شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
صفحات ۱۷۹-۱۶۸

اثر تغذیه با جیره‌های حاوی کنجاله بذر کتان بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرورشی

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

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی خزر، دانشگاه گیلان، گیلان، رشت، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۸

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین اثر تغذیه با کنجاله بذرکتان بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) صورت پذیرفت. به‌همین منظور تعداد ۳۲ تاسماهی پرورشی با میانگین وزن ۵۳/۳۸ ± ۹۵۵/۰۶ گرم به‌طور تصادفی در هشت مخزن فایبرگلاس (۵۰۰ لیتری) در چهار تیمار و دو تکرار توزیع و با جیره‌ای حاوی یکی از سطوح صفر (شاهد)، ۵ (F_5)، ۱۰ (F_{10}) و ۱۵ (F_{15}) درصد کنجاله بذرکتان در جیره به‌مدت شش ماه تغذیه شدند. در انتهای آزمایش نتایج نشان داد تفاوت معنی داری در شاخص‌های رشد وجود ندارد. در بین شاخص‌های خون شناسی تعداد گلبول قرمز و هماتوکریت افزایش معنی‌داری در F_{15} در مقایسه با گروه شاهد داشتند اما هموگلوبین، میانگین حجم یک گلبول قرمز، میانگین هموگلوبین یک گلبول قرمز و میانگین درصد غلظت هموگلوبین در یک گلبول قرمز تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج حاصل از بررسی گلبول‌های سفید نشان داد کاهش معنی‌داری در تعداد گلبول‌های تیمار شاهد وجود دارد و همچنین افزایش معنی‌داری در تعداد لنفوسیت و نوتروفیل به‌ترتیب در گروه‌های شاهد و F_{15} وجود داشت اما تفاوت معنی‌داری در تعداد مونوسیت و ائوزینوفیل وجود ندارد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد افزودن کنجاله بذرکتان به جیره تاسماهی سیبری فارغ از اثرگذاری بر رشد، قادر به ایجاد تغییرات هماتولوژیک است.

واژگان کلیدی: بذرکتان، تغذیه، رشد، خون‌شناسی، ماهی خاویاری.

* نویسنده مسئول: بهرام فلاحتکار
Email: falahatkar@guilan.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 72, No. 2, Summer 2019
pp. 168-179

Effect of feeding with diets containing flaxseed meal on growth performance and hematological indices in farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

S. Ghiasi[1], B. Falahatkar[1, 2*], M.M. Sajadi[1]

[1] Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
[2] Department of Marine Sciences, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran.

Received: 03-June-2019 **Accepted: 29-Nove-2019**

Abstract
The purpose of this study was to investigate the effects of dietary flaxseed meal on growth performance and hematological indices of Siberian sturgeon *Acipenser baerii*. Thirty two farmed fish with average weight of 955.06 ± 53.38 g were randomly distributed in 8 tanks (500 L) in four treatments and two replicates and fed diets with different levels of flaxseed meal including 0 (control), 5 (F_5), 10 (F_{10}) and 15 (F_{15}) percent for 6 months. At the end of the experiment, the results showed no significant difference in growth parameters. In hematological parameters, the number of red blood cells and hematocrit had significant increase in F_{15} compared to the control, but hemoglobin, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration had no significant difference. Result of white blood cells showed there was significant decrease in control group and also there were significant increase in neutrophil and lymphocyte in F_{15} and control, respectively, but there were no significant differences in monocyte and eosinophil. The overall results revealed that adding the flaxseed meal in Siberian sturgeon diet has no effect on growth, while the hematological indices can be changed.

Key words: Linseed, feeding, growth, hematology, sturgeon

Corresponding author: Bahram Falahatkar Email: falahatkar@guilan.ac.ir

۱. مقدمه

تغذیه در ماهیان یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر عملکرد رشد است و در مزارع پرورشی عمده‌ترین بخش هزینه را به خود اختصاص می‌دهد. مهمترین منبع تامین پروتئین و چربی در آبزیان استفاده از پودر و روغن ماهی است (Nasopoulou and Zabetakis, 2012) که دارای مزیت‌های زیادی از جمله پروتئین بالا، بالانس مناسب آمینواسیدهای ضروری، طعم و خوش خوراکی و قابلیت هضم بالا است. اما امروزه افزایش میزان تولید و کاهش ذخایر ماهیان مورد استفاده از یک سو و نیاز رو به افزایش صنایع تولید خوراک آبزیان و سایر حوزه‌ها مانند طیور از سوی دیگر منجر به افزایش قیمت و کاهش تولید پودر و روغن ماهی مورد نیاز شده است (Zhou *et al.*, 2005)، به‌طوریکه بیان می‌شود آبزی‌پروری در سال‌های اخیر با نرخ ۱۱ درصد در حال توسعه است اما تولید پودر ماهی بسیار کمتر از این میزان است (Tidwell and Allan, 2011). علاوه بر محدود بودن دسترسی، پودر ماهی به‌دلیل داشتن قیمت بالا منجربه افزایش هزینه نهایی خوراک تولید شده می‌شود. بنابراین با توجه به عدم تامین منابع پودر ماهی طی سال‌های آینده، نیاز به اجرای تحقیقاتی برای جایگزینی منابع مناسب پروتئینی ضرورت می‌یابد. در این میان اقلامی نظیر کنجاله دانه‌های روغنی به‌دلیل هزینه پایین و تامین پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند (Hardy, 2010).

