Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 85-95 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۸۵-۹۵ (۱۴۰۲)

تأثیر سطوح مختلف نوکلئوتید خوراکی روی برخی شاخص‌های رشد و قابلیت هضم ظاهری استرلیاد (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758)

میگل تکلو[1]، هومن رجبی اسلامی[1]*، سیدعبدالمجید موسوی[2]، ایوب یوسفی جوردهی[3]

[1]گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
[1]گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
[3]انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹**

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر نوکلئوتید در جیره غذایی روی برخی شاخص‌های رشد و قابلیت هضم ظاهری تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) پرورشی طراحی و اجرا شد. بدین‌منظور ماهیان با میانگین وزن ۱/۲۳±۹۵/۳۳ گرم و طول کل ۰/۵۱±۳۰/۰۰ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی در ۵ تیمار با ۳ تکرار تقسیم شدند، به‌طوری که ۱۲ ماهی به‌صورت تصادفی در هر تانک ۵۰۰ لیتری توزیع گردید. ماهیان در هر تیمار با جیره حاوی مکمل نوکلئوتید با مقادیر صفر، ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم غذا برای ۱۰ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد درصد افزایش وزن ماهیان در تیمارهای ۲/۵، ۳/۵ و ۵/۰ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته ($P<0/05$) و با ۲/۰۸±۱۱۹/۰۷ درصد افزایش به بالاترین میزان خود در تیمار ۵/۰ گرم در کیلوگرم نوکلئوتید رسید ($P<0/05$). با این وجود، اختلاف معنی‌داری در مقدار این فراسنجه در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید مشاهده نشد ($P>0/05$). طول کل نیز در ماهیان تغذیه شده با ۵/۰ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید (۰/۸±۲۵/۵ درصد) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (۰/۷۳±۱۷/۷۶ درصد) داشت ($P<0/05$) هرچند که اختلاف معنی‌داری با ماهیان تغذیه نموده با غذای حاوی ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید نشان نداد ($P>0/05$). بیشترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک جیره به میزان ۰/۴۷±۸۰/۳۲ درصد در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵/۰ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید و کمترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک نیز به میزان ۰/۴۵±۷۳/۲۴ درصد در ماهیان تغذیه نموده با جیره پایه ثبت گردید ($P<0/05$). همچنین بیشترین مقدار قابلیت هضم ظاهری پروتئین جیره به میزان ۰/۲۴±۹۰/۹۴ درصد متعلق ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵/۰ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با مقدار این فراسنجه در ماهیانی داشت که از جیره غذایی حاوی مقادیر کمتر از ۲/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلوئوتید تغذیه نموده بودند ($P<0/05$). از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار در قابلیت هضم چربی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P>0/05$). به‌طور کلی یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد افزودن ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید در جیره غذایی ماهی استرلیاد می‌تواند بر افزایش رشد و قابلیت هضم ظاهری مواد غذایی تأثیر معنی‌دار بگذارد.

کلید واژگان: استرلیاد، طول کل، نوکلئوتید، هضم ظاهری

*نویسنده مسئول rajabi.h@srbiau.ac.ir

مقدمه

تهیه یک جیره غذایی با هدف افزایش رشد و ارتقاء سلامت ماهیان در حال حا ضر به م شکل عمده آبزی‌پروری تجاری تبدیل شـده اسـت به‌طوری که بهبود جیره غذایی به‌منظور افزایش بازده تولید، سـودآوری و سـلامت ماهیان امری ضروری ا ست (Deng, 2000). طراحی یک جیره منا سب از نقطه نظر نیازهای فیزیولوژیک از عوامل مهم موفقیت در صنعت آبزی‌پروری می‌باشد (Lovell, 1998). مطالعات در رابطه با میزان قابلیت هضـم اجزای غذا، به فرموله کردن منا سب جیره کمک نموده و از طرفی برر سی کیفیت جیره آزمایشـی از راه‌هایی مانند سـنجش فراسـنجه‌های رشـد و قابلیت ه ضم اجزای غذا امکان‌پذیر می‌با شد (Glencross *et al*., 2007; Safari, 2011).

نوکلئوتیدها از جمله ترکیبات داخل سـلولی با وزن مولکولی پایین هسـتند که از یک بنیان پورینی (شـامل آدنین، گوانین، اورا سیل، سیتوزین و تیمین)، یک قند پنج کربنی ریبوز یا ۲- دی‌اک سی ریبوز و یک یا تعدادی گروه فسفات تشکیل شده‌اند که به‌عنوان واحدهای اصلی سازنده اسـیدهای نوکلئیک می باشـند (Lerner and Shamir, 2000). این ترکیبـات همچنین نقش مهمی در جریـان انرژی درون سـلولی ایفا می‌کنند به‌طوری که می توان آدنوزین مونوفسـفات را به‌عنوان مهمترین عا مل ذخیره انرژی درون سـلول های زیسـتی اعلام نمود. تحقیقات مختلفی بر این اسـاس در رابطه با تأثیر نوکلئوتیدها در جانوران مختلف انجام شـده و اثرات متابولیکی متعددی آن‌ها شناسایی شده که از آن جمله می‌توان به افزایش رشد (Madalla *et al*., 2013; Tie *et al*., 2019)، بهبود شـاخص های ایمنی (Lin *et al*., 2009; Xu *et al*., 2015; Reda *et al*., 2018)، کاهش ضـایعات کبدی و اصـلاح عملکرد کبد (Glencross and Rutherford, 2010)، توسعه جمعیت میکروبی روده، افزایش سطح جذب دسـتگاه گوارش (Hunt *et al*., 2014)، تنظیم فشـار اسـمزی، افزایش جذب آهن و بهبود پاسـخ به تنش ها (Frankic *et al*., 2006; Yaghobi *et al*., 2014) اشاره نمود.

