Archive of SID

تغـذیه آبزیـان
سال پنجم، شماره اول،
بهار و تابستان ۱۳۹۸

اثر استفاده از سطوح مختلف پودر هویج بجای آستاگزانتین سنتتیک در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان: بررسی اثرات بر رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون

علی بیگی کلشتری، سید ولی حسینی*، مهرداد فرهنگی، غلامرضا رفیعی
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۵

چکیده
در این تحقیق بررسی امکان استفاده از سطوح مختلف پودر هویج با آستاگزانتین سنتتیک در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با هدف تاثیر آن بر میزان رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خونی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۶ جیره آزمایشی شامل جیره شاهد (بدون جایگزینی)، جیره حاوی آستاگزانتین سنتتیک و چهار جیره دیگر که به تدریج پودر هویج جایگزین آستاگزانتین سنتتیک موجود در جیره (در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) شده بود، تهیه گردید. آنگاه به مدت ۶۰ روز به بچه ماهی با میانگین وزنی ۰/۳ ± ۵۰ گرم خورانده شد. نتایج عملکرد رشد نشان داد که جایگزینی پودر هویج به طور معنی‌داری سبب افزایش وزن و ضریب رشد ویژه می‌گردد و بالاترین افزایش وزن و بهترین ضریب تبدیل غذایی در تیمارهایی با ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی به دست آمد ($p<0/05$). میزان لایزوزیم، آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز، اسپارتات آمینوترانسفراز، گلوکز، پروتئین تام و کورتیزول خون ماهیان مورد بررس نشان داد که این جایگزینی بر مقادیر این شاخص‌ها موثر است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که امکان جایگزینی کامل آستاگزانتین سنتتیک با پودر هویج (۱۰۰٪ جایگزینی) در جیره ماهی قزل‌آلا وجود داشته و از این رهگذر می‌توان از خروج ارز از کشور جلوگیری نمود.

کلید واژگان: ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، رنگدانه، شاخص‌های رشد و بیوشیمیایی سرم خون، کاروتنوئید هویج

نویسنده مسئول: hosseinisv@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از خانواده آزاد ماهیان (Salmonidae) یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی ماهیان سردابی است که در بیشتر کارگاه‌های تکثیر و پرورش ایران و جهان پرورش داده می‌شود. امروزه پرورش این ماهی در ایران با گوشت ترجیحاً رنگ‌دار شده مورد استقبال وسیعی قرار گرفته و از همین‌رو مصرف رنگدانه‌های سنتتیک مجاز نظیر آستاگزانتین به منظور رنگ‌دار کردن گوشت آنها فزونی یافته است.

مطالعات متعددی در ارتباط با اضافه نمودن آستاگزانتین در جیره غذایی ماهیان سردابی به منظور بهبود رشد و رنگ‌پذیری فیله آنها انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به پژوهش‌های انجام شده در لاروهای تازه به تغذیه افتاده ماهی آزاد اطلس (*Salmo salar*) (Christiansen et al. 1994) و ماهی قزل‌آلای رنگین کمان اشاره نمود. در همین راستا، مشخص گردید که سطح بهینه افزودن آستاگزانتین به جیره غذایی ماهیان بسته به نوع آستاگزانتین (طبیعی یا مصنوعی) و غلظت‌های آن‌ها متفاوت می‌باشد (فقانی و همکاران، ۱۳۹۲). لذا به منظور عملکرد مثبت رشد ماهی، ضروری است تحقیقات بیشتری در زمینه اضافه نمودن غلظت مناسب آستاگزانتین صورت گیرد. تحقیق صورت گرفته در زمینه اثر اضافه آستاگزانتین به جیره غذایی فیل ماهی (*Huso huso*) نشان داد که نرخ رشد و بقا در فیل ماهی تغذیه شده با دوزهای ppm ۱۰۰ و ۲۰۰ آستاگزانتین نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. از طرف دیگر، Liu و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر آستاگزانتین بر رشد و مقاومت در برابر استرس ناشی از تراکم در گربه ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) گزارش کردند که استفاده از ۸۰ میلی‌گرم آستاگزانتین در هر کیلوگرم از جیره غذایی این ماهی، منجر به افزایش معنی‌داری در میزان پروتئین تام سرم خون و کاهش معنی‌داری در مقادیر گلوکز، آلانین آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد شد.

تقریباً تمامی آستاگزانتین سنتتیک که به منظور رنگ‌دار کردن گوشت ماهی قزل‌آلای پرورشی ایران استفاده می‌شود وارداتی می‌باشد. این در حالی است که مطالعات نشان می‌دهد امکان رسیدن به همان منظور از طریق مصرف رنگدانه‌های طبیعی حاصل از محصولات کشاورزی امکان‌پذیر است. رنگدانه‌های طبیعی در سبزیجاتی مانند گوجه فرنگی، فلفل قرمز، ذرت، هویج، ریشه چغندر و انواع قارچ‌های خوراکی و غیره وجود دارند. طبق تحقیقات انجام شده رنگدانه‌های طبیعی و گیاهی علاوه بر قیمت مناسب، پتانسیل به مراتب بهتری نسبت به رنگدانه‌های مصنوعی در جهت ایجاد رنگ و بهبود رشد ماهی هدف دارند (Yanar et al. 2007).

می‌توان گفت که آستاگزانتین نقش مؤثری را به عنوان واسطه در سوخت و ساز بدن، تسریع در هضم و جذب بدن، افزایش بهره‌وری مواد غذایی و در نتیجه عملکرد رشد موجودات آبزی ایفا می‌نماید (Niu et al. 2009). تحقیقات صورت گرفته بر روی فیل ماهی تغذیه شده با آستاگزانتین طبیعی ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (فقانی و همکاران، ۱۳۹۲) و گربه ماهی زرد تغذیه شده با ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین در کیلوگرم غذا (Liu et al. 2016) و میگوی *Marsupenaeus japonicas* تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (Chein and Jeng, 1992) دارای مغایرت بوده که دلیل مغایرت نتایج را می‌توان عادات غذایی مختلف، اختلاف فرمولاسیون غذایی ماهیان و اختلاف طعم و مزه مطلوب در گونه‌های مختلف ماهیان دانست (Liu et al. 2016).