بذر کتان (*Linum usitaissiumum*) که در زبان انگلیسی به نام‌های Flaxseed و Linseed مشهور می‌باشد حاوی ۴۲ تا ۴۶ درصد چربی، ۲۸ درصد فیبر خوراکی، ۲۱ درصد پروتئین، ۴ درصد خاکستر و ۶ درصد کربوهیدرات است. لیگنان‌ها جز مهمترین ترکیبات آنتی اکسیدانی می‌باشند و میزان لیگنان در این دانه گیاهی ۵۷ تا ۸۰۰ برابر هر ماده غذایی است (Singh *et al.*, 2011). از سوی دیگر بذر کتان سرشار از اسیدهای چرب ضروری است به‌طوری که تا ۷۳ درصد از چربی موجود در روغن موجود در آن را اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل می‌دهند که شامل ۱۶ درصد اسیدهای چرب امگا ۶ (عمدتاً لینولئیک اسید) و ۵۱ تا ۵۵ درصد امگا ۳ (عمدتاً آلفا لینولنیک اسید) می‌باشد (Prasad, 2005).

مصرف بذرکتان در خوراک آبزیان دارای محدودیت‌های غذایی نیز هست چرا که باعث کاهش عملکرد رشد می‌شود. لیناماریں بخش عمده‌ای از مواد ضد تغذیه‌ای بذر کتان را تشکیل می‌دهد (Jain and Ganorkar, 2013). حرارت‌دهی حین فراوری نظیر آنچه که در روغن‌کشی و یا در فراوری اکستروژن کنجاله بذرکتان اتفاق می‌افتد باعث تغییر ماهیت دادن ساختار پروتئینی ماده بتا گلوکوزیداز شده که این خود از تولید سیانید هیدروژن جلوگیری می‌نماید و یکی از مزایای مهم استفاده از کنجاله بذرکتان در مقایسه با بذرکتان است (Jain and Ganorkar, 2013).

علی رغم ارزش غذایی بالای بذر کتان مطالعات بسیار اندکی در ارتباط با اثر تغذیه‌ای آن در ماهی انجام شده است (El-Saidy and Gaber, 2001; Soltan, 2005; Soltan *et al.*, 2008)، اما مطالعه روی سایر حیوانات آزمایشی مانند موش (Fukumitsu *et al.*, 2008; De Franca Cardozo *et al.*, 2011) و بوقلمون (Moghadam *et al.*, 2017) بیان می‌کنند که تغذیه با بذر و یا کنجاله بذرکتان منجر به بهبود شاخص‌های رشد می‌شود.

از فاکتورهای مهم در تعیین سلامت ماهی می‌توان به شاخص‌های خونی اشاره کرد. مطالعات مرتبط بیان می‌کنند که تغذیه با بذرکتان اثر مثبتی بر شاخص‌های خونی انسان و دیگر حیوانات آزمایشی دارد (Figueiredo *et al.*, 2009; De Franca Cardozo *et al.*, 2011; Benavides *et al.*, 2013; Kroliczewska *et al.*, 2017)، اما در ارتباط با ماهی تا کنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است.

تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) یکی از گونه‌های با ارزش ماهیان خاویاری برای تولید گوشت و خاویار می‌باشد که امروزه به‌علت رشد خوب، سازگاری با شرایط پرورشی و قابلیت زیست در آب شیرین به‌عنوان

یکی از گونه‌های مهم پرورشی در سرتاسر جهان معرفی می‌شود (Falahatkar, 2018).

به‌طور کلی کنجاله بذرکتان 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 جهت تعیین سطح مناسب کنجاله بذرکتان در جیره غذایی تاسماهی سیبری به عنوان منبع پروتئین و چربی و تاثیر آن بر عملکرد رشد، کارایی غذا و پارامترهای خون‌شناسی به عنوان اولین شاخص‌های رشد و سلامت در ماهیان انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. ماهی، شرایط پرورش و طراحی آزمایش

تمامی مراحل عملی مطالعه حاضر در سالن تکثیر و پرورش دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان (صومعه‌سرا، ایران) انجام شد. در ابتدا به‌منظور سازگاری ماهیان با شرایط و محیط آزمایش، ماهیان به‌مدت ۳۰ روز در مخازن پرورشی درنظر گرفته شده با جیره فاقد کنجاله بذرکتان به‌میزان ۲ درصد وزن بدن در روز تغذیه شدند. پس از سازگاری، تعداد ۳۲ تاسماهی سیبری ۲ ساله با میانگین وزن ۵۳/۳۸ ± ۹۵۵/۰۶ گرم و طول کل ۰/۷۹ ± ۶۵/۹۶ سانتیمتر به طور تصادفی انتخاب و در ۸ مخزن فایبرگلاس با حجم ۵۰۰ لیتر (حجم آبگیری ۴۵۰ لیتر) در ۴ تیمار و دو تکرار توزیع شدند (۴ ماهی در هر تانک). آب مورد نیاز مخازن با متوسط دبی ۱/۱۲ ± ۸/۷ لیتر بر دقیقه از چاه تامین و در هر تانک دو سنگ هوا جهت تزریق اکسیژن قرار داده شد. میانگین دما و اکسیژن محلول در طی دوره به ترتیب برابر ۰/۸ ± ۱۶/۸۰ سانتیگراد و ۰/۵۶ ± ۸/۴ میلی‌گرم بر لیتر بود. ماهیان طی دوره پرورش تحت رژیم نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار داشتند.

