شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۴۸۰-۴۶۳

جایگزینی مخلوطی از آرد گلوتن ذرت و پودر ماهی کیلکا جای پودر ماهی در جیره غذایی و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد و بافت کبد فیل ماهی‌های (*Huso huso*) جوان

میر حامد سید حسنی[1]*، میر مسعود سجادی[2]، علی حلاجیان[1]، بهرام فلاحتکار[2]

*۱. کارشناس، انستیتو تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (**AREEO**)، رشت.*
۲. استادگروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۴

چکیده

در این ازمایش کاهش سهم پودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی در نظر گرفته شد. یک جیره پایه بر اساس پودر ماهی ساخته شد. یک مخلوط غذایی بر اساس ارد گلوتن ذرت مشابه از لحاظ ترکیب و پروفایل اسیدآمینه یکسان با پودر ماهی کیلکا ساخته شد و در سطوح ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ در صد جایگزین پودر ماهی در جیره پایه شد. بدین ترتیب ۵ جیره غذایی مبتنی بر پودر ماهی (FM) و جیره‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت حاوی ۲۰ در صد جایگزینی (CGM_{20})، ۴۰ درصد جایگزینی (CGM_{40})، ۶۰ درصد جایگزینی (CGM_{60}) و ۸۰ درصد جایگزینی (CGM_{80}) با سطوح پروتئین (۴۴ درصد)، انرژی (۱۸ مگاژول/کیلوگرم) و پروفایل اسیدآمینه مشابه فرموله گردید. فیل ماهیان با میانگین وزن ۶/۵ ۱۶۷± گرم از جیره‌های مزبور تا حد سیری به مدت ۱۰ هفته تغذیه شدند. تاثیر این جایگزین‌ها بر شاخص‌های رشد و بافت کبد مورد بررسی قرار گرفت. جیره‌های غذایی روی شاخص‌های رشد تاثیری نداشت و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P> ۰/۰۵$). اختلاف معنی داری در شاخص هپاتوسوماتیک مشاهده نشد ($P> ۰/۰۵$). بافت کبد در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های جیره‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت حاوی ۲۰ درصد جایگزینی (CGM_{20})، ۴۰ درصد جایگزینی (CGM_{40})، ۶۰ درصد جایگزینی (CGM_{60}) حالت طبیعی داشت و تنها در درصد کمی از بافت کبد این ماهیان عوارضی همچون نکروز سلولی، هایپرتروفی هسته و خونریزی مشاهده گردید، ولی بافت کبد ماهیان تیمار ۸۰ درصد جایگزینی (CGM_{80}) غیرطبیعی بود و عوارضی چون دژنرسانس چربی، نکروز سلولی، رکود صفراوی و خونریزی در آن مشاهده گردید. به‌طوری که شدت عوارض بافتی این تیمار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

واژگان کلیدی: فیلماهی، پودر ماهی، پروتئین‌های گیاهی و جانوری، رشد، بافت‌شناسی کبد.

* نویسنده مسئول: میر حامد سید حسنی
Email: mirhamedhassani@yahoo.com

Journal of Fisheries
Vol. 75, No. 3, Autumn 2022
pp. 463-480

Replacement of fish meal by different levels of a food mixture component (consisted of Corn gluten and anchovy fish meal) in diet and their effects on growth indices and liver tissue of Beluga juvenile (*Huso huso*)

MirHamed Seyed Hasani[1*], MirMasoud Sajadi[2], Ali Gallalian[1], Bahram Falahatkar[2]

1. Expert, Caspian Sea International Sturgeon Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rast, Iran.
2. Professor, Department of Fishery, Faculty of Natural Resources, University of Gillan, Soehsar, Rasht, Iran

Received: 13-Jul-2021 **Accepted: 20-Mar-2022**

Abstract

A study carried out for reduction of fish meal in Beluga *Huso huso* diet. A basic diet based on 54% fish meal were formulated. A mixture based on corn gluten wheat and anchovy fish meal formulated similar to amino acid profile of basic diet at the levels of 20, 40, 60 and 80% as experimental treatments, fish meal (FM) (Basal diet) and corn gluten meal base included 20% replacement (CGM_{20}), 40% replacement (CGM_{40}), 60% replacement (CGM_{60}) and 80% replacement (CGM_{80}) with Similar protein (44%), energy (18 MJ / kg) and amino acid profiles. Beluga fish (*Huso huso*) with average weight of 167.6± 6.5g introduced in each experimental unit and were fed on experimental diets during a 10 –week culture period. Effect of these alternatives on growth indicators and liver tissue were investigated. Alternative food had no effect on fish growth indices and there was no significant difference in fish performance growth ($P>0.05$). No significant difference was observed in hepatosomatic index ($P>0.05$). Liver tissue was normal in fish fed FM, CGM_{20}, CGM_{40}, CGM_{60} and a low damage observed in liver tissue such as cell necrosis, nuclear hypertrophy and hemorrhage. But, fish liver tissue fed by CGM_{80} had higher abnormal liver damages such as lipid degeneration, cell necrosis, biliary stagnation and hemorrhage.

Key words: *Huso huso*, fish meal, Plant and Animal proteins, Growth, liver histology.

Corresponding author: MirHamed Seyed Hasani Email: mirhamedhassani@yahoo.com

۱. مقدمه

پودر ماهی به‌دلیل دارا بودن پروتئین بالای ۶۰ تا ۷۰ درصد (Miles and Jacqueline, 2011)، قابلیت هضم مطلوب (۸۴ تا ۹۴/۵ درصد، دارا بودن کیفیت ممتاز و متوازن از اسیدآمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب بلند زنجیره به‌خصوص ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) (20:5n-3) و دیکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) (22:6n -3)، منبع عمده ویتامین‌های ریبوفلاوین، نیاسین، ویتامین A و D و مواد معدنی شامل کلسیم، فسفر، آهن، مس، سلنیم و ید یکی از بهترین منابع تامین‌کننده پروتئین در جیره فرموله شده آبزیان به شمار می‌آید (Tacon *et al*., 2011). کمبود پودر ماهی در مقیاس جهانی باعث شده است که محققین تغذیه جایگزین نمودن منابع در دسترس محلی با هزینه پایین‌تر را به جای پودر ماهی به‌عنوان یک استراتژی بلندمدت توصیه (Yun *et al*., 2014) و پیش‌بینی نمایند. در آینده جیره ماهیان دارای دامنه گسترده‌تری از اجزای غذایی جایگزین پودر ماهی نظیر منابع گیاهی، منابع پروتئینی میکروبی، ضایعات حاصل از صید و ضایعات پروتئین حیوانی خواهد بود. اما در خصوص نحوه و استراتژی جایگزین نمودن پروتئین‌های گیاهی و جانوری جای پودر ماهی در گونه‌های مختلف مشکلاتی وجود دارد. پروتئین‌های گیاهی تا حدودی می‌توانند جایگزین پودر ماهی شوند و در سطوح بالا تاثیر منفی بر رشد آبزیان دارند و استفاده از آن‌ها در ماهیان گوشتخوار به‌دلیل کمبود اسیدآمینه‌های ضروری، دارابودن فاکتورهای ضدتغذیه‌ای، بدطعم بودن و پایین بودن مصرف مواد مغذی محدود است (Davis and Arnold, 2000). تلاش‌های زیادی در خصوص جایگزینی ضایعات پروتئین حیوانی نظیر پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات مرغ و پودر خون در جیره غذایی آبزیان صورت گرفته است. اما کمبود اسیدآمینه‌های ضروری یکی از فاکتورهای محدودکننده استفاده از این منابع به جای پودر ماهی در جیره غذایی به‌شمار می‌آید. اما مطالعات زیادی نشان داده است که مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی و حیوانی می‌توانند پروفایل اسیدآمینه را در مقایسه با الحاق یک پروتئین گیاهی جانشین شده به‌جای پودر ماهی در جیره بهبود بخشند (Amaya *et al*., 2007). با این روش سطوح بالای جایگزینی با مخلوطی از پروتئین های گیاهی در جیره غذایی آبزیان گزارش شده است (Hansen *et al*., 2007). چنین استراتژی موجب تنظیم مواد مغذی و کاهش هزینه غذا در آبزیان می‌گردد. به‌طور مثال پودر خون منبعی غنی از لایزین است و از آن می‌توان جهت بالانس اسید های آمینه در مخلوطی از پروتئین های حیوانی استفاده نمود (Guo *et al*., 2007)، گلوتن ذرت دارای متیونین کافی است و منبعی مناسب از اسیدهای چرب غیراشباع (اسیدلینولئیک) و کاروتنوئیدها (گزانتوفیل‌ها) محسوب می‌گردد (NRC, 1990). این مواد غذایی به‌همراه ترکیبی از پودر گوشت و استخوان و پودر ضایعات مرغ تا حدود زیادی تعادل اسیدآمینه را در سطوح مختلف جایگزینی بهبود می‌بخشند. بنابراین فرمولاسیون صحیح و جایگزینی اصولی و درست پروتئین‌های حیوانی و گیاهی به جای پودر ماهی می‌تواند به تولید جیره‌ای انجامد که در درازمدت تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد، هماتولوژی، سیستم ایمنی، دستگاه گوارش و کبد ماهی نداشته باشد. از سوی دیگر کبد به دلیل نقش در پروسه‌های نقل و انتقالات زیستی اهمیت زیادی در متابولیسم ماهی دارد. این اندام نه‌تنها نسبت به آلودگی‌ها حساس بوده و اندام مناسبی جهت بررسی تاثیر محرک‌های محیطی به‌دلیل تجمع سموم در آن است (Heydari Jame Bozorgi, 2009)، بلکه هپاتوسیت‌ها که سلول‌های بافت پارانشیمال کبد هستند و ۸۵ درصد توده کبد را تشکیل می‌دهند، درگیر سنتز و ذخیره‌سازی پروتئین، گلوکونئوژنز (ساخته شدن گلوکز از منابع غیرقندی) و گلوکوژنولیز (تبدیل گلوکز به گلیکوژن)، سنتز کلسترول، تشکیل صفرا و فسفولیپید، پاک کردن، اصلاح و دفع مواد خارجی، تغلیظ و آغاز تشکیل و ترشح صفرا هستند (Bombonato *et al*., 2007). مطالعات زیادی نشان داده است که عواملی چون فاکتورهای