اسـترلیاد (*Acipenser ruthenus*) یکی از کوچکترین و با ارزش‌ترین گونه‌های متعلق به خانواده تاسماهیان است که در آب‌های شـیرین مناطق سـردسـیری و رودخانه‌های منتهی به دریای سیاه، آزوف و دریاچه خزر پراکنش دا شته و به‌عنوان یک ماهی مهاجر به نواحی بالادسـت رودخانه‌ها مهاجرت می‌کند. شرایط زیستی و رسیدگی جنسی کوتاه‌تر نسبت به سایرگونه‌های ماهیان خاویاری موجب شده ماهی اسـترلیاد به‌عنوان یک الگو و مدل مناسـب برای انجام آزمایشـات زیسـتی در بین خانواده تاسـماهیان تبدیل شـود (Sokolov and Vasiliev, 1989). این ماهی همچنین در شرایط ا سارت بازده تولید بالایی دا شته (Hensel and Holcik , 1997) و به‌دلیل دوره بلوغ جنسی کوتاه و اندازه کوچکتر نسبت به سایرگونه‌هـا می‌تواند می تواند انتخاب مناسبی برای پرورش در ش ـرایط آب و ه ـوایی ای ـران در مقایسه با سایر ماهیـان خاویـاری باشد. بنابراین دستیابی به فرمول غذایی مناسـب با قابلیت هضـم بالا به‌منظور افزایش رشد و تسریع روند رسـیدگی جنسـی امری مهم در توسـعه فعالیت های مرتبط با پرورش این گونه محسـوب می شود. اطلاعات ب سیار کمی در مورد نیاز تا سماهیان به نوکلئوتید در جیره غذایی وجود دارد به‌طوری که تا به حال گزارشـی در مورد تعیین قابلیت هضـم ظاهری اجزای خوراکی از جمله پروتئین، چربی و خاکسـتر جیره حاوی نوکلئوتیدها در گونه‌های مختلف تاسـماهیان انجام نشـده ا ست. برر سی حا ضر بر این ا ساس، به‌منظور د ستیابی به ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین، چربی و ماده خشک جیره حاوی نوکلئوتید در ماهی اسـترلیاد طراحی و به‌اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

تهیه جیره غذایی: یک جیره تجاری فاقد نوکلئوتید (NT) خارجی به‌منظور تهیه جیره‌های آزمایشی تهیه و به‌عنوان جیره غذایی پایه استفاده شد. جیره توسط یک آسیاب چکشی پودر شده و برای تفکیک ذرات درشت، الک شد (اندازه مش ۰/۵ میلی‌متر). سپس مکمل نوکلئوتید با سطوح درجه‌بندی شده (۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ۵/۰ گرم در کیلوگرم) به جیره غذایی اضافه شد (Yousefi *et al*., 2012). علاوه بر این، اکسیدکروم (Cr_2O_3) به میزان ۵ گرم در کیلوگرم به‌عنوان نشانگر بی‌اثر برای اندازه‌گیری قابلیت هضم به آرامی به مواد پودر خشک اضافه شد (Shiau and Liang, 1995). مواد پودر شده با سطوح مختلف نوکلئوتید (NT) به‌مدت ۳۰ دقیقه در یک مخلوط‌کن مواد غذایی (MUM9GX5S21-

1500W، بوش، آلمان) مخلوط شدند تا از همگنی ترکیب غذایی اطمینان حاصل شود. مخلوط با آب سرد به‌صورت خمیر سفتی در آمده و از یک چرخ گوشت (-ME6051131 1600W، مولینکس، فرانسه) با قطر متناسب با دهان بچه‌ماهیان (۳ میلی متر) عبور داده شد. رشته‌های به‌دست آمده سپس در دمای اتاق با استفاده از فن الکترونیکی خشک شد (سطح رطوبت ۱۰ درصد)، سپس به‌صورت پلت‌هایی شکسته شدند. رژیم غذایی پایه برای تیمار شاهد نیز به همان روشی تهیه شد که تیمارهای حاوی نوکلئوتید (NT) تهیه شدند و تنها سلولز در آن‌ها جایگزین نوکلئوتید گردید. غذای آماده شده تا زمان مصرف در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ترکیب تقریبی و مواد تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است.

تهیه ماهی و شرایط پرورشی: ماهیان استرلیاد با ظاهری سالم در اسفند ماه ۱۳۹۷ از یک مرکز خصوصی تکثیرو پرورش ماهیان خاویاری (رشت، گیلان، ایران) تهیه و به موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر در مجاورت سد سنگر منتقل شدند. ماهیان دو هفته قبل از شروع آزمایش برای سازگاری با شرایط پرورشی در مخازن سیمانی دایره‌ای (قطر ۳ متر و ارتفاع ۱/۲ متر) با سیستم جریان مداوم آب (۹/۳ لیتر در دقیقه) و هوادهی دائمی ذخیره‌سازی شدند. تغذیه ماهیان در دوره سازگاری جیره غذایی پایه (بدون مکمل نوکلئوتید) انجام شد. ماهیان در پایان دوره سازگاری با میانگین وزن ۱/۲۳±۹۵/۳۳ گرم و طول ۰/۵۱±۳۰/۰۰ سانتی‌متر به‌طور تصادفی در ۱۵ مخزن ۵۰۰ لیتری (حجم آبگیری ۴۰۰ لیتر)، با تراکم ۱۲ ماهی در هر مخزن توزیع شدند. مخازن به یک سیستم جریان آب مداوم متصل شدند که آب در آن با نرخ ۳۰ درصد در ساعت مبادله می‌شد و مجهز به هوادهی پیوسته بود. هر سه مخزن به‌صورت تصادفی به یکی از تیمارهای غذایی اختصاص داده شد و ماهیان در هر تیمار پنج بار در روز (۰۴:۰۰، ۰۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰) به‌مدت ۱۰ هفته به‌صورت دستی تغذیه شدند. دمای آب در طول دوره آزمایش برابر ۰/۵±۱۷/۰ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول برابر ۰/۲±۸/۴ میلی‌گرم در لیتر، pH برابر ۰/۲±۷/۸ و آمونیوم برابر ۰/۰۱±۰/۱۴ میلی‌گرم در لیتر بود. دوره نوری نیز در طول پرورش برابر ۱۲ ساعت روشنایی (۰۸:۰۰ تا ۲۰:۰۰ ساعت) و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید.