در طی ۱۸۰ روز دوره آزمایش، ماهیان با جیره آزمایشی حاوی کنجاله بذرکتان با یکی از چهار سطح صفر (شاهد)، ۵ (F_5)، ۱۰ (F_{10}) و ۱۵ (F_{15}) درصد کنجاله بذرکتان در جیره تغذیه شدند (Taher *et al.*, 2014; Staykov *et al.*, 2015). غذادهی بر اساس اشتها و در سه نوبت در ساعت ۸:۳۰، ۱۳:۳۰ و ۱۷:۳۰ انجام گرفت. تانک‌ها در انتهای هر روز سیفون شده و غذای حبه‌ای خورده نشده جهت تعیین میزان دقیق مصرف غذا شمارش شدند.

۲.۲. تهیه جیره‌های آزمایشی

ساخت جیره و تهیه اقلام مورد نیاز آن در شرکت تولید خوراک دام، طیور و آبزیان پارس دانه سوادکوه (مازندران، ایران) انجام شد. جیره‌های آزمایشی به صورت ایزونیتروژنیک و ایزوانرژتیک بر پایه سطح پروتئین ۴۲ درصد و سطح انرژی $^{-1}$MJ kg ۲۱ جیره توسط نرم افزار لینگو (Lingo systems, Chicago, USA ,Lingo, 11.0.0.20) فرمول‌نویسی شدند و پلت‌هایی با وزن ۰/۰۹ گرم و قطر ۴ میلی‌متر بدست آمد. ترکیب جیره‌های آزمایشی در جدول شماره یک نشان داده شده است.

۳.۲. سنجش شاخص‌های رشد و تغذیه

جهت بررسی اثر تغذیه‌ای کنجاله بذرکتان بر عملکرد رشد در انتهای دوره، ابتدا ماهیان با دوز ۴۰۰ppm به روش غوطه‌وری با عصاره گل میخک بیهوش شده (Ghiasi *et al.*, 2017) و به صورت انفرادی بیومتری و وزن آنها با دقت یک گرم و طول با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص‌های وزن کسب شده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، درصد افزایش وزن (BWI)، فاکتور وضعیت (CF)، کارایی غذا (FE)، کارایی پروتئین (PER) و کارایی چربی (LER) با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شد (Falahatkar *et al.*, 2013):

WG (گرم) = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم)

SGR (درصد / روز)=

[(لگاریتم وزن نهایی (گرم) – لگاریتم وزن اولیه (گرم)) / مدت زمان آزمایش (روز)] × ۱۰۰

BWI (درصد) =

(وزن بدست آمده (گرم) / وزن اولیه (گرم)) × ۱۰۰ = PER وزن بدست آمده (گرم) / پروتئین مصرف شده (گرم)

CF = (وزن بدن (گرم) / طول کل[۳] (سانتیمتر)) × ۱۰۰ LER = وزن بدست آمده (گرم) / چربی مصرف شده (گرم)

FE (درصد) =

(وزن بدست آمده (گرم) / غذای خورده شده (گرم)) × ۱۰۰

جدول ۱- ترکیب و آنجزیه بیو شیمیایی جیره تهیه شده در این آزمایش.

سطوح کنجاله بذرکتان (٪)				
اقلام غذایی	**شاهد**	**۵**	**۱۰**	**۱۵**
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[۱]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی[۲]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
سایر افزودنی ها	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳	۱۲/۷۳
آنالیز 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 ($MJ\ kg^{-1}$)	۲۲/۰۲	۲۱/۸۳	۲۱/۵۳	۲۱/۷۸

[۱]مکمل ویتامین استفاده شده ساخت شرکت پارس دانه سوادکوه (سوادکوه، ایران) می‌باشد که 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 وجود دارد.

[۲] مکمل معدنی استفاده شده ساخت شرکت پارس دانه سوادکوه (سوادکوه، ایران) می باشد که هر ۱۰۰۰ گرم پریمیکس حاوی: IU ۱۶۰۰۰۰۰ ویتامین A، IU ۴۰۰۰۰۰ 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 می باشد.

۴.۲. سنجش شاخص‌های خونی

به منظور تعیین شاخص‌های خونی در انتهای دوره پس از بیهوشی، ۲ میلی‌لیتر خون از ساقه دمی ماهیان توسط سرنگ هپارینه (با حجم ۵ میلی‌لیتر) گرفته شد. تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و تعداد گلبول‌های سفید (WBC) توسط لام هماسیتومتر به روش Yuan و همکاران (۲۰۰۸) اندازه‌گیری شد. میزان هماتوکریت به روش Rey Vazquez و Guerrero (۲۰۰۷) و میزان هموگلوبین توسط دستگاه اسپکتوفتومتری و با روش سیان مت هموگلوبین سنجش شد (Drabkin, 1945).

