شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴
ص ۴۷۹-۴۹۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۰

# رشد و تغییرات بیوشیمی بدن بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) تحت تأثیر سطوح مختلف پروتئین و چربی جیره

❖ **زهرا محمودی:** کارشناس ارشد گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
❖ **بهرام فلاحتکار*:** استاد گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
❖ **حمید علاف نویریان:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
❖ **مجیدرضا خوش خلق:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

## چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیرات سطوح مختلف پروتئین (۴۰، ۳۵ و ۳۰ درصد) و چربی (۱۴، ۱۲ و ۱۰ درصد) در عملکرد رشد و تغییرات فیزیولوژیک بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) انجام شد. ۶۷۵ ماهی (۰/۰۱ ± ۱/۱۵ گرم) در ۲۷ آکواریوم ۴۵ لیتری توزیع و به مدت ۸ هفته در ۴ وعدهٔ غذایی غذادهی شدند. تقابل بین پروتئین و چربی تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از عوامل رشد ایجاد نکرد ($P > 0/05$). نتایج نشان داد به‌کارگیری پروتئین تا سطح ۳۵ درصد موجب افزایش برخی از شاخص‌های رشد از جمله وزن نهایی و افزایش وزن شده است ($P < 0/05$). بهترین عملکرد رشد در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۱۴ درصد چربی مشاهده شد ($P< 0/05$). بازده پروتئین و گلوکز تحت تأثیر تقابل بین پروتئین و چربی جیره قرار نگرفتند ($P > 0/05$). میزان تری‌گلیسرید و کلسترول به طور معنی‌داری تحت تأثیر پروتئین و چربی و تقابل بین این دو قرار گرفت ($P < 0/05$)، بالاترین میزان تری‌گلیسرید در ماهیان تغذیه‌شده با ۳۰ درصد پروتئین و ۱۰ و ۱۲ درصد چربی و بیش‌ترین میزان کلسترول در ماهیان تغذیه‌شده با ۴۰ درصد پروتئین به همراه ۱۲ و ۱۴ درصد چربی مشاهده شد. نتایج مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که پروتئین کم‌تر (۳۰ درصد) و بیش‌تر (۴۰ درصد) از حد نیاز ماهی سفید می‌تواند تأثیرات منفی در رشد و پارامترهای فیزیولوژیک داشته باشد و افزایش سطح چربی تا ۱۴ درصد اثر منفی در پارامترهای رشد بچه‌ماهیان سفید نداشت. به منظور عملکرد بهتر ماهی سفید در این محدودهٔ سنی جیره‌ای با ۳۵ درصد پروتئین و ۱۴ درصد چربی پیشنهاد می‌شود.

**واژگان کلیدی:** پروتئین، چربی، رشد، ماهی سفید دریای خزر.

* نویسندهٔ مسئول تلفن : ۰۱۳۴۴۳۲۳۵۹۹ فکس: ۰۱۳۴۴۳۲۳۶۰۰
Email: falahatkar@guilan.ir

## ۱. مقدمه

با افزایش جمعیت جهان در چند دههٔ اخیر رشد فزاینده‌ای در میزان تولید محصولات دریایی دیده شد، اما این مقدار تولید جوابگوی نیاز بازار نبوده و موجب کاهش در میزان منابع طبیعی (موجودات دریایی) در اکثر نقاط جهان شده است که ایران هم از این امر مستثنی نیست. ماهی سفید از جمله آبزیانی است که در چند دههٔ اخیر به علل مختلف ذخایرش در دریای خزر تهدید شده است. این ماهی با زندگی در آب‌های لب شور دریای خزر و تالاب‌های اطراف آن سازگار شده است. ماهی سفید نقش مهمی در سبد صید صیادان شمال از دیرباز تاکنون بر عهده داشته است. در سال ۱۳۶۱، شیلات ایران به دلیل کاهش شدید ذخایر این ماهی، با توجه به اهمیت این گونه، اقدام به بازسازی ذخایر آن از طریق تکثیر مصنوعی کرد (Abdolmaleki, 2006). سالانه بیش از ۲۵۰ میلیون قطعه بچه‌ماهی ۲-۱ گرمی از سوی سازمان شیلات ایران در کارگاه‌های تکثیر تولید و به رودخانه‌ها رهاسازی می‌شود (Ghorbanzade and Nazari, 2014).

پرورش موفقیت‌آمیز ماهیان از جمله ماهی سفید به قابلیت دسترسی به غذای مناسب برای تغذیه بستگی دارد تا بتوان سلامت و رشد را به‌خصوص در دوران نوزادی تضمین کرد (Giri *et al.*, 2002). تکثیر و تولید بچه‌ماهی سفید در استخرهای خاکی از جمله راهکارهای حفظ و بهبود ذخایر این ماهی بوده که سازمان شیلات به کار گرفته است. جیرهٔ غذایی مورد استفاده برای این ماهی در استخرهای خاکی به صورت خمیری و محتوی ۳۵-۲۸ درصد پروتئین و ۱۰-۸ درصد چربی است که این جیره بر اساس نیاز کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تهیه شده است. نیاز غذایی این گونه هنوز به‌درستی مشخص نشده است، البته مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته که می‌توان به مطالعات Noverian, *et al.* (2005, 2007)، Talebi Haghighi (2006)، Falahatkar *et al.* (2012) و Mohammadzadeh *et al.* (2013) اشاره کرد.

