University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 1, 2021, pages: 69-82

Short- and long-term effect of feeding with flaxseed meal on biochemical parameters and plasma enzymes in cultured Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Sareh Ghiasi[1], Bahram Falahatkar[1, 2 *], Mirmasood Sajjadi[1]

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

2- Department of Marine Sciences, the Caspian Sea Basin Research Center University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran

Received 30 December 2020 Accepted 15 March 2021

KEYWORDS

Phytoestrogen

Feeding

Liver

Essential fatty acid

Sturgeon

ABSTRACT

To evaluate the effects of dietary flaxseed meal on biochemical parameters and plasma enzymes in Siberian sturgeon *Acipenser baerii*, 32 individuals, 955.06 ± 53.38 g in average weight were selected and randomly distributed in eight 500-L tanks and fed with different levels of dietary flaxseed meal including 0 (control), 50 (F_{50}), 100 (F_{100}) and 150 (F_{150}) g kg^{-1} diet for 180 days. Biochemical indices and plasma enzymes were determined on the 30th and 180th days. The fish in control group showed significantly higher glucose and cholesterol levels than the other groups. Flaxseed meal exhibited no significant difference in triglyceride, however, triglyceride reduced in all of the flaxseed meal treatments on the 180th day compared to the 30th day. Calcium, total protein, albumin and globulin levels displayed no significant difference in all treatments, while the albumin:globulin ratio increased in control on 180th day compared to 30th day. Alkaline phosphatase activity decreased in F_{100} and F_{150} on 180th day. Aspartate aminotransferase decreased in F_{150} on 30th day and in all the flaxseed meal treatments on 180th day. The highest and lowest levels of lactate dehydrogenase and alanine aminotransferase activities were found in control and F_{150} on 180th day, respectively. Results of this study indicate that it is possible to use flaxseed meal in the diet of Siberian sturgeon during the growth period up to 15% without negative effect on plasma enzymes and biochemical parameters.

*Corresponding author: falahatkar@guilan.ac.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال هفتم، شماره یکم، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۸۲-۶۹

"مقاله پژوهشی"

اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت تغذیه با کنجاله بذر کتان بر فراسنجه های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی

ساره قیاسی[۱]؛ بهرام فلاحتکار*[۱،۲]؛ میرمسعود سجادی[۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان

۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۵

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر کنجاله بذر کتان بر تغییرات فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی تاسماهی سیبری *Acipenser baerii* انجام شد. ۳۲ ماهی با میانگین وزنی ۵۳/۳۸ ± ۹۵۵/۰۶ گرم انتخاب و به صورت تصادفی در ۸ مخزن (۵۰۰ لیتری) توزیع و با جیره‌هایی حاوی صفر (شاهد)، ۵۰ ($F_{۵۰}$)، ۱۰۰ ($F_{۱۰۰}$) و ۱۵۰ ($F_{۱۵۰}$) گرم کنجاله بذر کتان در کیلوگرم جیره به مدت ۱۸۰ روز تغذیه شدند. شاخص‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی در ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش اندازه‌گیری شدند. ماهیان شاهد افزایش معنی‌داری در گلوکز و کلسترول نسبت به دیگر گروه‌ها در روز ۳۰ و ۱۸۰ نشان دادند. تفاوت معنی‌داری در اثر مصرف کنجاله بذر کتان بر تری‌گلیسرید مشاهده نشد، اما در همه تیمارهای تغذیه شده با این کنجاله، تری‌گلیسرید در روز ۱۸۰ نسبت به روز ۳۰ کاهش یافت. کلسیم، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشتند، اما در گروه شاهد نسبت آلبومین: گلوبولین در روز ۱۸۰ در مقایسه با روز ۳۰ کاهش یافت. آلکالین فسفاتاز در تیمارهای $F_{۱۰۰}$ و $F_{۱۵۰}$ در روز ۱۸۰ کاهش یافت. آسپارتات آمینوترانسفراز در روز ۳۰ در تیمار $F_{۱۵۰}$ و در روز ۱۸۰ در همه تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان کاهش معنی‌دار داشت. بالاترین و پایین ترین سطح آنزیم لاکتات دهیدروژناز و آلانین آمینوترانسفراز به ترتیب در گروه شاهد و تیمار $F_{۱۵۰}$ و در روز ۱۸۰ مشاهده شد. نتایج این تحقیق بیان می‌کند که امکان استفاده از کنجاله بذر کتان در جیره تاسماهی سیبری در دوران رشد تا سطح ۱۵۰ گرم در کیلوگرم جیره بدون تأثیر منفی بر آنزیم‌های پلاسمایی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی وجود دارد.

کلمات کلیدی

فیتواستروژن

تغذیه

کبد

اسید چرب ضروری

ماهی خاویاری

نویسنده مسئول: falahatkar@guilan.ac.ir

مقدمه

امروزه آبزیان پرورشی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین برای جمعیت رو به رشد انسـان‌ها به حساب می‌آیند. در این بین، افزایش تقاضا برای ماهیان خاویاری به‌علت کیفیت بالای گوشت و ارزش غذایی خاویار آن‌ها منجر به توسعه پرورش این گونه ارزشمند شده است (FAO, 2019). آبزی‌پروری موفق، نیازمند تأمین جیره غذایی با کیفیتی است که علاوه بر مقرون به‌صرفه بودن و رشد مناسب، منجر به بهبود سلامت ماهی شود. پودر ماهی یکی از مهم‌ترین اقلام تأمین کننده پروتئین و اسیدهای چرب ضروری در آبزیان است که تعادل (بالانس) مناسبی از آمینواسیدها و آنزیم‌های گوارشی دارد، اما متأسفانه امروزه به علت صید بی‌رویه و کاهش ذخایر ماهیان، تهیه آن با مشکل رو به رو شده است (Nasopoulou and Zabetakis, 2012). در این بین، کنجاله‌های گیاهی می‌توانند یکی از مهمترین جایگزین‌ها برای پودر ماهی باشند، زیرا از سطح بالای چربی و پروتئین برخوردار هستند و به علاوه، هزینه پایین و دسترسی آسان دارند (Hardy, 2010).