برای محاسبه شاخص‌های خونی شامل میانگین حجم یک گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین یک گلبول قرمز (MCH) و میانگین درصد غلظت هموگلوبین در یک گلبول قرمز (MCHC) از فرمول‌های زیر استفاده شد (Yuan *et al.*, 2008):

MCV (fL) =

(هماتوکریت (درصد) / تعداد گلبول قرمز (برحسب میلیون در میلی متر مکعب)) × ۱۰

MCH (pg/cell) =

(هموگلوبین (گرم در دسی لیتر) / تعداد گلبول قرمز (بر حسب میلیون در میلی متر مکعب)) × ۱۰

MCHC (g/dL) =

(هموگلوبین (گرم در دسی لیتر) / هماتوکریت (درصد)) × ۱۰

همچنین جهت تعیین درصد افتراقی گلبول‌های سفید و شمارش تعداد لنفوسیت، نوتروفیل، ائوزینوفیل و مونوسیت پس از تهیه گسترش خونی سلول‌ها با روش Blaxhall و Daisley (1973) شمارش شدند.

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov–Smirnov و همگنی واریانس ها با آزمون Levene بررسی شد. پس از اطمینان از شروط ذکر شده فوق، به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و تست Tukey به‌عنوان post hoc استفاده شد. اختلاف میانگین‌ها در کلیه موارد با سطح اطمینان P <۰/۰۵ تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) SPSS 16 انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد ارائه شده‌اند.

۳. نتایج

در انتهای دوره آزمایش در روز ۱۸۰، نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه در تاسماهیان سیبری پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان نشان داد تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد (P >۰/۰۵) اما در همه شاخص‌ها شامل WG، SGR، BWI، CF، PER، LPR و FE در گروه‌های تغذیه شده با کنجاله بذر کتان افزایش نسبی نسبت به گروه شاهد ملاحظه شد (جدول ۲).

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های خونی در تاسماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان در تحقیق حاضر نشان داد افزایش معنی‌داری در تعداد RBC در گروه F_{15} در مقایسه با گروه شاهد وجود دارد (P <۰/۰۵؛ جدول ۳). نتایج نشان داد هموگلوبین تغییرات معنی‌داری بین گروه‌ها ندارد (P >۰/۰۵) اما در ارتباط با هماتوکریت در گروه‌های F_{10} و F_{15} افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد وجود داشت (P <۰/۰۵؛ جدول ۳). نتایج حاصل از این تحقیق همچنین نشان داد در ارتباط با شاخص‌های خونی شامل MCV، MCH و MCHC تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد (P >۰/۰۵؛ جدول ۳).

بررسی گلبول‌های سفید پس از گذشت ۱۸۰ روز در تحقیق حاضر نشان داد در ارتباط با تعداد WBC کاهش معنی‌داری در گروه‌های شاهد و F_5 در مقایسه با گروه‌های F_{10} و F_{15} وجود دارد (P <۰/۰۵؛ جدول ۴). بررسی درصد افتراقی گلبول‌های سفید نیز نشان داد در ارتباط با درصد نوتروفیل افزایش معنی‌داری در گروه‌های F_{10} و F_{15} در مقایسه با گروه شاهد وجود دارد (P ۰/۰۵ >؛ جدول ۴) و در ارتباط با درصد لنفوسیت این افزایش در گروه شاهد مشاهده شد. در تحقیق حاضر در ارتباط با درصد مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها تغییرات معنی‌داری پس از تغذیه با کنجاله بذرکتان در بین گروه‌ها مشاهده نشد اما گروه‌های F_{10} و F_{15} در مقایسه با گروه کنترل و F_5 تا حدودی افزایش داشتند (P >۰/۰۵؛ جدول ۴).

جدول۲ - شاخص‌های رشد و تغذیه در تاسماهی سیبری (Acipenser baerii) پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان پس از ۱۸۰ روز. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شده‌اند (تعداد برای هر تیمار ۸ عدد).