کاروتنوئیدهای حاصل از منابع کشاورزی در فرآیند متابولیسمی ماهیان (Segner et al. 1989)، تحریک رشد (Torrissen, 1984)، افزایش بازماندگی و افزایش ایمنی (Christiansen et al. 1995) نقش دارند. از آنجایی که قیمت تمام شده استفاده از رنگدانه‌های مصنوعی در جیره ماهیان مقرون به صرفه نیست و به دلیل مضرات استفاده از برخی افزودنی‌ها، در بسیاری از تحقیقات استفاده از رنگدانه‌های حاصل از منابع کشاورزی پیشنهاد شده است. در این میان، کاروتنوئیدهای موجود در هویج بیش از سایرین مورد توجه قرار گرفتند. هویج به دلیل ارزان بودن، فراوانی زیاد، قیمت نسبتاً پایین از یک طرف و وجود مقادیر قابل ملاحظه‌ای از انواع کاروتنوئید در بافت خود از طرف دیگر، پتانسیل بالقوه‌ای در جهت استفاده در جیره ماهیان سردابی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

هرچند تأثیر استفاده از پودر هویج در رنگ‌پذیری گوشت ماهی تاحدودی شناخته شده است (Ramamoorthy et al. 2010)، اما تاثیر آن بر میزان رشد و شاخص‌های خونی مرتبط با استرس‌های مدیریتی به خوبی شناخته نشده است. لذا زمانی که آستاگزانتین موجود در جیره را با پودر هویج جایگزین می‌شود باید تاثیر این جایگزینی بر سایر ویژگی‌های زیستی ماهی هدف مورد بررسی قرار گیرد. از همین‌رو، در این تحقیق تأثیر جایگزینی آستاگزانتین سنتتیک موجود در جیرۀ ماهی قزل‌آلا با پودر هویج بر شاخص‌های رشد و خون آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمستان سال ۱۳۹۷ و در گروه شیلات دانشگاه تهران انجام گرفت. ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از مرکز پرورش ماهی برغان واقع در روستای برغان از توابع شهرستان کرج خریداری و توسط خودرو مخصوص حمل ماهی و مجهز به سیستم هوادهی به دانشکده منابع طبیعی منتقل شد. در زمان تخلیه، به مدت ۱ ساعت عملیات هم دمایی در ماهیان صورت گرفت. ۳۰۰ عدد ماهی قزل آلای رنگین کمان با وزن ۰/۳ ± ۵۰ گرم، در شش تیمار و هر تیمار در سه تکرار در ۱۸ حوضچه به صورت کاملاً تصادفی توزیع شدند. سپس با ۶ جیره آزمایشی در یک دوره ۶۰ روزه، ۳ بار در روز (ساعت‌های ۱۰، ۱۴ و ۱۸) به طور دستی غذادهی شدند. میزان غذا برای هر تیمار روزانه بر مبنای جدول غذادهی ماهی قزل-آلای رنگین کمان محاسبه و توزین شده و در اختیار ماهی‌ها قرار می‌گرفت. در طی دوره پرورش، شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب به طور روزانه و زیست‌سنجی ماهیان در هر ۱۵ روز انجام شد.

تهیه جیره‌های آزمایشی

در این تحقیق پودر هویج از هویج‌های منطقه دزفول تهیه گردید. میزان پودر هویج مورد نیاز برای هر کیلوگرم غذا به میزان ۱۰۰ میلی گرم برای هر کیلوگرم غذا (Liu et al. 2016) محاسبه و جایگزین آستاگزانتین سنتتیک گردید (جدول ۱). گروه شاهد فاقد آستاگزانتین و پودر هویج تهیه گردید.

در جدول ۱ مواد اولیه جیره و نسبت‌های استفاده شده ارائه شده است. برای این منظور مواد اولیه خشک با نسبت‌های مورد نیاز با هم ترکیب و سپس روغن سویا به آن اضافه شد و پس از همگن کردن اجزاء و افزودن مقداری آب (تا ایجاد حالت خمیری)، با استفاده از دستگاه پلت‌زنی با اندازه چشمه خروجی ۴ میلی‌متر به پلت تبدیل شد. آنگاه غذای ساخته شده در آون (دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۵ ساعت تا رسیدن به رطوبت لازم) قرار داده شد تا خشک شود. جیره‌ها پس از سرد کردن در دمای محیط بسته بندی و تا زمان مصرف در شرایط سرد نگهداری شدند.

شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب

در طول دوره، پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب اندازه‌گیری شد. به منظور هوادهی و تأمین نیاز اکسیژنی ماهیان، به هر یک از تانک‌ها دو سنگ هوا که به منبع هواده متصل بود نصب گردید. دمای مخازن به طور روزانه در ساعت ۱۰ صبح به کمک دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد. اکسیژن، pH و شوری نیز به طور روزانه اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

به منظور بررسی میزان شاخص‌های رشد در ابتدای دوره پرورش، ترکیب لاشه ماهیان در ابتدای دورۀ پرورش و همچنین ترکیب جیره تهیه شده مورد ارزیابی ترکیبات درشت مغذی قرار گرفتند (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ ترکیب جیره و مواد اولیه مورد استفاده در ساخت جیره و نسبت های آنها (برحسب درصد).