با توجه به این‌که در تغذیهٔ ماهی آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری برای سنتز پروتئین بدن استفاده می‌شود و نیز قسمتی از انرژی لازم برای ابقا از طریق پروتئین تأمین می‌شود، پروتئین از اجزای ضروری جیره به شمار می‌رود. پروتئین لازم برای گونه‌های مختلف به گونهٔ ماهی، کیفیت پروتئین، منابع انرژی‌زای غیرپروتئینی و اندازهٔ ماهی بستگی دارد (McGoogan and Gatlin, 1999; Webster and Lim, 2002). افزایش سطح پروتئین، به‌ویژه برای ماهیان گوشتخوار، می‌تواند به بهبود تولید ماهی منجر شود. با این حال، استفادهٔ بیش از حد از پروتئین در پرورش ماهی به این دلیل که بخش زیادی از هزینهٔ جیره و منبع اصلی ضایعات نیتروژنی مربوط به پروتئین است از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست (Ergun *et al.*, 2010).

با توجه به مطالعات صورت‌گرفته، روند اخیرِ فرمولاسیون تجاری غذا به سمت استفادهٔ بیش‌تر از چربی در جیره پیش می‌رود که این امر موجب بهبود بازده غذا و رشد شده است، اما این نگرانی نیز وجود دارد که افزایش بیش از حد چربی غذا بتواند موجب تجمع چربی در لاشه و احشا شود و در نتیجه کیفیت و بازده تولید کاهش یابد (Ogata and Shearer,

2000; Borba *et al*., 2003). برخی ماهیان به‌خصوص ماهیان گوشتخوار (بیش‌تر ماهیان دریایی و سخت‌پوستان دریایی) می‌توانند سطوح بالای چربی را برای حداکثر رشد به کار گیرند (Peres and Oliva-Teles, 1999; Williams *et al*., 2003; Lopez *et al*., 2006). از طرف دیگر، برخی محققان و نویسندگان گزارش دادند که سطوح بالای چربی ممکن است رشد را محدود کند (Chou and Shiau, 1996; Lin and Shiau, 2003) و این کاهش رشد ممکن است به علت کاهش مصرف غذا، تجمع چربی اضافی در بافت احشایی و کاهش در کارایی یا بازده آنزیم‌های گوارشی باشد (Tocher, 2003)، بنابراین باید استفاده از چربی در رژیم غذایی به‌دقت ارزیابی شود.

دستیابی به اثر بهینهٔ پروتئین به وسیلهٔ منابع انرژی‌زای غیرپروتئینی در بسیاری از گونه‌ها به اثبات رسیده است (Serrano *et al*., 1992; Shiau and Peng, 1993; Thoman *et al*., 1999; Azevedo *et al*., 2002). توانایی استفاده از چربی به جای پروتئین می‌تواند موجب کاهش در کاتابولیسم پروتئین‌های خورده‌شده شود (Refstie *et al*., 2001; Williams *et al*., 2003) و در نتیجه به طور بالقوه ورود مواد زائد نیتروژنی به داخل سیستم پرورش کاهش پیدا می‌کند (Miller *et al*., 2005). کمبود منابع انرژی‌زای غیرپروتئینی موجب کاتابولیسم پروتئین برای تولید انرژی می‌شود، در حالی که انرژی بیش از حد می‌تواند موجب سرکوب اشتها، کاهش رشد، افزایش رسوب چربی، افزایش هزینهٔ تولید و کاهش کیفیت آب ناشی از غذای هدررفته شود (NRC, 1993; Ahmad, 2008; Garling and Wilson, 1976).

بنابراین سطح نامناسب پروتئین و چربی و نسبت این دو ممکن است موجب کاهش عملکرد رشد، افزایش هزینهٔ تولید ذخیرهٔ چربی در بدن و کاهش کیفیت آب ناشی از غذای هدررفته شود.

فاکتورهای فیزیولوژیک در پرورش متراکم ماهی از پارامترهای جدایی‌ناپذیر در سلامت ماهیان به شمار می‌رود. جیرهٔ غذایی، سازگاری‌های متابولیک و متغیرهای مختلف در فعالیت ماهی از فاکتورهای عمده در تغییرات پارامترهای فیزیولوژیک‌اند (Cnaani *et al*., 2004; Abdel-Tawab *et al*., 2010). جیرهٔ غذایی و تعادل بین چربی و پروتئین جیره در بهره‌وری از غذا تأثیر می‌گذارد و موجب تأثیر در متابولسیم گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده است پروتئین و چربی جیره می‌توانند در متابولیسم گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول در ماهیان تأثیر بگذارد (Cameron *et al*., 2002; Matter *et al*., 2004; Du *et al*., 2005).