ضدتغذیه‌ای و افزایش فیبر،کربوهیدرات، مقادیر نامناسب اسیدآمینه و چربی در جیره‌های غذایی مبتنی بر پروتئین‌های حیوانی و گیاهی بر کبد و هپاتوسیت های ماهیان تاثیر منفی داشته و منجر به تغییرات هیستولوژیک نظیر آتروفی، نکروز سلولی، دژنرسانس چربی، رکود صفراوی، پرخونی و در پاره‌ای موارد موجب آدنوم و هپاتوم کبدی می شوند که در برخی موارد خود را با تغییر در آنزیم‌های کبدی نشان می‌دهند (Marvdasti and Pusti, 1999; Poleksić *et al.*, 1995) با این اوصاف به‌نظر می‌رسد که کبد اندیکاتور خوبی جهت پاتولوژی تغذیه به‌دلیل عملکرد آن در متابولیسم محصولات گوارش به شمار می‌آید (Raskovic *et al.*, 2011). افزودن پروتئین‌های گیاهی تاثیر منفی بر رشد ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) نداشت، ولی تاثیر منفی بر ساختار کبد (افزایش نکروزها و واکوئله شدن کبد) گذاشت (Zakes *et al.*, 2008). در روندی مشابه، الحاق پروتئین‌های گیاهی در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی پاکوی سیاه (*Piaractus mesopotamicus*) موجب نکروزه‌شدن هپاتوسیت های کبد گردید (Ostaszewska *et al.*, 2005). این در حالی است که تاکنون تحقیقی در خصوص تاثیر جایگزینی تلفیقی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری با حفظ پروفایل اسیدآمینه و متوازن با پودر ماهی بر شاخص‌های رشد و آسیب‌شناسی بافت کبد ماهیان خاویاری صورت نگرفته است که در این مطالعه به آن پرداخته شده است.

۲. مواد و روش کار

۲.۱. فرمولاسیون و ساخت جیره های غذایی

ترکیب شیمیایی و پروفایل اسیدآمینه منابع گیاهی (گلوتن ذرت، آرد ذرت، گلوتن گندم، آرد گندم، کنجاله سویا، کنجاله سویای فرآوری‌شده و کنجاله کانولا)، منابع پروتئین حیوانی (پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون) و پودر ماهی کیلکا تعیین گردید. (جدول ۱). در مرحله بعد، جیره پایه‌ای مبتنی بر ۵۴ درصد پودر ماهی کیلکا ساخته شد. این 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 ۱۸/۲۷ مگاژول بر کیلوگرم انرژی خام بود (جدول ۲).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی اجزای غذایی (n=۳، میانگین± انحراف معیار) (درصد ماده خشک) [۱]

اجزای غذایی	ماده خشک (٪)	پروتئین خام (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)	فیبر (٪)	کربوهیدرات (٪)	انرژی خام (مگاژول بر کیلوگرم)
پودر ماهی کیلکا [۱]	۲/۵ ± ۹۴/۴۸	۱/۵ ± ۷۲/۱۱	۰/۸ ±۹/۲۲	۱/۱ ±۱۱/۳۸	۰/۰۱±۰/۱۱	۸/۰ ± ۰/۸۱	۲۰/۰ ۱± /۶۲
پودر ضایعات مرغ [۲]	۱/۸±۹۰/۵	۱/۵ ± ۵۲/۸۳	۰/۸ ± ۱۵/۶۹	۰ /۳±۲/۴	۰/۰۶±۰/۴۲	۰/۶± ۷/۴	۱۷/۳۶ ± ۱/۲
پودر گوشت و استخوان [۳]	۲/۳±۹۶/۵	۰/۸ ± ۴۳/۳	۱/۵± ۲۹/۷	۰/۵ ± ۷/۳	۰/۰۱±۰/۲۶	۰/۶± ۷/۳	۲۳/۳۷ ± ۱/۵
پودر خون [۳]	۱/۵±۷۳/۷	۱/۶ ± ۵۷	۰/۸ ± ۹	۰/۱ ± ۴/۴	۰/۰۲±۰/۱۸	۰/۲ ±۱/۲	۱۵/۶۷ ± ۱/۱
گلوتن گندم [۴]	۲/۵±۹۵/۸۱	۱/۵± ۷۶/۷۶	۰/۵ ± ۱/۱۷	۰/۱ ±۲/۶۲	۰/۰۳±۰/۴۷	۱/۵ ± ۱۲/۱	۲۰/۷۵ ± ۱/۲
گلوتن ذرت [۵]	۱/۵ ± ۹۳/۰۷	۱/۳۶ ±۶۲/۱	۰/۳ ± ۱/۴۶	۰/۳± ۲/۷	۱/۱ ± ۰/۲	۲/۶± ۲۳/۲	۱۹/۲۷ ± ۱/۵
آرد گندم [۶]	۱/۴ ±۹۱/۰۳	۰/۵ ± ۱۱/۳	۰ /۳ ±۰/۸۹	۰/۱ ± ۰/۷۵	۱/۶ ± ۰/۲	۲/۵ ± ۷۶/۰	۱۶/۱۱ ± ۰/۵
آرد ذرت [۶]	۱/۲± ۹۶/۱۵	۰/۵ ± ۷/۴۶	۰/۵ ± ۲/۹۴	۰/۲ ± ۱/۲۶	۲/۴ ± ۰/۳	۱/۸ ± ۶۷/۶	۱۴/۵۸ ± ۰/۷
آرد کانولا [۷]	۲/۸ ±۹۳/۰۲	۱/۱ ± ۳۷/۶۲	۰/۱ ± ۰/۴۱	۱/۲ ± ۷/۶۵	۹/۷ ± ۱/۱	۱/۱± ۳۶/۰	۱۵/۲۵ ± ۰/۸
سویای فرآوری شده [۸]	۱/۶±۹۰/۵	۰/۸ ± ۴۵/۰۸	۰/۵ ± ۱/۴۳	۰/۸± ۶/۹۸	۳/۴ ± ۰/۵	۰/۵ ± ۱۸/۵	۱۴/۴۴ ± ۰/۵
کنجاله سویا [۹]	۱/۵±۹۰/۲	۰/۵ ± ۴۳/۸۰	۰/۵ ± ۱/۵۵	۱/۰۳± ۹/۶۵	۰/۰۶± ۷/۸۰	۰/۵۶ ± ۲۷/۵	۰/۵۰ ± ۱۵/۶۳

۱. شرکت تولید آرد ماهی خزر، کیاشهر (استان گیلان). ۲. کشتارگاه کیسم، کیسم (استان گیلان). ۳. کشتارگاه صنعتی رشت، سراوان (استان گیلان). ۴. شرکت آرد زرین نشاسته، اصفهان (استان اصفهان). ۵. شرکت گلوکوزان، قزوین (استان قزوین). ۶. تولید خوراک دام اتحاد گیلان، سراوان (استان گیلان). ۷. شرکت طلای سفید گنبد، گنبد (استان گلستان). ۸. شرکت سنادام، تهران (استان تهران). ۹. شرکت صنعتی بهپاک، اصفهان (استان اصفهان).

