14(1) 169-178, Spring 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of replacing fish meal with plant and animal composition on growth indices, hematology and hepatic enzymes of *Huso huso*

***Mir Hamed Sayed Hassani* [*1], *Mir Masoud Sajjadi* [2], *Bahram Falahatkar* [2], *Ayoub Yosefi jourdehi* [1], *Maryam Monsef Shokri* [1], *Ali Reza Alipour Jprshari* [1], *Hoshang Yganeh* [1]**

[1] *International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran*
[2] *Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University Guilan, Sowmeh Sara, Iran*

Key Words
Huso huso
Animal and plant protein mix
Growth
Hematology
Liver enzyme

Abstract

Introduction: To purpose of this study was fish meal reduction in *Huso huso* diet.
Materials & Methods: In this study, a combination of plant and animal proteins (corn gluten: 35%, wheat gluten: 19.34%, processed soy meal: 3%, poultry by product: 20%, meat and bone meal: 8%, blood meal: 4.3%) similar in chemical composition and amino acid profile was subsisted Anchovy fish meal at 0, 20, 40, 60 and 80% and named of treatment 1 (FM), treatment 2 (MPP20), treatment 3 (MPP40), Treatment 4 (MPP60) and treatment 5 (MPP80). All diets had the same protein and energy levels (44% and 4365 kcal/kg). *Huso huso* (average weight, 167±6.5 gr) were fed saturated and growth indices, hematology and enzyme liver were studied.
Results: The results showed that growth indices were not affected by different diets ($P>0.05$). There was no significant difference in white blood cell count, red blood cell, hemoglobin, hematocrit, mean hemoglobin concentration (MCHC), monocyte and eosinophil in fish compared to fish fed on fish meal (FM) diet ($P>0.05$), but mean erythrocyte volume (MCV) in diets fed with diets (MPP20, MPP40, MPP60 and MPP80) and mean hemoglobin weight in one erythrocyte (MCH) of MPP60 and MPP80 compared to (FM) were significantly Decreased ($P<0.05$). Increasing mixture of animal protein instead of fish meal significantly increased the activity of liver AST and ALT enzymes compared to fish fed a diet based on fish meal ($P<0.05$).
Conclusion: The results of this experiment showed that there was possibility of replace 40% fish meal by mixture of animal and plant proteins without adversely effect on hematological parameters and liver enzyme in growing *Huso huso*.

* Corresponding Author's email: mirhamedhassani@yahoo.com
Received: 25 December 2020; Reviewed: 29 January 2021; Revised: 1 April 2021; Accepted: 1 May 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.269932.2455

مقاله پژوهشی

تأثیر استفاده از منابع پروتئین‌های گیاهی و جانوری ارزان‌قیمت بجای پودر ماهی بر شاخص‌های رشد، هماتولوژی و آنزیم‌های کبدی فیل‌ماهی (*Huso huso*) پرورشی

میرحامد سیدحسنی[*1]، *میرمسعود سجادی*[2]، *بهرام فلاحتکار*[2]، *ایوب یوسفی‌جوردهی*[1]، *مریم منصف‌شکری*[1]، *علیرضا علیپورجورشری*[1]، *هوشنگ یگانه*[1]

[1] موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

[2] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

کلمات کلیدی

فیل‌ماهی
منابع پروتئین حیوانی و گیاهی
شاخص‌های رشد
هماتولوژی
آنزیم‌های کبدی

چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر به منظور کاهش سهم پودر ماهی در جیره غذایی فیل‌ماهی، انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری (گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳٤ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۳ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۲۰ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۸ درصد، پودر خون: ٤/۳ درصد) از لحاظ ترکیب شیمیایی و پروفایل اسیدآمینه مشابه پودر ماهی بود، در سطوح جایگزینی ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ درصد جایگزین پودر ماهی شدند و به‌نام تیمارهای ۱ (FM)، ۲ (MPP20)، ۳ (MPP40)، ٤ (MPP60) و ٥ (MPP80) نامیده‌شدند. تمام جیره‌ها دارای سطوح یکسان پروتئین و انرژی (٤٤ درصد و ٤۳٦٥ کیلوکالری/کیلوگرم) بودند. فیل‌ماهیان با میانگین وزن ٦/٥±۱٦۷ گرم از جیره‌های مزبور تا حد سیری تغذیه و شاخص‌های رشد، هماتولوژی و برخی از شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی و آنزیمی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد از جیره‌های مختلف غذایی تأثیر نپذیرفت (P>۰/۰٥). اختلاف معنی‌داری در تعداد گلبول‌های سفید، قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت، غلظت متوسط هموگلوبین (MCHC)، مونوسیت و ائوزینوفیل ماهیان در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM) مشاهده نشد (P>۰/۰٥)، اما میزان حجم متوسط گلبول‌های قرمز (MCV) در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های (MPP20، MPP40، MPP60 و MPP80) و وزن متوسط هموگلوبین موجود در یک گلبول قرمز (MCH) ماهیان تیمارهای MPP60 و MPP80 نسبت به ماهیان تیمار (FM) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰٥). میزان لنفوسیت در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های MPP20 و MPP40 به‌طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با جیره FM کم‌تر بود (P<۰/۰٥)، با افزایش مخلوط پروتئین جانوری به‌جای پودر ماهی فعالیت آنزیم‌های AST و ALT کبد در مقایسه با ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌مبتنی بر پودر ماهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰٥).

نتیجه‌گیری و بحث: نتایج این آزمایش نشان داد که امکان جایگزینی ٤۰ درصد از مخلوط پروتئین‌های حیوانی و گیاهی به‌جای پودر ماهی بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد، بقاء، شاخص‌های هماتولوژی و برخی از شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی و آنزیمی فیل‌ماهی در حال رشد وجود دارد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mirhamedhassani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ٥ دی ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۰ بهمن ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۲ فروردین ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۱ اردیبهشت ۱٤۰۰