با توجه به اهمیت استراتژیک ماهی سفید دریای خزر و مطالعات اندک صورت‌گرفته دربارهٔ این گونه، تحقیق و پژوهش دربارهٔ این ماهی امری ضروری به نظر می‌رسد. تعیین سطح مطلوب پروتئین و چربی نقش مهمی در سلامت ماهی، کاهش مصرف پروتئین، هزینهٔ تمام‌شدهٔ غذا، کاهش آلودگی آمونیاکی و رشد بهینهٔ بچه‌ماهی دارد. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین جیره‌ای کاربردی و قابل استفاده در مراکز تکثیر و بازسازی ذخایر این ماهی در ارتباط با سطح بهینهٔ پروتئین و چربی و تأثیر این جیره‌ها در رشد و برخی از فاکتورهای فیزیولوژیک بدن ماهی سفید طراحی و اجرا شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در کارگاه تکثیر و پرورش دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان انجام گرفت. پس از تهیهٔ بچه‌ماهیان از مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل و انتقال آن‌ها به مخازن، ۶۷۵ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزنی ۰/۰۱ ± ۱/۱۵ گرم پس از دو هفته عادت‌دهی با جیرهٔ تجاری استارتر قزل‌آلا (پروتئین ۵۰٪، چربی ۱۳٪، خاکستر ۱۲٪، رطوبت ۱۲-۱۰٪، انرژی ۳۷۰۰kcal/kg، قطر کرامبل ۰/۹-۰/۵ mm)، به ۲۷ آکواریوم ۴۵ لیتری به ابعاد ۱۵ × ۱۵ × ۲۰ سانتی‌متر به تعداد ۲۵ قطعه در هر مخزن معرفی شدند. در این تحقیق از ۹ تیمار و ۳ تکرار استفاده شد. غذادهی روزانه بر حسب اشتها به صورت دستی در ۴ نوبت (ساعات ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰) انجام گرفت. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دورهٔ نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی به مدت ۸ هفته انجام گرفت. منبع آب مورد استفاده چاه بود، هوادهی با استفاده از سنگ هوا متصل به هواده مرکزی انجام گرفت. آب آکواریوم‌ها هر دو روز یک‌بار قبل از غذادهی صبحگاهی به میزان ۵۰ درصد و در زمان زیست‌سنجی به طور کامل تعویض شد و آب تخلیه‌شده با آبی که از قبل هوادهی شده بود جایگزین شد. زیست‌سنجی ماهیان هر دو هفته یک‌بار انجام شد. طی دورهٔ آزمایش میزان دما در حد ۰/۵ ± ۲۲/۵ درجهٔ سانتی‌گراد، pH ۰/۱ ± ۷/۹ و اکسیژن ۰/۲ ± ۷/۱ میلی‌گرم در لیتر بود.

۹ جیرهٔ ایزوانرژیک که شامل سطوح مختلف پروتئین (۴۰، ۳۵ و ۳۰ درصد) و چربی (۱۴، ۱۲ و ۱۰ درصد) بود فرموله شد. اجزای جیره (جدول ۱) از توری با اندازهٔ ۱۰۰ میکرون عبور داده شد سپس، مواد اولیهٔ مورد نیاز برای ساخت هر یک از جیره‌های غذایی به کمک ترازوی آزمایشگاهی توزین و مخلوط شدند. پس از آن روغن به مخلوط مواد اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه کاملاً با هم مخلوط شدند. آب به میزان ۳۰ درصد مادهٔ خشک اضافه شد، سپس مخلوط حاصل به کمک چرخ‌گوشت خانگی به صورت رشته‌هایی به قطر ۲ تا ۲/۵ میلی‌متر درآمد. جیره‌های ساخته‌شده در آون در دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. در زمان خشک‌شدن، رشته‌های غذا به هم زده شدند تا همهٔ رشته‌ها به طور یکنواخت خشک شوند. پلت‌ها تا زمان استفاده در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. فقط غذای روزانه یا غذای چندروزهٔ ماهیان در یخچال نگهداری شد. جیره‌ها به هنگام استفاده به اندازهٔ دهان ماهی خرد و به ماهیان داده شد.