زیست‌سنجی و اندازه‌گیری میزان رشد: اندازه‌گیری طول کل و وزن ماهیان در تمام تیمارها به‌صورت فردی پس از پایان دوره آزمایش انجام شد. غذادهی به‌منظور کاهش استرس ۲۴ ساعت قبل از شروع زیست‌سنجی متوقف و برای به حداقل رساندن استرس ماهی از عصاره پودر گل میخک با غلظت ۵۶ میلی گرم بر لیتر برای بیهوشی استفاده شد (دل افکار و همکاران، ۱۳۹۵). زیست‌سنجی ماهیان روی میز مخصوص زیست‌سنجی انجام پذیرفت که دارای یک خط‌کش نواری ۱۵۰ سانتی‌متری با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم بود. درصد افزایش وزن و درصد افزایش طول ماهیان براساس رابطه‌های زیر محاسبه شد:

رابطه (۱):
$$\text{درصد افزایش وزن} = \frac{\text{میانگین وزن اولیه} - \text{میانگین وزن نهایی}}{\text{میانگین وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

رابطه (۲):
$$\text{درصد افزایش طول} = \frac{\text{میانگین طول اولیه} - \text{میانگین طول نهایی}}{\text{میانگین طول اولیه}} \times ۱۰۰$$

جمع‌آوری نمونه مدفوع و محاسبه قابلیت هضم ظاهری: مدفوع از تیمارهای مختلف روزانه به‌مدت ۷ روز و ۶ ساعت پس از آخرین غذادهی و بی‌هوشی به روش توضیح داده شده در بالا جمع‌آوری شد (Safari *et al*., 2014). جمع‌آوری مدفوع به روش مالش ناحیه شکمی (stripping) با وارد کردن فشار به منطقه پایین شکم صورت پذیرفت. نمونه مدفوع در ظروف جمع‌آوری نمونه ریخته شده و تا زمان بررسی‌های بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Menghe et al., 2013). ترکیب شیمیایی (پروتئین خام، چربی، رطوبت و خاکستر) مدفوع جمع‌آوری شده براساس روش پیشنهادی AOAC (۲۰۰۵) تعیین شد. محتوای پروتئین کل (N×6.25) توسط سیستم اتوماتیک کلدال اندازه‌گیری شد (230-Hjeltec Analyzer, FossTecator, Hoganas, Sweden). چربی کل با دستگاه سوکسله (2050-FOSS, Sweden) استخراج شد. رطوبت با قرار دادن نمونه در خشک‌کن (D-63450, Heraeus, Hanau, Germany) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت تعیین شد. محتوای خاکستر نیز

جدول ۱- ترکیب تقریبی و مواد تشکیل‌دهنده جیره‌های آزمایشی

اجزای غذا (گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	سطوح نوکلئوتید تیمارهای آزمایشی (گرم بر کیلوگرم)				
	۰	۱/۵	۲/۵	۳/۵	۵
جیره تجاری ماهی خاویاری[۱]	۹۸۵	۹۸۳/۵	۹۸۲/۵	۹۸۱/۵	۹۸۰
نوکلئوتید تجاری[۲]	۰	۱/۵	۲/۵	۳/۵	۵
اکسید کروم[۳]	۵	۵	۵	۵	۵
اسید آسکوربیک[۴]	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
جمع (گرم)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
ترکیب تقریبی (گرم بر کیلوگرم)					
پروتئین	۴۶۹/۷	۴۶۹/۹	۴۷۰	۴۷۰/۱	۴۶۹/۳
چربی	۱۶۰/۱	۱۶۱	۱۵۹/۹	۱۶۰/۵	۱۶۰/۳
فیبر	۳۰	۳۰/۱	۲۹/۹	۳۰/۲	۲۹/۸
خاکستر	۶۹	۶۹/۱	۶۸/۹	۶۹/۵	۶۹
فسفر	۱۱/۴	۱۱/۳	۱۱	۱۱/۵	۱۱/۷
کلسیم	۱۴/۱	۱۴	۱۳/۹	۱۴/۲	۱۳/۸
سدیم	۴/۲	۴/۱	۴	۴/۳	۴
عصاره بدون نیتروژن[۵]	۲۰۰/۳	۲۰۱	۲۰۰/۱	۲۰۰/۴	۲۰۰/۲
انرژی (MJ/kg)[۶]	۲۱/۸	۲۱/۴	۲۱/۶	۲۱/۲	۲۱/۵

[۱] پلت تجاری بیومار (Biomar, Nersac, France)

[۲] مکمل نوکلئوتیدی وانانژن (Vannagen™, Chemoforma, Augst, Switzerland) حاوی آدنوزین-۵-مونوفسفات (AMP)، دی‌سدیم گوانیدین-۵-مونوفسفات (GMP)، دی سدیم تیمیدین-۵-مونوفسفات (TMP)، دی سدیم اوریدین-۵-مونوفسفات (UMP) و سیتیدین-۵-مونوفسفات (CMP) خالص با نسبت‌های ۱:۱:۱:۱:۱

[۳] اکسید کروم شرکت سیگما (Sigma-Aldrich®)

[۴] ال-اسکوربیل اسید-۲-پلی‌فسفات (ویتامین C پایدار)، شرکت کمین، بلژیک (Kemin, Herentals, Belgium)

[۵] عصاره بدون نیتروژن (NFE)= ۱۰۰۰- [پروتئین (g/kg) + لیپید (g/kg) + خاکستر(g/kg) + فیبر(g/kg)]

[۶] انرژی ناخالص (MJ/kg) = [۰/۰۲۴۲× پروتئین (g/kg) + ۰/۰۳۶۶ × چربی (g/kg)+ ۰/۰۲۹ × فیبر(g/kg) +۰/۰۱۷×NFE (g/kg)] (MAFF, 1975)

با سوزاندن نمونه در کوره (Isuzu, Tokyo, Japan) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان اکسید کروم (Cr_2O_3) موجود در مدفوع به‌عنوان نشانگر به روش هضم اسیدی انجام گرفت (Furukawa and Tsukahara, 1966). ضریب هضم ظاهری پروتئین، چربی و ماده خشک با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد که Nutrient در فرمول مواد مغذی (پروتئین، چربی و ماده خشک) می‌باشد (Menghe *et al.*, 2013):