			جیره‌های دارای پودر هویج (جایگزینی با آستاگزانتین)			تیمار دارای
		جیره شاهد	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	آستاگزانتین سنتتیک
ردیف	اقلام غذایی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
۱	پودر ماهی	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
۲	کنجاله سویا	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶
۳	آرد گندم	۱۷	۷/۵	۹/۹	۱۲/۳	۱۴/۶	۱۷
۴	روغن سویا	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۵	روغن ماهی	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۶	گلوتن ذرت	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۷	گلوتن گندم	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۸	پودر گوشت	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۹	همبند	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۰	پودر هویج	۰	۹/۵	۷/۱	۴/۷	۲/۴	۰
۱۱	مکمل ویتامینی	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۲	مکمل معدنی	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۲ شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب.

شاخص	میانگین ± انحراف معیار
اکسیژن محلول (mg/L)	۸/۵ ± ۰/۵
درجه حرارت (°C)	۱۴/۵ ± ۰/۵
pH	۷/۵ ± ۰/۳
شوری (ppt)	کمتر از ۱

جدول ۳ ترکیبات درشت مغذی جیره و لاشه ماهیان (وزن خشک) پیش از شروع دوره پرورش (درصد).

ردیف	تیمارها	پروتئین (٪)	چربی (٪)	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)
۱	جیره	۳۹/۷۱ ± ۰/۱۱	۱۶/۱۸ ± ۰/۱۲	۱۲/۴۷ ± ۱/۱۶	۹/۵ ± ۰/۲۹
۲	لاشه ماهیان	۷۷/۰۷ ± ۰/۸۱	۱۴/۴۰ ± ۰/۰۹	۱۰/۴۳ ± ۰/۴۶	۳/۷۸ ± ۰/۳

نتایج نشان داد که جیره ساخته شده دارای ۴۰ درصد پروتئین، ۱۶ درصد چربی و ۱۲ درصد رطوبت بود که یک جیره مناسب از لحاظ ترکیبات درشت مغذی برای ماهی قزل آلای رنگین کمان است و با بسیاری از جیره های رایج در سطح کشور مطابقت دارد.

شاخص‌های رشد

در تحقیق حاضر شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، شاخص وضعیت، نسبت بازده پروتئین، ضریب تبدیل غذایی و مصرف غذای روزانه بود که با توجه به روابط زیر مورد سنجش قرار گرفت:

ضریب تبدیل غذایی (Turchini et al. 2003) = FCR افزایش وزن بدن به گرم / مقدار غذای خورده شده به گرم

افزایش وزن (Turchini et al. 2003) = WG وزن اولیه به گرم - وزن نهایی به گرم

ضریب رشد ویژه (Turchini et al. 2003) = $SGR = [(LnW_2-LnW_1)] \times ۱۰۰$ / دوره پرورش به روز

نسبت بازده پروتئین (Turchini et al. 2003) = PER افزایش وزن بدن به گرم /مقدار پروتئین مصرفی به گرم

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتور وضعیت (Grant et al. 2008)

CF = وزن تر به گرم / (طول فورک به سانتیمتر ×۳ ×۱۰۰)

مصرف غذای روزانه (Hatlen et al. 2005)

DFI = [100 × کل غذای خشک مصرفی روزانه (گرم)/ ۱- (تعداد روزهای پرورش) × ۱/۲ [(وزن اولیه ماهی (گرم) × وزن نهایی ماهی (گرم)]

اندازه گیری فاکتورهای بیوشیمیایی خون

به منظور سنجش پارامترهای بیوشیمیایی خون نظیر کورتیزول، گلوکز، پروتئین تام، آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز و ایمنی غیراختصاصی (لایزوزیم)، ۲۴ ساعت قبل از خونگیری تغذیه ماهیان قطع شد و سپس سه ماهی به ازای هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و پس از بیهوشی در محلول گل میخک با دوز ppm ۱۵۰ (قبادی و همکاران، ۱۳۸۸) از ورید ساقه دمی آنها خونگیری به عمل آمد. برای جداسازی سرم از نمونه‌های خون جمع‌آوری شده، از ویال‌های دارای ضد انعقاد خون استفاده شد.

به منظور دستیابی به بیشترین مقدار سرم، نمونه‌های تهیه شده تا قبل از عمل سانتریفوژ و جداسازی سرم، به مدت ۲ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. برای جداسازی سرم از خون از دستگاه سانتریفوژ (شرکت پارت آزما، ایران) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. پس از ترسیب گلبول‌های قرمز خون، سرم (پلاسما) با استفاده از سمپلر به ویال‌ها منتقل گردید. نمونه‌ها در شرایط فریزر دمای (۱۸- ^{o}C) تا انجام آزمایش نگهداری شد (Harikrishnan et al. 2012).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون با استفاده از نرم‌افزار SPSS 15 صورت گرفت و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با خطای ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

شاخص‌های رشد

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد، تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول شماره ۴ ارائه شده است. ماهی‌ها از میانگین وزن اولیه ۰/۳ ± ۵۰ گرم در طول دوره ۶۰ روزه آزمایش به وزن متوسط ۲۱ ± ۱۳۴ گرم رسیدند. نتایج نشان داد که تیمار چهار و پنج افزایش معنی‌داری را در میانگین وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، شاخص وضعیت و کاهش معنی‌داری را در ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار دو و شش نشان دادند ($p<۰/۰۵$) در حالی که بین تیمار سه و شش این تفاوت معنی‌داری نبود ($p>۰/۰۵$). بیشترین افزایش وزن (۱۹ ± ۱۵۵ گرم) و نسبت بازدهی پروتئین (۰/۲ ± ۲/۱۹) در تیمار پنج مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان بقا نیز در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$). همچنین، در کلیه شاخص‌های رشد بین تیمارهای تغذیه شده با تیمارهای حاوی سطوح مختلف پودر هویج با آستاگزانتین سنتتیک و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

شاخص‌های خونی

در مطالعه حاضر، سطوح مختلف استفاده از آستاگزانتین سنتتیک و جایگزینی آن با پودر هویج روی فاکتورهای خونی مرتبط با سلامتی ماهی قزل آلای رنگین کمان شامل لایزوزیم، آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات آمینوتزانسفراز، گلوکز، پروتیئن تام و کورتیزول سرم در ابتدا و انتهای دوره پرورش انجام شد که نتایج اختلافات معنی‌داری را در تیمارهای مختلف نشان داد ($p<۰/۰۵$) که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ مقایسه میانگین شاخص های رشد بین ماهیان پرورشی تغذیه شده در سطوح مختلف پودر هویج و آستاگزانتین سنتتیک طی دوره پرورش.

