماهی توصیه شده است.

جایگزینی ۴۱/۸ درصد کنجاله کلزا در جیره غذایی ماهیان انگشت‌قد تیلایپا *Sarotherodon mossambicus* رشد خوبی ایجاد کرده است (Jackson et al. 1982).

پودر کانولا معنادار نبود ($p > 0.05$). این در حالی است که بیشترین میزان آن در جیره شاهد (2.76 ± 0.34) به دست آمد. البته میزان نرخ بازده پروتئین در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصد به دلیل رشد منفی بیان نشد (جدول ۴). بیشترین میزان بازدهی پروتئین تبدیلی (PCE) نیز در جیره شاهد (39.20 ± 5.04) مشاهده شد که البته با سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد کانولا اختلاف معنادار نداشت ($p > 0.05$). در شاخص‌های ارزیابی کیفیت پروتئین (PER و PCE) اختلاف معناداری بین جیره شاهد با جیره‌های دارای کانولا تا سطح جایگزینی ۵۰ درصد حاصل نشد. نوزادان تیلایپای نیل نیز نسبت به سطوح جایگزینی کانولا تا سطح ۴۰ درصد اختلاف معناداری در میزان نرخ بازده پروتئین نشان ندادند (Yigit and Olmez, 2009). در ماهی آمور نیز اختلاف معناداری در نرخ بازده پروتئین بین تیمار شاهد با جیره‌های حاوی کانولا تا ۳۲ درصد جایگزینی حاصل نشد (Tan et al. 2013).

نرخ بازده پروتئین و بازدهی پروتئین تبدیلی بین جیره شاهد و سطوح مختلف پنبه‌دانه به جز جیره ۴۵ درصد، اختلاف معنادار نداشت ($p > 0.05$). این در حالی است که بیشترین میزان آنها در جیره شاهد به دست آمد (جدول ۵). در آزمایشی بر روی تیلایپای نیل که اثر جایگزینی ۱۰۰ درصد پنبه‌دانه با پودر ماهی با استفاده از مکمل سولفات آهن فرو بررسی شد، اختلاف معناداری در میزان نرخ بازده پروتئین بین جیره شاهد با خوراک دارای نسبت برابر گوسپیول آزاد و سولفات آهن فرو مشاهده نگردید (EI- (Saidy and Gaber, 2004). در مطالعه‌ای دیگر Agbo و همکاران (۲۰۱۱) از نبود اختلاف معنادار در میزان شاخص‌های کارایی پروتئین در بچه ماهیان انگشت‌قد تیلایپای نیل تغذیه شده با جیره‌هایی با کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۵۰ درصد ماهی خبر دادند.

جایگزینی کانولا تا میزان بالای ۷۵ درصد در میزان رشد ماهیان تیلاپپای نیل نژاد GIFT اختلاف معناداری 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 درصد جایگزین شود.

عدم رشد به دلیل برداشت نکردن غذا و در نتیجه پایین بودن پروتئین مصرفی است که در واقع مزه تلخ و تند حاصل از گلوکوزینولات و سیناپین باعث خوش خوراک نبودن خوراک شده است. در مطالعات دیگر بیان شده مزه تلخ و تند متابولیت‌های گلوکوزینولات مانند ایزوتیوسیانات (Isothiocyanate) و اوکسازولیدیتینون (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 جیره‌های 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 پروتئین را کاهش می‌دهد (Yigit and Olmez, 2009) همانند آنچه در جیره‌هایی با کانولای بالای ۵۰ درصد مشاهده شد.

شرایط زیست‌محیطی و نوع کشت، ویژگی‌های زمین و نحوه مدیریت مزرعه همه بر میزان مواد ضدتغذیه‌ای کانولا مؤثر است. با وجود این که گونه‌های کشت شده در ایران همه از نوع دو صفر می‌باشند و میزان اسید اوریک و گلوکوزینولات آنها به روش‌های ژنتیکی پایین آورده شده

است، ولی شرایط پرورش و از همه مهم‌تر فراوری آن و فرایند روغن‌کشی نیز در میزان کاهش مواد ضدتغذیه‌ای بسیار مؤثر است. Enami (۲۰۱۱) نیز بیان کرده ارزش غذایی کنجاله کلزا یا کانولا به فراوری و روش روغن‌کشی بستگی دارد.