رابطه (۳):

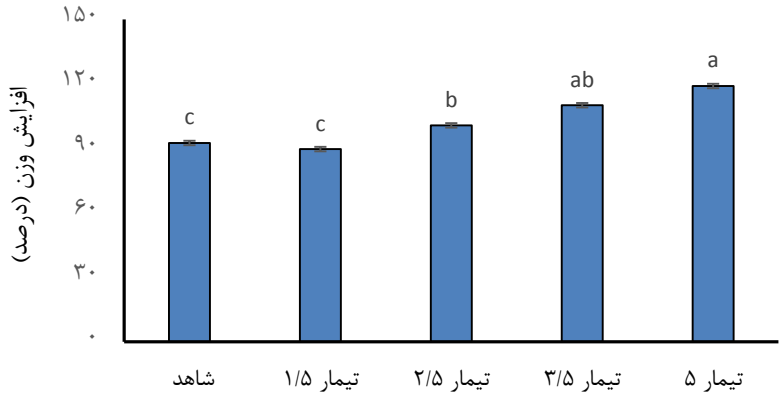
$$\text{درصد هضم ظاهری} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\text{درصد نشانگر در جیره}}{\text{درصد نشانگر در مدفوع}}\right) \times \left(\frac{\text{درصد ماده غذایی در مدفوع}}{\text{درصد ماده غذایی در جیره}}\right)\right]$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. اطلاعات به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۲۰ مرتب و توسط نرم‌افزار SPSS-17 مورد تحلیل آماری قرار گرفتند. داده‌ها ابتدا جهت اطمینان از نرمال بودن با آزمون Shapiro-wilk بررسی شدند. اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص شده و با گروه‌ها کمک آزمون Tukey HSD از یکدیگر تفکیک شدند. نتایج به‌صورت میانگین±خطای استاندارد ارائه شدند.

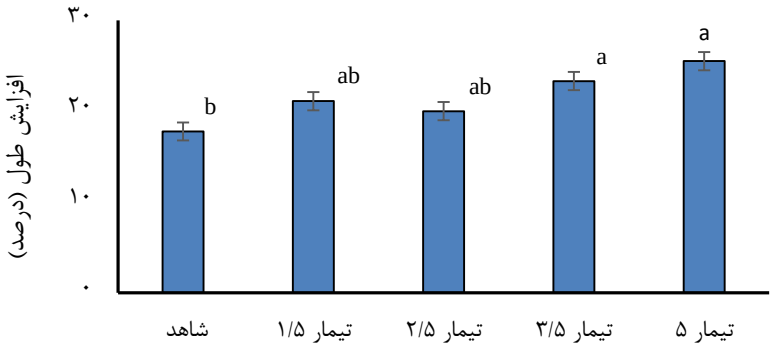
نتایج

فراسنجه‌های رشد: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد ماهی استرلیاد تحت تأثیر سطوح مختلف نوکلئوتید جیره در پایان دوره آزمایشی در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد درصد افزایش وزن در تیمارهای ۲/۵، ۳/۵ و ۵/۰ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت ($P<0/05$). درصد افزایش وزن نیز با ۲/۰۸±۱۱۹/۰۷ درصد افزایش به بالاترین میزان خود در

(الف)



(ب)



شکل ۱- درصد افزایش وزن (الف) و درصد افزایش طول (ب) تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با سطوح مختلف نوکلئوتید پس از ده هفته پرورش (حروف متفاوت روی هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح $P<۰/۰۵$ است)

تیمار ۵/۰ گرم در کیلوگرم نوکلئوتید رسید هرچند که اختلاف معنی‌داری با مقادیر این فراسنجه در تیمار ۳/۵ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی (۱۹/۹۷±۱۱۰/۰۹ درصد) و ۲/۵ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی (۱۰/۶۴±۱۰۰/۷۲ درصد) نداشت ($P>۰/۰۵$). نتایج نشان داد درصد افزایش طول در تیمار ۵/۰ گرم نوکلئوتید بر کیلوگرم جیره غذایی (۰/۸±۲۵/۵ درصد) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (۰/۷۳±۱۷/۷۶ درصد) یافته ($P<۰/۰۵$) ولی اختلاف معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

قابلیت هضم ماده خشک جیره: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد قابلیت هضم ماده خشک جیره غذایی با افزایش میزان نوکلئوتید به شکل معنی‌داری افزایش یافته و به بیشترین میزان آن در ماهیانی رسید که با غذای حاوی ۵/۰ گرم نوکلئوتید به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی تغذیه نموده بودند ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان هضم ظاهری پروتئین نیز با ۰/۲۴±۹۰/۹۴ درصد در ماهیانی به ثبت رسید که با جیره غذایی حاوی ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم جیره غذایی تغذیه نموده بودند و این میزان به شکل معنی‌داری بیش از مقدار به‌دست آمده در ماهیانی بود که با جیره غذایی پایه تغذیه نموده بودند ($P<۰/۰۵$). همچنین اختلاف معنی‌داری در میزان قابلیت هضم خاکستر بین تیمارهای مختلف مشاهده شد به‌طوری که کمترین و بیشترین میزان قابلیت هضم خاکستر به‌ترتیب در ماهیانی مشاهده شد که از جیره غذایی پایه و جیره حاوی ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم غذا تغذیه نموده بودند ($P<۰/۰۵$). با این وجود اختلاف معنی‌داری در میزان قابلیت هضم چربی بین تیمارهای

جدول ۲- درصد هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین، چربی و خاکستر تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با سطوح مختلف نوکلئوتید (گرم بر کیلوگرم) پس از ده هفته پرورش*