شاخص ها/ تیمارها	شاهد	۱۰۰ آستاگزانتین + ۰ پودر هویج (٪)	۷۵ آستاگزانتین + ۲۵ پودر هویج (٪)	۵۰ آستاگزانتین + ۵۰ پودر هویج (٪)	۲۵ آستاگزانتین + ۷۵ پودر هویج (٪)	۰ آستاگزانتین + ۱۰۰ پودر هویج (٪)
وزن اولیه (گرم)	۵۰ ± ۰/۳	۵۰ ± ۰/۳	۵۰ ± ۰/۳	۵۰ ± ۰/۳	۵۰ ± ۰/۳	۵۰ ± ۰/۳
وزن نهایی (گرم)	۱۳۱/۲۴ ± ۲۱/۷۶	۱۱۹/۳۵ ± ۱۷/۷۶	۱۴۱/۹۹ ± ۲۳/۵۱	۱۵۱/۹۹ ± ۲۰/۹۸	۱۵۵/۰۴ ± ۱۹/۱۲	۱۳۹/۷۹ ± ۲۵/۷
افزایش وزن (WG)	۸۱/۲۴ ± ۲۱/۷۶	۶۹/۳۵ ± ۱۷/۷۶	۱۰۱/۹۹ ± ۲۳/۵۱	۱۵۵/۰۴ ± ۲۰/۹۸	۱۰۵/۰۴ ± ۱۹/۱۲	۸۹/۷۹ ± ۲۵/۷
ضریب رشد ویژه (SGR)	۲۰۸/۳۸ ± ۷/۵۸	۲۰۴/۳۹ ± ۶/۶۳	۲۱۱/۸۰ ± ۷/۶۰	۲۱۴/۹۳ ± ۶/۳۵	۲۱۵/۹۱ ± ۵/۲۹	۲۱۰/۹۸ ± ۸/۴۲
ضریب تبدیل غذا (FCR)	۱/۵۹ ± ۰/۱۵	۱/۳۸ ± ۰/۱۰	۱/۴۷ ± ۰/۰۶	۱/۱۶ ± ۰/۰۹	۱/۱۴ ± ۰/۰۸	۱/۳۱ ± ۰/۰۸
نسبت بازده پروتئین (PER)	۱/۵۷ ± ۰/۱۶	۱/۸۱ ± ۰/۲۲	۱/۷۰ ± ۰/۳۲	۲/۱۶ ± ۰/۱۲	۲/۱۹ ± ۰/۲۰	۱/۹۱ ± ۰/۳۷
شاخص وضعیت (CF)	۰/۷۱ ± ۰/۱	۰/۶۷ ± ۰/۱۱	۰/۷۵ ± ۰/۱۲	۰/۷۹ ± ۰/۰۸	۰/۸۰ ± ۰/۰۹	۰/۸۰ ± ۰/۱۱
بقا (درصد)	۹۹ ± ۱	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰	۹۹ ± ۱	۹۸ ± ۲
مصرف غذای روزانه (DFI)	۲/۶۳ ± ۰/۵۱	۲/۰۴ ± ۰/۳۸	۲/۶۵ ± ۰/۴۸	۲/۲۵ ± ۰/۳۲	۲/۲۶ ± ۰/۲۷	۲/۳۱ ± ۰/۴

جدول ۵ نتایج پارامترهای بیوشیمیایی خون ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان در ابتدا و انتهای دوره پرورش.

تیمارهای آزمایشی	لایزوزیم (u/mL/min)	ALP (u/L)	ALT (u/L)	AST (u/L)	گلوکز (mg/dL)	پروتیئن تام (g/dL)	کورتیزول (ng/mL)
ابتدای دوره پرورش	۲۱/۶۷ ± ۳/۰۶	۶۱۱/۶۷ ± ۸۴/۱۰	۲۱/۶۷ ± ۳/۰۶	۳۳۰/۳۳ ± ۳۴/۲۷	۱۱۴/۶۷ ± ۶/۵۱	۴/۲۳ ± ۰/۲۵	۱۱/۹۷ ± ۰/۹۷
شاهد	۲۴/۳۳ ± ۲/۰۸	۴۰۲/۶۷ ± ۷/۵۱	۱۸/۳۳ ± ۱/۵۳	۳۸۱/۳۳ ± ۲۵/۹۷	۸۴/۳۳ ± ۴/۱۶	۴/۱۲ ± ۰/۲	۸/۹۸ ± ۰/۰۸
۱۰۰ آستاگزانتین + ۰ پودر هویج (٪)	۲۶/۶۷ ± ۱/۵۳	۲۹۷/۳۳ ± ۱۳/۶۵	۱۷/۳۳ ± ۱/۵۳	۳۵۵ ± ۲۷/۵	۱۰۲/۳۳ ± ۳/۰۶	۴/۰۲ ± ۰/۱۵	۱۱/۱۸ ± ۰/۵۳
۷۵ آستاگزانتین + ۲۵ پودر هویج (٪)	۳۶/۳۳ ± ۳/۰۶	۵۵۴/۳۳ ± ۶۰/۱۸	۲۳ ± ۱	۲۸۱/۳۳ ± ۲۹/۹۴	۸۷/۳۳ ± ۲/۵۲	۳/۹۴ ± ۰/۱۲	۹/۷۶ ± ۰/۲۲
۵۰ آستاگزانتین + ۵۰ پودر هویج (٪)	۴۱/۶۷ ± ۳/۰۶	۵۶۱/۶۷ ± ۳۹/۱۲	۲۷ ± ۱	۴۸۲/۶۷ ± ۳۱/۰۹	۹۵ ± ۳/۶۱	۴/۱۵ ± ۰/۰۴	۱۰/۳۳ ± ۰/۰۸
۲۵ آستاگزانتین + ۷۵ پودر هویج (٪)	۴۰ ± ۲	۶۰۷ ± ۲۶/۴۶	۲۹ ± ۱	۵۳۳/۶۷ ± ۳۸/۰۷	۷۴ ± ۲/۶۵	۴/۲۸ ± ۰/۰۹	۸/۴۵ ± ۰/۲۲
۰ آستاگزانتین + ۱۰۰ پودر هویج (٪)	۴۱/۳۳ ± ۴/۰۴	۳۰۸/۳۳ ± ۱۱/۹۳	۲۹ ± ۱	۵۴۷/۳۳ ± ۴۱/۷۹	۱۰۴/۶۷ ± ۷/۰۲	۵/۰۲ ± ۰/۱	۱۰/۰۷ ± ۰/۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