بذر کتان (*Linum usitaissiumum*) یا Flaxseed حاوی ۲۱٪ پروتئین، ۴۲ تا ۴۶٪ چربی، ۲۸٪ فیبر خوراکی، ۴٪ خاکستر و ۶٪ کربوهیدرات است. از سوی دیگر، بذر کتان سرشار از اسیدهای چرب ضروری است، به‌طوری که تا ۷۳٪ از چربی موجود در روغن آن را اسیدهای چرب امگا ۶ و امگا ۳ تشکیل می‌دهند (Prasad, 2005). بذر کتان همچنین حاوی بخش قابل ملاحظه‌ای از فیتواستروژن لیگنان است که علاوه بر نقش استروژنی، جزء مهم‌ترین ترکیبات ضداکسایشی است (Singh et al. 2011). میزان مواد ضدتغذیه‌ای در این کنجاله گیاهی بسیار کم است و اصلی‌ترین آن لینامارین معرفی شده که با حرارت‌دهی در کارخانجات تولید خوراک آبزیان به‌راحتی می‌توان آن را حذف کرد (Singh et al. 2011).

به‌رغم ارزش غذایی بالای بذر کتان، مطالعات بسیار اندکی درباره اثر تغذیه‌ای آن در ماهی انجام، و تنها به بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه پرداخته شده و آن هم بیشتر درباره روغن بذر کتان بوده است (El-Saidy and Gaber, 2001; Soltan, 2005). مطالعات روی دیگر حیوانات آزمایشگاهی مانند موش (Fukumitsu et al. 2008; De Franca Cardozo et al. 2011) و بوقلمون (Moghadam et al. 2017) نشان می‌دهند که تغذیه با بذر و یا کنجاله بذرکتان منجر به بهبود شاخص‌های رشد می‌شود، اما در یک سازگان پایدار علاوه بر رشد مناسب، توجه به سلامت ماهی نیز اهمیت زیادی دارد و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون یکی از عوامل مهم در تعیین سلامت ماهی محسوب می‌شوند. مطالعات مرتبط نشان می‌دهند که تغذیه با بذر کتان اثر مثبتی بر شاخص‌های بیوشیمیایی حیوانات آزمایشی دارد (De Franca Cardozo et al. 2011; Benavides et al. 2013; Kroliczewska et al. 2017)، اما متأسفانه درباره ماهی تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است. علاوه بر این، آنزیم‌های پلاسمایی خون مانند آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز (AST)، لاکتات دهیدروژناز (LDH)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آلکالین فسفاتاز (ALP) شاخصی از سلامت کبد هستند، به‌طوری که افزایش این آنزیم‌ها در خون نشانه‌ای از وجود اختلال در فعالیت کبد است (Shalaby, 2005) و با درنظر داشتن نقش ضداکسایشی بذر کتان، این فرضیه مطرح می‌شود که تغذیه با کنجاله کتان می‌تواند منجر به تغییر سطح این آنزیم‌ها در کبد شود.

گونه مورد بررسی در مطالعه حاضر تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) درنظر گرفته شد که یکی از گونه‌های با ارزش ماهیان خاویاری برای تولید گوشت و خاویار است و امروزه به‌علت خصوصیاتی مانند رشد خوب، سازگاری با شرایط پرورشی و قابلیت زیست در آب شیرین، پرورش آن در سرتاسر جهان رو به توسعه است (Falahatkar, 2018).

به‌طور کلی، کنجاله بذر کتان یکی از منابع غنی از نظر پروتئین است و چربی موجود در آن سرشار از اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز ماهی است. با توجه به کاهش ذخایر پودر و روغن ماهی، مطالعه حاضر برای تعیین سطح مناسب کنجاله بذرکتان در جیره غذایی تاسماهی سیبری به‌عنوان منبع پروتئین و چربی و تأثیر آن بر عملکرد

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی به عنوان اولین شاخص‌های رشد و سلامت در ماهیان انجام شد.

مواد و روش ها

ماهی، شرایط نگهداری و طراحی آزمایش

تمام مراحل عملی این تحقیق در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان واقع در صومعه سرا انجام شد. دوره تحقیق به مدت ۷ ماه (از تاریخ ۱۳۹۶/۸/۱ تا ۱۳۹۷/۳/۱) شامل یک ماه سازگاری با شرایط محیط و ۶ ماه دوره تغذیه و پرورش بود. به‌این منظور، از بین ۱۰۰ ماهی دو ساله، تعداد ۳۲ ماهی که به لحاظ وزنی مشابه و دارای سلامت ظاهری بودند، انتخاب و در ۸ مخزن فایبرگلاس با حجم ۵۰۰ لیتر (۸ ماهی در هر مخزن) توزیع شدند. وزن و درازای متوسط ماهیان در شروع آزمایش به ترتیب ۵۳/۳۸ ± ۹۵۵/۰۶ گرم و ۰/۷۹ ± ۶۵/۹۶ سانتی‌متر (میانگین ± خطای استاندارد) بود. آب مخازن در طی دوره پرورش از چاه با دبی ۲/۱۲ ± ۸/۷ لیتر بر دقیقه تأمین شد. میانگین دمای آب در طی دوره مطالعه ۰/۴ ± ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد بود. مخازن توسط دو سنگ هوا به طور شبانه روزی هوادهی شده و میانگین اکسیژن محلول در آب mg/L ۰/۵۶ ± ۸/۴ بود. روزانه ۲۵٪حجم آب به‌وسیله سیفون کردن آب از کف با آب تازه جایگزین می‌شد. مخازن درون سالن سرپوشیده بود و دوره نوری توسط تایمر به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به طور منظم اعمال می‌شد. به‌منظور بررسی اثر کنجاله بذر کتان بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی تاسماهی سیبری، ۴ تیمار و برای هر تیمار، ۲ تکرار در نظر گرفته شد. تیمارهای در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل سطوح صفر (شاهد)، ۵ ($F_{۵۰}$)، ۱۰ ($F_{۱۰۰}$) و ۱۵ ($F_{۱۵۰}$) گرم کنجاله کتان در کیلوگرم جیره بود (Taher et al. 2014; Staykov et al. 2015). تغذیه ماهیان روزانه طی سه وعده بر اساس اشتهای ماهی و به صورت دستی انجام شد.

تهیه جیره‌های آزمایشی

جیره‌های مورد نظر در شرکت خوراک دام و طیور پارس دانه سوادکوه (مازندران، ایران) تهیه شد. فرمول جیره با استفاده از نرم‌افزار (Version 11.0.0.20, Lingo Lingo (systems, Chicago, USA تهیه شد و در نهایت، جیره‌های ایزوانرژتیک و ایزونیتروژنیک با سطح انرژی MJ/kg ۲۱/۴ و سطح پروتئین ۴۴٪ تنظیم شد. ترکیب جیره و سنجش تقریبی آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ ترکیبات و سنجش جیره در تحقیق حاضر.