نوکلئوتید (گرم در کیلوگرم)	ماده خشک (درصد)	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	خاکستر (درصد)
صفر (شاهد)	۷۳/۲۴±۰/۴۵^{a}	۸۳/۸۴±۰/۲۹^{a}	۹۸/۲۰±۰/۱۱^{a}	۸۴/۵۷±۰/۰۹^{a}
۱/۵	۷۶/۸۴±۰/۲۸^{b}	۸۶/۱۳±۰/۱۹^{b}	۹۹/۱۱±۰/۰۹^{a}	۸۵/۲۴±۰/۰۴^{ab}
۲/۵	۷۶/۹۲±۰/۳۳^{b}	۸۸/۲۶±۰/۲۳^{bc}	۹۹/۱۰±۰/۰۵^{a}	۸۶/۱۷ ±۰/۰۶^{b}
۳/۵	۷۸/۲۹±۰/۳۶^{bc}	۸۹/۱۳±۰/۱۷^{c}	۹۹/۶۸±۰/۱۲^{a}	۸۶/۲۴±۰/۰۷^{b}
۵/۰	۸۰/۳۲±۰/۴۷^{c}	۹۰/۹۴±۰/۲۴^{c}	۹۹/۲۲±۰/۱۶^{a}	۸۶/۰۱±۰/۰۴^{b}

* اعداد با حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند ($P<۰/۰۵$).

مختلف مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد نوکلئوتید اضافه شده به جیره غذایی ماهی استرلیاد می‌تواند بر افزایش رشد و قابلیت هضم ظاهری مواد غذایی تأثیر معنی‌دار بگذارد. پس از ده هفته تغذیه با نوکلئوتید درصد افزایش وزن در تیمار ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم جیره غذایی به بالاترین مقدار (۱۱۹/۰۷±۲/۰۸ درصد) رسید، هرچند که این مقدار اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار ۳/۵ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم جیره غذایی نداشت. در صد افزایش طول نیز در تیمار ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم جیره غذایی به بالاترین میزان (۲۵/۵±۰/۸ درصد) رسید که نسبت به ماهیان در تیمار شاهد اخلاف معنی‌داری را نشان داد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید نداشت. همسو با تحقیق حاضر، اوجی فرد و همکاران (۱۳۹۴)، به نتایج مشابهی از تأثیر مثبت نوکلئوتید جیره در سطح ۰/۳۵ درصد بر عملکرد رشد، بچه ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) به مدت ده هفته دست یافتند.

فلاحتکار و همکاران (۱۳۹۱) نقش تغذیه‌ای نوکلئوتید جیره را بر عملکرد رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به‌مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد سطح ۰/۲ درصد موجب بیشترین میزان رشد از نظر وزن و طول شده در حالی که سایر شاخص‌های مطالعاتی شامل در صد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی اختلافات معنی‌داری بین تیمارها نداشتند.

همچنین گزارش‌های مختلفی در ارتباط با عدم تأثیر نوکلئوتید جیره بر فراسنجه‌های رشد آبزیان وجود دارد، بارانی و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی تأثیرنوکلئوتید جیره بر برخی شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و برخی شاخص‌های استرس در ماهی سفیدک سیستان (*Schizothorax zarudnyi*) پرداختند و با چهار جیره غذایی حاوی صفر، ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۳۵ و ۰/۵ درصد نوکلئوتید به‌مدت ۸ هفته غذادهی شدند. نتایج نشان داد که مکمل نوکلئوتید بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذایی، نسبت بازده غذایی و بقاء، اثر معنی‌داری نداشته و تنها محتوای چربی بین تیمارهای تغذیه شده با نوکلئوتید و گروه شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد. احتمال دارد این نتایج مختلف به‌دلایلی از جمله تفاوت در نوع و ترکیب منبع نوکلئوتیدی، مدت زمان تغذیه و تفاوت در گونه‌های مختلف ماهی باشد.

گزارش‌های مختلفی در ارتباط با تأثیر مثبت نوکلئوتید جیره بر فراسنجه‌های رشد آبزیان وجود دارد. Burrells و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند افزودن نوکلئوتید جیره به ترکیب غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس به میزان ۰/۲۵ درصد سبب افزایش وزنی به میزان ۲۲-۱۵ درصد نسبت به گروه شاهد در مدت ۸ هفته می‌شود. Adamek و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند افزودن نوکلئوتید جیره به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان به میزان ۰/۶۲ و ۲/۵ گرم بر کیلوگرم سبب افزایش رشد به‌ترتیب ۸/۹ و ۱۰/۵ درصد در این ماهی شد. اثر نوکلئوتید جیره بر رشد فیل ماهی در تحقیق دیگری بررسی شد که میزان ۰/۳۵ درصد نوکلئوتید بهترین نتایج را نشان داد در حالی که سطح بالاتر (۰/۵ درصد) باعث کاهش فراسنجه‌های مذکور شد (Abtahi *et al.*, 2013). Soudagar و همکاران (۲۰۰۵) شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه فیل ماهی را تحت تأثیر نوکلئوتید مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد افزودن نوکلئوتید به جیره غذایی فیل ماهی سبب افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت، میزان بازماندگی

شده و حداکثر بهبود فاکتورهای رشد در سطح ۰/۲۵ درصد مشاهده کردند. نوکلئوتیدها دارای خصوصیات عملکردی و بیوشیمیایی ضروری مختلفی هستند که از آن جمله می‌توان به رمزگذاری و رمزگشایی اطلاعات ژنتیکی، واسطه سوخت و ساز انرژی، پیام‌رسانی سلولی و همچنین ایفای نقش به‌عنوان اجزای کوآنزیم‌ها اشاره نمود (Carver and Walker, 1995; Cosgrove, 1998). با این حال، نقش نوکلئوتیدهایی که به‌صورت خوراکی استفاده می‌شوند برای سال‌ها مورد بحث بوده است. از آنجا که نه نقص‌های بیوشیمیایی مهم و نه علائم معمول کمبود در مدل‌های انسانی یا حیوانی پس از مصرف این ترکیبات ایجاد نشده است، نوکلئوتیدها به‌طور سنتی به‌عنوان مواد مغذی غیرضروری در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، این نظر توسط انتشار تحقیقات متوالی به چالش کشیده شده است که نشان می‌دهد کمبود نوکلئوتید در رژیم غذایی ممکن است عملکرد اندام‌های حیاتی نظیر کبد، قلب و روده را مختل کند (Grimble and Westwood, 2000) که این می‌تواند به‌دلیل آن باشد که نوکلئوتیدها در پژوهش‌های پیشین بیشتر به‌عنوان جاذب‌های شیمیایی شناخته شده بودند (Mackie, 1973; Kiyohara, 1975; Mackie and Adron, 1978). هضم و جذب نوکلئوتیدها و متابولیت‌های مرتبط با آن‌ها به‌طور طبیعی در تمام غذاهای با منشاء حیوانی و گیاهی به‌صورت نوکلئوتیدهای آزاد و اسیدهای نوکلئیک وجود دارند. غلظت RNA و DNA در غذاها عمدتاً به تراکم سلولی آن‌ها بستگی دارد. Clifford و Story (۱۹۷۶) و Gil (۲۰۰۲) محتوای پورین‌ها و RNAرا در ترکیبات غذایی مختلفی از جمله گوشت اندام‌های مختلف، غذاهای دریایی و حبوبات خشک گزارش نمودند.