شاخص‌های رشد

تغییرات شاخص‌های رشد در بین تیمارهای مختلف در این تحقیق، نشان داد که اضافه نمودن مقادیر مختلف پودر هویج و به جیره غذایی، منجر به بهبود عملکرد رشد و تغذیه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیشترین نسبت بازدهی پروتئین، وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن به دست آمده در تیمار تغذیه شده در تیمار چهار (۵۰ درصد آستاگزانتین و ۵۰ درصد پودر هویج) و تیمار پنج (۲۵ درصد آستاگزانتین و ۷۵ درصد پودر هویج) غذا مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات صورت گرفته بر روی ماهی آزاد اطلس تغذیه شده با ۴۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (Christiansen et al. 1994)، چالباش (*Acipenser gueldenstaedtii*) تغذیه شده با ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین طبیعی بر کیلوگرم غذا (Ilyasov and Golovin, 2003)، میگوی پاسفید غربی (*Litopeneaus vannamei*) تغذیه شده با ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (Ahmadi et al. 2008) و میگوی مونودون (*Penaus monodon*) تغذیه شده با ۱ درصد آستاگزانتین (Niu et al. 2009) همخوانی داشت.

می‌توان گفت که آستاگزانتین نقش موثری را به عنوان واسطه در سوخت و ساز بدن، تسریع در هضم و جذب بدن، افزایش بهروری مواد غذایی و در نتیجه عملکرد رشد آبزیان ایفا می‌نماید (Niu et al. 2009). هر چند برخی نتایج حاصل از این تحقیق با تحقیقات صورت گرفته بر روی فیل ماهی تغذیه شده با آستاگزانتین طبیعی (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا) (فقانی و همکاران، ۱۳۹۲) و گربه ماهی زرد تغذیه شده با ۸۰ میلی گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (Liu et al. 2016) و میگو کروما (*Marsupenaeus japonicas*) تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا (Chein and Jeng, 1992) همخوانی نداشت که دلیل مغایرت نتایج را می‌توان احتمالاً عادات غذایی مختلف، اختلاف فرمولاسیون غذایی ماهیان و اختلاف طعم و مزه مطلوب در گونه‌های مختلف ماهیان و فیزیولوژی سوخت و ساز ماهی نسبت داد (Liu et al. 2016).

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق با تغییر سطوح جایگزینی آستاگزانتین سنتتیک با پودر هویج، افزایش وزن به دست آمده و نسبت بازدهی پروتئین روند افزایشی معنی‌داری را نشان دادند که با نتایج حاصل از تحقیق Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی داشت. این محققین با بررسی اثر سطوح مختلف (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا) بر عملکرد رشد ماهی میگوی پا سفید غربی نشان دادند که بیشترین میزان وزن نهایی و ضریب رشد ویژه، در تیمار تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد. کاهش وزن بدن در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا را می‌توان به اثر بازدارندگی رنگدانه آستاگزانتین نسبت داد، برخلاف خاصیت آنتی‌اکسیدانی آستاگزانتین، استفاده بیش از حد آن در جیره غذایی می‌تواند اثرات سمی و طعم تلخ را ایجاد کرده و منجر به کاهش رشد گردد (Beutner et al. 2001; Liu et al. 2016). مصرف بیش از حد آستاگزانتین باعث تولید انواع اکسیژن فعال شده که در نهایت منجر به شکستن زنجیره DNA و تخریب سلول‌ها می‌شود (Beutner et al. 2001). هرچند استفاده از غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا بر بقا تاثیر معنی‌داری نداشت. در این تحقیق نتایج نشان داد بهترین جیره در شاخص‌های رشد مربوط به تیمار چهار و تیمار پنج بوده که می‌توان احتمال داد در صورت استفاده از مقادیر مختلف پودر هویج در جیره غذایی به جای آستاگزانتین سنتتیک، بهترین نتیجه را دریافت کرد.

ترکیباتی مثل ساپونین، ترپنوئیدها، استروئیدها، فنول‌ها، کومارین، فلاونوئید، تانین، آلکالوئیدها، سیانوژنیک گلوکوزیدها در گیاهان به عنوان سم شناخته شده (Rice, 1984) که احتمالاً حضور این مواد در گیاه هویج از عوامل اصلی کاهش رشد در برخی تیمارها می‌تواند باشد. اثر منفی پودر هویج بر رشد و کارایی تغذیه در ماهی ممکن است به دلیل میزان بالای سلولز باشد (Miguel, 1990)، زیرا افزایش سلولز روی میزان هضم و جذب غذا اثر گذاشته و کاهش رشد را به دنبال دارد.