(DOI): 10.22034/AEJ.2021.269932.2455

مقدمه

با بروز طوفان‌های ال‌نینو در هر سال، میزان تولید پودر ماهی به‌تدریج از سال ۲۰۰۵ کاهش یافت و افزایش جمعیت و گسترده‌شدن صنایع دامپروری و آبزی‌پروری، موجب افزایش تقاضا جهت مصرف آن شد. تا جایی‌که در سال ۲۰۱۴ به بالاترین قیمت خود در طول تاریخ رسید (۱). به‌نظر می‌رسد که در دهه‌های آینده با در نظر گرفتن رشد سریع صنایع آبزی‌پروری (۲)، کاهش ذخایر آبزیان پلاژیک در کشورهای عمده تولیدکننده پودر و روغن ماهی (۱) و افزایش تقاضا برای پودر ماهی جهت ساخت جیره آبزیان، این ماده کالایی لوکس تلقی خواهد شد که در سطح حداقل و تا حد برآورد نیاز گونه‌های ارزشمند در دوره آغازین و مولدسازی مورد استفاده قرار خواهد گرفت (۳). این در حالی است که فرمولاسیون جیره و منبع عمده پروتئین در اکثر گونه‌های ماهیان خاویاری براساس پودر ماهی و کازئین (۴) و درگونه‌های بومی کشور ایران (تاس‌ماهی ایرانی و فیل‌ماهی) بر پایه پودر ماهی و کیلکای چرخ شده بود (۵). پیش‌بینی می‌شود که تولید گوشت تاس‌ماهیان در کشور در سال آخر برنامه ششم توسعه به ۲۰ هزار تن برسد که گونه‌های فیل‌ماهی و تاس‌ماهی سیبری گونه‌های عمده پرورشی در این صنعت به‌شمار می‌آیند (۶). اجرای موفقیت‌آمیز این برنامه به نهاده‌های اولیه نظیر نیروی کار، منابع سرمایه‌گذار و بالاخص هزینه غذا بستگی دارد. فیل‌ماهی در محیط طبیعی دارای دوره عمر طولانی (۷) و دوره پرواربندی آن در محیط پرورشی جهت تولید گوشت حداقل ۳ سال است (۸). غذا ۳۰ تا ۷۰ درصد هزینه پرورش فیل‌ماهیان را به خود اختصاص می‌دهد (۹). فیل‌ماهی در این دوره به ۴۰ تا ۴۵ درصد پروتئین نیاز دارد و قسمت عمده (۶۰ تا ۶۵ درصد) آن از پودر ماهی تأمین می‌گردد (۱۰). با توجه به وضعیت موجود محققین تغذیه جایگزین نمودن منابع در دسترس بومی (Local) به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان را به‌عنوان یک استراتژی بلندمدت توصیه (۱۱) و پیش‌بینی می‌کنند که در آینده جیره ماهیان دارای رنج گسترده‌تری از اجزای غذایی جایگزین پودر ماهی نظیر منابع گیاهی، منابع پروتئینی میکروبی، ضایعات حاصل از صید و ضایعات پروتئین حیوانی خواهد بود (۱۲). در این میان مشکلاتی وجود دارد. افزایش فیبر، افزایش کربوهیدرات، مقادیر نامناسب اسیدآمینه و ترکیبات جدید در جیره‌های غذایی مبتنی بر پروتئین‌های حیوانی و گیاهی نه تنها می‌تواند تأثیر منفی بر دستگاه گوارش و کبد ماهیان و منجر به کاهش رشد شود، بلکه موجب تضعیف سیستم ایمنی و حتی مرگ و میر در ماهیان پرورشی می‌گردد (۱۳). از سوی دیگر، پروتئین یک ماده مغذی حیاتی است که برای تشکیل سلول‌های خونی مورد نیاز است و تأمین آن تا حد زیادی به ترکیب بهینه اسیدهای آمینه و منبع پروتئین بستگی دارد. از این‌رو، بررسی تأثیر منابع پروتئین جایگزین و جیره‌های غذایی فرموله شده بر تغییرات سلول‌های خونی امری حیاتی است (۱۴). تحقیقات زیادی نشان داده است که منابع پروتئین جایگزین به‌خصوص پروتئین‌های گیاهی نظیر گلوتن ذرت، کنجاله سویا، کانولا و کتان در سطوح جایگزینی بالا موجب کاهش تعداد گلبول‌های سفید و قرمز در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌گردد (۱۵). Rumsey و همکاران دریافتند که سیستم ایمنی ماهی تغذیه‌شده با منابع مختلف پروتئین (پودر ماهی و آردسویا) دستخوش تغییر می‌شود (۱۶). نتایج مشابهی در مورد تغییر ساختار ایمنی و مقاومت ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) تغذیه شده از محصولات مختلف سویا در دست است (۱۷). Neji و همکاران ثابت نمودند که قزل‌آلای تغذیه شده با جایگزین‌های گیاهی (گلوتن ذرت و آردسویا) و جایگزین‌های جانوری (پودر ضایعات مرغ و پودر خون) به‌جای پودر ماهی بیش‌تر مستعد عفونت آئروموناس سالمونسیدا هستند (۱۸). کبد حساس‌ترین عضو بدن ماهی نسبت به آلودگی و نقص در سیستم ایمنی است. مبحث بررسی تاثیر جیره‌های غذایی بر فعالیت آنزیم‌های کبدی موضوعی است که در سالیان اخیر به آن توجه شده است. اما اطلاعات در این زمینه کم است. محققین بسیاری شرایط مورفوفیزیولوژیک کبد را با تغذیه مرتبط می‌دانند (۱۹). اگر غذا برای ماهی مناسب نباشد، تغییرات هیستولوژیک آشکاری در کبد ایجاد می‌شود (۲۰) و اولین نشانه آن تغییر در ترشح آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به‌دلیل تخریب سلول‌های کبدی است (۲۱). با توجه به مطالب فوق به‌نظر می‌رسد که لازم است تا در کنار تعیین تأثیر منابع پروتئین حیوانی و گیاهی جایگزین به‌جای پودر ماهی بر شاخص‌های رشد فیل‌ماهی به تاثیر این جایگزین‌ها بر شاخص‌های هماتولوژی و ایمنی نیز پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

ساخت جیره و نحوه اضافه‌کردن ترکیب پروتئین حیوانی و گیاهی به آن: جهت انجام آزمایش‌های جایگزینی، جیره پایه‌ای مبتنی بر ۵۴ درصد پودر ماهی کیلکا ساخته شد. جیره دارای ۹۴/۳ درصد ماده خشک، ۴۴/۷ درصد پروتئین، ۱۹/۷ درصد چربی، ۰/۴۳ درصد فیبر، ۲۰/۲ درصد کربوهیدرات، ۶/۶۵ درصد خاکستر و ۴۳۶۵ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی خام بود. با مراجعه به بانک اطلاعاتی (۲۲)، از میان منابع گیاهی (گلوتن ذرت، گلوتن گندم، سویای فرآوری شده) و از میان منابع پروتئین حیوانی (پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون) به‌عنوان منابع جایگزین درنظر گرفته

شد و ترکیبی مبتنی بر آرد گلوتن ذرت (گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ درصد، کنجاله سویای فرآوری شده: ۳ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۲۰ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۸ درصد، پودر خون: ۴/۳درصد) ساخته شد که از لحاظ ترکیب و پروفایل اسیدآمینه با پودر ماهی یکسان بود. این ترکیب در سطوح ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی پایه گردید. بدین‌ترتیب، ۵ جیره غذایی، جیره غذایی مبتنی بر پودر ماهی (FM) تیمار (۱)، جیره‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطوح جایگزینی ۲۰ درصد (MPP20)(تیمار ۲)، ۴۰ درصد (MPP40)(تیمار ۳) ۶۰ درصد (MPP60) (تیمار ۴) و ۸۰ درصد (MPP80) (تیمار ۵) با سطوح یکسان پروتئین انرژی و پروفایل اسیدآمینه مشابه به‌دست آمد (جداول ۱، ۲ و ۳).

روش پرورش ماهیان: تعداد ۲۷۰ بچه فیل‌ماهی با میانگین وزن ۶/۵±۱۶۷ گرم در ۲۷ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (قطر ۸۰ سانتی‌متر و حجم ۲۵۰ متر مکعب) به‌تعداد ۱۰ ماهی در هر مخزن تقسیم و از جیره‌های آزمایشی تا حد سیری در ساعات ۹/۰۰ ، ۱۵/۰۰ و ۲۱/۰۰ تغذیه شدند. منبع تأمین آب مخازن مخلوطی از آب چاه و رودخانه بود که امکان تنظیم درجه حرارت در طی دوره آزمایش را امکان‌پذیر و شفافیت لازم را جهت نحوه غذاگیری و میزان غذای مصرفی ماهیان امکان‌پذیر می‌ساخت. نیم‌ساعت پس از غذادهی، باقی‌مانده غذا از کف مخازن سیفون و پس از خشک شدن در آون، میزان غذای مصرفی توسط ماهیان مشخص شد. بیومتری در فواصل یک ماهه انجام گرفت. آب مخازن به نصف کاهش و ماهیان پس از بی‌هوش شدن با پودر گل میخک (۱۵۰ppm) به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و با تخته بیومتری با دقت یک میلی‌متر زیست‌سنجی شدند. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن، درجه حرارت و pH سه بار در روز و آمونیاک به‌صورت هفتگی هفته اندازه‌گیری شد. دوره نوری محیط پرورش ۱۲ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. دوره روشنایی با استفاده از نور طبیعی و دوره تاریکی با کشیدن پلاستیک سیاه روی سطح مخازن تامین گردید (۲۳). در پایان دوره تغذیه به بررسی شاخص‌های هماتولوژی، بیوشیمیایی و سیستم ایمنی ماهیان پرداخته شد. ۳۰ درصد جمعیت هر تیمار (۳ ماهی از هر مخزن) به‌طور تصادفی برداشت و با استفاده از عصاره گل میخک بی‌هوش و نمونه خون از آن‌ها با خونگیری از رگ ساقه دمی به‌دست آمد (۲۴).