Lin و همکاران (۲۰۰۹) با تعیین اثر نوکلئوتید جیره بر ماهی هامور (*Epinephelus malabaricus*) نشان دادند که نوکلئوتید در سطح ۱/۵ گرم بر کیلوگرم جیره دارای بیشترین تأثیر بر فراسنجه‌های رشد است. به‌طور کلی، در مورد سطح مناسب نوکلئوتید در جیره آبزیان اطلاعات کمی وجود دارد. Burrells و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند فراهم‌سازی نکلئوتید جیره قبل و بعد از دوره استرس می‌تواند کاهش رشد ناشی از استرس را در مقایسه با شرایط بدون استرس جبران کند. سطوح ۳/۵ و ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم جیره غذایی در تحقیق حاضر بهترین نتایج را روی ماهی استرلیاد در ارتباط با شاخص‌های رشد ایجاد کردند که احتمالاً می‌تواند در نتیجه بهبود جذب در مراحل ابتدایی رشد، بلع غذایی سریعتر، تحریک اشتها به‌دلیل اتصال به گیرنده‌های چشایی به‌عنوان یک ماده شیمیایی فعال و نقش آن در سوخت و ساز بدن باشد (Madalla *et al*., 2013).

نوکلئوتید ها براساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر می‌توانند اثرات مفیدی بر جذب ماده خشک جیره‌های غذایی داشته باشند. این یافته‌ها نشان داد جذب پروتئین با افزودن مکمل غذایی نوکلئوتیدی می‌تواند بر قابلیت جذب پروتئین‌های موجود در جیره غذایی ماهی نقش مؤثری داشته باشد به گونه‌ای که در ماهیان تغذیه شده با مکمل نوکلئوتید ۳/۵ و ۵/۰ گرم نوکلئوتید در کیلوگرم غذا می‌تواند بیشترین قابلیت جذب پروتئین را نشان دادند. این موضوع می‌تواند به‌علت اثرات عملکردی، ریخت‌شناسی و میکروب‌شناختی نوکلئوتیدهای رژیم غذایی باشد که توسط Uauy و همکاران (۱۹۹۰) بیان شد. آن‌ها نشان دادند نوکلئوتیدها آسیب روده را بهبود می‌بخشند و غلبه بر بیفیدوباکترهای درون روده را تسهیل می‌کنند.

حضور نوکلئوتید ها در غذای ماهی می‌تواند به‌عنوان تحریک‌کننده گیرنده‌های چشایی عمل کرده و با افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی باعث افزایش قابلیت هضم و جذب مواد غذایی و رشد در ماهی شود. Ishida و Hidaka (۱۹۸۷) حساسیت چشایی ماهیان دریایی مختلف نسبت به نوکلئوتیدها را مورد آزمایش قرار داده و دریافتند اوراسیل منوفسفات (UMP) بیشتر تأثیر چشایی را در اغلب گونه‌ها دارد، هرچند آدنوزین منوفسفات (ADP) واینوزین منوفسفات (IMP) نیز اثرات قابل توجهی داشتند. همچنین Rumsey و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند مکمل‌های غذایی حاوی ۲/۵ و ¼ درصد عصاره RNA مخمر به‌طورقابل توجهی مصرف خوراک قزل‌آلای رنگین‌کمان را طی یک دوره تغذیه ۱۲ هفته‌ای افزایش می‌دهد.

افزایش هضم و جذب مواد غذایی همچنین می‌تواند به‌دلیل افزایش سطح تماس غذا با روده ماهی از طریق افزایش تعداد و طول پرزهای روده باشد که باعث جذب بیشتر ماده غذایی در روده ماهی می‌شود (Bueno *et al*., 1994). Uauy و همکاران (۱۹۹۰) بیان کردند که افزایش

ضخامت دیواره ژنوم و تعداد سلول‌های پرز روده در موش‌های تغذیه شده با نوکلئوتیدها باعث افزایش قابلیت هضم و جذب ماده غذایی می‌گردد. Burrells و همکاران (۲۰۰۱) پاسخ‌های ریخت‌شناسی روده ماهی آزاد اقیانوس اطلس به نوکلئوتیدهای رژیم غذایی را بررسی نموده و بیان داشتند میانگین ارتفاع چین‌های روده قدامی، میانی و خلفی و همچنین سطح کل روده ماهی‌های تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی نوکلئوتید به شکل معنی‌داری بیشتر از ماهی‌هایی بود که با جیره شاهد تغذیه شده بودند. اگرچه بیشترین تاثیرگذاری نوکلئوتید در پژوهش حاضر بر میزان رشد و قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و خاکستر در ماهیانی مشاهده شد که با تیمار غذایی حاوی ۵/۰ گرم در کیلوگرم نوکلئوتید تغذیه نمودند، اما اختلاف معنی‌داری با سطح ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نداشت بنابراین از نظر اقتصادی، سطح ۳/۵ گرم بر کیلوگرم نوکلئوتید جیره را برای ماهی استرلیاد پیشنهاد می‌شود. هر چند بررسی سطوح بالاتر نوکلئوتید اضافه شده به جیره غذایی در سایرگونه‌ها می‌تواند به تشخیص دقیق‌تر مقدار نوکلئوتید مورد نیاز ماهی کمک نماید.