از دلایل دیگر بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای در تحقیق حاضر را می‌توان به حضور کاروتنوئیدها به عنوان یکی از اجزای عمده موجود در این گیاه (هویج) نسبت داد. کاروتنوئیدها تنها محدود به ایجاد رنگ عضله و پوست ماهی ها نمی‌باشند، بلکه حضور آنها در جیره غذایی هضم و جذب مواد غذایی را افزایش داده و منجر به بهبود رشد می‌گردند (Storebakken and Choubert, 1991). کاروتنوئیدها نقشی مشابه عملگر بیولوژیک آلفا توکوفرول (ویتامین E) دارند (Krinsky, 1993). کاروتنوئیدهای گیاهی، بر متابولیسم، تسریع هضم و جذب و افزایش بهره‌وری از مواد غذایی اثر مثبت گذاشته و

www.SID.ir

Archive of SID

نهایتاً باعث افزایش رشد و تغذیه در ماهیان می‌گردند (Amar et al. 2004).

به نظر می‌رسد دلایل افت در شاخص‌های رشد و تغذیه در برخی تیمارها شامل عوامل مختلف از جمله بر هم خوردن تعادل جیره غذایی، کاهش در میزان قابلیت هضم پروتئین و استفاده ماهی از پروتئین جیره به عنوان منبع انرژی باشد زیرا با افزایش سطح پروتئین جیره، اسیدهای آمینه آزاد نیز افزایش یافته و برای تبدیل شدن به آمونیاک و دفع نیاز به صرف انرژی دارد و یا اینکه با زیاد شدن میزان پروتئین گیاهی در جیره، بازدارنده‌های فعالیت پروتئازی موجود در گیاه نیز زیاد شده و باعث کاهش قابلیت هضم می‌شوند (Brauge et al. 1995). بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای را می‌توان به آنتی اکسیدان‌های موجود در گیاه از جمله پلی‌فنول‌ها، ویتامین C، ویتامین E، بتا کاروتن، آهن، روی، مس و سلنیوم نیز نسبت داد (Ben Aziz et al. 2006).

شاخص‌های خونی

میزان لایزوزیم سرم که شاخص بسیار مهمی در ایمنی هومورال محسوب می‌گردد به ترتیب در تیمارهای حاوی پودر هویج نسبت به گروه شاهد افزایش داشته است و اختلاف آماری معنی‌داری را نشان می‌دهد که اهمیت بسزایی در ارتقاء سیستم ایمنی ماهیان دارد. تحقیقات زیادی به‌خصوص در ماهیان خاویاری نشان داده است که لایزوزیم نقش مهمتری در دفاع غیراختصاصی دارد (Guz et al. 2011). بنابراین می‌توان احتمال داد در صورت وجود کاروتنوئیدهای طبیعی (پودر هویج) می تواند در دفاع غیر اختصاصی ماهیان قزل آلای رنگین کمان نیز نقش داشته باشد که در مطالعه حاضر به خوبی این موضوع را روشن می‌سازد.

همچنین آنزیم آلکالین فسفاتاز نقش مهمی در تنظیم برخی از عملکردهای اساسی ارگانیزم‌های زنده بازی می‌نماید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد پودر هویج و آستاگزانتین در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان منجر به کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز شد و میزان آن در بین کلیه تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان دادند که با نتایج به دست آمده از تحقیق صورت گرفته بر روی گربه ماهی تغذیه شده با ۸۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا همخوانی داشت (Liu et al. 2016). همچنین، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که استفاده از آستاگزانتین در جیره غذایی به خصوص غلظت های مختلف آستاگزانتین با پودر هویج در جیره های غذایی منجر به بهبود میزان فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز می‌گردد.

کمترین میزان فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز، در تیمار تغذیه شده با ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با تیمار حاوی پودر هویج غذا نشان داد. همچنین، فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در کلیه تیمارها در مقایسه با فعالیت این آنزیم در تیمار شاهد افزایش یافت. Nakano و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که استفاده از آستاگزانتین در جیره غذایی منجر به کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز خون ماهی قزل آلای رنگین کمان در مقایسه با تیمار شاهد گردید که با نتایج به دست آمده از این تحقیق همخوانی نداشت. از طرف دیگر، افزایش فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز در تیمارهای چهار، پنج و شش در مقایسه با تیمارهای یک، دو و سه حاکی از آن است که استفاده از سطوح بیشتر پودر هویج در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان احتمالا می‌تواند سلامت ماهی را تهدید نماید.

فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز خون ماهی قزل آلای رنگین کمان در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد، در حالی که بعد از شروع پرورش در تیمارهای تغذیه شده با ترکیبات متفاوت آستاگزانتین با پودر هویج، افزایش معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات Nakano و همکاران (۱۹۹۹) و Liu و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی داشت. افزایش فعالیت آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز در تیمار تغذیه شده با ۱۵۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا در مقایسه با تیمارهای تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم غذا حاکی از آن است که استفاده از سطوح مختلف آستاگزانتین با پودر هویج می‌تواند سلامت ماهی را تهدید نماید.

تعدادی از محققین معتقد هستند که سنجش سطح گلوکز خون شاخص مهمی برای ارزیابی ماهیان در شرایط تحت استرس می‌باشد (Hsieh et al. 2003). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تغییرات میزان گلوکز خون در بین تیمارها معنی‌دار بود. میزان گلوکز خون در کلیه تیمارها افزایش یافت که با تحقیق صورت گرفته توسط Xie و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی داشت. همچنین، کمترین میزان گلوکز خون در تیمار تغذیه شده با ۲۵٪ آستاگزانتین ۷۵٪ پودر هویج (تیماره شماره پنج) در غذا مشاهده شد که اختلاف