	سطوح کنجاله بذر کتان (٪)			
	شاهد	۵	۱۰	۱۵
وزن اولیه (g)	۹۷۲/۱۲۵ ± ۴۵/۷۷	۹۶۶/۳۷ ± ۴۱/۵۰	۹۴۶/۵۰ ± ۶۷/۹۱	۹۳۵/۲۵ ± ۵۸/۳۲
وزن نهایی (g)	۱۶۰۷/۳۸ ± ۷۵/۸۲	۱۶۹۸/۶۳ ± ۱۰۳/۴۸	۱۷۸۱/۱۳ ± ۱۲۴/۶۰	۱۷۱۰/۳۸ ± ۹۰/۸۲
طول اولیه (cm)	۶۴/۸۷ ± ۱/۲۴	۶۶/۰۰ ± ۱/۲۶	۶۵/۲۰ ± ۲/۱۵	۶۶/۱۲ ± ۱/۶۶
طول نهایی (cm)	۷۳/۱۲ ± ۱/۵۲	۷۵/۲۵ ± ۱/۸۴	۷۵/۰۰ ± ۲/۱۷	۷۷/۰۰ ± ۱/۳۳
WG (g)	۶۳۲/۲۵ ± ۱۰۴/۷۵	۷۳۲/۲۵ ± ۲۰/۷۵	۸۳۴/۶۲ ± ۷/۱۲	۷۵۵/۱۲ ± ۱۲۸/۲۵
SGR (٪ day^{-1})	۰/۲۷ ± ۰/۰۳	۰/۳۱ ± ۰/۰۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۰	۰/۳۳ ± ۰/۰۴
BWI (٪)	۶۵/۲۷ ± ۱۰/۳۳	۷۵/۵۶ ± ۱/۲۱	۸۸/۲۰ ± ۱/۲۰	۸۲/۸۷ ± ۱۳/۶۹
CF	۰/۳۷ ± ۰/۰۰	۰/۴۱ ± ۰/۰۰	۰/۴۲ ± ۰/۰۳	۰/۳۹ ± ۰/۰۰
FE (٪)	۲۶/۵۱ ± ۶/۴۴	۲۴/۸۰ ± ۱/۵۶	۲۸/۱۶ ± ۲/۸۶	۳۰/۶۶ ± ۱/۳۰
PER	۰/۵۹ ± ۰/۱۵	۰/۶۳ ± ۰/۰۳	۰/۶۷ ± ۰/۰۷	۰/۷۲ ± ۰/۰۵
LER	۱/۷۰ ± ۰/۴۳	۱/۷۷ ± ۰/۱۱	۱/۸۸ ± ۰/۱۹	۲/۱۱ ± ۰/۰۱

جدول۳ - شاخص‌های خونی در تاسماهی سیبری (Acipenser baerii) پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان در جیره پس از ۱۸۰ روز. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شده اند (تعداد برای هر تیمار ۸ عدد).

	سطوح کنجاله بذر کتان (٪)			
	شاهد	۵	۱۰	۱۵
RBC (×10^3 cell dL^{-1})	۸۲۵/۸۳ ± ۲۳/۲۴^{b}	۸۸۱/۳۳ ± ۴۰/۶۸^{ab}	۹۴۷/۱۶۷ ± ۳۰/۰۴^{ab}	۹۵۲/۸۰ ± ۳۵/۲۶^{a}
هموگلوبین (g dL^{-1})	۷/۵۱ ± ۰/۲۶	۸/۱۳ ± ۰/۴۰	۸/۶۱ ± ۰/۲۱	۸/۶۲ ± ۰/۲۸
هماتوکریت (٪)	۳۳/۵۰ ± ۰/۹۵^{b}	۳۶/۵۰ ± ۱/۶۴^{ab}	۳۸/۶۶ ± ۰/۸^{a}	۳۸/۸۰ ± ۱/۵۱^{a}
MCV (fL)	۴۰۵/۵۰ ± ۱/۸۹	۴۱۴/۰۰ ± ۳/۲۳	۴۰۸/۱۶ ± ۱/۹۷	۴۰۷/۰۰ ± ۱/۴۳
MCH (pg $cell^{-1}$)	۹۰/۵۰ ± ۰/۶۷	۹۱/۶۶ ± ۰/۹۱	۹۰/۶۶ ± ۰/۴۲	۹۰/۴۰ ± ۰/۳۲
MCHC (g dL^{-1})	۲۲/۳۶ ± ۰/۱۳	۲۲/۲۳ ± ۰/۱۲	۲۲/۲۶ ± ۰/۱۵	۲۲/۱۸ ± ۰/۱۵

*حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف است (P <۰/۰۵).

جدول ۴- تغییرات تعداد و درصد افتراقی گلبول‌های سفید در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان در جیره پس از ۱۸۰ روز. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شده‌اند (تعداد برای هر تیمار ۸ عدد).

سطوح کنجاله بذر کتان (٪)	شاهد	۵	۱۰	۱۵
WBC ($cell\ mL^{-1}$)	۶۲۰۰/۰۰ ± ۳۸۴/۰۷^{b}	۷۴۶۶/۶۷ ± ۷۸۲/۵۸^{ab}	۱۱۰۴۰/۰۰ ± ۸۸۰/۰۰^{a}	۱۰۹۳۳/۳۰ ± ۱۱۵۷/۰۲^{a}
لنفوسیت (٪)	۷۵/۱۶ ± ۱/۰۷^{a}	۷۳/۶۶ ± ۱/۹۰^{ab}	۶۹/۰۰ ± ۱/۶۳^{ab}	۶۸/۳۳ ± ۲/۰۱^{b}
نوتروفیل (٪)	۱۸/۵۰ ± ۰/۹۵^{b}	۲۰/۳۳ ± ۱/۴۹^{ab}	۲۴/۰۰ ± ۱/۰۳^{a}	۲۴/۱۶ ± ۱/۱۳^{a}
مونوسیت (٪)	۴/۸۳ ± ۰/۳۰	۵/۱۶ ± ۰/۴۷	۵/۶۰ ± ۰/۶۶	۶/۱۶ ± ۰/۶۰
ائوزینوفیل (٪)	۰/۸۳ ± ۰/۳۰	۰/۸۳ ± ۰/۳۱	۱/۴۰ ± ۰/۹۵	۱/۳۳ ± ۰/۸۰

*حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف است ($P < ۰/۰۵$).