برای بررسی عملکرد غذا روی بچه‌ماهیان هر دو هفته یک‌بار بیومتری انجام شد و شاخص‌های رشد و تغذیه محاسبه شدند (De Almeida Bicudo *et al.*, 2009; Ozorio *et al.*, 2009; Countinho *et al.*, 2012). این شاخص‌ها شامل موارد زیر بودند:

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

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = کل غذای خورده‌شده (گرم) / افزایش وزن کسب‌شده

پروتئین مصرفی (DPI) (گرم) = میزان غذای خورده‌شدهٔ × پروتئین خام موجود در غذا (٪)

نرخ کارایی پروتئین (PER) = [WG (گرم) / پروتئین خورده‌شده (گرم)]

**جدول ۱. اجزای غذایی و ترکیب جیره‌های غذایی مورد استفاده در جیرهٔ غذایی ماهی سفید در آزمایش حاضر**

| | جیره‌های آزمایشی | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پروتئین (درصد) | ۳۰ | | | ۳۵ | | | ۴۰ | | |
| چربی (درصد) | ۱۰ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۴ |
| اقلام جیره (درصد) | | | | | | | | | |
| پودر ماهی | ۲۷ | ۲۷ | ۲۷ | ۲۷ | ۲۷/۵ | ۲۷/۵ | ۲۷ | ۲۷/۷۵ | ۲۸ |
| آرد سویا | ۱۳ | ۱۶ | ۱۸ | ۱۸/۵ | ۱۹/۵۲ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ |
| آرد گندم | ۲۵ | ۲۰ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۵/۵ | ۱۳ | ۱۵/۵ | ۱۲ | ۱۰ |
| آرد ذرت | ۲۰ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۶/۵ | ۱۴ | ۱۳ | ۱۳/۵ | ۱۲ | ۱۱/۵ |
| ژلاتین[1] | ۲/۸۷ | ۲/۳۴ | ۲/۰۴ | ۶/۷۳ | ۶/۴۳ | ۶/۶۳ | ۱۱/۳۹ | ۱۱/۷۲ | ۱۱/۹۱ |
| روغن آفتابگردان | ۱ | ۳ | ۵ | ۱ | ۳ | ۵ | ۱ | ۳ | ۵ |
| مکمل ویتامینه[2] | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مکمل معدنی[3] | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| ویتامین C[4] | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ |
| دی‌کلسیم فسفات[5] | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ |
| فیلر (ماسه) | ۶/۴۳ | ۸/۹۶ | ۱۰/۲۶ | ۸/۵۷ | ۹/۳۵ | ۱۰/۱۷ | ۶/۹۱ | ۸/۸۳ | ۸/۸۹ |

۱ ژلاتین آریا، مشهد، ایران.

۲ شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس ویتامینه حاوی IU ۱۶۰۰۰۰۰ ویتامین A، IU ۴۰۰۰۰۰ ویتامین D3، ۳۰ گرم ویتامین E، ۱۰ گرم تیامین، ۸ گرم ریبوفلاوین، ۴۰ گرم پیریدوکسین، ۳ گرم اسید فولیک، ۰/۰۱ گرم سیانوکوبالامین، ۱۰۰ گرم ویتامین C، ۱۰ گرم ویتامین K3، ۱۰ گرم بیوتین، ۲۰ گرم BHT و ۱۰۰ گرم ویتامین اینوزیتول است. ۳شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس معدنی حاوی ۲۰ گرم آهن، ۶۰ گرم روی، ۴۰۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۲۰۰ میلی‌گرم کبالت،۲ گرم مس، ۴۰ گرم منگنز، ۴۰۰ میلی‌گرم ید است.

۴شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). ۵ دی کلسیم فسفات: شرکت ارس‌تابان، مازندران، ایران.

پس از اتمام دورهٔ پرورش و بیومتری نهایی، ۱۸ ماهی از هر تیمار (۳ ماهی از هر تکرار) برای اندازه‌گیری گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول در بافت به صورت تصادفی انتخاب شدند و پس از وزن‌شدن تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰°C- نگهداری شدند. برای انجام آزمایش، نمونه‌ها در سرم فیزیولوژیک (به ازای هر ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه، ۰/۲ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی)، با دستگاه هموژنایزر (T 10 basic Ultra turrax, IKA, Germany) هموژن شدند. پس از سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه و جداکردن مایع رویی، نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰°C- نگهداری شدند (Aranguren *et al.*, 2006). مقادیر گلوکز در نمونه‌ها با استفاده از کیت شرکت پارس‌آزمون (کرج، ایران) و با روش آنزیمی رنگ‌سنجی با دستگاه اتوآنالایزر (Technicon RA-1000, USA) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری با طول موج ۵۰۰ نانومتر و با واحد $mg\ dl^{-1}$ در درجهٔ حرارت ۳۷°C انجام شد. کلسترول نیز با روش آنزیمی رنگ‌سنجی با استفاده از کیت شرکت پارس‌آزمون (کرج، ایران) با واحد $mg\ dl^{-1}$ به وسیلهٔ

دستگاه اتوآنالایزر (Technicon RA-1000, USA) در طول موج ۵۴۰-۵۰۰ نانومتر سنجیده شد. برای اندازه‌گیری تری‌گلیسرید نیز از طول موج ۴۶۰ نانومتر استفاده شد (Dein , 1986). تجزیهٔ تقریبی جیره‌های ساخته‌شده (جدول ۲) از طریق روش‌های استاندارد (۱۹۹۰) AOAC اندازه‌گیری شد.