	سطوح کنجاله بذرکتان (گرم در کیلوگرم جیره)			
اقلام غذایی	شاهد	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
پودر ماهی	۳۵/۲۶	۳۷/۶۱	۳۶/۶۹	۳۶/۰۱
پودر گوشت	۵	۵	۵	۵
پودر خون	۳	۳	۳	۳
گلوتن گندم	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵
آرد گندم	۴/۹۹	۳/۱۶	۲/۸۵	۳/۷۶
سبوس گندم	۵	۵	۵	۵
سبوس برنج	۱۰	۱۰	۸/۲۳	۳
گلوتن ذرت	۹/۵۲	۴	۲	۲
کنجاله بذر کتان	۰	۵	۱۰	۱۵
روغن ماهی	۲	۲	۲	۲
روغن کانولا	۲	۲	۲	۲
مکمل ویتامینی[1]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی[2]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
دیگر افزودنی‌ها	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳
ترکیب تقریبی جیره				
پروتئین (٪)	۴۲/۰۱	۴۱/۶۸	۴۱/۴۷	۴۱/۵۱
چربی (٪)	۱۴/۲۰	۱۴/۸۹	۱۴/۵۰	۱۴/۹۵
رطوبت (٪)	۱۰/۱	۱۰/۰۵	۱۰/۰۲	۱۰/۰۸
فیبر (٪)	۲/۸۴	۳/۳۹	۳/۸۲	۴/۰۳
انرژی (MJ/kg)	۲۲/۰۲	۲۱/۸۳	۲۱/۵۳	۲۱/۷۸

[1]مکمل ویتامین استفاده شده ساخت شرکت پارس دانه سوادکوه (سوادکوه، ایران) بود. هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس حاوی ۶ گرم آهن، ۱۰ گرم روی، ۲۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۶۰۰ میلی‌گرم مس، ۶ گرم آهن، ۵ گرم منگنز ۶۰۰ میلی‌گرم ید ۱ گرم کولین کلراید است.

[2] مکمل معدنی استفاده شده ساخت شرکت پارس دانه سوادکوه (سوادکوه، ایران) که هر ۱۰۰۰ گرم پریمیکس حاوی IU ۱۶۰۰۰۰۰ ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰IU ویتامین D_3، ۶۰ گرم ویتامین E، ۸ گرم ریبوفلاوین، ۱۲ گرم نیاسین، ۴۰ گرم اسید پانتتونیک، ۴ گرم پیریدوکسین، ۲ گرم اسید فولیک، ۸ میلی‌گرم سیانوکوبالامین، ۶۰ گرم ویتامین C، ۲ گرم ویتامین K_3، ۴۰ میلی‌گرم بیوتین و ۲۰ گرم ویتامین اینوزیتول است.

خونگیری

در روز ۳۰ و انتهای دوره (روز ۱۸۰) به‌منظور تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی از تمامی ماهیان خونگیری به‌عمل آمد. پس از بیهوشی ماهیان با عصاره پودر گل میخک به میزان ۴۰۰ mg/L خونگیری توسط سرنگ ۵ میلی‌لیتری از سیاهرگ دمی ماهیان به میزان ۴ میلی‌لیتر انجام شد. سپس خون گرفته شده به ریزلوله‌های (میکروتیوب‌های) حاوی ۱۰۰IU/mL هپارین برای جداسازی پلاسمای خون ریخته شد. نمونه‌های خون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد توسط سانتریفیوژ یخچال‌دار (Universal, Parsazma, Iran) در ۱۶۰۰ g و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و پلاسما توسط سمپلر، جداسازی و تا زمان سنجش‌های آزمایشگاهی در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Pottinger and Carrick, 2001).

سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی

فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش در پلاسما بررسی شدند. سنجش کلیه فراسنجه‌های بیوشیمیایی در آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان واقع در صومعه سرا و با استفاده از کیت تجاری مخصوص (پارس آزمون، کرج، ایران) و دستگاه اسپکتروفتومتری (Unico UV-2100, New Jersey, USA) مطابق با مراحل ارائه شده در راهنمای کیت مرحله به مرحله انجام شد. گلوکز بر اساس روش آنزیمی گلوکز اکسیداز، کلسترول بر اساس

روش آنزیمی کلسترول اکسیداز و تری‌گلیسرید بر اساس روش آنزیمی‌گلیسروفسفات دهیدروژناز سنجش شد. سپس میزان جذب در طول موج ۵۴۶ نانومتر توسط دستگاه قرائت و بر حسب mg/dL محاسبه شد (Burtis et al. 2011). میزان کلسیم بر اساس روش فتومتریک با استفاده از Arsenazo III سنجش شد. در این روش کلسیم موجود در نمونه خون در محیط خنثی با Arsenazo III موجود در معرف کیت واکنش داده و یک ترکیب آبی رنگ ایجاد می‌کند که شدت رنگ بیانگر سطح کلسیم است. میزان جذب نوری در طول موج ۶۳۰ نانومتر توسط دستگاه قرائت و میزان کلسیم بر حسب mg/dL محاسبه شد (Burtis et al. 2011).

میزان پروتئین کل بر اساس روش اندازه‌گیری بر پایه روش فتومتریک انجام شد، به‌طوری‌که پروتئین موجود در نمونه خون در محیط قلیایی ایجاد شده با یون‌های مس موجود در محلول استاندارد تشکیل یک کمپلکس لاجوردی داد. شدت رنگ ایجاد شده متناسب با مقدار پروتئین موجود در نمونه بود که در طول موج ۵۴۶ نانومتر قرائت، و میزان پروتئین بر حسب g/dL محاسبه شد (Burtis et al. 2011). میزان آلبومین بر اساس روش فتومتریک (Bromocresol Green) سنجش شد. در این روش آلبومین موجود در نمونه خون با Bromocresol Green موجود در معرف کیت واکنش داده و یک ترکیب سبز-آبی رنگ ایجاد می‌کند که شدت رنگ بیانگر سطح آلبومین است. جذب نوری در طول موج ۵۴۶ نانومتر توسط دستگاه قرائت، و میزان آلبومین بر حسب mg/dL محاسبه شد (Burtis et al. 2011). میزان گلوبولین با کسر مقدار آلبومین از پروتئین کل محاسبه شد (Kumar et al. 2005).