جدول ۲- معادل سازی ترکیب بیوشیمیایی و پروفایل اسیدآمینه مخلوط تولیدشده بر اساس 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

* بر اساس نیازمندی تاسماهی سیبری به فسفر (Xu *et al.*, 2011)

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از میان منابع گیاهی (گلوتن ذرت، گلوتن گندم، سویای فرآوری‌شده) و از میان منابع پروتئین حیوانی (پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون) به‌عنوان منابع جایگزین در نظر گرفته شد و ترکیبی مبتنی بر تلفیقی از پروتئین های حیوانی و گیاهی با تکیه بر گلوتن ذرت (گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ درصد، کنجاله سویای فرآوری‌شده: 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 تا

حد امکان با پودر ماهی یکسان بود (جدول۲). این ترکیب در سطوح ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ در صد جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی پایه گردید (جدول ۳). بدین ترتیب، ۵ جیره غذایی، جیره غذایی مبتنی بر پودر ماهی (FM) تیمار (۱)، جیره‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطوح جایگزینی ۲۰ درصد (CGM_{20}) (تیمار ۲)، ۴۰ درصد (CGM_{40}) (تیمار ۳) ۶۰ درصد (CGM_{60}) (تیمار ۴) و ۸۰ درصد (CGM_{80}) (تیمار ۵) با سطوح یکسان پروتئین (۴۴ درصد)، انرژی (۱۸ مگاژول/کیلوگرم) و پروفایل اسیدآمینه مشابه به‌دست آمد (جدول ۳). کمبود اسیدآمینه‌های ضروری و فسفر با استفاده از مکمل‌های تجاری اسیدآمینه و دی‌کلسیم فسفات جبران شد (Jirsa *et al*., 2015) (جداول ۳ و ۴). جهت ساخت غذا ابتدا کلیه ترکیبات درشت (پودر ماهی، کنجاله سویا، آرد گندم، پودر گوشت و استخوان، ملاس و غیره) آسیاب و به مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه مخلوط کن با یکدیگر مخلوط شدند. ریزمغذی‌ها (نمک، ویتامین پرمیکس، مکمل معدنی، ویتامین C، کولین، کربوکسی متیل سلولز و دی‌کلسیم فسفات) به آن اضافه و مخلوط گردید.

جدول ۳- ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های ساخته شده بر پایه گلوتن ذرت

اقلام غذایی (٪)	جیره شاهد (FM)	جیره ۲۰ درصد جایگزینی (CGM_{20})	جیره ۴۰ درصد جایگزینی (CGM_{40})	جیره ۶۰ درصد جایگزینی (CGM_{60})	جیره ۸۰ درصد جایگزینی (CGM_{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 بر اساس ماده خشک (درصد)					
ماده خشک	۹۴/۳	۹۴/۱۵	۹۴/۹۳	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	۲۳/۲	۲۳/۳	۲۳/۸	۲۴/۸	۲۵/۸
خاکستر	۶/۶۵	۵/۸۲	۴/۹۹	۴/۱۵	۳/۵۳
انرژی خام (کیلوکالری برکیلوگرم)	۱۸/۲۴	۱۷/۹۴	۱۸/۱	۱۸/۰۰	۱۷/۹۴

جدول ۴- پروفایل اسیدآمینه جیره‌های ساخته شده بر پایه گلوتن ذرت

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

سپس با استفاده از یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی اسیدآمینه‌های سنتتیک در حجم یک کیلوگرم غذا به مخلوط، همگن و سپس همین حجم در همان مخلوط‌کن با حجم‌های بزرگتر غذا (۱، ۱/۵، ۳ و ۴ کیلوگرم) مخلوط و سپس به بچ ۱۰ کیلوگرمی غذا اضافه شد و به مدت نیم ساعت با دست مخلوط گردید. در نهایت به مجموعه روغن ماهی اضافه شد و خمیر حاصل از چرخ گوشت صنعتی (Pars Esfahan, GM_{32}, Esfahan, Iran) با قطر صفحه ۴ میلی‌متر عبور داده شد و به صورت رشته‌های ماکارونی بیرون آمد. پلت‌های خارج شده از چرخ گوشت روی سینی‌های توری گسترده و با یک فن با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک (Hardy and Barrows, 2002)، بسته‌بندی، شماره‌گذاری و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف، نگهداری شدند.

۲،۲. مطالعات بافت شناسی کبد

جهت مطالعات بافت شناسی کبد در پایان دوره پرورش ۳۰ درصد جمعیت هر تیمار (۳ ماهی از هر مخزن) به‌طور تصادفی انتخاب گردیدند، شکم ماهی با تیغ تیز بریده وکل کبد ماهی را برداشت و وزن شد. سپس تکه کوچکی از بافت کبد جهت انجام مطالعات بافت شناسی برداشت و در محلول بوئن فیکس شد. پس از پایدار شدن کامل نمونه‌ها و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، نمونه ها به‌ترتیب در مراحل آب‌گیری (Dehydration) شفاف کردن (Cleaning)، آغشته شدن به پارافین (Paraffin Sectioning)، قالب‌گیری (Blocking)، برش بافت (Sectioning)، چسبانیدن روی لام و رنگ‌آمیزی قرار گرفت (Hallajian *et al*., 2009).

به‌منظور استحکام بخشیدن به بافت جهت تهیه برش های نازک، نمونه ها با پارافین خالص قالب‌گیری شدند. سپس با استفاده از میکروتوم دوار از قالب‌های تهیه شده برش های بافتی به ضخامت ۷ میکرون تهیه و برش‌های بافتی به روش هماتوکسلین- ائوزین رنگ‌آمیزی شد (Akhundov and Fedorov, 1995). نمونه های بافتی بعد از رنگ‌آمیزی به وسیله میکروسکوپ نوری مجهز به مانیتور مورد مطالعه و عکس‌برداری قرار گرفتند.

۲.۳. محاسبه شاخص‌های رشد

با انجام زیست‌سنجی‌های یک‌ماهه و با توجه به اطلاعات به دست آمده از طول و وزن ماهیان و تشکیل بانک اطلاعاتی، محاسبات آماری شاخص‌های رشد، غذا،

شاخص هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ارایه شده در زیر (Falahatkar *et al*., 2015) محاسبه گردید:

شاخص وضعیت (CF)= ۱۰۰× (وزن ماهی)/ (طول کل یا چنگالی)
افزایش وزن (WG) (g)= وزن نهایی(g)– وزن اولیه (g).
افزایش وزن بدن (BWI) (درصد)= ((افزایش وزن (g)/ وزن ابتدایی (g)) × ۱۰۰
ضریب رشد ویژه ((SGR))(% در روز) = ۱۰۰×[(لگاریتم وزن نهایی– لگاریتم وزن اولیه)/ تعداد روز(زمان).
نرخ تبدیل غذایی (FCR) = غذای خشک مصرفی شده (g) / افزایش وزن (g).
نرخ کارایی پروتئین (PER) = وزن تر اضافه شده (افزایش بیوماس) (g) به گرم) / مقدارپروتئین مصرفی(g)
شاخص‌کبدی (HSI) (%)= ۱۰۰ × ((وزن کبد (g) / وزن بدن(g)).