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

درخصوص پنبه‌دانه، صرف‌نظر از شاخص‌های رشد، نتایج حاکی از قابلیت بالای جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه می‌باشد و نشان می‌دهد که کاهش برداشت غذا و به دنبال آن پروتئین مصرفی سبب کاهش رشد شده است 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 درصد کنجاله پنبه‌دانه باشد؛ دلایلی که از سوی سایر محققان تأیید می‌گردد (Agbo et al. 2011). در مطالعه حاضر کارایی میزان پروتئین در سطوح جایگزینی بالا بوده و عوامل ضدتغذیه‌ای بر قابلیت جذب و کارایی پروتئین اثرگذار نبوده‌اند و مشکل اساسی در خوش خوراک نبودن خوراک و کاهش برداشت غذا می‌باشد. با توجه به متناسب بودن شاخص‌های کارایی پروتئین و خوراک بین جیره شاهد و جیره‌های دارای کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵ درصد جایگزینی به نظر می‌رسد کنجاله پنبه‌دانه بر قابلیت جذب خوراک اثر بارزی نداشته است. صرف‌نظر از میزان

رشد، با توجه به شاخص‌های کارایی خوراک و پروتئین، در صورت بر طرف شدن مشکل خوش‌خوراکی غذا به کمک مواد جذاب، به نظر می‌رسد کنجاله پنبه‌دانه تا سطح جایگزینی ۳۵ درصد قابلیت استفاده در جیره‌های تیلاپیای پروراری را داشته باشد.

تفاوت در میزان گوسپیول موجود در کنجاله پنبه‌دانه به علت شرایط متفاوت کشت و نامناسب بودن عوامل محیطی، روش روغن‌کشی تخم پنبه‌دانه در کارخانجات روغن‌کشی و یا مخلوطی از هر دو عامل می‌باشد. هر چند که El-Saidy و Gaber (۲۰۰۴)، اختلاف در نتایج ارائه شده در جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه در جیره ماهیان را وجود تفاوت در میزان گوسپیول آزاد کنجاله‌های پنبه‌دانه اعلام کردند. با توجه به این‌که وجود گوسپیول آزاد در جیره‌ها اثرهای سمی بر حیوانات تک‌معدده‌ای از جمله ماهیان دارد (Yue and Zhou, 2008)، به دلیل عدم اختلاف معنادار در شاخص‌های کارایی خوراک و پروتئین بین جیره شاهد و جیره‌های دارای کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵ درصد جایگزینی پودر ماهی و سویا به نظر می‌رسد استفاده از سولفات آهن فرو اثرهای سمی گوسپیول را خنثی کرده است. اختلاف بین نتایج حاصل از این تحقیق با سایر محققان به علت زیاد بودن میزان سایر مواد ضدتغذیه‌ای مانند سیناپین و فیبر است که بر خوش‌خوراکی خوراک اثر منفی داشته و باعث کاهش برداشت غذا و به دنبال آن کاهش پروتئین مصرفی و رشد می‌شود (Agbo et al. 2011). از آنجایی‌که گوسپیول در غدد رنگدانه‌ای گیاه ذخیره می‌شود (سهرابی، ۱۳۸۶)، در آزمایشی با بررسی اثرهای گوسپیول بر تغذیه تیلاپیا (*Tilapia aurea*) با کنجاله پنبه‌دانه با غده و غده‌زدایی شده نشان داده شد که عملکرد ضعیف ماهی تغذیه‌شده با منبع پروتئین پنبه‌دانه در ظاهر ربطی به گوسپیول جیره ندارد (Robinson et al.

1984). در مطالعه‌ای دیگر بر روی گربه‌ماهیان مشخص شد که استفاده از کنجاله پنبه‌دانه اصلاح نژاد شده از لحاظ تغذیه‌ای اثرهای مشابه کنجاله پنبه‌دانه معمولی اصلاح نژاد نشده دارد (Li et al. 2008). در آزمایش‌های دیگر نیز محققان دلایل متفاوتی را برای کاهش رشد ماهیان تیلاپیا که در معرض جیره‌های حاوی کنجاله پنبه‌دانه بودند، ذکر می‌کنند. برخی کمبود لایزین، متیونین و سیستئین جیره را عاملی بر کاهش رشد می‌دانند و برخی آن را رد می‌کنند. عده دیگری از محققان گوسپیول را مسئول کاهش رشد ماهیان نمی‌دانند و حضور سیکلوپروپیونیک اسید را عاملی بر آن می‌شمارند (Ogunji, 2004).