**جدول ۲. میانگین (± SE) آنالیز تقریبی جیره‌های مورد استفاده برای پرورش ماهی سفید در مطالعهٔ حاضر (n=۳)**

| پروتئین (درصد) | چربی (درصد) | پروتئین (درصد) | چربی (درصد) | خاکستر (درصد) | رطوبت (درصد) | انرژی ناخالص[1] (KJ/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰ | ۱۰ | ۲۹/۸۲ ± ۰/۳۰ | ۱۰/۰۳ ± ۰/۰۸ | ۱۳/۹۱ ± ۱/۲۰ | ۸/۲۰ ± ۱/۰۰ | ۱۷۲۹ ± ۴/۳ |
| | ۱۲ | ۲۹/۴۲ ± ۰/۱۶ | ۱۱/۹۹ ± ۰/۰۵ | ۱۵/۵۸ ± ۱/۵ | ۸/۵۰ ± ۰/۹۰ | ۱۷۲۴ ± ۰/۵۰ |
| | ۱۴ | ۲۹/۸۸ ± ۰/۰۶ | ۱۳/۸۰ ± ۰/۱۰ | ۱۶/۹۷ ± ۲/۰۰ | ۸/۰۰ ± ۰/۸۰ | ۱۷۵۴ ± ۳/۹ |
| ۳۵ | ۱۰ | ۳۴/۶۳ ± ۰/۰۶ | ۹/۹۵ ± ۰/۰۷۰ | ۱۴/۴۰ ± ۱/۸۰ | ۹/۰۰ ± ۱/۲۰ | ۱۷۲۲ ± ۰/۱۳ |
| | ۱۲ | ۳۴/۷۸ ± ۰/۰۰ | ۱۱/۹۱ ± ۰/۰۵ | ۱۴/۳۳ ± ۱/۷۰ | ۹/۵۰ ± ۰/۸۰ | ۱۷۵۷ ± ۰/۷۲ |
| | ۱۴ | ۳۴/۶۳ ± ۱/۵۰ | ۱۳/۸۵ ± ۰/۰۲ | ۱۵/۲۴ ± ۱/۹۰ | ۹/۰۰ ± ۰/۸۵ | ۱۸۸۹ ± ۰/۶۸ |
| ۴۰ | ۱۰ | ۳۹/۸۵ ± ۰/۰۰ | ۱۰/۰۰ ± ۱/۳۰ | ۱۲/۸۱ ± ۱/۵۰ | ۸/۵۰ ± ۱/۰۰ | ۱۸۹۷ ± ۰/۱۳ |
| | ۱۲ | ۳۹/۶۳ ± ۰/۰۶ | ۱۲/۱۱ ± ۰/۰۴ | ۱۳/۹۰ ± ۱/۲۲ | ۸/۸۰ ± ۰/۸۰ | ۱۸۱۴ ± ۰/۳۳ |
| | ۱۴ | ۳۹/۸۵ ± ۰/۱۲ | ۱۳/۸۸ ± ۰/۰۲ | ۱۴/۴۳ ± ۱/۲۵ | ۸/۵۰ ± ۰/۷۰ | ۱۸۵۷ ± ۱/۲۵ |

۱ انرژی ناخالص بر حسب هر گرم انرژی موجود در پروتئین (۲۳/۶ KJ)، چربی (۳۹/۵ KJ)، کربوهیدرات (۱۷/۲KJ)

## ۱.۲. آنالیز آماری

نخست، وضعیت داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov برای نرمال‌بودن و آزمون Levene برای همگنی واریانس‌ها بررسی شد. در صورت برقراری شرایط مذکور، به منظور مقایسهٔ معنی‌داربودن تفاوت بین میانگین‌ها از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) همراه با حالت اثر متقابل و در صورت معنی‌داربودن اثر متقابل از تست Tukey استفاده شد. همهٔ آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 16) در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام گرفت. داده‌های درون متن به صورت میانگین ± خطای معیار (mean ± S.E) بیان شدند.

## ۳.نتایج

تأثیر پروتئین و چربی جیره در عملکرد رشد ماهی سفید دریای خزر در جدول ۳ نشان داده شده است. پروتئین و چربی به طور معنی‌داری عملکرد رشد را تحت تأثیر قرار دادند ($P < ۰/۰۵$)، ولی اثر متقابل این دو تفاوت معنی‌داری در عملکرد رشد بچه‌ماهی سفید نداشت ($P > ۰/۰۵$). با افزایش پروتئین تا ۳۵ درصد رشد افزایش و در سطوح ۴۰ درصد پروتئین رشد کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۵$). با افزایش چربی شاخص‌های رشد افزایش پیدا کردند ($P < ۰/۰۵$).

ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر سطوح پروتئین و چربی و تقابل بین این دو قرار نگرفت (P > ۰/۰۵). بیش‌ترین میزان پروتئین مصرفی مربوط به تیمار ۴۰ درصد پروتئین و ۱۴ درصد چربی بود (P < ۰/۰۵). با افزایش پروتئین جیره بازده پروتئین به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (P < ۰/۰۵). بازده پروتئین با افزایش چربی بهبود پیدا کرد، ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (P > ۰/۰۵).