۲،۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های کسب‌شده در نرم افزار Excel ثبت و مورد پردازش قرار گرفت. سپس نرمال‌بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov، معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق تجزیه واریانس یک‌طرفه مورد سنجش قرار گرفت و در صورت مشاهده اختلاف، تست Tukey برای مقایسه میانگین ها به‌عنوان Post-hoc اعمال شد. تجزیه (هنداژمون) آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. سطح معنی‌دار بودن برای همه در سطح ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳. نتایج

۳.۱. شاخص‌های رشد و هپاتوسوماتیک

اختلاف معنی‌داری در وزن و طول نهایی ماهیان تیمارهای مختلف مشاهده نشد (P>0.05). ضریب چاقی و درصد افزایش وزن ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های FM، CGM_{20}، CGM_{40}، CGM_{60} و CGM_{80} فاقد تفاوت معنی‌دار آماری و در صد 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 جیره‌های مختلف فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P> ۰/۰۵). ماهیان تغذیه‌شده با جیره FM دارای بیشترین نسبت بازده پروتئین (۰/۲۳ ± ۱/۷۵) بودند. نسبت بازده پروتئین در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های CGM_{20}، CGM_{40}، CGM_{60} و CGM_{80} در دامنه ۱/۵۳ تا ۱/۷۳ درصد قرار داشت، اما تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (P>0.05). مقدار شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه‌شده با ۵ جیره غذایی در دامنه ۲/۸۵ تا ۴/۴۵ درصد قرار داشت و فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P> ۰/۰۵).

۳،۲. بافت شناسی کبد

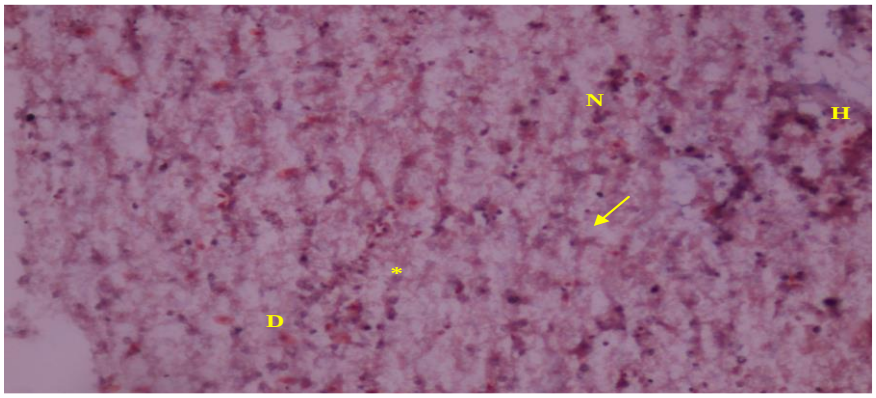
نتایج مربوط به بافت‌شناسی کبد فیلماهیان تغذیه‌شده با جیره های مبتنی بر پودر ماهی (FM) (شکل ۱) جیره‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطوح جایگزینی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ در صد (ا شکال ۲، ۳، ۴ و ۵) حاکی از آن بود که ماهیان تغذیه‌شده با جیره شاهد FM (شکل ۱) دارای کمترین ضایعات کبدی بودند، به‌طوری که عوارض کبدی مشاهده شده مانند نکروز سلولی خیلی کم و رنگ کبد ماهیان تغذیه‌شده با این جیره غذایی طبیعی و به‌رنگ قرمز بود. بافت کبد ماهیان تغذیه‌شده با جیره های CGM_{20} ، CGM_{40} و CGM_{60} سالم بود و عوارض کمی چون نکروز سلولی، هایپرتروفی، دژنر سانس چربی، رکود صفراوی خونریزی و پرخونی دیده شد (شکل‌های ۲ و ۳) ولی برخی از این عوارض مانند نکروز

سلولی، دژنرسانس چربی و خونریزی در کبد ماهیان تغذیه‌شده با جیره CGM_{60} کمی بیشتر از کبد ماهیان تغذیه شده با پودر ماهی، CGM_{20} و CGM_{60} بود (عکس های ۴ و ۵). همچنین با افزایش الحاق مخلوط مبتنی بر گلوتن ذرت به‌میزان ۸۰ درصد (CGM_{80}) عوارض کبدی مشاهده‌شده مانند نکروز سلولی، هایپرتروفی، دژنرسانس چربی، رکود صفراوی، هایپرتروفی هسته دژنرسانس چربی، آتروفی سلولی، خونریزی و پرخونی همانند تیمارهای قبلی بود. ولی شدت آسیب‌دیدگی بافت کبد ماهیان تغذیه‌شده با این جیره به‌مراتب بیشتر از کبد ماهیان تغذیه شده با جیره های FM، CGM_{20}، CGM_{40} و CGM_{60} بود (عکس ۵). آسیب‌هایی نظیر خونریزی، نکروز سلول و دژنرسانس چربی در حد وسیع در نقاط مختلف بافت کبد مشاهده گردید و در کنار عوارض فوق، هایپرتروفی هسته، نکروز سیتوپلاسمی و آتروفی سلولی ثبت گردید.

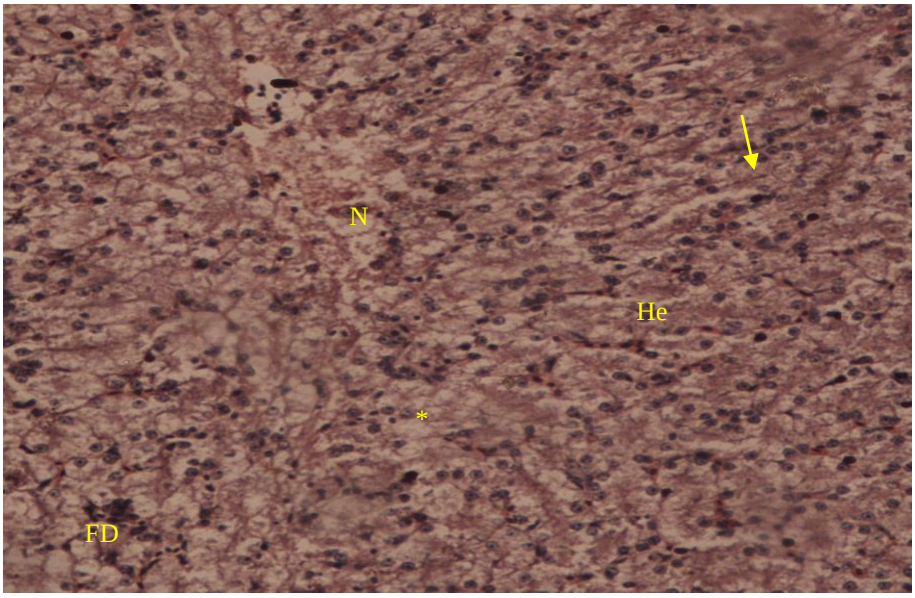
جدول ۵- میانگین (میانگین + انحراف معیار)شاخص‌های رشد و شاخص هپاتوسوماتیک فیل ماهی تغذیه شده با سطوح مختلف مخلوط مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در طی ۱۰ هفته پرورش(n=3، میانگین ± انحراف معیار).