درخصوص آزولا، علی‌رغم کاهش رشد در ماهیان با افزایش میزان آزولا در جیره آنها، با توجه به مشاهدات ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتئین و بازدهی پروتئین تبدیلی می‌توان نتیجه گرفت که کاهش رشد به علت کاهش برداشت خوراک و به دنبال آن پروتئین مصرفی می‌باشد و علت آن عدم خوش‌خوراکی جیره‌ها برای ماهیان است. به دلیل مناسب بودن میزان شاخص‌های کارایی پروتئین و خوراک در مقایسه با جیره شاهد می‌توان نتیجه گرفت آزولا بر قابلیت جذب خوراک اثر منفی بارزی نداشته است.

در ارزیابی منابع پروتئین به‌ویژه گیاهی برای جایگزینی، بررسی میزان خوش‌خوراکی و پذیرش خوراک توسط ماهی بسیار اهمیت دارد. با این وجود، در نهایت اقتصادی بودن جیره غذایی میزان و نوع ماده جایگزین‌کننده را مشخص می‌کند (Ogunji, 2004)، که این بسته به نوع پرورش، گونه و تراکم متفاوت است. چه بسا موادی برای جایگزینی به‌ویژه در استخرهای خاکی استفاده می‌شوند با علم بر این‌که از میزان رشد می‌کاهند، ولی نتیجه اقتصادی مطلوبی دارند.

در تیمارهای مختلف کانولا کمترین میزان پروتئین لاشه در جیره شاهد به دست آمد که به طور معناداری نسبت به سایرین متفاوت بود ($p < 0/05$) (جدول ۴). بین جیره‌های حاوی کانولا نیز در میزان پروتئین لاشه اختلاف معنادار مشاهده نشد ($p > 0/05$). تیمارهای مختلف کانولا بر چربی لاشه تأثیر معنادار داشتند ($p < 0/05$)، به طوری که بیشترین میزان آن در جیره شاهد و سپس سطح جایگزینی ۵۰ درصد کانولا به دست آمد. بین سایر سطوح جایگزینی کانولا اختلاف معناداری در میزان چربی لاشه مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۴). بین جیره‌های حاوی کانولا و جیره شاهد در میزان چربی و پروتئین لاشه اختلاف معناداری به دست آمد که این بر خلاف نتایج دیگر محققان بر روی نوزاد تیلایپای نیل (Yigit and Olmez, 2009) می‌باشد.

در سطوح مختلف جایگزینی پنبه‌دانه، میزان پروتئین لاشه جیره حاوی ۱۵ درصد، جایگزینی بیشترین مقدار بود که به طور معناداری از مقدار آن در لاشه ماهیان تغذیه شده با خوراک ۴۵ درصد بیشتر بود ($p < 0/05$). میزان چربی لاشه ماهیان بین جیره شاهد و تیمارهای مختلف پنبه‌دانه اختلاف معناداری نشان نداد ($p > 0/05$) (جدول ۳ و ۴). Zhou و Yue (۲۰۰۸) نیز بیان کردند که در ماهیان هیبرید تیلایپا، پروتئین و چربی لاشه تحت تأثیر سطوح جایگزینی کنجاله پنبه‌دانه با پودر سویا قرار نگرفته است.

میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت لاشه به طور معناداری تحت تأثیر میزان آزولای خوراک قرار داشت ($p < 0/05$). پروتئین، خاکستر و رطوبت لاشه تا سطح ۲۱ درصد 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 درصد آزولا کاهش و سپس افزایش نشان داد (جدول ۶). در آزمایشی Micha و همکاران (۱۹۸۸) از افزایش معنادار میزان رطوبت و خاکستر لاشه

ماهیان انگشت‌قد تیلایپای نیل *T. rendalli* و *O. niloticus* 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 معنادار داشت و میزان پروتئین تغییرات معناداری نداشته است. El-Sayed (۱۹۹۲) نشان داد با افزایش میزان آزولا (*A. pinnata*) در جیره غذایی ماهیان تیلایپای نیل، میزان پروتئین و چربی لاشه ماهیان کاهش و رطوبت و خاکستر آنها افزایش می‌یابد. افزایش رطوبت و خاکستر لاشه ماهیان تیلایپا (*T. zillii*) هم‌زمان با کاهش میزان پروتئین و چربی آن در اثر افزایش سطوح آزولا (*A. pinnata*) از سوی 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 فراوری آن مربوط باشد.

نتیجه‌گیری

در تمامی ارقام غذایی بررسی شده نکته مشترک عدم خوش‌خوراکی خوراک برای ماهیان تیلایپا بود زیرا صرف‌نظر از رشد، اختلاف معناداری در شاخص‌های نمایانگر کارایی خوراک و پروتئین 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 به‌دنبال آن پروتئین مصرفی بود.