محاسبه شاخص‌های رشد، هماتولوژی، سیستم ایمنی غیر اختصاصی و آنزیمی و آنالیز آماری: با انجام زیست‌سنجی‌های یک ماهه و با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از طول و وزن ماهیان و تشکیل بانک اطلاعاتی، محاسبات آماری شاخص‌های رشد، غذا، شاخص

جدول ۱: مقایسه ترکیب بیوشیمیایی و پروفایل اسیدآمینه مخلوط تولیدشده براساس گلوتن ذرت با پودر ماهی آنچوی

مخلوط تولید شده براساس گلوتن ذرت (درصد)		پودر ماهی
اجزای غذایی		
گلوتن ذرت	۳۵	-
گلوتن گندم	۱۹/۳۳	-
آرد سویای اکوا پرو	۳	-
پودر ضایعات مرغ	۲۰	-
پودر گوشت	۸	-
پودر خون	۴/۳۳	-
دی کلسیم فسفات	۲/۱۲	-
هیستدین	۰/۸۵	-
آرژنین	۱/۲	-
متیونین	۱	-
لایزین	۳/۴	-
تایروزین	۱/۲	-
والین	۰/۳	-
تریپتوفان	۰/۲۷	-
مجموع	۱۰۰	-
ماده خشک	۹۲/۸۹	۹۴/۴۸
پروتئین	۶۱/۹۷	۷۲/۱۱
چربی	۷/۸۴	۹/۹
فیبر	۰/۶۷	۰/۱۱
کربوهیدرات	۱/۲۶	۰/۸
خاکستر	۳/۲	۱۱/۳۸
دی کلسیم فسفات	۱/۱*	۲/۱۵
هیستیدین	۱/۴	۱/۹۶
آرژنین	۴/۵۵	۴/۵
ترئونین	۲/۵	۲/۱۴
تیروزین	۲/۴	۲/۴
والین	۲/۸	۲/۸۵
متیونین	۱/۹۲	۱/۹۳
سیستئین	۰/۴۷	۰/۴۳
ایزولوسین	۲/۷	۲/۵۶
لایزین	۵/۷	۵/۳۵
تریپتوفان	۷/۵۲	۷/۶

براساس نیازمندی تاس‌ماهی سیبری به فسفر (۲۵)

هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی براساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۲۶):

شاخص چاقی (CF) = ۱۰۰× (وزن ماهی/ طول کل^3)

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

درصد افزایش وزن بدن (BWI) (درصد) =۱۰۰ × (میانگین وزن نهایی- میانگین وزن اولیه) / (میانگین وزن اولیه)

ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز) = ۱۰۰×[(لگاریتم وزن نهایی- لگاریتم وزن اولیه)/ مدت زمان آزمایش

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = کل غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم).

نسبت بازده پروتئین (PER) = [افزایش وزن کسب شده (گرم)/ پروتئین خورده شده (گرم)]

شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) (درصد)= ۱۰۰ × (وزن کبد/وزن بدن

شاخص احشایی (VSI)(درصد)=۱۰۰×(وزن امعاء و احشاء/وزن بدن)

داده‌های کسب‌شده در نرم‌افزار Excel ثبت و مورد پردازش قرار گرفت. سپس نرمال‌بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov، معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد سنجش قرار گرفته و در صورت مشاهده اختلاف، تست Tukey برای مقایسه میانگین‌ها به‌عنوان Post-hoc اعمال شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. سطح معنی‌دار بودن برای همه ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در پایان دوره تغذیه ماهیان با جیره‌های آزمایشی، از ۳۰ درصد جمعیت ماهیان (۳ عدد ماهی از هر مخزن) با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی آغشته به هپارین از ساقه دمی خونگیری به‌عمل آمد. بدین‌منظور، از هر ماهی ۲ میلی‌لیتر خون گرفته شد. ۰/۵ میلی‌لیتر برای تعیین شاخص‌های سیتولوژیک خون (CBC) و ۱/۵ میلی‌لیتر نیز برای تهیه پلاسما استفاده گردید. سپس به‌منظور تهیه پلاسما نمونه‌های خون با دور g ۳۰۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه به‌وسیله دستگاه (Labfuge200,Frankfort,Germany) سانتریفیوژ گردیدند (۲۷). به‌منظور انجام مطالعات سرولوژی، نمونه‌های خون در ویال‌های اپندورف (فاقد ماده ضدانعقاد) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و به‌منظور تعیین شاخص‌های هماتولوژیک به آزمایشگاه منتقل شد. تعداد گلبول‌های قرمز و سفید و شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (لنفوسیت، نوتروفیل، مونوسیت و ائوزینوفیل) با استفاده از لام هماسیتومتر نئوبار (۲۸)، اندازه‌گیری شد (۲۹). مقدار هموگلوبین خون به‌روش کالری‌متریک سیانوهموگلوبین و به‌وسیله محلول معرف با طول موج ۵۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway, 6505-UCV/VIS, England) و با استفاده از کیت (Pars Azmun, Karaj, Iran) بر حسب گرم در دسی‌لیتر محاسبه شد.

جدول ۲: ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های ساخته شده بر پایه گلوتن ذرت

اقلام غذایی (٪)	جیره شاهد (FM)	جیره ۲۰ درصد جایگزینی (MPP_{20})	جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})
پودر ماهی آنچوی	۵۴	۴۳/۲	۳۴/۲	۲۱/۶	۱۳/۵
مخلوط طراحی شده بر پایه گلوتن ذرت		۱۲/۵۷	۲۵/۱۵	۳۷/۷۲	۴۷/۳۱
آرد سویای اکوا پرو	۱	۱	۱	۱	۱
گلوتن گندم	۱	۱	۱	۱	۱
آرد گندم	۱۴	۱۲/۵۱	۱۱/۲۸	۱۲	۹/۹۹
گلوتن ذرت	۰	۰	۰	۰	۰
پودر ضایعات مرغ	۰	۰	۰	۰	۰
پودر گوشت	۱	۱	۱	۱	۱
پودر خون	۱	۱	۱	۰/۵	۱
مخمر	۳	۳	۳	۳	۳
روغن ماهی آنچوی	۱۴	۱۴/۵	۱۴	۱۴	۱۴
کولین	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
لسیتین سویا	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
پرمیکس ویتامین	۲	۲	۲	۲	۲
پرمیکس معدنی	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین E	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱
ویتامین C	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اکسید کروم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
کربوکسی متیل سلولز	۳/۳	۲/۶۰	۰/۶۷	۰	
دی کلسیم فسفات	-	-	-	۰/۴۸	۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب بیوشیمیایی براساس ماده خشک (درصد)					
ماده خشک	۹۴/۳	۹۴/۱۵	۹۳/۹۳	۹۳/۲۵	۹۲/۶۶
پروتئین	۴۴/۷	۴۴/۵	۴۴/۴	۴۴/۲۵	۴۴/۱۳
چربی	۱۹/۱۷	۱۹/۵	۱۸/۸۹	۱۸/۲۷	۱۸/۲۶
فیبر	۰/۴۳	۰/۴۷۵	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۴
کربوهیدرات	۲۰/۲	۲۰/۳	۲۳/۸	۲۴/۸	۲۵/۸
خاکستر	۶/۶۵	۵/۸۲	۴/۹۹	۴/۱۵	۳/۵۳
انرژی خام (کیلوکالری برکیلوگرم)	۴۳۶۵	۴۲۸۶	۴۳۲۴	۴۳۰۰	۴۲۸۶

حجم متوسط گلبول قرمز (MCV)، غلظت متوسط هموگلوبین (MCH) و میانگین غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCHC) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۳۰).

MCV (فیمتولیتر) = 10 × (Hct / RBC)

MCH (پیکوگرم به ازای هر سلول) = 10 × (Hb / RBC)

MCHC (گرم در دسی لیتر) = 100 × (Hb / Hct)

RBC= گلبول قرمز، Hb= هموگلوبین، Hct= هماتوکریت

ALT و AST با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و با روش فتومتریک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (IRMA, Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد.

جدول ۳: پروفایل اسیدآمینه جیره‌های ساخته شده بر پایه گلوتن ذرت (براساس درصد جیره خشک)

اسیدآمینه‌های ضروری	جیره شاهد	جیره ۲۰ درصد جایگزینی	جیره ۴۰ درصد جایگزینی	جیره ۶۰ درصد جایگزینی	جیره ۸۰ درصد جایگزینی
هیستیدین	۱/۳	۱/۳۲	۱/۳۴	۱/۳۶	۱/۳۷
آرژنین	۲/۶۶	۲/۷۶	۲/۸۴	۲/۹۱	۲/۹۵
ترئونین	۱/۳۷	۱/۴۹	۱/۵۵	۱/۶۲	۱/۴۹
تایروزین	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۵۳	۱/۵۶	۱/۵۸
والین	۱/۸۲	۱/۸۹	۱/۹۳	۱/۹۵	۱/۹۹
متیونین	۱/۱۸	۱/۲۱	۱/۲۳	۱/۲۷	۱/۲۹
سیستئین	۰/۲۸	۰/۳	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱۲
ایزولوسین	۱/۵۷	۱/۶۹	۱/۷۶	۱/۸۳	۱/۷۷
لایزین	۳/۱۶	۳/۳۲	۳/۴۶	۳/۵۶	۳/۵
تریپتوفان	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۹

نتایج

شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی: اختلاف معنی‌داری در وزن و طول نهایی ماهیان تیمارهای مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵). ضریب چاقی و درصد افزایش وزن ماهیان تغذیه‌شده با تیمارهای ۱ (FM)، ۲ (MPP20)، ۳ (MPP40)، ۴ (MPP60) و ۵ (MPP80) فاقد تفاوت معنی‌دار و درصد افزایش وزن نزدیکی نسبت به‌هم داشتند (۲۴۳ تا ۲۹۸ درصد) (P<۰/۰۵). تفاوت معنی‌دار در ضریب رشد ویژه و رشد روزانه ماهیان تیمارهای مختلف مشاهده نشد و ضریب تبدیل غذا در ماهیان تغذیه‌شده از تمام جیره‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵). ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۱ (FM) دارای بیش‌ترین نسبت بازده پروتئین (۱/۷۵±۰/۲۳) بودند، نسبت بازده پروتئین در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های ۲ (MPP20)، ۳ (MPP40)، ۴ (MPP60) و ۵ (MPP80) در دامنه ۱/۵۳ تا ۱/۷۳ درصد بود، اما تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (P>۰/۰۵). (جدول ۴).