منابع

اوجی‌فرد آ. ظریف‌فرد آ.، ستوده آ. ۱۳۹٤. تأثیر نوکلئوتید جیره بر رشد و ترکیب اسیدهای چرب هامور پرورشی (*Epinephelus coioides*). *علوم و فنون شیلات*. ۴ (۲): ۲۵-۱۱.

بارانی ه. راهداری ع.، سنچولی ن. ۱۳۹٤. تأثیر نوکلئوتید در جیره بر برخی شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و برخی شاخص‌های استرس در ماهی سفیدک سیستان (*Schizothorax zarudnyi*). *مجله تحقیقات دامپزشکی*. ۷۱(۲): ۱۵۲-۱۴۵.

دل افکار خ.، ستاری م.، خارا ح.، فلاحتکار ب. ۱۳۹۵. مقایسه کارایی روغن گل میخک و کتامین و تغییرات فیزیولوژیک در بیهوشی بچه ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). *زیست‌شناسی جانوری تجربی*. ۵(۳): ۹۶-۷۹.

Abtahi B., Yousefi M., Kenari A.A. 2013. Influence of dietary nucleotides supplementation on growth, body composition and fatty acid profile of Beluga sturgeon juveniles (*Huso huso*). *Journal of Aquaculture Research* 44(2), 254-260.

Adamek Z., Hamackova J., Kouril J., Vachta R. 1996. Probiotics supplementation on farming success inrainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and wels (*Silurus glais*) under conditions of intensive culture. *Krmiva: Časopis o Hranidbi Životinja, Proizvodnji i Tehnologiji Krme* 38(1), 11-20.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. (18th Edition). Maryland, USA), pp. 1-68.

Bueno J., Torres M., Almendros A., Carmona R., Nunez M.C., Rios A., Gil A. 1994. Effects of dietary nucleotides on smallintestinal repair after diarrhoea. Histological and ultra-structural changes. Gut 35(7), 926-933.

Burrells C., William P.D., Southage P.J., Wadsworth S.L. 2001. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds 2. Effects on vaccination, salt water transfer, growth rate and physiology of Atlantic salmon. *Journal of Aquaculture* 199(1-2), 171–184.

Carver J.D., Walker W.A. 1995. The role of nucleotides in human nutrition. *Journal of Nutritional Biochemistry* 6(2), 58-72.

Clifford A.J., Story D.L. 1976. Levels of purines in foods and their metabolic effects in rats. *Journal of Nutrition* 106(3), 435-442.

Cosgrove M. 1998. Nucleotides. *Journal of Nutrition* 14(10), 748-751.

Deng K. 2000. Artificial reproduction and early life stages of the green sturgeon (*Acipenser medirostris*). MS thesis, University of California, Davis. 63p.

Frankic T., Pajk T., Rezar V., Levart A., Salobir J., 2006. The role of dietary in nucleotides reduction of DNA damage induced by T-2 toxin and deoxynivalenol in chiken leukocytes. *Journal of Food and Chemical Toxicology* 44(11), 1838-1844.

Furukawa A., Tsukahara H. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 32(6), 502-508

Gil A. 2002. Modulation of the immune response mediated by dietary nucleotides. *European Journal*

of Clinical Nutrition 56(3), S1-S4.

Glencross B.D., Booth M., Allan, G.L. 2007. A feed is only as good as its ingredients; a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Journal of Aquaculture Nutrition* 13(1), 17-34.

Glencross B., Rutherford N. 2010. Dietary strategies to improve the growth and feed utilization of barramundi (*Lates calcarifer*) under high water temperature conditions. *Journal of Aquaculture Nutrition* 16 (4), 343-350.

Grimble G.K., Westwood O.M.R. 2000. Nucleotides. In Nutrition and Immunology: Principles and Practice. Humana Press Inc., Totowa, NJ, USA, pp. 135-144.

Hensel K., Holcík J. 1997. Past and current status of sturgeons in the upper and middle Danube River. In: Birstein V.J., Waldman J.R., Bemis W.E. (Edition), Sturgeon biodiversity and conservation. *Developments in Environmental Biology of Fishes* 17, 185-200.

Hunt A.Ö., Yılmaz F.Ö., Engin K., Berköz M., Gündüz S.G., Yalın S., Şahin N.Ö. 2014. The effects of fish meal replacement by yeast based nucleotides on growth, body composition and digestive enzyme activity in rainbow trout juveniles (*Onchorchyncus mykiss*). *Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 964, 10.

Ishida Y., Hidaka I., 1987. Gustatory responses profiles for amino acids, glycinebetaine and nucleotides in several marine teleosts. *Journal of Nippon Suisan Gakkaishi* 53(8), 1391-1398.

Kiyohara S., Hidaka I., Tamura T. 1975. Gustatory response in the puffer-II. Single fiber analysis. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*. 41, 383-391.

Koven W.M., Henderson R.J., Sargent J.R. 1994. Lipid digestion in turbot (*Scophtalmus maximus*): Lipid class and fatty acid composition of digesta from different segments of the digestive tract. *Journal of Fish Physiology and Biochemistry* 13, 69-79.

Lerner A., Shamir R. 2000. Nucleotides in infant nutrition: a must or an option. *Israel Medical Association Journal* 2, 772-774.

Lie O., Lied E., Lambertsen G. 1987. Lipid digestion in cod (*Gadus morhua*). *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology* 88(2), 697-700.

Lin Y.H., Wang H., Shiau S.Y. 2009. Dietary nucleotide supplementation enhances growth and immune responses of grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Journal of Aquaculture Nutrition* 15 (2), 117-122.

Lovell R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold, New York. 260 pp.

Madalla N., Wille M., Sorgeloos P. 2013. Effects of dietary nucleotides on growth rate and disease resistance of crustaceans using axenic artemia culture tests. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences* 12(1).