سنجش فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی

سنجش کلیه آنزیم‌های پلاسمایی در آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان واقع در صومعه سرا با استفاده از کیت تجاری مخصوص (پارس آزمون، کرج، ایران) و دستگاه اسپکتروفتومتری (Unico UV-2100, New Jersey, USA) مطابق با مراحل ارائه شده در راهنمای کیت مرحله به مرحله انجام شد. اندازه‌گیری آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) بر اساس روش فتومتریک (DGKC- استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) انجام، و میانگین جذب نوری در سه دقیقه اول در عدد ۲۷۵۷ ضرب شد. نهایتاً میزان ALP موجود در نمونه پلاسما بر اساس IU/L محاسبه شد (Burtis et al. 2011). سنجش فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) مشابه و بر اساس روش فتومتریک (IFCC- فدراسیون بین المللی شیمی بالینی و طب آزمایشگاهی) انجام و با استفاده از کرنومتر جذب نوری پس از یک، دو و سه دقیقه در طول موج ۳۴۰ قرائت شد. سپس میانگین آن در عدد ۱۹۸۵ ضرب، و نهایتاً میزان ALT و AST موجود در نمونه پلاسما بر اساس IU/L محاسبه شد (Burtis et al. 2011). اندازه‌گیری میزان آنزیم لاکتات دهیدروژناز (LDH) بر اساس روش فتومتریک (DGKC- استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) انجام شد. میانگین جذب نوری پس از یک، دو و سه دقیقه در طول موج ۳۴۰ نانومتر در عدد ۱۱ ضرب و نهایتاً میزان LDH موجود در نمونه پلاسما بر اساس IU/L محاسبه شد (Burtis et al. 2011).

سنجش آماری داده‌ها

ابتدا وضعیت داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov–Smirnov برای نرمال بودن داده‌ها و آزمون Levene برای همگنی واریانس‌ها بررسی شد. سپس با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) تأثیر متقابل تیمار (کنجاله بذر کتان) و زمان (روز ۳۰ و ۱۸۰ نـمونه‌برداری) بر فراسنجه‌های در نظر گرفته شده بررسی شد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس دو طرفه، از آزمون t-test مستقل برای بررسی اختلاف میانگین در زمان‌های نمونه‌برداری و برای بررسی اختلاف میانگین بین تیمارهای مختلف در یک زمان از آزمون One-Way ANOVA و تست Tukey استفاده شد. اختلاف میانگین‌ها در تمام موارد با سطح معنی‌داری $P<۰/۰۵$ تعیین شد. تجزیه و تحلیل با نرم افزار (SPSS, Inc., Chicago, IL,

SPSS 19 (USA انجام شد. داده‌های درون متن به صورت میانگین ± خطای استاندارد ارائه شدند.

نتایج

نتایج حاصل از تغییرات فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در تاسماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله بذر کتان در دو زمان ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

آنالیز واریانس دو طرفه در دو بازه زمانی ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش و چهار سطح تغذیه‌ای کنجاله بذر کتان نشان داد در هیچ یک از شاخص‌های بیوشیمیایی اثر متقابلی بین زمان و سطوح مختلف تغذیه با کنجاله بذر کتان وجود ندارد (P>۰/۰۵).

پس از گذشت ۳۰ روز گلوکز کاهش معنی‌داری در تیمارهای $F_{۵۰}$ و $F_{۱۰۰}$ در مقایسه با شاهد نشان داد و این روند کاهشی در روز ۱۸۰ در همه تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان مشاهده شد (P<۰/۰۵)، اما اختلاف معنی‌داری در ارتباط با تأثیر زمان بر میزان گلوکز مشاهده نشد (P>۰/۰۵). کلسترول نیز در هر دو روز ۳۰ و ۱۸۰ کاهش معنی‌داری در تمامی تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان در مقایسه با شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). گذشت زمان بر میزان کلسترول اثر معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). تری‌گلیسرید نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد (P>۰/۰۵)، اما اثر زمان بر میزان تری‌گلیسرید معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در هر سه تیمار تغذیه شده با کنجاله بذر کتان کاهش معنی‌داری در روز ۱۸۰ نسبت به روز ۳۰ مشاهده شد (P<۰/۰۵). پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در ارتباط با اثر زمان و اثر تیمارهای تغذیه‌ای تفاوت معنی‌داری در روزهای ۳۰ و ۱۸۰ نشان ندادند (P>۰/۰۵). نسبت آلبومین/گلوبولین بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت، اما بررسی اثر زمان نشان داد که در روز ۱۸۰ افزایش معنی‌داری در تیمار شاهد نسبت به روز ۳۰ وجود دارد (P<۰/۰۵). مقدار کلسیم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و در روزهای ۳۰ و ۱۸۰ نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج حاصل از تغییرات آنزیم‌های پلاسمایی در تاسماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله بذر کتان در دو زمان ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. تغییرات آنزیم ALP تفاوت معنی‌داری در دو بازه زمانی نداشت (P>۰/۰۵). همچنین اثر متقابلی بین زمان و تیمارهای تغذیه‌ای وجود نداشت (P>۰/۰۵)، اما در روز ۱۸۰ افزایش معنی‌داری بین دو تیمار شاهد و $F_{۵}$ نسبت به دیگر تیمارها وجود داشت (P<۰/۰۵). فعالیت آنزیم AST در دو بازه زمانی روز ۳۰ و ۱۸۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵)، اما کنجاله بذر کتان توانست در هر دو روز ۳۰ و ۱۸۰ کاهش معنی‌داری را در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد کند (P<۰/۰۵). با وجود این، اثر متقابلی بین زمان و تیمار مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج حاصل از بررسی آنزیم ALT نشان داد که اثر متقابل زمان و تیمارهای تغذیه‌ای معنی‌دار است و تیمار $F_{۱۵۰}$ در هر دو زمان ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش کمترین میزان آنزیم را داشت (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد اثر متقابل معنی‌داری بین زمان و تیمارهای تغذیه‌ای در خصوص سطح آنزیم LDH وجود دارد و تیمار شاهد و $F_{۱۵۰}$ در هر دو روز ۳۰ و ۱۸۰ به ترتیب بیشترین و کمترین سطح آنزیم را داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ۲ فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذر کتان در دو زمان ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شده‌اند (تعداد برای هر تیمار ۸ عدد).