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که گلوکز تحت تأثیر سطوح پروتئین و چربی جیره قرار نگرفت (P > ۰/۰۵). تری‌گلیسرید به طور معنی‌داری در ماهیان تغذیه‌شده با ۳۰ درصد پروتئین و ۱۰ و ۱۲ درصد چربی بیش‌تر بود (P < ۰/۰۵). کم‌ترین میزان کلسترول در ماهیان تغذیه‌شده با ۳۵ درصد پروتئین و ۱۰ درصد چربی به دست آمد (P < ۰/۰۵).

**جدول ۳. مقایسهٔ میانگین (SE ±) شاخص‌های رشد و کارایی غذا در بچه‌ماهی سفید نسبت به اثر متقابل سطوح متفاوت پروتئین به چربی جیره پس از ۵۶ روز پرورش**

| چربی/پروتئین (درصد) | وزن اولیه (گرم) | وزن نهایی (گرم) | افزایش وزن (گرم) | ضریب تبدیل غذایی | پروتئین مصرفی (گرم) | بازده پروتئین |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰/۱۰ | ۱/۱۸±۰/ ۰۴ | ۲/۱۸±۰/۰۵ | ۱/۰۰±۰/۰۴ | ۲/۱۹±۰/۱۲ | ۱/۱۷±۰/۰۵$^{e}$ | ۱/۵۲±۰/۰۵ |
| ۳۰/۱۲ | ۱/۱۵±۰/۰۲ | ۲/۳۱±۰/۰۳ | ۱/۱۶±۰/۰۳ | ۲/۰۹±۰/۲۱ | ۱/۳۰±۰/۰۸$^{de}$ | ۱/۶±۰/۰۹ |
| ۳۰/۱۴ | ۱/۰۸±۰/۰۱ | ۲/۳۵±۰/۱۱ | ۱/۲۷±۰/۱ | ۲/۰۵±۰/۳۴ | ۱/۳۷±۰/۰۵$^{cd}$ | ۱/۶۵±۰/۱۶ |
| ۳۵/۱۰ | ۱/۱۴±۰/۰۱ | ۲/۳۹±۰/۰۸ | ۱/۲۴±۰/۰۷ | ۱/۹۷±۰/۲۶ | ۱/۵۲±۰/۰۶$^{bc}$ | ۱/۴۴±۰/۱ |
| ۳۵/۱۲ | ۱/۰۸±۰/۰۲ | ۲/۳۶±۰/۰۲ | ۱/۲۷±۰/۰۲ | ۲/۰۱±۰/۰۹ | ۱/۶۰±۰/۰۶$^{ab}$ | ۱/۴۱±۰/۰۴ |
| ۳۵/۱۴ | ۱/۲۵±۰/۰۴ | ۲/۶±۰/۱۲ | ۱/۳۵±۰/۱ | ۱/۷۸±۰/۲۹ | ۱/۴۸±۰/۰۶$^{cd}$ | ۱/۶۶±۰/۱۶ |
| ۴۰/۱۰ | ۱/۱۳±۰/۰۰ | ۲/۱۲±۰/۰۶ | ۰/۹۹±۰/۰۵ | ۲/۳۵±۰/۱۰ | ۱/۶۷±۰/۰۷$^{ab}$ | ۱/۰۶±۰/۰۳ |
| ۴۰/۱۲ | ۱/۱۶±۰/۰۵ | ۲/۳۱±۰/۰۵ | ۱/۱۵±۰/۱ | ۱/۷۰±۰/۳۴ | ۱/۳۷±۰/۰۷$^{cd}$ | ۱/۵۰±۰/۱۶ |
| ۴۰/۱۴ | ۱/۱۵±۰/۰۴ | ۲/۳۵±۰/۰۹ | ۱/۲±۰/۰۶ | ۲/۰۸±۰/۲۱ | ۱/۷۸±۰/۰۷$^{a}$ | ۱/۲۱±۰/۰۷ |
| آنالیز واریانس دوطرفه | | | | | | |
| پروتئین | ۰/۷۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱۵ | ۰/۲۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۴ |
| چربی | ۰/۵۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰۴ | ۰/۱۶ |
| پروتئین×چربی | ۰/۱ | ۰/۵۴ | ۰/۷۸ | ۰/۱۳ | ۰/۰۰ | ۰/۱۶ |