۴. بحث و نتیجه گیری

۴.۱. عملکرد رشد

نتایج حاصل از مطالعه حاضر در بررسی اثر تغذیه‌ای کنجاله بذرکتان در تاسماهی سیبری نشان داد شاخص‌های رشد تغییرات معنی‌داری بین گروه‌ها نداشتند، اما تغذیه با کنجاله بذرکتان منجر به افزایش حدود ۲۰۰ گرم وزن بیشتر در گروه F_{10} در مقایسه با شاهد شد. در ارتباط با اثر تغذیه‌ای کنجاله بذرکتان بر روی ماهیان خاویاری تا کنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است اما مطالعات محدودی بر روی سایر ماهیان انجام شده است.

مطالعه روی ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* با میانگین وزنی ۱۲۷۲/۵ گرم نشان داد تغذیه با کنجاله بذرکتان تفاوت معنی‌داری در پارامترهای رشد ایجاد نکرد اما منجر به افزایش ۴/۰۹ درصدی وزن در تیمار تغذیه شده با ۱۰۰ گرم در کیلوگرم جیره کنجاله بذرکتان نسبت به گروه شاهد شد. علاوه بر این، بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای نشان داد کارایی غذا در ماهیان تغذیه شده با کنجاله بذرکتان پس از گذشت ۶۰ روز افزایش یافت (Staykov *et al.*, 2015) که این روند هم راستا با نتایج حاصل از تحقیق حاضر در ارتباط با تاسماهی سیبری است. Drew و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند زمانی که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* (میانگین وزن ۱۹۰ گرم) به مدت ۸ هفته با جیره‌ای حاوی ۲۴۰ گرم بذرکتان بر کیلوگرم جیره تغذیه می‌شود WG و کارایی غذا نسبت به گروه شاهد افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای دیگر ماهیان تیلاپیا *Oreochromis niloticus* به مدت ۹۰ روز با جیره‌های حاوی کنجاله بذرکتان، کنجاله آفتابگردان و کنجاله پنبه دانه به عنوان منبع پروتئین گیاهی تغذیه شدند که نتایج حاصل نشان داد بهترین رشد در گروه‌های تغذیه شده با کنجاله بذرکتان وجود دارد (Alkobaby *et al.*, 2008). Soltan (۲۰۰۵) در بررسی جایگزینی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پودر ماهی موجود در جیره (۶۵۰ گرم پودر ماهی در هر کیلوگرم جیره) ماهی تیلاپیا دریافت که بهترین عملکرد رشد در گروه ۲۵ درصد جایگزینی با کنجاله بذرکتان وجود دارد.

در تحقیق حاضر پارامترهای رشد در تاسماهیان سیبری تغذیه شده با کنجاله بذرکتان نسبت به گروه شاهد تا حدودی افزایش داشت. این امر نشان می‌دهد که تغذیه با کنجاله بذرکتان نه تنها در سطوح استفاده شده اثر منفی روی رشد ندارد بلکه منجر به بهبود آن نیز می‌شود. در همین رابطه می‌توان بیان کرد این اثر ممکن است به‌دلیل حضور میزان بالای اسیدهای چرب ضروری باشد. از جمله مهمترین اسیدهای چرب ضروری موجود در بذرکتان می‌توان به لینولئیک اسید و آلفا لینولنیک اسید اشاره کرد که مهمترین نوع از اسیدهای امگا ۶ و

امگا ۳ می‌باشند و برای رشد، ساختار و عملکرد مناسب سلول‌ها در ماهی بسیار ضروری هستند (Sargent *et al.*, 1995) و با توجه به نیاز بالای بدن ماهی به این اسیدهای چرب، افزایش آنها در جیره غذایی ماهیان منجر به افزایش و بهبود شاخص‌های رشد در تاسماهیان تغذیه شده با کنجاله بذرکتان شده است و می‌تواند به علت نقش عملکردی ساختاری آنها در غشای دو لایه فسفولیپیدی سلولی و در نهایت سیالیت غشای سلولی در زمان جذب انتخابی باشد که منجر به جذب این اسیدهای چرب نسبت به سایر منابع چربی شده است (Bell *et al.*, 2001). با این حال، به‌منظور درک بهتر از اثرات کنجاله بذرکتان بر رشد، آنالیز اسیدهای چرب جیره و بدن در ماهیان نیاز به مطالعات تکمیلی در آینده می‌باشد.

۴.۲. شاخص‌های خونی

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد پس از گذشت ۱۸۰ روز، تغذیه با کنجاله بذرکتان منجر به افزایش RBC و هماتوکریت در گروه‌های تغذیه شده با ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله بذرکتان در جیره نسبت به گروه شاهد شد اما اثر معنی داری بر شاخص‌های خونی مرتبط با تعداد گلبول قرمز نظیر MVC، MCH، MCHC و هموگلوبین ندارد. در ارتباط با اثر تغذیه‌ای کنجاله بذرکتان بر شاخص‌های خونی ماهیان تا کنون مطالعه‌ای صورت نگرفته و مطالعه حاضر برای اولین بار به بررسی این شاخص‌ها می‌پردازد.