شاخص‌ها	FM	GGM_{20}	GGM_{40}	GGM_{60}	GGM_{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 (سانتی متر)	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) 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
شاخص هپاتوسوماتیک (٪)	۳/۲± ۰/۰۷	۳/۷۵ ±۰/۸۵	۳/۹ ± ۰/۶	۲/۸۷ ± ۰/۶۲	۳/۴۷± ۰/۱۳۷

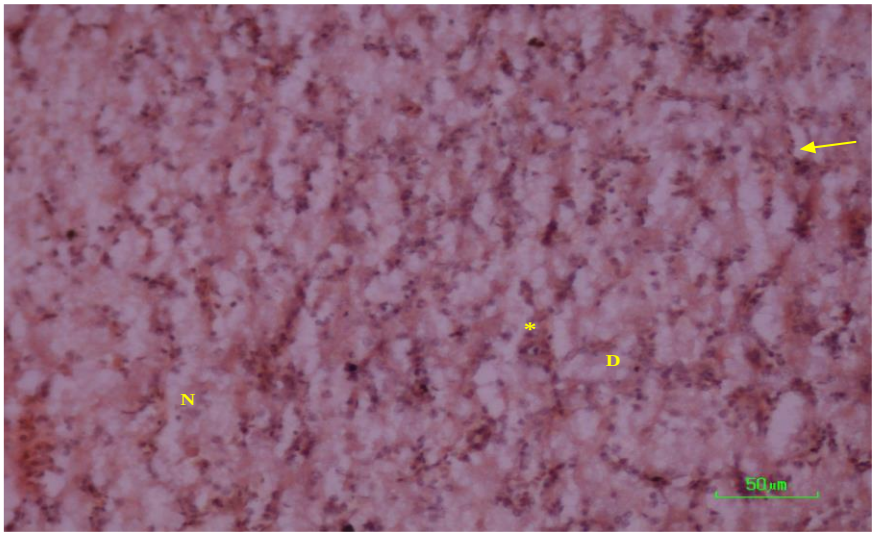
FM: جیره مبتنی بر پودر ماهی، حروف متفاوت للاتین در بالای اعداد در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P<0.05$).



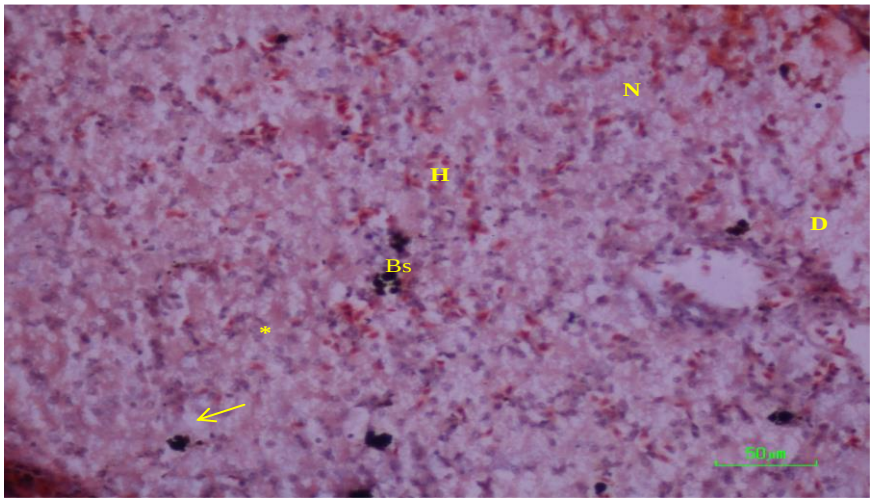
شکل ۱- تصویر برش عرضی بافت کبد بچه فیل ماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM)، سلول‌های کبدی(ستاره) و سینوزئید (پیکان)، نکروز سلولی (N)، دژنرسانس چربی(FD) و خونریزی(He) (H&E، 200 X).



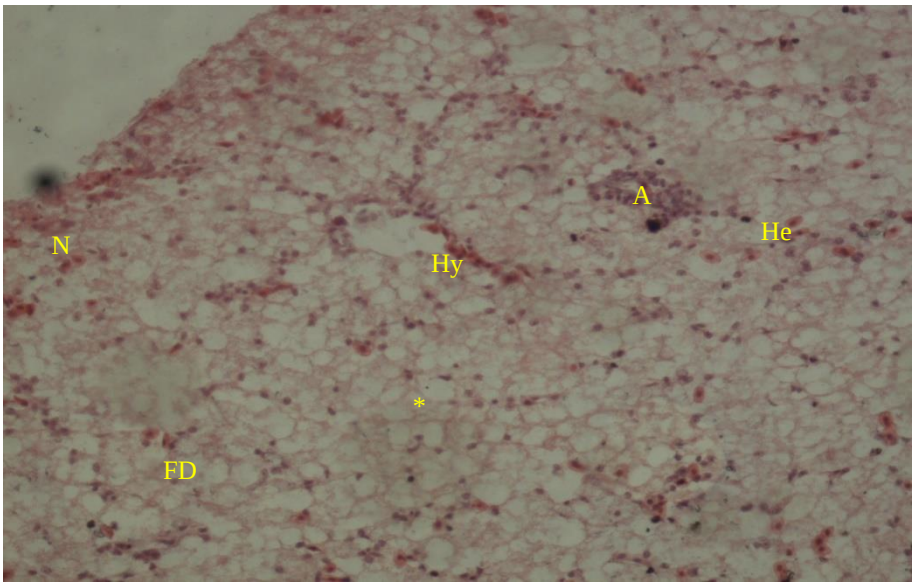
شکل ۲- تصویر برش عرضی بافت کبد بچه فیلماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره مبتنی برگلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۲۰ درصد (CGM_{20})، سلول های کبدی (ستاره)، نکروز سلولی (N)، خونریزی(He)، دژنرسانس چربی(FD) و سینوزئید(پیکان) (H&E ،400 X).



شکل ۳- تصویر برش عرضی بافت کبد بچه فیل ماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره مبتنی بر گلوتن ذرت در سطح جایگزینی۴۰ درصد (CGM_{40})، سلول‌های کبدی (ستاره)، نکروز سلولی (N)، دژنرسانس چربی(FD) و سینوزئید (پیکان) (H&E ،200 X).



شکل ۴- تصویر برش عرضی بافت کبد بچه فیلماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۶۰ درصد (CGM_{60})، سلول‌های کبدی (ستاره) و سینوزئید (پیکان)، نکروز سلولی (N)، دژنرسانس چربی(FD)، خونریزی (He) و رکورد صفراوی (Bs) (H&E ،200 X).



شکل۵- تصویر برش عرضی بافت کبد بچه فیل‌ماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۸۰ درصد (CGM_{80})، سلول‌های کبدی (ستاره)، نکروز سلولی (N)، دژنرسانس چربی (FD)، خونریزی (He)، پرخونی(Hy) و آتروفی سلولی (A) (H&E ،200 X).

۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذای ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر پودر ماهی و جیره های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت (مخلوطی از گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ در صد، آرد سویای فرآوری شده: ۳ در صد، پودر