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد که با نتایج به دست آمده از تحقیق Liu و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی نداشت.
در این مطالعه تغییر مقدار پروتئین تام سرم در تیمارهای حاوی آستاگزانتین سنتتیک روند منظمی نداشت، در حالی که این تغییر در تیمارهای حاوی کاروتنوئید کل هویج منظم بود یعنی با افزایش میزان پودر هویج به جای آستاگزانتین سنتتیک میزان پروتئین تام سرم خون ماهی قزل آلای رنگین کمان افزایش داشت به طوری که با افزایش سطح آن، مقدار آن افزایش یافت. تاثیر آستاگزانتین سنتتیک بر سیستم ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه قرار گرفته و با دستیابی به نتایج مثبت، استفاده از آن در رژیم غذایی عملی قزل‌آلای رنگین‌کمان توصیه شده است (Thompson et al. 1995). در مطالعه دیگری توسط Waagbo و همکاران (۲۰۰۳) مشخص شد که وجود آستاگزانتین طبیعی باعث می‌شود که میزان بروز کم بینایی در ماهیان آزاد کاهش یابد. تیمارهای چهار تا شش که میزان بیشتری کاروتنوئید کل هویج داشتند در بررسی حاضر تاثیر بیشتری در حفظ نسبت در شرایط بهینه (کمی بیشتر از یک) داشتند. در تیمارهای حاوی آستاگزانتین بیشتر با افزایش سطح آستاگزانتین این نسبت کاهش داشته است به طوری که در تیمار دو نسبت به تیمار شاهد پروتئین کمتری را داشت و در نتیجه مقادیر تیمارهای کاروتنوئید کل هویج وضعیت مطلوب‌تری نسبت به تیمارهای آستاگزانتین سنتتیک داشتند.
مطالعات نشان می‌دهد که افزایش کورتیزول همواره با افزایش گلوکز همراه است. در پژوهش حاضر، افزایش قابل توجهی در مقادیر گلوکز در تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف پودر هویج مشاهده شد. به نظر می‌رسد که افزودن پودر هویج به جیره غذایی سبب افزایش استرس ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود ضمن اینکه کاروتنوئیدهای طبیعی نسبت به آستاگزانتین سنتتیک در کاهش میزان قند خون بهتر عمل می‌کنند. کاهش سطح گلوکز خون ماهی قزل آلای رنگین‌کمان تحت تیمار عصاره سیلی مارین (*Silybum marianum*) (Banaee et al. 2011) و گربه ماهی (*Clarias lazera*) تحت عصاره پیاز (*Allium cepa*) و سیر (*Allium sativum*) (Al-Salahy, 2002) گزارش شده است که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم آزمایشگاه شیلات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و آقایان دکتر هادی پورباقر و دکتر علیرضا میرواقفی و همچنین آقای مهندس رضا عاشوری تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

طالبی، م .، خارا، ح .، ذریه زهرا، ج .، قبادی، ش.، خدابنده لو، آ. ، میررسولی، ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر رنگدانه آستاگزانتین روی رشد، رنگ پذیری و فاکتورهای خونی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله آبزیان و شیلات ۳: ۷۱-۸۸.

فقانی، ط.، سلطانی، م.، شمسایی، م.، متین فر، ع. ۱۳۹۲. مطالعه تاثیرآستاگزانتین طبیعی (*Haematococcus pluvialis*) بر شاخص‌های رشد،ترکیب آنالیز لاشه و کبد فیل ماهی جوان (*Huso huso* Linnaeus, 1758). مجله زیست شناسی دریا ۵: ۷۸-۶۹.

قبادی، ش.، متین فر، ع.، نظامی بلوچی، ش.، سلطانی، م. ۱۳۸۸. عملکرد مکمل آنزیمی آویزایم بر جایگزینی آرد ماهی با آرد سویا و تاثیر آن بر رشد و بازماندگی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فن آوری‌های نوین در توسعه آبزی پروری (شیلات) ۳ : ۲۲-۱۱.

Ahmadi, S., Farhangi, M., Rafii, G.R., Ghaednia, B. 2008. Effect of different levels of astaxsnthin on growth parameters and survival in *Litopenaeus vannamei*. Journal of Marine Sciences and Technology 1-2: 1-12.

Al-Salahy, M.B. 2002. Some physiological studies on the effect of onion and garlic juices on the fish, *Clarias lazera*. Fish Physiology and Biochemistry 27: 129-142.

Amar, E.C., Kiron V., Satoh, S., Watanabe, T. 2004. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. Fish and Shellfish Immunology 16: 527-537.

Banaee, M., Sureda, A., Mirvaghefi, A.R., Rafei G.R. 2011. Effects of longterm silymarin oral supplementation on the blood biochemical profile of rainbow trou.

www.SID.ir

Archive of SID

Fish Physiology and Biochemistry 37: 887-896.

Bani, A., Haghi-Vayghn, A. 2011. Temporal variations in haematological and biochemical idoicess of the Caspian Kutum *Rutilus frisii kutum*. Ichthyological Research 58: 126-133.

Ben Aziz, A., Grossman, S., Budowski, P., Ascarelli, I., Bondi, A. 2006. Antioxidant properties of lucerne extracts. Journal of the Science of Food and Agriculture 19: 605-608.

Beutner, S., Bloedorn, B., Frixel, S., Blanco, I.H., Hoffman, T., Martin, H. 2001. Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of *β*-carotene in antioxidant functions. Journal of the Science of Food Agriculture 81: 559-568.

Brauge, C., Corraze G., Medale, F. 1995. Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels in rainbow trout rear at 8 or 18°C. Reproduction Nutrition Development 35: 517-520.

Chein, Y.H., Jeng, S.C. 1992. Pigmentation of kuruma prawn, Penaeus japonicus bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. Aquaculture 102: 333-346.

Christiansen, R., Lie, O., Torrissen, O.J. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture and Fisheries Management 25: 903-914.

Christiansen, R., Lie, O., Torissen, O.J. 1995. Growth and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed different dietary levels of astaxanthin. First-feeding fry. Aquaculture Nutrition 1: 189-198.

Grant, A.A.M., Baker, D., Higgs, D.A., Brauner, C.J., Richards, J.G., Balfry, S.K., Schulte, P.M. 2008. Effects of dietary canola oil level on growth, fatty acid composition and osmoregulatory ability of juvenile fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture 277: 303-312.