زمان (روز)	کنجاله بذر کتان (g/kg)	گلوکز (mg/dL)	کلسترول (mg/dL)	تری‌گلیسرید (mg/dL)	پروتئین کل (g/dL)	آلبومین (g/dL)	گلوبولین (g/dL)	آلبومین/گلوبولین	کلسیم (mg/dL)
۳۰	شاهد	۱۱۲/۶۱ ± ۶/۱۷^{a}	۱۷۸/۷۲ ± ۸/۵۱^{a}	۳۲۷/۷۸ ± ۳۰/۸۴	۷/۳۷ ± ۰/۱۱	۱/۸۰ ± ۰/۴۲	۵/۵۷ ± ۰/۳۲	۰/۳۲ ± ۰/۰۷*	۶/۵۰ ± ۰/۲۶
	۵۰	۷۴/۴۹ ± ۱۰/۹۸^{b}	۱۱۳/۵۱ ± ۶/۱۳^{b}	۳۱۷/۸۳ ± ۱۳/۳۲*	۷/۹۰ ± ۰/۱۱	۲/۳۷ ± ۰/۶۸	۵/۵۳ ± ۰/۳۹	۰/۴۲ ± ۰/۰۲	۷/۶۹ ± ۰/۹۷
	۱۰۰	۷۵/۸۲ ± ۵/۸۹^{b}	۱۳۴/۲۰ ± ۹/۱۵^{b}	۳۰۰/۹۲ ± ۳۰/۳۴*	۸/۹۸ ± ۰/۱۷	۲/۰۱ ± ۰/۴۰	۶/۹۷ ± ۰/۱۴	۰/۲۸ ± ۰/۰۹	۶/۳۱ ± ۰/۷۹
	۱۵۰	۹۷/۶۱ ± ۱۰/۲۶^{ab}	۱۴۵/۷۰ ± ۱۰/۳۲^{b}	۳۰۷/۹۶ ± ۸/۸۶*	۸/۸۰ ± ۰/۰۵	۲/۲۶ ± ۰/۳۰	۶/۵۴ ± ۰/۲۳	۰/۳۴ ± ۰/۱	۸/۲۵ ± ۰/۷۷
۱۸۰	شاهد	۱۰۵/۸۵ ± ۹/۱۶^{A}	۱۷۰/۵۷ ± ۱۳/۰۴^{A}	۳۱۹/۲۲ ± ۶۸/۲۶	۷/۷۵ ± ۰/۹۰	۲/۶۴ ± ۰/۱۹	۵/۱۰ ± ۰/۸۲	۰/۵۱ ± ۰/۰۵*	۶/۳۸ ± ۱/۲۵
	۵۰	۶۵/۴۲ ± ۶/۰۸^{C}	۱۰۱/۲۳ ± ۱۰/۸۶^{C}	۲۲۹/۶۸ ± ۲۴/۴۲*	۸/۲۸ ± ۰/۷۳	۲/۵۶ ± ۰/۱۲	۵/۷۱ ± ۰/۷۲	۰/۴۵ ± ۰/۰۲	۷/۲۸ ± ۰/۳۶
	۱۰۰	۷۳/۴۷ ± ۸/۲۱^{BC}	۱۲۴/۳۵ ± ۱۶/۸۰^{B}	۲۶۳/۹۷ ± ۲۷/۷۷*	۷/۹۶ ± ۱/۱۶	۲/۳۲ ± ۰/۰۵	۵/۶۴ ± ۱/۲۹	۰/۴۱ ± ۰/۰۴	۸/۱۶ ± ۰/۷۳
	۱۵۰	۸۵/۸۱ ± ۱۳/۳۰^{BC}	۱۳۱/۷۱ ± ۹/۵۶^{B}	۲۴۸/۶۵ ± ۲۹/۱۴*	۸/۳۵ ± ۱/۴۶	۲/۵۷ ± ۰/۱۵	۵/۷۷ ± ۱/۲۲	۰/۴۴ ± ۰/۰۵	۷/۷۲ ± ۰/۸۲
	Two-Way ANOVA								
	زمان	۰/۲۵۲	۰/۱۷۴	۰/۰۳۴	۰/۸۲۰	۰/۱۲۵	۰/۵۹۴	۰/۰۳۷	۰/۷۰۸
	تیمار	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۰۸	۰/۶۱۳	۰/۰۹۱	۰/۲۶۶	۰/۰۹۵	۰/۲۸۴
	زمان × تیمار	۰/۹۶۱	۰/۹۹۴	۰/۷۱۲	۰/۸۲۱	۰/۳۹۴	۰/۶۶۷	۰/۱۳۳	۰/۴۲۹

حضور حروف متفاوت بزرگ نشان دهنده وجود اختلاف در روز ۱۸۰ و حروف متفاوت کوچک نشان دهنده وجود اختلاف در روز ۳۰ است (P<۰/۰۵).

علامت * بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در یک تیمار بین روزهای ۳۰ و ۱۸۰ نمونه‌برداری است (P<۰/۰۵).

جدول ۳ تغییرات آنزیم‌های پلاسمایی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذر کتان در دو زمان ۳۰ و ۱۸۰ روز پس از شروع آزمایش. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شده اند (تعداد برای هر تیمار ۸ عدد).

زمان (روز)	کنجاله بذر کتان (g/kg)	ALP (IU/L)	AST (IU/L)	ALT (IU/L)	LDH (IU/L)
۳۰	شاهد	۱۳۱/۸۷ ± ۱۴/۱۸	۴۶۵/۵۲ ± ۲۰/۹۵^{a}	۱۳/۶۴ ± ۱/۲۱^{a}	۵۵۲/۸ ± ۲۳/۳۵^{a}
	۵۰	۱۲۸/۹۱ ± ۱۳/۰۵	۴۴۵/۶۲ ± ۲۷/۵۳^{ab}	۱۲/۷۷ ± ۱/۵۶^{a}	۵۲۹/۲۸ ± ۴۴/۰۹^{a}
	۱۰۰	۱۱۹/۲۸ ± ۱۵/۰۵	۴۱۰/۳۶ ± ۳۴/۶۰^{ab}	۱۰/۵۱ ± ۱/۰۶^{ab}	۵۰۴/۶۳ ± ۱۹/۴۲^{ab}
	۱۵۰	۱۱۱/۶۵ ± ۱۱/۴۹	۳۷۰/۲۷ ± ۳۰/۹۱^{b}	۷/۲۸ ± ۰/۴۱^{b}	۳۶۱/۲۸ ± ۴۲/۰۷^{c}
۱۸۰	شاهد	۱۵۱/۰۴ ± ۱۷/۱۲^{a}	۴۸۷/۹۲ ± ۴۷/۵۶^{A}	۱۱/۱۴ ± ۵/۵۳^{ab}	۵۴۳/۷۹ ± ۶۱/۲۵^{a}
	۵۰	۱۴۵/۵۷ ± ۱۴/۳۸^{a}	۳۹۱/۵۸ ± ۲۹/۱۵^{B}	۱۰/۲۷ ± ۰/۴۲^{ab}	۴۴۳/۹۸ ± ۵۷/۹۵^{abc}
	۱۰۰	۱۰۷/۶۲ ± ۶/۰۰^{b}	۳۸۱/۷۶ ± ۲۷/۹۰^{B}	۹/۲۶ ± ۱/۱۴^{ab}	۳۸۳/۲۳ ± ۴۱/۱۷^{bc}
	۱۵۰	۹۸/۸۲ ± ۷/۹۱^{b}	۳۲۰/۸۱ ± ۴۰/۴۲^{C}	۶/۷۸ ± ۰/۷۱^{b}	۳۵۶/۶۶ ± ۶۰/۲۷^{c}
	Two-Way ANOVA				
	زمان	۰/۷۵۹	۰/۲۸۶	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲
	تیمار	۰/۰۱۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
	زمان× تیمار	۰/۴۴۷	۰/۶۸۹	۰/۰۴۰	۰/۰۴۲

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵).