Mackie A.M. 1973. The chemical basis of food detection in the lobster (*Homarus gammarus*), *Journal of* Marine. Biology 21, 103-108

Mackie A.M., Adron, J.W. 1978. Identification of inosine and inosine 5'-monophosphate as the gustatory feeding stimulants for the turbot (*Scophthalmus maximus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 60(1), 79-83.

Menghe L.H., Oberle D.F., Lucas P.M. 2013. Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) (Rafinesque). *Journal* of *Aquaculture Research* 44(2), 282-288.

Reda R.M., Selim K.M., Mahmoud R., El-Araby I.E., 2018. Effect of dietary yeast nucleotide on antioxidant activity, non-specific immunity, intestinal cytokines, and disease resistance in Nile Tilapia. *Journal of Fish and Shellfish Immunology* 80, 281-290.

Rumsey G.L., Winfree R.A., Hughes S.G. 1992. Nutritional value of dietary nucleic acids and purine bases to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture* 108, 97-110.

Safari O. 2011. Study on the production of canola protein concen- trate through different processing methods (physical, chemical and biological) with aim of using in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). PhD thesis. University of Tehran, pp. 263.

Safari O., Naserizadeh M., Mohammadi.Arani M. 2014. Digestibility of selected feedstuffs in subadult Caspian great sturgeon (*Huso huso*) using settlement faecal collection and stripping methods. *Journal of Aquaculture* Nutrition 22, 293-303

Shiau S. Y., Liang H. S. 1995. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus*× *O. aureus*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet. *Journal of Nutrition* 125(4),

976-982.

Sokolov L.I., Vasilev V.P. 1989. (*Acipenser ruthenus* LINNAEUS, 1758). The freshwater fishes of Europe, 1(Part II), Wiesbaden, AULA. Verlag. pp. 227-262

Soudagar M., Imanpour M., Hosseinifar S. 2005. Effect of Optimun growth stimulant supplementation on the growth and survival rate of grand beluga juvenile (*Huso huso*). *Journal of Marine Sciences and Technology* 3(2-3), 33-38.

Tie H.M., Wu P., Jiang W.D., Liu Y., Kuang S.Y., Zeng, Y.Y., Jiang J., Tang L., Zhou X.Q. Feng L. 2019. Dietary nucleotides supplementation affect the physicochemical properties, amino acid and fatty acid constituents, apoptosis and antioxidant mechanisms in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) muscle. *Journal of Aquaculture* 502, 312-325.

Turchini G.M., Francis D.S. 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β-oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition* 102(1), 69-81.

Uauy R., Stringel G., Thomas R., Quan R. 1990. Effect of dietary nucleosides on growth and maturation of the developing gut in the rat. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 10(4), 497-503.

Xu L., Ran C., He S., Zhang J., Hu J., Yang Y., Du Z., Yang Y., Zhou Z. 2015. Effects of dietary yeast nucleotides on growth, non-specific immunity, intestine growth and intestinal microbiota of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*♀× *Oreochromis aureus*♂). *Journal of Animal. Nutrition* 1(3), 244-251.

Yaghobi M., Dorafshan S., Paykan F., Mahmoudi N. 2014. Growth performance and some haematological parameters of ornamental striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fed on dietary nucleotide. *Iranian Journal of Veterinary Research* 48, 262-265.

Yousefi M., Abtahi B., Kenari A. A. 2012. Hematological, serum biochemical parameters, and physiological responses to acute stress of Beluga sturgeon (*Huso huso*, Linnaeus 1785) juveniles fed dietary nucleotide. *Comparative Clinical Pathology* 21, 1043-1048.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 85-95
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Effect of dietary nucleotides on some growth performance and apparent digestibility of Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758)

Meigol Taklu[1], Houman Rajabi Islami[1*], Seyedabdolmajid Mousavi[2], Ayoub Yousefi Jourdehi[3]

[1]Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2]Department of Animal Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
[3]International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

*Corresponding author: rajabi.h@srbiau.ac.ir

Received: 29.May.2023 **Accepted: 20.Sep.2023**

Abstract

The present study was performed to investigate the effect of dietary nucleotides on the growth and apparent digestibility of Sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. Fish with an average body weight of 95.33±1.23g and total length of 0.30±0.5 cm were divided into 5 experimental groups with 3 replications, each containing 12 fish which were randomly distributed in tanks with 500 L working capacity. The fish were fed diets containing 0.0, 1.5, 2.5, 3.5, and 5.0 g kg^{-1} nucleotide. The experiment was conducted in a completely random design for 10 weeks. The results showed a significant increase in the weight gain percentage of fish in treatments of 2.5, 3.5, and 5.0 g kg^{-1} nucleotide than those in the control treatment (P<0.05), reaching the highest percentage of 119.07±19.97% in fish fed diet supplemented with 5.0 g kg^{-1} nucleotide (P<0.05). However, no significant difference was recorded in the values of this variable between fish-fed diets supplemented with more than 2.5 g kg^{-1} nucleotide (P>0.05). There was also a significant increase in the total length of fish fed diet supplemented with 5.0 g kg^{-1} nucleotide (25.5±0.8 %) compared to those fed the basal diet (17.76±0.73 %) (P<0.05), while no significant difference was found with those in fish fed diet supplemented with 3.5 g kg^{-1} nucleotide (P>0.05). The highest apparent digestibility of dry weight was 80.32±0.47% in fish fed a diet containing 5.0 g kg^{-1} nucleotide, while the lowest value was 73.24±0.45% in fish fed the basal diet (P<0.05). The highest apparent digestibility of protein was 90.94±0.24% in fish-fed a diet containing 5.0 g kg^{-1} nucleotide, which had a significant difference with that in fish fed a diet containing less than 2.5 g kg^{-1} nucleotide (P<0.05). However, no significant difference was observed in lipid apparent digestibility of fish between the experimental treatments (P>0.05). In general, findings of the present research indicated that dietary supplementation of nucleotide in the diet has a significant impact on the nutrient digestibility of sterlet sturgeon, with the best response obtained when fish fed a diet containing 3.5 g kg^{-1} nucleotide for ten weeks.

Keywords: Sterlet sturgeon, Total length, Nucleotide, Apparent digestibility