شاخص‌های هماتولوژی: اختلاف معنی‌داری در تعداد گلبول‌های سفید ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۱ (FM) و ماهیان تیمارهای ۲ (MPP_{20})، ۳ (MPP_{40})، ۴ (MPP_{60}) و ۵ (MPP_{80}) مشاهده نشد (P>۰/۰۵)، بیش‌ترین تعداد گلبول‌های سفید در ماهیان تیمار ۲ (MPP_{20})، مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار با تعداد گلبول‌های سفید ماهیان تیمارهای ۴ و ۵ (MPP_{60} و MPP_{80}) بود (P<۰/۰۵). تعداد گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت در تمامی تیمارهای آزمایشی فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵)، اما حجم متوسط گلبول قرمز (MCV) در ماهیان تیمارهای ۲ (MPP_{20})، ۳ (MPP_{40})، ۴ (MPP_{60}) و ۵ (MPP_{80}) کم‌تر از ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۱ (FM) بود (P<۰/۰۵). در روندی مشابه افزایش جایگزینی به‌میزان ۶۰ و ۸۰ درصد موجب شد تا وزن متوسط هموگلوبین موجود در یک گلبول قرمز (MCH) در مقایسه با ماهیان تیمار ۱ (FM) به‌طور معنی‌داری کاهش یابد (P<۰/۰۵). اما غلظت متوسط هموگلوبین (MCHC) از تیمارهای آزمایشی تاثیر نپذیرفت (P>۰/۰۵). در روندی معکوس درصد لنفوسیت ماهیان متأثر از تیمارهای آزمایشی بود و مقدار آن در تیمارهای ۴ و ۵ (MPP_{60} و MPP_{80}) در مقایسه با ماهیان تیمار (۱) FM کاهش یافت (P<۰/۰۵). میزان نوتروفیل در ماهیان تغذیه‌شده با منابع پروتئینی گیاهی و جانوری ارزان با غالبیت آرد گلوتن ذرت (تیمارهای ۲،۳ و ۴) در مقایسه با میزان نوتروفیل ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۱ (FM) دارای اختلاف معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). در میزان مونوسیت و ائوزینوفیل پلاسمای ماهیان در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

آنزیم‌های کبدی: مقدار آنزیم AST در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های FM، MPP20، MPP40 ، MPP60 و MPP80 متغیر و دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). مقدار آن در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر گلوتن ذرت با افزایش سطوح جایگزینی افزایش یافت و در جیره MPP80 دارای اختلاف معنی‌دار با مقدار آنزیم AST ماهیان تغذیه‌شده با جیره FM بود (P<۰/۰۵). میزان آنزیم ALT در ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر FM برابر با U/L ۱۸/۳۳±۴/۰۴ بود. مقدار آن در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های MPP60

و MPP80 افزایش یافت و در ماهیان تغذیه شده با جیره MPP80 دارای اختلاف معنی‌دار با ماهیان تغذیه‌شده با جیره FM بود (P<۰/۰۵). میزان کمپلمان ACH50 در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر پودر ماهی و گلوتن ذرت فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری در مقدار لیزوزیم ماهیان تغذیه شده با جیره FM (un ۲۱/۳۳ ±۲/۵۱/ml/min) با مقدار لیزوزیم ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی MPP20، MPP40، MPP60 و MPP80 مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۴: شاخص‌های رشد فیل‌ماهی تغذیه شده با استفاده از منابع پروتئینی گیاهی و جانوری ارزان با غالبیت آرد گلوتن ذرت در طی ۱۰ هفته پرورش(n=3، میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌ها	FM	MPP_{20}	MPP_{40}	MPP_{60}	MPP_{80}
وزن اولیه (گرم)	۱۶۳/۷ ± ۵/۴۴	۱۶۷/۲۹ ± ۷/۰۴	۱۷۰/۰۸ ± ۵/۴۳	۱۷۳/۰۴± ۰/۹۹	۱۷۱/۶۹ ± ۳/۳۷
وزن نهایی (گرم)	۶۵۲/۶ ± ۳۶/۳۹	۶۰۱/۸ ± ۱۸/۱	۶۴۴/۰۰ ± ۲۷/۰۵	۵۹۷/۳ ± ۵۷/۲	۶۲۳/۷۵ ± ۶۴/۹۳
وزن به دست آمده (گرم)	۴۸۸/۹۵ ± ۳۰/۹۵	۴۳۶/۶ ± ۱۱/۰۶	۴۷۳/۹۱ ± ۲۱/۲۶	۴۲۳/۵۵ ± ۲۷/۸	۴۵۲/۰۵ ± ۶۱/۵۶
طول اولیه (سانتی‌متر)	۳۵/۴۷ ± ۰/۴۱	۳۵/۳ ± ۱/۱۶	۳۵/۴ ± ۰/۳۹	۳۵/۱۸ ± ۰/۵۳	۳۷/ ۹۶± ۴/۱۱
طول نهایی (سانتی‌متر)	۵۰/۱۱ ± ۰/۶۶	۴۸/۵± ۳/۱۶	۴۹/۱۵ ± ۰/۵۴	۴۸/۹۶ ± ۱/۷۹	۴۹/۱۵ ± ۱/۳۷
ضریب چاقی (K)	۰/۵۱±۰/۰۰۱	۰/۵۲±۰/۰۰۱	۰/۵۴ ± ۰/۰۰۱	۰/۵±۰/۰۱	۰/۵۲ ± ۰/۰۱
درصد افزایش وزن (WG) درصد در طول دوره	۲۹۸/۶۸ ± ۲۰/۳۱	۲۵۸/۴ ± ۵۶/۴	۲۷۹/۰۷ ± ۲۴/۸	۲۴۳/۸۵ ± ۳۴	۲۶۳/۱± ۳۵/۸
ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز)	۲/۰۰ ± ۰/۰۷۳	۱/۸۳ ± ۰/۲۴	۱/۹۳ ± ۰/۰۹	۱/۷۸± ۰/۱۴	۱/۸۶ ±۰ /۰۱۴
رشد روزانه (گرم در روز)	۷/۰۸ ± ۰/۵۳	۶/۲۹ ± ۱/۶۳	۶/۸۶ ± ۰/۰۹	۶/۱۳ ±۰ /۸۳	۶/۵۵ ±۰ /۹۱
مقدار غذای مصرفی به ازای هر ماهی (گرم)	۲۰۶/۷۸	۲۰۷/۸۰	۲۰۲/۳۳	۲۰۷/۹۴	۲۱۲/۱۷
ضریب تبدیل غذا (FCR)	۱/۲۶ ± ۰/۰۲۳	۱/۴۷± ۰/۲۱	۱/۲۸ ± ۰/۴۲	۱/۴۹ ± ۰/۲۱	۱/۴۱ ±۰ /۱۲
نسبت بازده پروتئین	۱/۷۵ ± ۰/۲۳	۱/۵۳± ۰/۲۳	۱/۷۳ ±۰ /۰۲۹	۱/۵۱ ±۰ /۲۳	۱/۵۷ ± ۰/۱۳

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی، MPP_{20}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد، MPP_{40}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد، MPP_{60}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد، MPP_{80}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ درصد، اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۵: ترکیب بیوشیمیایی لاشه فیل‌ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره‌های جایگزین مبتنی بر گلوتن ذرت و پودر ضایعات مرغ در طی ۱۰ هفته پرورش