در صورت رفع مشکل خوش‌خوراکی خوراک می‌توان انتظار داشت کنجاله کانولا تا سطح ۵۰ درصد جایگزینی، آزولا تا سطح ۲۱ درصد جیره و کنجاله پنبه‌دانه تا سطح ۳۵ درصد جایگزینی قابلیت استفاده داشته باشند. همان‌طور که در دیگر تحقیقات بیان شده کنجاله پنبه‌دانه حتی می‌تواند

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. 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 Mediterranennes; 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.

Enien, O., Roem, A. J., 1997. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquaculture Nutrition*, 3, 115-126.

Fiogbé, E.D., Micha, J.C. and Van Hove, C. 2004. Use of a natural aquatic fern, *Azolla microphylla*, as a main component in food for the omnivorous-phytoplanktonophagous tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 517-520.

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.

Hasan, M. R. and Chakrabarti, R. 2009. Use of algae and aquatic 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

به عنوان تنها منبع تأمین کننده پروتئین جیره برای تیلاپیا استفاده شود (Jackson et al. 1982; El-Sayed, 1990).

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب های شور انجام شد. بر خود لازم می دانم از تمامی همکاران، مشاوران و استادانی که در مجموعه مؤسسه تحقیقات، پژوهشگاه آبی پروری آب های داخلی- انزلی و به ویژه مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب های شور اینجانب را همراهی نمودند از جمله کارکنان اداری و خدماتی تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

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.

El-Saidy, D. M. S. D. and Gaber, M. M. 2004. Use of cottonseed meal supplemented with iron for

- 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.
- Safari, O. and Boldagi, F. 2008.** Study of effect of partial substitution of canola meal and soybean meal with fishmeal in the diet of rainbowtrout *Oncorhynchus mykiss*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 79 (2): 45-51.
- 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.
- Sithara, K. and Kamalaveni, K. 2008.** Formulation of low-cost feed using *Azolla* as a protein supplement and its influence on feed utilization in fishes. *Current Biotica*, 2 (2): 212-219.
- Sohrabi Moshkabadi, B. 2007.** Investigation of nutritional values of cotton seed and other promising kinds of meals. Cotton Research Institute of Iran. 100-240000-00-0000-82035. 35 p.
- Tan, Q., Liu, Q., Chen, X., Wang, M. and Wu, Z. 2013.** Growth performance, biochemical indices and hepatopancreatic function of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*, would be impaired by dietary rapeseed meal. *Aquaculture*, 414-415: 119-126.
- 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 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 cotton as feed ingredients for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture nutrition*, 14 (6): 490-498.
- Lim, C., Webster, C. D. and Lee, C. S. 2008.** Alternative Protein Sources in Aquaculture 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 water fern, *Azolla pinnata* R.Br. *Journal of Food Biochemistry*, 27 (4): 281-294.
- Mbahinzireki, G. B., Dabrowski, K., Lee, K. J., El-Saidy, D. and Wisner, E. R. 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.
- 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. 2012.** Determine Optimal Diet for Rearing Black Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bafgh Brackish Water. Iranian Fisheries Science Research Institute, 91/40914, 60 p.
- Mwachireya, S. A., Beames, R. M., Higgs, D. A. and Dosanjh, B. S. 1999.** Digestibility of canola protein products derived from the physical,

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.

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

Investigation of canola and cotton seed meal and Azolla substitution in Nile Tilapia diet

Mohammad Mohammadi^{1*}, Habib Sarsangi Aliabad¹, Nasrin Mashaii², Ahmad Bitaraf³,
Farhad Rajabipour⁴, Mahmoud Hafezieh⁵

1- Ph.D. Student, National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bafgh, Yazd, Iran

2- Assistant Professor, National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bafgh, Yazd, Iran

3- Research Instructor, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran

4- Master science, National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bafgh, Yazd, Iran

5- Associate professor, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Received: 23.11.2015 Accepted: 25.02.2017

*Corresponding author: mohammaditabasy@gmail.com

Abstract:

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 in triplicates. 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 the control were the highest of all. They decreased with increase in plant protein in every group ($p < 0.05$). FCR and protein efficiency indices didn't show 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%). Total food intake, protein consumption and growth indices decreased, because all plant protein ingredients were unpalatable. If the problem of palatability is solved, it seems that the expensive protein sources replace with canola meal and cottonseed meal at the rates of 50 and 35% respectively, and azolla can be used at the rate of 21% in diets.

Keywords: Diet, Black tilapia, Replacement, Low-cost and native materials