مطالعه Taher و همکاران (۲۰۱۴) بیان می‌کند تغذیه با جیره‌های حاوی کنجاله بذرکتان در جوجه بوقلمون منجر به افزایش RBC در گروه‌های تحت تغذیه می‌شود اما هموگلوبین تغییر معنی‌داری ندارد. سایر مطالعات صورت گرفته روی حیوانات آزمایشگاهی بیان می‌کند که تغذیه با سطوح ۵ و ۱۰ درصدی بذرکتان طی ۸ هفته منجر به افزایش RBC و هماتوکریت در موش آزمایشگاهی می‌شود اما تغییری در میزان هموگلوبین ایجاد نمی‌شود (Babu *et al.*, 2000) که نتایج حاصل از این تحقیق هم‌راستا با مطالعه حاضر می‌باشد. همچنین مطالعه مشابه روی موش نشان داد تغذیه با ۲۵ درصد بذرکتان در جیره در طی ۱۸۰ روز تفاوت معنی‌داری در هماتوکریت و هموگلوبین ایجاد نمی‌کند (Figueiredo *et al.*, 2009). در ارتباط با اثر تغذیه‌ای بذرکتان در خرگوش نیز مطالعه صورت گرفته بیان می‌کند تغذیه به میزان ۱۰۰ گرم در کیلوگرم جیره بذرکتان پس از گذشت ۲۱ روز منجر به افزایش RBC، هماتوکریت و شاخص‌های مرتبط با گلبول قرمز شد (Króliczewska *et al.*, 2016).

با توجه به مطالعات اندک صورت گرفته در ارتباط با اثرات کنجاله بذرکتان بر پارامترهای خونی، ساز و کار اثرگذاری آن در بافت‌های خونساز ناشناخته است و نیاز به انجام مطالعات تکمیلی در آینده دارد. با این‌حال به نظر می‌رسد افزایش میزان آهن در تاسماهی سیبری منجر به بهبود وضعیت گلبول‌های قرمز شده باشد، چرا که مطالعات بیان می‌کنند تغذیه با بذرکتان منجر به افزایش سطح آهن خون می‌شود (Babu *et al.*, 2015) پر واضح است که آهن یکی از ارکان اصلی تولید گلبول‌های قرمز در بدن است. از سوی دیگر، گلبول قرمز در ماهیان حاوی مقادیر زیادی از اسیدهای چرب بلندزنجیره غیراشباع است (Hamer, 2011) که بذرکتان منبع مناسبی از آنهاست و سطح مناسبی از آنها در بدن با خاصیت آنتی اکسیدانی خود از ایجاد استرس اکسیداتیو که در ماهیان منجر به تغییر کیفیت (یکپارچگی و اندازه) و کمیت (تعداد) گلبول‌های قرمز می‌شود (Bransden, 2003) جلوگیری می‌کند.

مطالعه حاضر نشان داد تغذیه با سطوح مختلف کنجاله بذرکتان پس از ۱۸۰ روز منجر به افزایش WBC و تعداد نوتروفیل می‌شود اما کاهش معنی‌داری در تعداد لنفوسیت‌ها در تیمار F_{15} نسبت به تیمار شاهد داشت و در ارتباط با تعداد مونوسیت هر چند در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله بذرکتان بیشتر از گروه شاهد بود اما این تفاوت معنی دار نبود. همانند شاخص‌های مربوط به گلبول‌های قرمز، در ارتباط با اثر تغذیه با کنجاله بذرکتان بر گلبول‌های سفید نیز در ماهیان تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است. با این‌حال، مطالعه روی جوجه

بوقلمون نشان داد زمانی که جوجه‌ها با جیره‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد کنجاله بذرکتان در کیلوگرم جیره به مدت ۴۲ روز تغذیه می‌شوند افزایش معنی‌داری در WBC مشاهده می‌شود (Taher *et al.*, 2014). مطالعه روی بره‌ها نشان داد تغذیه با ۷۵ گرم بذرکتان در کیلوگرم جیره منجر به افزایش معنی دار WBC می‌شود همچنین نتایج این تحقیق نشان داد تعداد مونوسیت‌ها تحت تاثیر تغذیه با جیره حاوی بذرکتان قرار نگرفتند (Benavides *et al.*, 2013). مطالعه روی گلبول‌های سفید موش نیز نشان داد تغذیه با ۲۵ درصد بذرکتان در جیره در تعداد مونوسیت و ائوزینوفیل تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند (De França Cardozo *et al.*, 2011).

در ارتباط با گلبول‌های سفید نیز می‌توان اظهار داشت که میزان بالای اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ موجود در کنجاله بذرکتان منجر به بهبود عملکرد و افزایش تعداد گلبول‌های سفید در مطالعه حاضر شده است، چرا که مطالعات بیان می‌کنند حضور میزان بالای آلفا لینولنیک موجود در بذرکتان به‌عنوان یک اسید چرب امگا ۳ منجر به ساخته شدن اسیدهای چرب ضروری ایکوزاپنتانوئیک و دکوزاهگزانوئید می‌شود که به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان عامل ممانعت کننده تخریب لنفوسیت‌ها و از سوی دیگر عامل فعال‌سازی ماکروفاژها (که توسط مونوسیت‌ها بوجود می‌آیند) شناخته می‌شوند (Calder, 1997). در مطالعه حاضر، تغذیه با کنجاله بذرکتان منجر به افزایش تعداد گلبول‌های سفید و در نتیجه بالا رفتن مقاومت بدن شد اما درک صحیح اثرگذاری آن نیاز به مطالعات تکمیلی در آینده دارد.