شاخص‌ها/ جیره‌ها	FM	MPP_{20}	MPP_{40}	MPP_{60}	MPP_{80}
تعداد گلبول سفید (عدد در میلی‌متر مکعب)	۶۶۰۰/۰۰± ۲۶۴/۵۷ ^{ab}	۸۴۶۶/۶۶± ۹۲۹/۱۵ ^{a}	۶۵۳۳/۳۳±۳۵۱/۱۸^{ab}	۶۰۳۳/۳۳±۸۰۲/۰۸^{b}	۶۰۰۰/۰۰±۱۴۱۰/۶۷^{b}
تعداد گلبول قرمز (عدد در میلی‌متر مکعب×10^5)	۶/۶۵ ± ۰/۵۸	۶/۸۶ ± ۰/۱۶	۶/۹۰ ±۰/۴۳۰	۶/۷۹ ± ۰/۴۲	۷/۴۹ ± ۰/۴۷
غلظت هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)	۵/۷۳ ± ۰/۴	۵/۷۶ ± ۰/۱۵	۵/۸ ±۰ /۳۶	۵/۶۳ ±۰ /۳۵	۵/۲۶ ±۰ /۳۲
هماتوکریت (درصد)	۲۲/۶۶ ± ۰/۴	۲۲/۰۰ ± ۰/۱۵	۲۲/۳۳ ± ۱/۳۶	۲۱/۳۳ ± ۱/۳۵	۲۳/۶۶ ± ۱/۳۲
حجم متوسط گلبول قرمز (فیمتولیتر) (MCV)	۳۴۱/۰۰ ± ۷/۲^{a}	۳۲۰/۰۰± ۸/۷۱^{b}	۳۲۲/۶۶ ± ۲/۳^{b}	۳۱۳/۶۶ ± ۳/۰۵^{b}	۳۱۵/۳۳ ± ۰/۵۷^{b}
وزن متوسط هموگلوبین موجود در یک گلبول قرمز (پیکوگرم) (MCH)	۸۶/۲۶ ± ۱/۵^{a}	۸۳/۹۳ ± ۰/۶۱^{ab}	۸۳/۹± ۰/۱^{ab}	۸۲/۹ ±۰ /۵۲^{b}	۸۳/۶۶ ± ۱/۲۸^{b}
غلظت متوسط هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر) (MCHC)	۲۵/۳ ± ۰/۱^{b}	۲۶/۱۶ ± ۰/۵۱^{ab}	۲۵/۹۰ ± ۰/۲۰^{ab}	۲۶/۳۶ ±۰ /۳۲^{b}	۲۶/۴۶ ± ۰/۴۱^{b}
لنفوسیت (درصد)	۷۹/۰۰ ± ۱/۰۰^{a}	۷۵/۳۳ ± ۲/۵۱^{ab}	۷۶/۶۶ ± ۲/۰۸^{ab}	۷۳/۶۶ ± ۲/۰۸^{b}	۷۲/۶۸ ± ۱/۵۲^{b}
نوتروفیل (درصد)	۱۶/۰۰ ± ۱/۰۰^{b}	۲۲/۳± ۲/۰۸^{a}	۲۱/۰۰ ± ۱/۰۰^{a}	۱۹/۰۰ ± ۲/۰۰^{ab}	۱۶/۶ ± ۱/۵۲^{b}
مونوسیت (درصد)	۴/۲۱ ± ۱/۲۲	۵/۰۰± ۱/۰۰	۵/۰۰ ± ۱/۰۰	۵/۳۳ ± ۱/۱۵	۵/۰۰ ± ۱/۰۰
ائوزینوفیل (درصد)	۰/۶۶ ± ۰/۳۴	۰/۳۳ ± ۱/۰۰	۱/۳۳ ± ۰/۱۶	۰/۶۶±۰ /۰۷	۱/۳۳ ± ۱/۱۵

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی، PP_{20}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد، MPP_{40}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد، MPP_{60}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد، MPP_{80}: جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ درصد، اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۶: آنزیم‌های کبدی فیل‌ماهی (*Huso huso*) تغذیه‌شده با مخلوطی از منابع پروتئین جانوری و گیاهی (n=3، میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌ها/ جیره	FM	MPP_{20}	MPP_{40}	MPP_{60}	MPP_{80}
AST (میلی‌لیتر در واحد)	۳۶۶/۶۶ ± ۲۸/۵۸^{b}	۳۹۰/۰۰ ± ۱۸/۰۲^{ab}	۴۱۶/۶۶ ± ۱۶/۲^{ab}	۴۲۸/۶۶ ± ۲۴/۱۱^{ab}	۴۳۷/۰۰ ± ۵/۲۹^{a}
ALT (میلی لیتر در واحد)	۱۸/۳۳ ± ۴/۰۴^{bc}	۱۴/۱± ۱/۰۰^{c}	۱۹/۶۶ ± ۲/۰۸^{bc}	۲۶/۳۳ ± ۲/۰۸^{ab}	۳۲/۶۶ ± ۶/۶۵^{a}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P<0/05$)، FM: جیره مبتنی بر پودر ماهی، GCM_{20}: جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۲۰ درصد، GCM_{40}: جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۴۰ درصد، GCM_{60}: جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۶۰ درصد، GCM_{80}: جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۸۰ درصد، PB_{20}: جیره مبتنی بر پودر ضایعات مرغ در سطح جایگزینی ۲۰ درصد، PB_{40}: جیره مبتنی بر پودر ضایعات مرغ در سطح جایگزینی ۴۰ درصد، PB_{60}: جیره مبتنی بر پودر ضایعات مرغ در سطح جایگزینی ۶۰ درصد، PB_{80}: جیره مبتنی بر پودر ضایعات مرغ در سطح جایگزینی ۸۰ درصد

بحث

شاخص‌های رشد: در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های رشد ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر پودر ماهی و جیره‌های حاوی آرد گلوتن ذرت (مخلوطی از گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۳ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۲۰ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۸ درصد، پودر خون: ۴/۳ درصد) مشاهده نشد. مطالعات پیشین در مورد تغذیه ماهیان گوشت‌خوار نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (۳۱)، سوکلا (۳۲)، ماهی دم زرد (*Seriola dumerili*) (۳۳)، ماهی *Nibea miichthioides* (۳۴)، ماهی سیم دریایی پوزه‌تیز (*Diplodus puntazzo*) (۳۵) و کفشک (*Scophthalmus maximus*) (۳۶)، تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح بالای پروتئین‌های گیاهی جایگزین‌شده به‌جای پودر ماهی به‌صورت انفرادی (کنجاله سویا، گلوتن ذرت و آرد کانولا) کاهش رشد ماهی را به‌دنبال داشتند. محققین مزبور کاهش شاخص‌های رشد را به کاهش قابلیت هضم پروتئین‌های گیاهی و عدم بالانس اسیدهای آمینه، بد طعم بودن و حضور فاکتورهای ضدتغذیه‌ای نسبت دادند (۳۷). اما در میان غلات، گلوتن ذرت حاوی پروتئین بالا، قابلیت هضم مناسب و مقادیر مناسب متیونین، لوسین و اسیدگلوتامیک و غلظت کم فاکتورهای ضدتغذیه‌ای است (۳۸). پودر ضایعات مرغ و پودر گوشت و استخوان اجزای پروتئینی مناسبی جهت جایگزینی در میگوی سفید شناخته شده و ضایعات پروتئین حیوانی نظیر پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان، پودر خون و پر هیدرولیزشده به‌طور موفقیت‌آمیزی در جیره ماهی آزاد چینوک (۳۹)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (۴۰)، ماهی red drum (۴۱)، سوف نقره‌ای استرالیایی (۴۲) و هیبرید تیلاپیا (۲۵) به‌کار گرفته شدند. نتایج در پایان دوره تغذیه نشان داد که وزن نهایی و درصد افزایش وزن ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM) (تیمار ۱) (۱۸/۱±۶۰۱/۸ گرم و ۲۰/۳۱±۲۹۸/۶ درصد) در مقایسه با جیره‌های دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. شاخص‌های رشد اشاره شده در این تحقیق هم‌سو با نتایج به‌دست‌آمده در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر مخلوطی از منابع پروتئین حیوانی و گیاهی جایگزین شده به جای پودر ماهی است (۴۳، ۳۶) که می‌توان آن‌را به عواملی چون به‌کار بردن ترکیباتی از اقلام غذایی با حداقل اختلاف اسیدآمینه‌های ضروری در مقایسه با پودر ماهی (۴۴)، فرمولاسیون جیره بر اساس پروفایل اسید آمینه اجزای غذایی (۴۵) و انتخاب اقلام جایگزین دارای قابلیت هضم بالا که در آن‌ها عوامل ضدتغذیه‌ای با توجه به گونه‌های مربوطه محدود بود و یا کاهش یافته بود (۳۷) نسبت داد.