ضـایعات مرغ: ۲۰ درصـد، پودر گوشـت و اسـتخوان: ۸ در صد، پودر خون: ۴/۳ در صد) م شاهده ن شد. همچنین ضریب رشد ویژه ماهیان این تیمارها در مقایسه با ماهیان تغذیه‌شـده با جیره مبتنی بر پودر ماهی فاقد اختلاف معنی‌دار بود. مطالعات پیشـین در مورد تغذیه ماهیان گوشـتخوار نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (Refstie *et al*., 2000)، سـوکلا (Chou *et al*., 2004)، مـاهی دم زرد (*Seriola dumerili*) (Thomas *et al*., 2005) مـاهـی *Nibea miichthioides* (Wang *et al*., 2006)، ماهی سیم دریایی پوزه‌تیز (*Diplodus puntazzo*) (Hernandez *et al*., 2007) و کفشک (*Scophthalmus maximus*) (Yun *et al*., 2010) تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح بالای پروتئین های گیاهی جایگزین‌شـده به‌جای پودر ماهی به صورت انفرادی (کنجاله سویا، گلوتن ذرت و آرد کانولا) اذعان بر کاهش ر شد ماهی دا شت. محققین مزبور کاهش شاخص‌های ر شد را به کاهش قابلیت ه ضم پروتئین‌های گیاهی و عدم بالانس اسـیدهای آمینه، بد طعم بودن و حضـور فاکتورهای ضـدتغذیه‌ای نسـبت دادند. مطالعات دیگری نشـان داد که حذف پودر ماهی از جیره احتیاج به جایگزینی با پروتئینی با کیفیت بالاتر دارد و ترکیب جایگزین باید تا حد امکان دارای خصـوصـیات تغذیه‌ای مطلوب شـامل عوامل ضـدتغذیه‌ای کم، پروتئین بالا، پروفایل اسـیدآمینه مناسـب، قابلیت هضـم بالا و خوش طعم بودن در حد قابل قبول باشد (Gatlin *et al*., 2007). بعضـی فرآورده‌های گیاهی نظیر آرد گلوتن گندم و ذرت، بسیاری از این خصوصیات را دارند. در میان غلات، گلوتن ذرت حاوی پروتئین بالا، قابلیت هضـم مناسـب و مقادیر مناسـب متیونین، لوسـین و اسـیدگلوتامیک، غلظت کم عوامل ضـدتغذیه‌ای و از مهم‌ترین منابع گیاهی اسـت که به‌طور معمول در غذای آبزیان مورد مصـرف قرار می‌گیرد (Potki *et al*., 2018). در کنار آن در انتخاب گزینه‌های مختلف به عنوان جایگزین پودر ماهی لازم اسـت که به بررسی اسیدهای آمینه پروتئین‌های جایگزین توجه شود. در این آزمایش جهت رفع کمبود اسیدآمینه‌های ضروری منابع جایگزین از لایزین، متیونین، ترئونین و هیسـتیدین کریستاله ا ستفاده شد. نتایج به د ست‌آمده در خ صوص عدم کاهش رشـد در ماهیان در این آزمایش تاییدکننده این مطلب اسـت که فیل ماهی می‌تواند مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری به همراه اسـیدآمینه‌های کریستاله را با کارایی مطلوب م صرف کند که هماهنگ با مطـالعـات پیشـین در گونـه تـاسـمـاهی سـیبری (Zhu *et al*., 2011; Xue *et al*., 2012)، تاسماهی هیبرید (*Acipenser baerii* ♀ × *Acipenser schrenckii* ♂) (Jiang *et al*., 2018) کـفشـک (*Psetta maxima*) (Fournier *et al*., 2004)، بـاس دریـایـی اروپـایـی (Kaushik *et al*., 2004; Peres and Oliva –Teles, 2006)، قزل‌آلای رنگین کمان (Nang Thu *et al*., 2007) ماهی (*Solea senegalensis* Kaup) (Silva *et al*., 2009) و باس دریایی ژاپنی (Wang *et al*., 2012) است.

گرچه نتایج به‌دسـت آمده در این آزمایش حاکی از عدم تاثیرپذیری منفی جیره‌های جایگزین بر شاخص‌های رشد بود، اما این احتمال وجود دارد که عدم توازن مناسب اسیدهای چرب اشباع موجود در منابع پروتئین جانوری و نیز فیبر موجود در اقلام گیاهی جایگزین می‌تواند موجب تغییرات هیستولوژیک در کبد شود که تشخیص آن آسان ا ست (Tacon, 1992). مهمترین تغییرات در کبد عبارتند از: واکوئله‌شـدن هپاتوسـیتها، دژنره شـدن کبد به کبد چرب، تغییر در فعالیت متابولیک، تغییرات در پارانشـیم کبدی و نکروزه شـدن کبد (Poleksić *et al*., 1995). همان طوری که نتایج بررسـی نشـان داد در تیمارهای ۱ الی ۳ بافت کبد دارای حالت طبیعی و کمترین عار ضه در آنها م شاهده گردید ولی در تیمار ۴ شدت عار ضه ن سبت به تیمارهای قبلی کمی بی شتر و شدت عار ضه کبدی در تیمار ۵ نسـبت به تمامی تیمارها بیشـتر بود. نتایج این تحقیق با مطالعات Abdel-Warith و همکاران (۲۰۰۱) در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) تغذیه‌شده با جیره‌های مبتنی بر گلوتن ذرت در سـطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ در صد هم سو ا ست، به‌طوری که این محققین اذعان داشـتند که کبد ماهیان فقط در صـورت تغذیه با جیره حاوی ۷۵ در صد گلوتن ذرت جایگزین شده به‌جای پودر

ماهی دچار تجمع لیپید و نکروزه شدن هپاتوسیت‌ها می‌شود که آن را به سطوح بالای کربوهیدرات قابل دسترس و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای پروتئین‌های گیاهی نسبت دادند. به‌همین ترتیب، بررسی ریخت‌شناسی هپاتوسیت در سیم دریایی پوزه‌کوتاه نشان داد که ریخت‌شناسی و شکل هپاتوسیت‌ها با جایگزینی پروتئین‌های گیاهی به‌جای پودر ماهی تا سطح جایگزینی ۷۵ درصد تغییر نمی‌کند (Mérida *et al*., 2010) در حالی که در مطالعه حاضر تغذیه ماهیان با جیره CGM_{80} موجب شدت گرفتن عوارض کبدی همچون نکروز هسته هپاتوسیت‌ها، نکروز سیتوپلاسمی و دژنرسانس چربی شد. Jiang و همکاران (۲۰۱۸) در تغذیه تاسماهی هیبرید تغذیه‌شده با جیره‌هایی که در آن مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی (آرد سویا، آرد کانولا و آرد کتان) جایگزین پودر ماهی در سطوح ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد شده بود، با کبدهایی با شاخص هپاتوسوماتیک پایین‌تر در سطوح جایگزینی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد در مقایسه با جیره‌های ۱۵ در صد جایگزینی و جیره شاهد برخورد کردند که آن را به تغییرات زیان بار بافت کبد در هنگام تغذیه با پروتئین‌های گیاهی به‌دلیل وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای (تانن‌ها، اسیدفیتیک و گوسیپول آزاد) و کاهش قابلیت هضم انرژی جیره‌های حاوی سطوح بالای پروتئین‌های گیاهی نسبت دادند. در آزمایش حاضر سهم پروتئین‌های گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ در صد به‌ترتیب ۴۵/۸۷ و ۳۴/۱۲ درصد جیره بود. میانگین فیبر در آرد گلوتن گندم ۰/۰۵ تا ۱ درصد (NRC, 2011) و فاقد فاکتورهای ضدتغذیه‌ای (Tusche *et al*., 2012) و گلوتن ذرت نیز به‌غیر از دارا بودن تانن (معمولا ۴ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) فاقد فیبر و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای بود (Davis, 2001). میزان الحاق آرد سویای فرآوری شده و آرد گندم به مخلوط‌های جایگزین نیز در حد کمی بود. بنابراین، نمی‌توان ایجاد ضایعات کبد و نکروز در هسته هپاتوسیت‌ها، نکروز سیتوپلاسمی و دژنرسانس چربی در سیتوپلاسم سلول‌های کبدی را به این عوامل نسبت داد. اما شواهدی در دست است که وقتی ماهی با پروتئین‌های گیاهی مورد تغذیه قرارمی گیرد، متابولیسم چربی ممکن است تحت تاثیر قرارگیرد. افزودن مقادیر زیاد منابع پروتئین گیاهی در جیره می‌تواند مسیر متابولیسم چربی را در ماهی کند سازد (Piccolo *et al*., 2013). در کنار آن تفاوت در ترکیب اسیدهای آمینه جیره‌های غذایی از جمله پروتئین‌های گیاهی در حیوانات به‌عنوان یک عامل مهم در مکانیسم‌های تعدیل سنتز اسیدهای چرب به‌صورت de novo ذکر شده و تغذیه طولانی مدت ماهیان با پروتئین‌های گیاهی منجر به کند شدن متابولیسم چربی و تجمع چربی در سلول‌های کبدی و ایجاد عوارض در آن‌ها می‌گردند (Dias, 2005).