**جدول ۴. مقایسهٔ تأثیر سطوح مختلف پروتئین به چربی بر شاخص‌های فیزیولوژیک بچه‌ماهیان سفید پس از ۵۶ روز پرورش (n= 3)**

| چربی/پروتئین (درصد) | گلوکز ($mg\ g^{-1}$) | تری‌گلیسرید ($mg\ g^{-1}$) | کلسترول ($mg\ g^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| ۱۰/۳۰ | ۵۳ ± ۱۹/۵ | ۲۸۰± ۲۱$^{a}$ | ۰۰/۴۸± ۴۶/۳$^{ab}$ |
| ۱۲/۳۰ | ۸۳/۵۷± ۹۱/۳ | ۲۹۴± ۱۶$^{a}$ | ۰۰/۴۳± ۳۵/۶$^{abc}$ |
| ۱۴/۳۰ | ۰۰/۵۷± ۵/۷ | ۱۹۴± ۲/ ۳$^{cd}$ | ۰۰/۴۵± ۸۸/۲$^{ab}$ |
| ۱۰/۳۵ | ۰۰/۶۱± ۵۷/۰ | ۱۷۸± ۱۶/۱۶$^{d}$ | ۰۰/۳۰± ۰۰/۰$^{c}$ |
| ۱۲/۳۵ | ۳۳/۵۹± ۷/۷ | ۲۷۱± ۲۰$^{ab}$ | ۰۰/۳۸± ۲/ ۳ $^{bc}$ |
| ۱۴/۳۵ | ۰۰/۶۸± ۱۵/۱ | ۲۵۲± ۱۴$^{abc}$ | ۰۰/۴۴± ۷۳/۱$^{abc}$ |
| ۱۰/۴۰ | ۰۰/۷۰± ۴۶/۳ | ۲۰۲± ۱۲$^{bcd}$ | ۰۰/۴۲± ۰۰/۰$^{abc}$ |
| ۱۲/۴۰ | ۰۰/۵۶± ۳/۲ | ۲۲۴± ۱۱$^{abcd}$ | ۰۰/۵۳± ۷۳/۱$^{a}$ |
| ۱۴/۴۰ | ۶۴/۰۰± ۳/۲ | ۲۳۹±۱۲ $^{abcd}$ | ۰۰/۵۰± ۳/۲$^{ab}$ |
| آنالیز واریانس دوطرفه | | | |
| پروتئین | ۰/۶۰۶ | ۰۳/۰ | ۰۰۱/۰ |
| چربی | ۰/۲۲۱ | ۰۰۶/۰ | ۰۴/۰ |
| پروتئین × چربی | ۰/۰۷۷ | ۰۰/۰ | ۰۳/۰ |

## ۴.بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که در هر سطح از چربی جیره با افزایش پروتئین تا سطح ۳۵ درصد رشد افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. Winfree و Stickney (۱۹۸۸) گزارش کردند هنگامی که منابع انرژی‌زای غیرکافی در جیره وجود داشته باشد پروتئین‌های موجود در غذا دی‌آمینه می‌شود و به جای این‌که برای رشد مورد استفاده قرار گیرد به منظور تولید انرژی استفاده می‌شود و این امر می‌تواند دلیلی بر رشد ضعیف ماهی در جیره‌ای با سطوح بالای پروتئین باشد. Dabrowski (۱۹۷۷) در کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، Sen و همکاران (۱۹۷۸) در کپورماهیان، Santiago و Reyes (۱۹۹۱) در کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*)، Ozorio و همکاران (۲۰۰۹) در two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*) و Guo و همکاران (۲۰۱۲) در هیبرید ماهی خاویاری (*Acipenser baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂) کاهش رشد در ماهیان تغذیه‌شده با سطوح بالای پروتئین را گزارش کرده‌اند.

سطح مناسب احتیاجات پروتئینی برای بچه‌ماهی سفید دریای خزر در آزمایش حاضر ۳۵ درصد تعیین شد. این نتایج موافق با نتایج Noverian *et al.* (2005) است. در مطالعهٔ حاضر با افزایش چربی

جیره شاخص‌های رشد افزایش پیدا کرد که موافق با نتایج Li *et al.* (2010) دربارهٔ سیم بدون پوزه (*Megalobrama amblycephala*) و Shalaby *et al.* (2011) دربارهٔ سیم دریایی سفید (*Diplodus sargus*) است. در این مطالعه سطح بهینهٔ چربی برای ماهی سفید ۱۴ درصد تعیین شد. Noverian *et al.* (2007) سطح بهینهٔ چربی برای ماهی سفید (۲ گرمی) را ۱۲ درصد و Talebi Haghighi (2006) این سطح را برای لارو ۷/۶۷ درصد بیان کرد. تفاوت در گزارش‌های سطح مورد نیاز چربی در آبزیان ممکن است به علت تفاوت در دمای آب، نوع چربی، محتوای انرژی، پروتئین جیره، نوع و اندازهٔ گونه باشد (NRC, 1993). در این مطالعه کم‌ترین عملکرد رشد مربوط به جیره‌هایی با پایین‌ترین سطح چربی بود. می‌توان گفت در سطوح پایین چربی، ماهی از پروتئین به‌منزلهٔ منبع انرژی استفاده می‌کند و در نتیجه پروتئین که در شرایط ایده‌آل باید صرف رشد و تشکیل بافت شود به منظور تأمین انرژی استفاده می‌شود. بنابراین مشاهده می‌شود که شاخص‌های رشد کاهش می‌یابد (Hernandez *et al*., 2001).