شاخص‌های هماتولوژی، سیستم ایمنی غیراختصاصی و آنزیمی: در مطالعه حاضر، تعداد گلبول‌های سفید و قرمز ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ۱ (FM) و ماهیان تیمارهای ۲ (MPP_{20})، ۳ (MPP_{40})، ۴ (MPP_{60}) و ۵ (MPP_{80}) دارای اختلاف معنی‌داری نبود. میزان گلبول‌های سفید فیل‌ماهی در مطالعه حاضر در دامنه ۶×۱۰^{۳} تا $۸/۸ \times ۱۰^{۳}$ میلی‌متر مکعب قرار داشت. این در حالی است که تعداد گلبول سفید در مطالعات ناجی و همکاران در فیل‌ماهی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۳۵ درصد پروتئین ($۸/۵۱ \times ۱۰^{۳}$ در میلی‌متر مکعب) (۴۶)، در فیل‌ماهی ۶۳۰ گرمی ($۶/۵ \times ۱۰^{۳}$ در میلی‌متر مکعب) (۴۷) گزارش شده بود. باتوجه به داده‌های ارائه‌شده به‌نظر می‌رسد که دامنه گلبول سفید فیل‌ماهیان در آزمایش حاضر در رنج طبیعی است هر چند که مقدار آن در تیمار ۲ (MPP_{20}) افزایش یافته بود که هم‌سو با نتایج به‌دست‌آمده در فیلماهی تغذیه‌شده با ترکیبی از کنجاله کتان و گلوتن (۴۸)، فیل‌ماهی تغذیه‌شده با سه جیره غذایی (نسبت پودر ماهی به سویا به‌ترتیب ۱ : ۳، ۲ : ۳ و ۱ : ۱ (۴۹) و قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه‌شده با مخلوطی از منابع پروتئین گیاهی (گلوتن گندم، گلوتن ذرت و آرد سویا) جایگزین شده به‌جای پودر ماهی در سطوح صفر، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد (۵۰) می‌باشد که محققین آن را به تحریک فعالیت گلبول‌های سفید در پاسخ به منبع پروتئین جایگزین و یا فاکتورهای ضدتغذیه‌ای موجود نسبت دادند (۳۷). در مطالعه حاضر، جایگزینی منابع پروتئینی گیاهی و جانوری ارزان با غالبیت آرد گلوتن ذرت به‌جای پودر ماهی از سطوح ۲۰ تا ۸۰ درصد موجب تغییر معنی‌دار در هموگلوبین سرم خون ماهیان نگردید، در صورتی که جایگزینی آرد کتان به‌جای آرد سویا موجب کاهش معنی‌دار

هموگلوبین سرم خون در کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idellus*) شد که محققین آن را به فاکتورهای ضدتغذیه‌ای موجود در آرد کتان (گوسیپول)، سمیت آن و تاثیر بر هماتوکریت و هموگلوبین ماهی نسبت دادند (۵۱). البته در شرایط مسمویت حاد میزان هموگلوبین و هماتوکریت افزایش می‌یابد که محققین آن را به عکس‌العمل ماهی جهت مقابله با شرایط استرس‌زا و نیاز به دریافت اکسیژن بالاتر نسبت دادند (۴۶)، اما میانگین هماتوکریت و هموگلوبین در آزمایش حاضر به‌ترتیب برابر با ۱/۱±۲۲/۱ درصد و ۰/۳۲±۵/۶۵ درصد برآورد شد که تقریباً مطابق با مقدار هموگلوبین در گونه‌های فیل‌ماهی (۴/۸ تا ۵/۹ درصد)(۵۲) و تاس‌ماهی دریاچه‌ای (۷/۷-۵/۸ درصد) (۵۳) و هماتوکریت در گونه‌های فیل‌ماهی (۱۹-۲۳ درصد) (۵۴)، (۲۰-۱۸) درصد (۵۲)، تاس‌ماهی پوزه کوتاه (۲۶-۴۶ درصد) و تاس‌ماهی دریاچه‌ای (۲۸-۱۷ درصد) (۵۳) است که نشان از دامنه نرمال این شاخص‌های خونی دارد. در این آزمایش میزان MCV در تمامی تیمارهای جایگزین و میزان MCHC در تیمار ۸۰ درصد جایگزینی در مقایسه با تیمار پودر ماهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طور کل، تغییر در MCV و MCH و هم‌چنین تغییر در MCHC می‌تواند به اختلال عملکرد طحال، سمیت کبدی و کم‌خونی مرتبط باشد و به‌نظر می‌رسد که افزایش سطوح جیره‌های مبتنی بر گلوتن ذرت موجب کاهش این پارامترها در فیل‌ماهی بدون عوارض کم خونی گردیده است. میانگین MCV، MCH و MCHC در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر گلوتن ذرت به‌ترتیب ۳/۶±۳۱۷/۵ فیمتولیتر، ۰/۵۱±۸۳/۵۹ پیکوگرم در سلول و ۰/۳۶±۲۶/۲۲ گرم در دسی‌لیتر بود که تقریباً برابر با حد طبیعی شاخص‌های فوق در فیل‌ماهی در مطالعات Bani و همکاران (۵۴) (۳۲±۴۹۱/۵ فیمتولیتر، ۶/۰۵±۸۹/۶۹ پیکوگرم در سلول و ۰/۰۸±۱۸/۳۸ گرم در دسی‌لیتر و MCHC در مطالعات Falahatkar(۵۲)(۳۰/۳۱±۲۶/۴۵ درصد)و بیش‌تر از مطالعات نصری تجن و همکاران(۴۷) ۱۷±۲۲۹/۸۴ فیمتولیتر، ۳/۹۳±۴۳/۲۴ پیکوگرم در دسی‌لیتر و ۱/۱۶±۱۹/۴۵ گرم در دسی‌لیتر می‌باشد. در مطالعه حاضر، بیش‌ترین میزان لنفوسیت در ماهیان تغذیه شده از تیمار ۱ (FM) مشاهده شد و مقدار لنفوسیت در ماهیان تیمارهای ۴ و ۵ (MPP_{60} و MPP_{80}) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.. کاهش لنفوسیت در ماهیان تغذیه‌شده از جیره‌های فوق‌الذکر نشان از کاهش توان ماهی در تولید لنفوسیت داشته و یا امکان دارد به‌خاطر استرس‌های مزمن باشد (۲۷). اما میانگین لنفوسیت در ماهیان این دو تیمار (۲/۰۸±۷۳/۶۶ و ۱/۵۲±۷۲/۶۸ درصد) بیش‌تر از میانگین لنفوسیت تاس‌ماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سطوح جایگزین‌شده ۲۰ و ۴۰ آرد سویا به‌جای پودر ماهی (۴۸/۸ تا ۶۲/۸ درصد) (۵۵) و کم‌تر از فیل‌ماهی تغذیه‌شده با سطوح جایگزینی ۱۶/۵، ۳۲ و ۴۸ درصد مخلوط آرد کنجد و گلوتن ذرت به‌جای پودر ماهی (۹۲/۷۵ درصد) و تقریباً برابر با فیل‌ماهی ۲۰۰ روزه (۵/۵-۶۸/۷۳ درصد) بود که نشان می‌دهد میانگین لنفوسیت فیل‌ماهیان مورد مطالعه با وجود کاهش معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد در دامنه مطلوبی قرار دارند. در این آزمایش میزان نوتروفیل در تیمارهای MPP_{20} و MPP_{40} در مقایسه با تیمار مبتنی بر پودر ماهی (FM) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Fagbenro و همکاران با جایگزین کردن نیمی از آرد سویا به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias batrachus*) با افزایش گلبول‌های سفید روبرو شدند که آن را به فرآیندهای التهابی ماهی و افزایش گلبول‌های سفید و نوتروفیل‌ها نسبت دادند (۵۶). اما Owen و Amakiri (۵۷) و Udoh و همکاران (۵۸) در خصوص جایگزینی آرد برگ *Vernonia amygdalina* در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به‌جای پودر ماهی در جیره مولدین گربه ماهی پوزه تیز آفریقایی (*Clarias gariepinus*) و افزایش مقدار گلبول‌های سفید، نوتروفیل و لنفوسیت، آن‌را به توانایی حیوان در مواجهه با شرایط استرس‌زا و مبارزه با بیماری و حساسیت کم به عفونت قلمداد کردند. به‌نظر می‌رسد در آزمایش انجام‌شده با توجه به افزایش نسبی نوتروفیل می‌توان نتیجه گرفت که جیره‌های جایگزین موجب تحریک سلول‌های دفاعی و افزایش ترشح نوتروفیل‌ها شده و یا برعکس به‌عنوان یک عامل تحریک‌کننده عمل کرده و ماهی برای مقابله با این عامل استرس‌زا اقدام به ترشح نوتروفیل نموده است که صحت و درستی این مطالب باید با انجام آزمایش‌های مشابه و چالش مورد بررسی قرار گیرد. در این آزمایش مقدار آنزیم‌های AST و ALT با افزایش سطوح جایگزینی افزایش و در سطح جایگزینی ۸۰ درصد دارای اختلاف معنی‌دار با ماهیان تغذیه‌شده با جیره FM (تیمار ۱) بود ($P<0/05$). مطالعات نشان داده است که فعالیت آمینو ترانسفراز آسپارتات (ALT) و آلانین آمینوترانسفراز (AST) با میزان استفاده از پروتئین جیره غذایی مرتبط است و تغییرات در فعالیت‌های آن‌ها عموماً به‌عنوان مدرکی برای ارائه نشانه‌های اختلال عملکرد متابولیکی کبد و مصرف مواد مغذی توسط ماهی قلمداد می‌شود (۵۹). بهنظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش فعالیت AST و ALT در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر گلوتن ذرت افزایش روند کاتابولیسم پروتئین و اسیدآمینه‌ها و تبدیل گروه‌های آمینه به اسید آلفاکتو (کاتالیز برگشت‌پذیر) برای استفاده بعدی در مسیر تولید گلیکوژن است (۶۰). گزارشاتی در دست است که احتمالاً افزایش کاتابولیسم پروتئین همراه با گلوکونئوژنز و تشکیل اوره که در بیماری دیابت دیده می‌شود. مسئول افزایش این ترانس آمینازها در خون است که با هپاتیت و دیستروفی عضلانی در پستانداران همراه می‌باشد (۶۱).