حضور حروف متفاوت بزرگ نشان دهنده وجود اختلاف در روز ۱۸۰ و حروف متفاوت کوچک نشان دهنده وجود اختلاف در روز ۳۰ است (P<۰/۰۵).

بحث

در تحقیق حاضر غلظت گلوکز خون پس از گذشت ۳۰ روز کاهش معنی‌داری در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان نشان داد و این روند کاهش تا انتهای دوره نیز ادامه پیدا کرد. در نتیجه، می‌توان استنباط کرد که کنجاله بذر کتان باعث کاهش سطح گلوکز در ماهیان می‌شود. درباره تغییرات سطح گلوکز در ماهیان تغذیه شده با بذر یا کنجاله بذر کتان تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است، اما مطالعه روی دیگر حیوانات آزمایشی مانند موش نشان داد که تغذیه با بذر کتان منجر به کاهش سطح گلوکز خون می‌شود (Chen et al. 2015). کاهش گلوکز در پی تغذیه با کنجاله بذر کتان ممکن است از طریق مسیر وابسته به استروژن کنترل شود. استروژن‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم از طریق لیپوژنز، لیپولیز و آدیپوژنز و یا به‌طور غیر مستقیم با اثرگذاری روی سیستم عصبی مرکزی که بر اشتها یا مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد، منجر به کاهش متابولیسم چربی‌ها و گلوکز شوند (Cooke and Naaz, 2004). به نظر می‌رسد با توجه به ساختار شبه استروژنی لیگنان‌ها، سطح گلوکز در تاسماهیان تغذیه شده با کنجاله بذر کتان از طریق مسیرهای وابسته به استروژن کاهش یافته است.

پس از گذشت ۳۰ روز سطح کلسترول خون در گروه‌های تغذیه شده با کنجاله بذر کتان کاهش معنی‌دار نسبت به

شاهد داشت و این کاهش در روز ۱۸۰ نیز مشاهده شد. تری‌گلیسرید در روز ۳۰ و ۱۸۰ تغییرات معنی‌داری بین تیمارها نداشت، اما سطح آن کاهش معنی‌داری در تمامی تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان در روز ۱۸۰ نسبت به روز ۳۰ نشان داد. این امر اثبات می‌کند که گذشت زمان منجر به بروز اثرات قوی‌تر کنجاله بذر کتان بر سطح تری‌گلیسرید شده است. مطالعه Yassein و همکاران (۲۰۱۵) روی مرغ‌های تخم‌گذار و Chen و همکاران (۲۰۱۵) روی غازهای پرورشی نشان داد که تغذیه با هر سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بذر کتان بر کیلوگرم جیره منجر به کاهش تری‌گلیسرید و کلسترول در تیمارهای تغذیه شده می‌شود. بذر کتان سرشار از اسیدهای چرب ضروری PUFA است. این اسیدهای چرب با کاهش LDL و افزایش HDL، منجر به کاهش جذب چربی‌ها از دستگاه گوارش و هایپوکلسترولمی می‌شوند (Oomah and Mazza, 2000) تاجایی که این اثر بذر کتان را به‌عنوان یک ماده مهم در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی معرفی می‌کند (Kaithwas and Majumdar, 2012).

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در مورد میزان پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین به گلوبولین تفاوت معنی‌داری در روزهای ۳۰ و ۱۸۰ پس از شروع آزمایش در هیچ یک از تیمارها مشاهده نشد. در این راستا، مطالعه Bhathena و همکاران (۲۰۱۲) روی دو مدل آزمایشگاهی موش و خرگوش نیز نتایجی مشابه مطالعه حاضر داشت. در این مطالعه حیوانات مورد نظر با ۲۰۰ گرم در کیلوگرم کنجاله بذر کتان به مدت ۳ ماه تغذیه شدند که نتایج حاصله تغییرات معنی‌داری را در پروتئین کل و آلبومین در تیمارها نشان نداد. تغذیه با کنجاله بذر کتان تأثیری بر میزان کلسیم خون در ماهیان تغذیه شده نداشت، اما با گذشت زمان می‌توان مشاهده کرد که کلسیم در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان تا حدود کمی رو به افزایش است. ارتباط مستقیمی بین سطح ویتلوژنین خون، میزان کلسیم و مرحله رسیدگی جنسی وجود دارد، به‌طوری‌که در مراحل اولیه زرده‌سازی یا پیش‌زرده سازی که سطح ویتلوژنین در خون پایین است کلسیم نیز در خون کاهش می‌یابد (Webb et al. 2002). از آنجا که ماهیان مورد مطالعه در تحقیق حاضر همگی در ابتدای مرحله پیش‌زرده‌سازی قرار داشتند، به‌نظر می‌رسد کلسیم تحت تأثیر تغییرات هورمونی ناشی از فیتواستروژن‌های موجود در کنجاله بذر کتان قرار نگرفته است.

مطالعه حاضر نشان داد که پس از گذشت ۳۰ روز تغییر معنی‌داری در سطح ALP تاسماهیان سیبری تغذیه شده با کنجاله بذر کتان و شاهد وجود ندارد، اما در انتهای روز ۱۸۰ این کاهش به صورت معنی‌داری در تیمارهای تغذیه شده با سطح $F_{۱۰۰}$ و $F_{۱۵۰}$ نسبت به گروه شاهد قابل رؤیت بود. مطالعات نشان دادند که تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار با ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم کنجاله بذر کتان در کیلوگرم جیره منجر به کاهش میزان ALP می‌شود (Yassein et al. 2015). علاوه بر این، مطالعه Chen و همکاران (۲۰۱۵) بر روی غازهای پرورشی نیز نشان داد که تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذر کتان منجر به کاهش فعالیت ALP می‌شود که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر بر تاسماهیان سیبری هم‌راستاست. این محققان گزارش کردند که کاهش فعالیت ALP در خون ممکن است به‌علت نقش مثبت ضداکسایشی بذر کتان بر کاهش استرس و التهاب کبد باشد، زیرا حضور میزان بالایی از ضداکسایش‌ها در بذر کتان منجر به کاهش فعالیت آنزیم ALP که شاخص سلامت کبد است، می‌شود. کاهش میزان ALP در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذر کتان را می‌توان در ارتباط مستقیم با سطح کلسترول خون نیز دانست، زیرا بیان می‌شود در زمان افزایش کلسترول یا هایپرکلسترولمی سطح ALP در خون در اثر فعالیت زیاد و تحت استرس کبد افزایش، و در زمان هیپوکلسترولمی کاهش می‌یابد (Mabuchi et al. 2007). پس به‌نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر کاهش سطح کلسترول و ALP در تیمارهای تغذیه شده کنجاله بذر کتان ممکن است به هم مرتبط باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تغذیه با کنجاله بذر کتان توانست منجر به کاهش ALT در تیمارهای $F_{۱۰۰}$ و $F_{۱۵۰}$ شود. اثر متقابل تیمارهای تغذیه شده و زمان نیز نشان داد که در گروه‌هایی که بالاترین میزان کنجاله بذر کتان را دریافت کرده بودند، در هر دو روز ۳۰ و ۱۸۰ آنزیم AST به پایین‌ترین میزان در بین تیمارها رسید. لذا می‌توان نتیجه گرفت که این کاهش آنزیم ارتباط مستقیمی با افزایش سطح