مطالعه حاضر برای اولین بار به بررسی اثر تغذیه‌ای کنجاله کتان بر شاخص‌های رشد و خون‌شناسی تاسماهی سیبری پرداخت. به‌طور کلی، مطالعه حاضر نشان داد تغذیه با کنجاله بذرکتان اثر منفی بر شاخص‌های رشد ندارد و تا حدودی منجر به بهبود این شاخص‌ها شد. همچنین شاخص‌های خونی مانند گلبول‌های قرمز و هماتوکریت به عنوان شاخص سلامت و انتقال اکسیژن به بافت‌ها و گلبول‌های سفید و نوتروفیل‌ها به عنوان اولین سد دفاعی بدن پس از تغذیه با کنجاله بذرکتان بهبود یافتند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در جیره تاسماهیان از سطوح ۱۰ تا ۱۵ درصد کنجاله بذرکتان به عنوان تامین‌کننده پروتئین، اسیدهای چرب ضروری و اثرگذاری مثبت بر پارامترهای خونی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از شرکت تولید خوراک دام، طیور و آبزیان پارس دانه سوادکوه به‌ویژه جناب آقای دکتر عابد اوانی جهت تولید و در اختیار قراردادن جیره‌های آزمایشی و 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 بعمل می‌آورند.

References

Alkobaby, A.I., Sami, A.S., Ghada, I.A., 2008. Effect of protein sources on characteristics and quality traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proceedings of the 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Cairo, Egypt. pp. 551-567.

Babu, S., Geraldine, V., Mitchell, P., Mamie, Y., Gowda, U., 2000. Nutritional and hematological impact of dietary flaxseed and defatted flaxseed meal in rats. International Journal of Food Science and Nutrition 51, 109-117.

Bell, M.V., Dick, J.R., Porter, A.E., 2001. Biosynthesis and tissue deposition of docosahexaenoic acid (22: 6n-3) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Lipids 36, 1153-1159.

Benavides, J., Martínez-Valladares, M., Tejido, M.L., Giráldez, F.J., Bodas, R., Prieto, N., Andrés, 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.

Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology 5,

771-781.

Bransden, M.P., Carter, C.G., Nichols, P.D., 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology 135, 611-625.

Calder, P.C., 1997. n-3 polyunsaturated fatty acids and cytokine production in health and disease. Annals of Nutrition and Metabolism 41, 203-234.

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

Drabkin, D.R., 1945. Crystallographic and optical properties of human hemoglobin: a proposal for the 375 standardization of hemoglobin. The American Journal of Medical Sciences 209, 268-270.

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*. In: Proceedings of the Second International Conference on Animal Production and Health in Semi-Arid Areas El-Arish, North Sinai, pp. 635-643.

Falahatkar, B., Akhavan, S.R., Efatpanah, I., Meknatkhah, B., 2013. Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyology 29, 26-30.

Falahatkar, B., 2018. Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: An updated synthesis. In: Williot, P., Nonnotte, G., Chebanov, M. (Eds.) The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) Volume 1-Biology. Springer, Cham, pp. 207-228.

Figueiredo, M.S., Moura, E.G., Lisboa, P.C., Troina, A.A., Trevenzoli, I.H., Oliveira, E., Fonseca Passos, M.C., 2009. Flaxseed supplementation of rats during lactation changes the adiposity and glucose homeostasis of their offspring. Life Sciences 85, 365-371.

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.

Ganorkar, P.M., Jain, R.K., 2013. Flaxseed a nutritional punch. International Food Research Journal 20, 519-525.

Ghiasi, S., Falahatkar, B., Arslan, M., Dabrowski, K., 2017. Physiological changes and reproductive performance of Sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* injected with thiamine. Animal Reproduction Science 178, 23-30.

Hamre, K., 2011. Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish. Aquaculture Nutrition 17, 98-115.

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

Króliczewska, B., Miśta, D., Króliczewski, 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.

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.

Prasad, K., 2005. Effect of chronic administration of lignan complex isolated from flaxseed on the hemopoietic system. Molecular and Cellular Biochemistry 270, 139-145.

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.

Soltan, M.A., Hanafy, M.A., Wafa, M.I.A., 2008. Effect of replacing fish meal by a mixture of different plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets. Global Veterinaria, 2, 157-164.

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.

Tidwell, J.H., Allan, G.L., 2011. Fish as food: aquaculture's contribution: Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. EMBO Reports 11, 958-963.

Vázquez, G.R., Guerrero, G.A., 2007. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). Tissue and Cell 39, 151-160.

Yuan, C., Pan, X., Gong, Y., Xia, A., Wu, G., Tang, J., Han, X., 2008. Effects of Astragalus polysaccharides (APS) on the expression of immune response genes in head kidney, gill and spleen of the common carp, *Cyprinus carpio*

L. International Immunopharmacology 8, 51-58.
Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P., Liu, Y.J., 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture Nutrition 11, 175-182.