مطالعه شاخص‌های رشد و کبد نقش مهمی در درک فرآیند متابولیسم مواد غذایی در ماهیان دارد که عمدتا مربوط به فرایند هضم و جذب، سنتز و ترشح آنزیم‌های گوارشی و متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین موجود در منابع پروتئین حیوانی و گیاهی است (McLaughlin, 1983). در آزمایش حاضر اختلاف معنی‌داری در شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان مورد آزمایش مشاهده نشد. شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه‌شده با جیره FM ۰/۰۷ ± ۳/۲ در صد بود، در صورتی که این شاخص در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های CGM_{80} به ۰/۷۵ ± ۴/۱۱ درصد رسید. افزایش شاخص هپاتوسوماتیک در گونه‌های *Nibea miichthioides* (Wang *et al*., 2006)، گونه *Takifugu rubripe* (Lim *et al*., 2011)، کفشک (Nagel *et al*., 2012) و کپور معمولی (Wang *et al*., 2014) تغذیه‌شده با پروتئین‌های گیاهی مشاهده شد. میانگین شاخص هپاتوسوماتیک به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر ۰/۵۲ ± ۳/۷۷ درصد بود که بالاتر از شاخص هپاتوسوماتیک فیلماهی ۱۳۰ گرمی (۲/۷۷±۰/۷۳ درصد) (Salahshoori *et al*., 2017) و تقریبا برابر با میانگین شاخص هپاتوسوماتیک فیلماهی ۴۰۰ گرمی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۳۸/۵ در صد پودر ماهی همراه با مکمل دایجستروم (۳/۱۲±۰/۳۴ درصد) (Defaee *et al*., 2016) و فیلماهی ۶۷۰ گرمی (۴/ ۰± ۳/۶ درصد) با جیره دارای ۳۸ درصد آرد ماهی، ۴۵

درصد پروتئین، ۱۷ درصد کربوهیدرات، ۱۶ درصد چربی و ۱۶/۹ مگاژول/کیلوگرم انرژی در مطالعه Mohseni و همکاران (۲۰۰۵) بود. باید به این نکته توجه داشت که برخی مطالعات نشان داده است که ارتباط مستقیمی میان شاخص هپاتوسوماتیک و متابولیسم کبد وجود دارد (Stephensen *et al*., 2000) و افزایش چربی‌زایی در کبد موجب بالا رفتن و افزایش شاخص هپاتوسوماتیک می‌شود (Liu *et al*., 2010). به‌طور مثال افزایش شاخص هپاتوسوماتیک و رسوب چربی در سیم دریایی ژاپنی با جیره‌هایی که در آن سطوح بالای پروتئین‌های حیوانی جایگزین پودر ماهی شده بودند مشاهده شد (Hu *et al*., 2012). این موضوع در باس دریایی ژاپنی تغذیه‌شده با ۷ منبع پروتئین جایگزین تکرار شد (Han *et al*., 2011) اما به‌نظر می‌رسد با توجه اظهارات Kotzamanis و همکاران (۲۰۱۸) در مورد عدم تاثیر پذیری شاخص هپاتوسوماتیک ماهی جوان *Argyrosomus regius* تغذیه‌شده با منابع پروتئین گیاهی جایگزین (آرد سویا، آرد کانولا، گلوتن ذرت و گندم) پودر ماهی (سطوح ۳۵ تا ۶۵ درصد)، توانایی مناسب ماهی در هضم و جذب پروتئین‌های گیاهیوجود دارد و فیلماهی نیز از این توانایی برخوردار است.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست آمده در این آزمایش حاکی از عدم تاثیرپذیری منفی جیره‌های جایگزین بر رشد، ضریب تبدیل غذایی بود ولی با افزایش مصرف جیره های حاوی گلوتن و پودر کیلکا اثرات منفی بر شاخص‌های هپاتوسوماتیک و احشایی نمایان شد، لذا، به‌نظر می‌رسد با جایگزینی ۶۰ درصد از نسبت متعادل پروتئین‌های گیاهی و جانوری جای پودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی، بتوان جیره مناسبی را برای پرورش این ماهی در حال رشد (Juvenile) بدون تاثیر منفی بر رشد و بافت کبد ارایه داد.

سپاسگزاری و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را از آقایان حمیدرضا ناصحی، کارکنان استانداری استان گیلان، دکتر سید ولی‌حسینی جهت تجزیه و تعیین ترکیب نمونه‌های آزمایشگاهی و نیزکارکنان و مستخدمین بخش آبزی‌پروری انستیتو بین‌المللی تحقیقات ماهیان خاویاری شهید دادمان جهت همکاری ارزشمندشان و تغذیه و پرورش ماهیان تحت تیمار ابراز می‌دارند.

۵. منابع

References

Abdel-Warith, A.A., Russell, P.M., Davies, S.J., 2001. Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture Research* 32(1), 296-305.

Akhundov, M.M., Fedorov, K.Y.E., 1995. Effect of exogenous estradiol on ovarian development in juvenile sterlet. *Journal of Ichthyology* 35(3), 109-120.

Amaya, E.A., Davis, A.D., Rouse, D.V., 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262 (2-4), 393-401.

Bombonato, M. T. S., Rochel, S. S., Vicentini, C. A., Vicentini, I. B. F., 2007. Estudo morfológico do tecido hepático de *Leporinus macrocephalus*. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 29(1), 81-85.

Chou, R.L., Her, B.Y., Su, M.S., Hwang, G., Wu, Y.H., Chen, H.Y., 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 229 (1), 325-333.

Davis, D.A., Arnold, C.R., 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 185(2), 291-298.

Davis, K., 2001. Corn Milling, Processing and Generation of Co-products. In: Minnesota Nutrition Conference Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium September 11, 2001, Minnesota, USA.

Defaee, S., Falahatkar, B., Efatpanah, I., 2016. Effects of digestrom P.E.P on growth and some hematological parameters of juveniles Beluga sturgeon (*Huso huso*). Fisheries Science and Technology Tarbiat Modares University Press 5(1), 83–95.In Persian

Dias, J., Alvarez M.J., Arzel, J., Corraze, G., Diez, A., Bautist, J.M., Kaushik, S.J., 2005. Dietary protein source affects lipid metabolism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 142 (1), 19-31.

Falahatkar, B., 2015. Aquatic nutrition and Formulation, Jehad Keshavarzi Institute of Higher Education, 334 p. In Persian

Fournier, V., Huelvan, C., Desbruyeres, E., 2004. Incorporation of a mixture of plant feedstuffs as substitute for fish meal in diets of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 236 (1), 451-465.

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: *A review. Aquaculture Research* 38 (6), 551-579.

Guo, J., Wang, Y., Bureau, D.P., 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fishmeal substitutes in practical diets for cuneate drum (Nibea miichthioides). *Aquaculture Nutrition* 13 (2), 81-87.

Hallajian, A., Kazemi, R., Bahmani, M., Tavakoli, M., Dejandian, S., Yousefi, A., Khoshghalb, M.H., 2009. Sex determination and gill and liver histological examination of sturgeon in the southern basin of the Caspian Sea during 2009-2010. Caspian Sea Sturgeon International Research Institute. Report number: 44950.40 p

Han, Q.W., Liang, M.Q., Yao, H.B., Chang, Q., Wu, L.X., 2011. Effect of seven feeding ingredients on growth performance, and liver and intestine histology of (*Lateolabrax japonicas*). *The Progressive Fish- Culurist* 1, 32-39.

Hansen, A., Rosenlund, G., Karlsen, O., 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for the Atlantic cod (*Gadus morhua*). I - Effects on growth and protein retention. *Aquaculture* 272 (1-4), 599-611.

Hardy, R.W., Barrows, F.T., 2002. Diet formulation and manufacture. In: Halver, J.E., Hardy, R.W (Eds). Fish Nutrition. Academic Press, London. 505-600.

Hernandez, M.D., Martiniz, F, J., Jover, M., Garcia Garcia, B., 2007. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in Sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture* 263 (1-4), 159-167.

Heydari Jame Bozorgi, F., 2009. The effect of crude oil solution phase pollution on liver, gill and all tissues of *Rutilus kutum*. MsC Thesis. Aquaculture Group. Tarbiat Modares University, 75 p. In Persian

Hu, L., Yun, B., Xue, M., Wang, J., Wu, X., Zheng, Y., Han, F., 2012. Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture* 375, 52–61.

Jiang, H.B., Chen., L.Q., Qin, J.G., 2018. Fishmeal replacement by soybean, rapeseed and cottonseed meals in hybrid sturgeon (*Acipenser baerii* ♀ × *Acipenser schrenckii* ♂). *Aquaculture Nutrition* 24 (4), 1369-1377.

Jirsa, D., Barrows, F.T., Hardy, R.W., Drawbridge, M., 2015. Alternative protein blends as a replacement for fish meal in diets for white sea bass (*Atactoscian nobilis*) *Aquaculture Nutrition* 21 (6), 861-967.