کنجاله بذر کتان جیره دارد. مطالعه روی دیگر حیوانات و انسان نشان می‌دهد که بذر کتان می‌تواند منجر به کاهش آنزیم‌های ALT و AST در انسان (Stuglin and Prasad, 2005)، همستر (Yang et al. 2009) موش سفید (Kaithwas et al. 2010)، خرگوش (Omer et al. 2013)، غاز (Chen et al. 2015) و بوقلمون (Moghadam et al. 2017) شود. آنزیم‌های AST و ALT در ماهیان در انتقال آمین‌ها دخالت دارند و افزایش سطح آنها شاخص مناسبی برای ایجاد شرایط استرس در ماهی است. علاوه بر این، AST شاخص مهمی در تعیین میزان آسیب میتوکندری و ALT شاخصی برای بروز آسیب‌های غشایی سلولی معرفی شده است (Kasote et al. 2012). کاهش آنها در تاسماهیان تغذیه شده با کنجاله بذر کتان نشان دهنده اثر مثبت آن بر ایمنی و سلامت کبد است و همین امر، این ماده را به عنوان یک ماده غذایی مفید در درمان بیماری‌های کبدی مانند کبد چرب و التهاب کبد معرفی می‌کند (Tang et al. 2006). مکانیسم دقیقی برای اثرگذاری بذر یا کنجاله کتان بر تغییر سطح آنزیم‌های ALT و AST مشخص نشده است. با وجود این، به‌نظر می‌رسد برخی مکانیسم‌های احتمالی مانند تحریک بتااکسیداسیون کبدی توسط اسیدهای چرب امگا ۳ موجود در کنجاله بذر کتان (Jump, 2008) و اثر ضداکسایشی و کاهندگی کتان بر لیپیدهای کبد در این امر دخیل باشد (Tang et al. 2006).

مطالعات محدودی در باره اثر تغذیه با بذر یا کنجاله بذر کتان بر سطح آنزیم LDH انجام شده است. این مطالعات نشان می‌دهند که تغذیه با بذر یا کنجاله بذر کتان می‌تواند منجر به کاهش سطح آنزیم LDH در موش (Rizwan et al. 2013) و انسان (Pilar et al. 2014) شود و این کاهش را در رابطه با ظرفیت بالای ضداکسایشی بذر کتان می‌دانند که مانع از تخریب سلول‌ها می‌شود. از این رو، با توجه به این‌که بذر کتان دارای میزان زیادی از انواع ضداکسایش‌هاست (Tang et al. 2006) به نظر می‌رسد که افزایش ضداکسایش‌ها در بدن منجر به بهبود وضعیت کبد و در نتیجه، کاهش فعالیت آنزیم LDH در گروه‌های تغذیه شده با کنجاله بذر کتان شده است. بررسی دقیق این مکانیسم، نیازمند مطالعات تکمیلی برای بررسی میزان ضداکسایش‌ها در گروه‌های تغذیه شده با کنجاله بذر کتان در آینده است.

مطالعه حاضر برای اولین بار به بررسی اثر تغذیه‌ای کنجاله کتان بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و آنزیم‌های پلاسمایی تاسماهی سیبری پرداخت. به‌طور کلی، مطالعه حاضر نشان داد که تغذیه با کنجاله بذرکتان حتی در مدت زمان کوتاه می‌تواند بر آنزیم‌های پلاسمایی و شاخص‌های بیوشیمیایی خون اثرگذار باشد. بنابراین، با در نظر گرفتن دسترسی این کنجاله گیاهی و سطح مناسب پروتئین آن، کنجاله بذر کتان پتانسیل مناسبی برای جایگزینی با پودرماهی دارد و امکان جایگزینی آن در جیره تاسماهی سیبری در دوران رشد تا میزان ۱۵۰ گرم در کیلوگرم جیره بدون تأثیر منفی بر آنزیم‌های پلاسمایی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی وجود دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از پژوهشکده حوضه آبی خزر به‌خاطر حمایت‌های پژوهشی طبق قرارداد ۲۱۷۵۱۰۴ و همچنین صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور برای حمایت طرح شماره ۹۸۰۱۲۹۲۱ تشکر به عمل می‌آورند.

منابع

Benavides, J., Martinez-Valladares, M., Tejido, M.L., Giraldez, F.J., Bodas, R., Prieto, N., Andres, S. 2013. Quercetin and flaxseed included in the diet of fattening lambs: Effects on immune response, stress during road transport and ruminal acidosis. Livestock Science 158: 84-90.

Bhathena, S.J., Ali, A.A., Mohamed, A.I., Hansen, C.T., Velasquez, M.T. 2002. Differential effects of dietary flaxseed protein and soy protein on plasma triglyceride and uric acid levels in animal models. The Journal of Nutritional Biochemistry 13: 684-689.

Burtis, C.A., Ashwood, E.R., Bruns, D.E. 2011. Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. Saunders Press, Salt Lake City, Utah, 2256 p.

Chen, W., Jiang, Y.Y., Wang, J.P., Yan, B.X., Huang, Y.Q., Wang, Z.X. 2015. Effect of flaxseed on the fatty acid profile of egg yolk and antioxidant status of their neonatal offspring in Huoyan geese. Animals 9: 1749-1755.

Cooke, P.S., Naaz, A. 2004. Role of estrogens in adipocyte development and function. Experimental Biology and Medicine 229: 1127-1135.

De Franca Cardozo, L., Soares, L.L., Brant, L.H., Chagas, M.A., Pereira, V.A., Velarde, L.G., Boaventura, G.T. 2011. Hematologic and Immunological indicators are altered by chronic intake of flaxseed in Wistar rats. Nutricion Hospitalaria 26: 1091-1096.