این موضوع هنوز در ماهیان مورد بررسی قرار نگرفته است. فرضیات دیگری هم مطرح است که سطوح افزایش‌یافته ALT و AST سرمی حاکی از نشت سلولی بوده و نشانگر آسیب ساختار و اختلال عملکرد غشاهای سلولی در کبد ماهیان تغذیه‌شده می‌باشد (۶۲). از آن‌جایی که هپاتوسیت‌ها یکی از مهم‌ترین ابزارها در تخمین عملکرد کبد هستند و این امر از طریق تخمین آنزیم‌های کبدی ALT و AST اتفاق می‌افتد (۶۳)، به‌نظر می‌رسد که جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۸۰ درصد احتمالاً موجب آسیب‌رساندن به بافت کبد فیل‌ماهی در حال رشد شده است. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که امکان جایگزینی ۴۰ درصد منابع پروتئینی گیاهی و جانوری ارزان با غالبیت آرد گلوتن ذرت به‌جای پودر ماهی بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد، هماتولوژی و آنزیم‌های کبدی این گونه وجود دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح جایگزینی پروتئین‌های گیاهی و جانوری به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی فیل‌ماهی به سفارش استانداری استان گیلان است. نگارندگان از آقای مهندس حمید ناصحی معاونت برنامه‌ریزی سازمان برنامه و بودجه استانداری استان گیلان، آقایان دکتر محمدعلی یزدانی‌ساداتی و دکتر علیرضا شناورماسوله جهت تامین منابع مالی و سخت‌افزاری اجرای آزمایش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1. **De Silva, S.S., 2016.** Aquaculture- a newly emergent food production sector- and perspectives of its impacts on biodiversity & conservation. Biodiversity and Conservation. 21(12): 3187-3220. DOI 10.1007/s 10531-012-0360-09.
2. **Tacon, G.J. and Metian, M., 2008.** Global overview on the use of fish meal and fish oil industrially compounded aqua feeds: Trends and future prospects. Aquacul. 285: 146-158.
3. **Jackson, A.J., 2007.** Challenges and opportunities for the fishmeal and fish oil industry. Feed Tech Update. 2: 9.
4. **Hung, S.S.O., 2017.** Recent advances in sturgeon nutrition. Anim Nutr. 3: 191-204.
5. **Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseni, M.R., Hassani, M.H.S. and Bai, S.C., 2013.** Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). Aquacult Rese. 44: 378- 387.
6. **Abdolhay, H. and Karami Rad, N., 2017.** Sturgeon Farming Development in Iran. Advanced Aquaculture Sciences Journal. 1(2): 32-44. (In Persian)
7. **Billard, R. and Lecointre G., 2001.** Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. Rev Fish Biol Fisher. 10: 355-392.
8. **Yazdani Sadati, M.A., Bahmani, M., Mohseni, M., Kazemi, R., Shakurian, M., Pourali, H.M., Peykaran Mana, N., Pourdehghani, M., Seyed Hasani, M.H., Pourgholam, M.A., Nezami, A. and Yeganeh, H., 2014.** Final report of the project A pre-production research of *Huso huso* material Breeding up to 16 kg. Iranian Fisheries Science Research Institute. International Sturgeon Research Institute. 54 p. (In Persian)
9. **Yousefi Jourdehi, A., Sudagar, M., Bahmani, M., Hosseini, S.A., Dehghani, A.A. and Yazdani, M.A., 2013.** Comparison of the effects of phytoestrogens genistein and Equol levels of sex steroid hormones in farmed female beluga (*Huso huso*). Journal of Animal Environment. 5(2): 51-75. (In Persian)
10. **Mohseni, M., Porkazemi, M., Bahmani, M., Salehpor, M., Porali, H. and Hadadi moghadam, K., 2017.** Rearing *Huso huso* in earthen ponds and fiberglass tanks. Iranian Scientific Fisheries Journal. 14(1): 119-132. (In Persian)
11. **Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y. and Wu, X., 2014.** Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt). Aquacult Nutr. 20: 69-78.
12. **Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007.** A feed is only as good as its ingredients - a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquacut Nut. 13: 17-34.
13. **Raskovic, C.B., Stonkovic, B., Markovic, Z.Z. and Poleksic, V.D., 2011.** Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish, J Agri Sci. 56: 87-100.
14. **Datta, S.N., Singh, A., Mandal, A. and Jassal, G., 2018.** Effect of different dietary protein sources on hematological parameters of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). J Entom Zool Stu. 6: 3198-3202.
15. **Brandson, M.P., Carter, C.G. and Nowak, B.F., 2001.** Effects of dietary protein source on growth, immune function, blood chemistry and disease resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. Anim Sci. 73: 105-113.
16. **Rumsey, G., Endres, J.G., Bowser, P.R., Earnest-Koons, K.A., Anderson, D.P. and Siwicki, A.K., 1994.** Soy protein in diets for rainbow trout: Effects on growth, protein absorption, gastrointestinal histology, and nonspecific serological and immune response. In: C. Lim and D.J. Sessa (Editors), Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture. AOAC Press, Champaign, IL. 166-188.
17. **Krogdahl, A., Bakke-Mckellep, A.M., Roed, K.H. and Baeverfjord, G., 2000.** Feeding Atlantic salmon (*Salmo salar*), soybean products: Effects on disease resistance furunculosis, and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa, Aquacult Nutr. 6: 77-84.
18. **Neji, H., Naimi, N., Lallier, R. and De-la-Noue, J., 1993.** Relationships between feeding, hypoxia, digestibility and experimentally induced furunculosis in rainbow trout. In: Kaushik, S.J. and Luquet, P., (Eds). Fish nutrition in practice. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. 321 p.
19. **Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czuminska, K., Olech, W. and Olejniczak, M., 2005.** Rearing of pike perch larvae using formulated diets-first success with starter feeds. Aquacult Res. 36: 1167-1176.
20. **Tacon, A.G.J., 1992.** Nutritional Fish Pathology: Morphological Signs of Nutrient Deficiency and Toxicity in Farmed Fish. FAO Fish Technical Paper. No: 330. Rome, FAO. 75 p.
21. **Soltan, M.A., Hanafy, M.A. and Wafa, M.I.A., 2008.** Effect of replacing fish meal by a mixture of different plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. GlobVet. 9: 157-164.
22. **NRC. 2011.** Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academy Press, Washington, DC. 329 p.
23. **Kryuchkov, V.I. and Obukhov, D.K., 2006.** Development of Juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) reared under different light conditions, in akvakul'tura osetrovykh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya (Sturgeon Pisciculture: Advancements and Outlooks), Moscow: VNIRO. 27-29. (In Russian).
24. **Falahatkar, B., Efatpanah, I. and Meknatkhah, B., 2018**. A comparative study of feeding methods: Effect on the growth, behavior and biochemical performance of juvenile Beluga sturgeon (*Huso huso*). J Appl Ichthyol. 35: 283-288.
25. **Xue. M., Zhou, Z., Wu, X.F., Yu, Y. and Ren, Z.L., 2003.** Partial or total replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*), Chin of Anim Nutr. 15: 106-112.