Kaushik, S.J., Coves, D., Dutto, G., Blanc, D., 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 230 (1-4), 391-404.

Kotzamains, Y., Kouroupakis, E., Illia, V., Haralbous, I., Papaionnou, N., Papanna, K., Richards,R., Gisbert, E., 2018. Effects of high-level fishmeal replacement by plant proteins supplemented with different levels of lysine on growth performance and incidence of systemic noninfectious granulomatosis in meagre (*Argyrosomus regius*) *Aquaculture Nutrition*, 24 (6), 1738-1751.

Lim, S. J., Kim, S. S., Ko, G. Y., Song, J. W., Oh, D. H., Kim, J. D., Lee, K. J., 2011. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. Aquaculture, 313 (1-4), 165-170.

Lim, C., 1993. Effect of dietary pH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*) *Aquaculture* 114 (3-4), 293-303.

Liu, X.J., Luo, Z., Xiong, B.X., Liu, X., Zhao, Y.H., Hu, G.F., Lv, G.J., 2010. Effect of waterborne copper exposure on growth, hepatic enzymatic activities and histology in *Synechogobius hasta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73 (6), 1286-1291.

Liu, C., Wang, J., Ma, Z., Li, T., Xing, W., Jiang, N., Luo, L., 2018. Effects of totally replacing dietary fish oil by linseed oil or soybean oil on juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser baeri* Brandt♀× A. schrenckii Brandt ♂ *Aquaculture Nutrition* 24 (1), 184-194.

Marvdasti, S., Pusti, I., 1999. Atlas of fish histology, University Press, Tehran, 266 p, In Persian.

McLaughlin, P.A., 1983. Internal anatomy. In: Bliss D.E., Mantel, T.H. (Eds). The Biology of Crustacea. Academic Press, New York, 152- 479p.

Miles, R.D., Jacqueline, J., 2011. Fishmeal in Poultry Diets: Understanding the Production of this Valuable Feed Ingredient. UF (University in Florida) IFAS Extension, 3.

Miles, R. D., Jacob, J. P., 2013. Fishmeal in poultry diets. Understanding the production of valuable feed ingredients. Institute of food and Agricultural sciences, University of Florida.22p

Mérida, S.N., Vidal, A.N., Martínez-Llorens, S., Cerdá, M.J., 2010. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver *histology*. *Aquaculture* 298 (3-4), 275-281.

Mohseni, M., Bahmani, M., Pour-Ali, H., Arshad, A., Alizadeh, M., Jamalzad, F., Sufiani, N., Haghighian, M., Zahedifar, M., 2005. Determining the nutritional needs of the film from the larval stage to the market stage. Iranian Fisheries Science Research Institute. Report Number: 45025, 245 p.

Nagel, F., Danwitz, A.V., Tusche, K., Kroeckel, S., Bussel, C.G.J., Schlachter, M., Schulz, C., 2012. Nutritional evaluation of rapeseed protein isolateas fish meal substitute for juvenile turbot (*Psetta maxima*): Impact on growth performance, body composition, nutrient digestibility and blood physiology. Aquaculture, 256 (3-4), 357-364.

Nang Thu, T.T., Parkouda, C., Saeger, S.D., Larondelle, Y., Rollin, X., 2007. Comparison of the lysine utilization efficiency in different plant protein sources supplemented with L-lysine-HCl in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Aquaculture* 272 (1-4), 477–488.

N.R.C., 1990. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C., 428 p.

N.R.C., 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academy Press, Washington, D. C., 329 p.

Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czuminska, K., Olech, W., Olejniczak, M., 2005. Rearing of pike perch larvae using formulated diets-first success with starter feeds *Aquaculture Research*, 36 (12), 1167-1176.

Peres, H., Oliva-Teles, A., 2006. Effect of the dietary essential to non-essential amino acid ratio on growth, feed utilization and nitrogen metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 256 (1-4), 395-402.

Piccolo, G., Centoducati, G., Bovera F., Marrone, R., Nizza, A., 2013. Effects of mannan oligosaccharides and inulin on sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) in the context of partial fish substitution by soybean meal. *Italian Journal of Animal Science* 12 (1), 133-138.

Poleksić, V., Karan, V., Elezović, I., Nešković, N., 1995. Estimation of harmful effects of pesticides on fish: biochemical and histopathological approach. Regional Symposium: "*Chemistry and the Environment", Vrnjačka Banja, Serbian Chemical Society*, *Proceedings* 1, 487-490.

Potki, N., Falahatkar, B., Alizadeh, A., 2018. Growth, hematological and biochemical indices of common carp (*Cyprinus carpio*) fed diets containing corn gluten meal. *Aquaculture International* 26, 1573-1586.

Raskovic, C.B., Stonkovic, B., Markovic, Z.Z., Poleksic, V.D., 2011. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. *Journal of Agricultural Sciences* 56 (1), 87-100.

Refstie, S., Korsøen, Ø.J., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I., Roem, A.J., 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (Salmo salar). *Aquaculture* 190 (1-2), 49-63.

Salahshoori, E., Efatpanah, I., 2017. The Effect of Dietary Protein Levels on Growth Performance and Hematological Parameters of Juveniles Beluga Sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Development Aquaculture* 11 (1), 51-62. In Persian

Silva, J.M.G., Espe, M., Conceicao, L.E.C., Dias, J., Valente, L.M.P., 2009. Senegalese sole juveniles (*Solea senegalensis*) grow equally well on diets devoid of fish meal provided the dietary amino acids are balanced. *Aquaculture* 296 (3-4), 309-317.

Stephensen, E., Svavarsson, J., Sturve, J., Ericson, G., Adolfson-Erici, M., Forlin, L., 2000. Biochemical indicators of pollution exposure in shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*), caught in four harbors on the south-west coast of Iceland. *Aquatic Toxicology* 48 (4), 431–442.

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. 75p.

Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Metian, M., 2011. Demand and Supply of Feed Ingredients for Farmed Fish and Crustaceans: Trends and Prospects. In: *FAO Fisheries Technical Paper*, 564: 26-3.

Thomas, A., De La Gandara, F., Garcia-Gomez, A., Perez, L., Jover, M., 2005. Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, (*Seriola dumerili*). *Aquaculture Nutrition* 11 (5), 333-340.

Tusche, K., Arning, S., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C., 2012. Wheat gluten and potato protein concentrate promising protein sources for organic farming of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 349, 120-125.

Wang, Y., Kong, L.J., Li, C., Bureau, D. P., 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture* 261 (4), 1307–1313.

Wang, J., Yun, B., Xue, M., Wu, X.F., Zheng, Y.H., Li, P., 2012. Apparent digestibility coefficients of several protein sources, and replacement of fishmeal by porcine meal in diets of Japanese seabass, (*Lateolabrax japonicas*), is affected by dietary protein levels. *Aquaculture Research* 43 (1), 117-127.

Wang, X. F., Li, X. Q., Leng, X. J., Shan, L. L., Zhao, J. X., Wang, Y. T., 2014. Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 428, 79-87.

Yun, B., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Qi, G., 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. *Aquaculture* 324, 85-91.

Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y., Wu, X., 2014. Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser Baerii*). *Aquaculture Nutrition* 20 (1), 69-78.

Xu, Q.Y., Xu, H., Wang, C., Zheng, Q., Sun, D., 2011. Studies on dietary phosphorus requirement of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Applied Ichthyology* 27, 709-714.

Xue, M., Yun, B., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y., Wu, X., 2012. Performance, body composition input and output of nitrogen and phosphorus in Seberian sturgeon, (*Acipenser baerii*), as affected by dietary animal protein blend replacing fish meal and protein level. *Aquaculture Nutrition* 18(5), 493-501.

Zakes, Z., Kowalska, A., Demska-Zakes, K., Jeney, G., Jeney, Z., 2008. Effect of two medicinal herb (*Astragalus radix and Lonicera japonica*) on the growth performance and body composition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Research* 39 (11), 1149-1160.

Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X., Xue, M., Niu, C., 2011. Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*), results in performance equal to fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition* 17 (2), 389-395.