El-Saidy, D.M.S., Gaber, M.M. 2001. Linseed meal–its successful use as a partial and complete replacement for fishmeal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Proceedings of the Second International Conference on Animal Production and Health, Semi-Arid Areas, El-Arish, North Sinai, p. 635.

Falahatkar, B. 2018. Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: An updated synthesis. In: The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Williot, P., Nonnotte, G., and Chebanov, M. (Eds.). Springer, Champaign, 207-228.

FAO, 2019. http://www.fao.org/cultured aquatic species information programme *Acipenser baerii*.

Fukumitsu, S., Aida, K., Ueno, N., Ozawa, S., Takahashi, Y., Kobori, M. 2008. Flaxseed lignan attenuates high-fat diet-induced fat accumulation and induces adiponectin expression in mice. British Journal of Nutrition 100: 669-676.

Hardy, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research 41: 770-776.

Jump, D.B. 2008. n-3 polyunsaturated fatty acid regulation of hepatic gene transcription. Current Opinion in Lipidology 19: 242-257.

Kaithwas, G., Majumdar, D.K. 2012. In vitro antioxidant and in vivo antidiabetic, antihyperlipidemic activity of linseed oil against streptozotocin-induced toxicity in albino rats. European Journal of Lipid Science and Technology 114: 1237-1245.

Kasote, D.M., Badhe, Y.S., Zanwar, A.A., Hegde, M.V., Deshmukh, K.K. 2012. Hepatoprotective potential of ether insoluble phenolic components of n-butanol fraction (EPC-BF) of flaxseed against CCl4-induced liver damage in rats. Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences 4: 231-240.

Kroliczewska, B., Mista, D., Kroliczewski, J., Zawadzki, W., Kubaszewski, R., Wincewicz, E., Szopa, J. 2017. A new genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) with decreased susceptibility to fat oxidation: consequences to hematological and biochemical profiles of blood indices. Journal of the Science of Food and Agriculture 97: 165-171.

Kumari, J., Larsen, A.N., Bogwald, J., Dalmo, R.A. 2009. Interleukin-17D in Atlantic salmon (*Salmo salar*): molecular characterization, 3D modelling and promoter analysis. Fish & Shellfish Immunology 27: 647-659.

Mabuchi, H., Nohara, A., Kobayashi, J., Kawashiri, M.A., Katsuda, S., Inazu, A. 2007. Effects of CoQ10 supplementation on plasma lipoprotein lipid, CoQ10 and liver and muscle enzyme levels in hypercholesterolemic patients treated with atorvastatin: a randomized double-blind study. Atherosclerosis 195: 182-189.

Moghadam, M.B., Shehab, A., Cherian, G. 2017. Methionine supplementation

augments tissue n-3 fatty acid and tocopherol content in broiler birds fed flaxseed. Animal Feed Science and Technology 228, 149-158.

Nasopoulou, C., Zabetakis, I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. LWT-Food Science and Technology 47: 217-224.

Omer, H.A.A., Sawsan, M.A., AbdEl-Maged, A.A., Azza, M.M.B. 2013. 1. Utilization of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) in rabbit rations. 2. Influence of flaxseeds levels supplementations on blood constituents, carcass characteristics and fatty acids profile. Life Science 10: 2625-2637.

Oomah, B.D., Mazza, G. 2000. Bioactive components of flaxseed: Occurrence and Health Benefits. In: Phytochemicals and Phytopharmaceuticals. Shahidi, F. and Ho, C.T. (Eds.). AOCS Press, 106-143.

Prasad, K. 2005. Hypocholesterolemic and antiatherosclerotic effect of flax lignan complex isolated from flaxseed. Atherosclerosis 179: 269-275.

Pilar, B.C., da Costa Güllich, A.A., Ströher, D.J., Zuravski, L., Mezzomo, J., Coelho, R.P., Manfredini, V. 2014. 28-day dietary supplementation with golden flaxseed improves biochemical and oxidative parameters in patients with metabolic syndrome. Journal of Functional Foods 10: 232-242.

Pottinger, T.G., Carrick, T.R. 2001. ACTH does not mediate divergent stress responsiveness in rainbow trout. Comparative Biochemistry and Physiology 129A: 399-404.

Rizwan, S., Naqshbandi, A., Khan, F. 2013. Dietary flaxseed oil supplementation mitigates the effect of lead on the enzymes of carbohydrate metabolism, brush border membrane, and oxidative stress in rat kidney tissues. Biological Trace Element Research 153: 279-290.

Shalaby, A. 2005. The opposing effect of ascorbic acid (vitamin C) on ochratoxin toxicity in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Manila, Philippines, 150 p.

Singh, K.K., Mridula, D., Rehal, J., Barnwal, P. 2011. Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51: 210-222.

Soltan, M.A. 2005. Partial and total replacement of soybean meal by raw and heat treated linseed meal in tilapia, diets. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds 8: 1091-1109.

Staykov, Y., Zhelyazkov, G., Stoyanova, S. 2015. Effect of substitution of sunflower meal with flaxseed meal on the growth performance and chemical composition of meat in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 21: 169-174.

Stuglin, C., Prasad, K. 2005. Effect of flaxseed consumption on blood pressure, serum lipids, hemopoietic system and liver and kidney enzymes in healthy humans. Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics 10: 23-27.

Taher, M.G., Al-Zuhairy, M.A. 2014. Effects of feeding different levels of flaxseed on performance traits and blood parameters in broiler. Diyala Agricultural Sciences Journal 6: 1-10.

Tang, X., Gao, J., Wang, Y., Fan, Y.M., Xu, L.Z., Zhao, X.N., Qian, Z.M. 2006. Effective protection of *Terminalia catappa* L. leaves from damage induced by carbon tetrachloride in liver mitochondria. The Journal of Nutritional Biochemistry 17: 177-182.

Webb, M. A., Feist, G.W., Trant, J.M., Van Eenennaam, J.P., Fitzpatrick, M.S., Schreck, C.B., Doroshov, S.I. 2002. Ovarian steroidogenesis in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) during oocyte maturation and induced ovulation.

General and Comparative Endocrinology 129: 27-38.

Yang, S.F., Tseng, J.K., Chang, Y.Y., Chen, Y.C. 2009. Flaxseed oil attenuates nonalcoholic fatty liver of hyperlipidemic hamsters. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 5078-5083.

Yassein, S.A., El-Mallah, G.M., Ahmed, S.M., El-Ghamry, A.A., Abdel-Fattah, M.M., El-Hariry, D.M. 2015. Response of laying hens to dietary flaxseed levels on performance, egg quality criteria, fatty acid composition of egg and some blood parameters. International Journal of Research Studies in Biosciences 3: 27-34.