45. **Kaushik, S.J. and Hemre, G.I., 2008.** Plant proteins as alternative sources for fish feed and farmed fish quality. In: Lie, O., (Eds). Improving Farmed Fish Quality and Safety. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. 300-327.

46. **Naji, M., Abdali, S., Yazdani, M.A. and Yousefi Jourdehi, A., 2013.** Impacts of Atrazine on some blood and biochemical indices in farmed *Acipenser nudiventris*. Journal of Animal Environment. 5(2): 59-69. (In Persian)

47. **Nasri Tajan, M., Bagherzadeh Lakani, F. and Taklu, M., 2016.** Determination of some hematological and biochemical parameters at different ages of reared Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). Aquatic Animals Nutrition. 2(1): 37-47. (In Persian)

48. **Jahanbakhshi, A., Imanpoor, M., AghAzadeh, V. and Shabani, A., 2012.** Hematological and serum biochemical indices changes induced by replacing fish meal with plant protein (sesame oil cake and corn gluten) in the great sturgeon (*Huso huso*). Comp Clin Patho. 22: 1087-1092.

49. **Hosseini, S.A. and Khajepour, F., 2015.** Effect of partial replacement of dietary fish meal with soybean meal on some hematological and serum biochemical parameters of juvenile Beluga. Irani J Fisher Sci. 12: 348-356.

50. **Jalili, R., Tukmechi, A., Agh, N. and Ghasemi, A., 2013.** Replacement of dietary fish meal with plant sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on growth performance, immune responses, blood indices and disease resistance. Irani J Fisher Sci. 12: 577-591.

51. **Zheng, Q., Wen, X., Han, C., Li, H. and Xie, X., 2012.** Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, hematology, antioxidant enzymes activity and expression for juvenile grass carp, (*Ctenopharyngodon idellus*). Fish Physiol Biochem. 38: 1059-1069.

52. **Falahatkar, B.; 2012.** The metabolic effects of feeding and fasting in beluga (*Huso huso*). Mar. Enviro. Res. 82: 69-75.

53. **Grant, K.R., 2015.** Fish hematology and associated disorders, Clinic North Americ Exo Anim Pract. 18: 83-103.

54. **Bani, A., Tabarsa, M. and Falahatkar, B., 2009.** Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon (*Huso huso*). Aquacult Res. 40: 1899-1907.

55. **Emre, N., Güroy, D., Yahm, F., Emre, Y., Guroy, B., Montaglu, S. and KaradalQ., 2008**. Growth performance, body composition, hematological and serum parameters to fish meal replacement by soybean meal and cottonseed meal in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). J. Limno Fresh Fisher Res. 4: 169-176.

56. **Fagbenro, O.A., Adeparusi, E.O. and Jimoh, W.A., 2010.** Nutritional evaluation of raw sunflower and sesame seed meal in *Clarias gariepinus*: an assessment by growth performance and nutrient utilization. Afric J Agri Res. 5: 3096-3101.

57. **Owen, O.J. and Amakiri, A.O., 2011.** Serological and hematological profile of broiler finishers fed graded levels of Bitter leaf (*Vernonia amygdalina*) meal. Advanc Agri Bio. 9: 77-81.

58. **Udoh, J., Emah, A.U., George, I.E. and Philip, A.E., 2017.** Growth performance and haematological response of *Clarias gariepinus* broodstock fed diets enriched with bitter leaf meal. AACL Bioflux. 10: 1281-1296.

59. **Lin, S. and Luo, L., 2011.** Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Anim Feed Sci Techn. 168: 80-87.

60. **Abou El-Naga, E.H., El-Moselhy, K.H.M. and Hamed, M.A., 2005.** Toxicity of Cadmium and Copper and Their Effect on Some Biochemical Parameters of Marine Fish *Mugil Seheli*. Egyptian Journal of Aquatic Research. 31: 60-71.

61. **Lynch, M.J., Raphael, S.S., Mellor, L.D., Spare, P.D. and Inwood, M.J.H., 1969.** Medical Laboratory Technology and Clinical Pathology, 2nd edn. W. B. Saunders Company, London. 123 p.

62. **Drotman, R. and Lawhan, G., 1978.** Serum enzymes are indications of chemical induced liver damage. Dru Chem Toxiol. 1: 163-171.

63. **Mahmoud, M.M.A., Kilany, O.E. and DessoukI A.A., 2014.** Effects of fish meal replacement with Soybean meal and use of exogenous enzymes in diets of Nile Tilapia. Life Sci J. 11: 6-18.

26. **Hung, S.S.O., 1989.** Choline requirement of hatchery produced juvenile white sturgeon. Aquacult. 78: 183-192.

27. **Kazemi, R., Pourdehghani, M., Yousefi, A., Yarmohammadi, M. and Nasri Tajen, M., 2009.** Physiology of the circulatory system of aquatic animals and applied techniques of fish hematology. Bazargan Publications. 194 p. (In Persian)

28. **Barcellos, L.J., Kreutz, L.C., Rodrigues, L.B., Fioreze, I., Quevedo, R.M., Cericato, L., Soso, A. B., Fagundes, M., Lacerda, L. and Terra, S., 2004.** Hematological and biochemical characteristics of male jundia´ (*Rhamdia* quelen Quoy & *Gaimard Pimelodidae*): changes after acute stress. Aquacult Res. 34: 1456-1469.

29. **Lewis, S.M., 1984**. Practical hematology. 265 p.

30. **Potki, N., Falahatkar, B. and Alizadeh, A., 2018.** Growth, hematological and biochemical indices of common carp *Cyprinus carpio* fed diets containing corn gluten meal. Aquacult Inter. 26: 1573-1586.

31. **Refstie, S., Korsøen, Ø.J., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I. and Roem, A.J., 2000.** Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*), Aquacult. 190: 49-63.

32. **Chou, R.L., Her, B.Y., Su, M.S., Hwang, G., Wu, Y.H. and Chen, H.Y., 2004.** Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquacult. 229: 325-333.

33. **Thomas, A., De La Gandara, F., Garcia-Gomez, A., Perez, L. and Jover, M., 2005.** Utilisation of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, (*Seriola dumerili*), Aquacult Nutr. 11: 333-340.

34. **Wang, Y., Kong, L.J., Li, C. and Bureau, D.P., 2006.** Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*), Aquacult. 261: 1307-1313.

35. **Hernandez, M.D., Martiniz, F.J., Jover, M. and Garcia Garcia, B., 2007.** Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in Sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*), Aquacult. 63: 159-167.

36. **Yun, B., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Qi, G. and Luo, Y., 2010.** Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets, Aquacult. 324: 85-91.

37. **Francis, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2001.** Anti nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquacul. 199: 197-227.

38. **Opstvedt, J., Aksnes, A., Hope, B. and Pike, I.H., 2003.** Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. Aquacult. 221: 365-379.

39. **Fowler, G., 1991.** Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall Chinook salmon diets. Aquacult. 99: 309-321.

40. **Bureau, D.P., Harris, A.M. and Cho, C.Y., 2000.** Feather meals and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacult. 181: 281-291.

41. **Kureshy, N., Allen Davis, D. and Arnold, C.R., 2000.** Partial Replacement of Fish Meal with Meat-and-Bone Meal, Flash-Dried Poultry By-Product Meal, and Enzyme-Digested Poultry By-Product Meal in Practical Diets for Juvenile Red Drum. North Amer J Aquacult. 9: 266-272.

42. **Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. and Warner-Smith, R., 2000.** Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, (*Bidyanus bidyanus*): I. Digestibility of alternative ingredients. Aquac, 186: 293-310.

43. **Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X., Xue, M. and Niu, C., 2011.** Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), results in performance equal to fish meal fed fish. Aquacult Nutr. 17: 389-395.

44. **Tacon, A.G.J., 1997.** Fishmeal replacers: review of antinutrients within oilseeds and pulses. In: Tacon, A.G. and Basurco, B., (Eds). A limiting factor for the aquafeed green revolution Feeding Tomorrows Fish. Cahiers Options Mediterraneas Zaragoza, Spain. 153-182.