Guz, L., Sopinska, A. and Oniszczuk, T. 2011. Effect of *Echinacea purpurea* on growth and survival of guppy (*Poecilia reticulata*) challenged with *Aeromonas bestiarum*. Aquaculture Nutrition 17: 695-700.

Harikrishnan, R., Kim, J., Balasundaram, C., Heo, M. 2012 Immunomodulatory effects of chitin and chitosan enriched diets in *Epinephelus bruneus* against *Vibrio alginolyticus* infection. Aquaculture 326: 46-52.

Hatlen, B., Grisdale-Helland, B., Helland. S.J. 2005. Growth, feed utilization and body composition in two size groups of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets differing in protein and carbohydrate content. Aquaculture 249: 401-408.

Hsieh, S.L., Chen, Y.N., Kuo, C.M. 2003. Physiological responses, desaturase activity and fatty acid composition in milkfish (*Chanos chanos*) under cold acclimation. Aquaculture 220: 903-918.

Hued, A., Bistoni, M.A. 2002. Effects of water quality variation on fis communiuies in the Central Part of Argentina, South America. Preceeding of the International Association of Theroretical and Applied Limnology 28: 112-116.

Ilyasov, Y., Golovin, P. (2003). "The effect of NatuRose® on growth, survival and physiological state of two-year-old marketable sturgeons." Unpublished study cited in "The World's Best Kept Health Secret: Natural Astaxanthin".

Krinsky, N. 1993. Actions of carotenoids in biological systems. Annual Review of Nutrition 13: 561-587.

Liu, F., Shi, H., Guo, Q., Yu, Y., Wang, A., Lv, F., Shen, W. 2016. Effects of astaxanthin and emodin on the growth, stress resistance and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Fish and Shellfish Immunology 51: 125-135.

Miguel, A.O.N., Silvia Campos, G., Mirna Sabido, G., Carlos, A.M.P. 1990. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a

www.SID.ir

Archive of SID

protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture 90: 291-302.

Nakano, T., Kanmuri, T., Sato, M., Takeuchi, M. 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. Biochimica et Biophysca Acta 426: 119-125.

Niu, J., Tian, L.X., Liu, Y.J., Yang, H.J., Ye, C.X., Gao, W., Mai, K.S. 2009. Effect of dietary astaxanthin on growth, survival and stress tolerance of post-larval shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society 40: 795-802.

Ramamoorthy, K., Bhuvaneswari, S., Sankar, G., Sakkaravarthi, K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). World Journal of Fish and Marine Sciences 2: 545-550.

Rehulka, J., 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition, and some blood indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 190: 27-47.

Rice, E.L. 1984. Allelopathy. Academic Press, Orlando, Florida. 422 pp. SAS Institute. 1988. SAS/ STAT User's Guide, 6.03 ed. SAS Institute, Cary, North Carolina, 108 p.

Segner, H., Arend, P., Von Poeppinghausen, K., Schmidt, H. 1989. The effect of feeding astaxanthin to *Oreochromis niloticus* and *Colisa labiosa* on the histology of the river. Aquaculture 79: 381-390.

Storebakken, T., Choubert, G. 1991. Flesh pigmentation of rainbow trout fed astaxanthin or canthaxanthin at different feeding rates in freshwater and saltwater. Aquaculture 95: 289-295.

Thompson I., Choubert G., Houlihan D.F., Scombes C.J. 1995. The effect of dietary vitamin and astaxanthin on the immuno competence of rainbow trout. Aquaculture 133: 91-102.

Torrissen, O.J. 1984. Pigmentation of salmonids: effects of carotenoids in eggs and start-feeding diet on survival and growth rate. Aquaculture 43: 185-93.

Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V.M., Valfré, F. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). Aquaculture 225: 251-267.

Waagbo, R., Hamre, K., Bjerkas, E., Berge, R., Wathne, E., Lie, O., Torstensen, B. 2003. Cataract formation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt relative to dietary pro- and antioxidants and lipid level. Journal of Fish Diseases 26: 213-229.

Xie, J., Liu, B., Zhou, Q., Su, Y., He, Y., Pan, L., Ge, X., Xu, P. 2008. Effects of anthraquinone extract from rhubarb Rheum officinale Bail on the crowding stress response and growth of common carp *Cyprinus carpio* var. Jian. Aquaculture 281: 5-11.

Yanar, Y., Büyükçapar, H., Yanar, M., Göcer, M. 2007. Effect of carotenoids from red pepper and marigold flower and pigmentation, sensory properties and fatty acid composition on Rainbow trout. Food Chemistry 100: 326-330.

www.SID.ir

Archive of SID

Replacement of carrot powder with synthetic astaxanthin in the rainbow trout diet: effect on the growth performance and blood parameters

Ali Beygi Kaleshtari, Seyed Vali Hosseini*, Mehrdad Farhangi, Gholamreza Rafiee
Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Alborz, Iran

Received 5 April 2019; accepted 16 August 2019

Abstract
In this study, replacement of carrot powder with synthetic astaxanthin (SA) in the rainbow trout diet was examined by some growth parameters (final weight, specific growth rate, condition factor, protein efficiency ratio (FCR), food conversion ratio and daily food intake) and blood indices (cortisol, glucose, total protein, alkaline phosphatase, alanine aminotransferase, asparate aminotransferase and lysozyme). For this purpose, 6 diets including control (no replacement), diet with 100% astaxanthin (at 100 mg/kg of diet) and four diets with partial and total replacement of SA by carrot powder (25, 50, 75 and 100%) were prepared. Growth performance indicated that replacement of SA by carrot powder caused effect on the weight gain and specific growth rate ($p<0.05$). With the increase of carrot powder in the fish diet, weight gain increased and FCR more reduced. The best results were obtained in the treatment that carrot powder replaced over 75% in the diet. Therefore, replacement of SA with carrot powder is fully possible in the rainbow trout diet.

Keyword: Carrot powder, Growth indices, Pigment, Rainbow trout.

Corresponding author: hosseinisv@ut.ac.ir

www.SID.ir