ضریب تبدیل غذایی برای تیماری که بهترین عملکرد رشد را در این آزمایش از خود نشان داد ۱/۷۸ بود که مشابه و تاحدی بهتر از کارهای قبلی دربارهٔ این ماهی بوده است. Talebi Haghighi (2006) در بررسی اثر سطوح متفاوت پروتئین در بچه‌ماهی سفید ۲۰۰ میلی‌گرمی نشان داد که تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین بهترین عملکرد را از نظر ضریب تبدیل غذایی (۱/۹۹) داراست. Ebrahimi و Ouraji (۲۰۱۱) در تحقیق خود دربارهٔ تأثیر چربی در بچه‌ماهی سفید ۰/۵ گرمی بهترین ضریب تبدیل غذایی را ۱/۷۷ گزارش کردند.

در تحقیق حاضر بازده پروتئینی تحت تأثیر پروتئین جیره قرار گرفت. به طوری که در سطوح ۱۰ و ۱۴ درصد چربی با افزایش پروتئین جیره بازده پروتئینی کاهش پیدا کرد. این امر نشان‌دهندهٔ این است که پروتئین در سطوح بالاتر بیش‌تر به‌منزلهٔ یک منبع انرژی استفاده شده است. مشابه نتایج حاضر را می‌توان در مطالعات انجام‌شده دربارهٔ سایر گونه‌ها نیز مشاهده کرد (Kim and Lall, 2001; Boujard *et al*., 2004; Mohanta *et al*., 2008; Ozorio *et al*., 2009; Abdel-Tawwab *et al*., 2010; Li *et al*., 2010; Shalaby *et al*., 2011; Countinho *et al*., 2012; Guo *et al*., 2012). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد هر چند چربی و تقابل بین پروتئین و چربی تفاوت معنی‌داری در بازده پروتئینی ایجاد نکرد، ولی بالاترین بازده پروتئینی در تیماری مشاهده شد که حداکثر رشد را دارا بود. همچنین نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد با افزایش چربی جیره بازده پروتئینی بهبود می‌یابد و این امر ثابت می‌کند که بچه‌ماهی سفید دریای خزر توانایی بالایی در استفاده از چربی به‌منزلهٔ منبع انرژی دارد و استفاده از میزان مناسب منابع انرژی‌زای غیرپروتئینی در جیرهٔ این ماهی می‌تواند موجب کاهش کاتابولیسم پروتئین برای تولید انرژی شود و در نتیجه موجب افزایش رشد و بازده پروتئینی شود (Cho and Kauchik, 1990).

در آزمایش حاضر میزان گلوکز تحت تأثیر پروتئین و چربی و تقابل بین این دو قرار نگرفت. این احتمال وجود دارد که غلظت کل انرژی جیره نزدیک یا بالاتر از حد نیاز بوده باشد. بنابراین، نیازهای غذایی برای رشد برابر یا بالاتر از میزان مورد نیاز برای نگهداری است و سطح گلوکز تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Carmichael *et al*., 2012).

در پژوهش حاضر انتظار می‌رفت در تیمار ۳۰ درصد پروتئین ماهیان تغذیه‌شده با ۱۴ درصد چربی میزان تری‌گلیسرید بیش‌تری نسبت به ماهیان تغذیه‌شده با ۱۰ و ۱۲ درصد چربی داشته باشند، ولی نتایج عکس این قضیه را اثبات کرد. جیرهٔ ماهیان تغذیه‌شده با ۳۰ درصد پروتئین و ۱۰ و ۱۲ درصد چربی میزان کربوهیدرات بیش‌تری نسبت به ماهیان تغذیه‌شده با ۱۴ درصد چربی داشت، در واقع ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌ای که دارای چربی بالاتر و کربوهیدرات پایین‌تر (۳۰ درصد پروتئین و ۱۴ درصد چربی) است کاهشی را در تری‌گلیسرید نشان می‌دهد که ممکن است به این دلیل باشد که فعالیت لیپوپروتئینی لیپاز افزایش پیدا می‌کند و احتمالاً به اسیدهای چرب اجازه می‌دهد نقش بیش‌تری در تأمین انرژی سلول‌های محیطی ایفا کنند (Volek *et al.*, 2003).

مطالعهٔ حاضر به‌وضوح نشان می‌دهد که غلظت پروتئین در جیره اثری قوی در سوخت‌وساز چربی ماهی سفید داشته است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که غلظت تری‌گلیسرید در ماهیان تغذیه‌شده با جیرهٔ حاوی پروتئین کم (۳۰ درصد پروتئین و ۱۰ و ۱۲ درصد چربی) نسبت به جیره با پروتئین بالا بیش‌تر است که نشان می‌دهد تأمین نامناسب آمینواسیدهای ضروری برای بدن موجب افزایش مجدد در سنتز چربی و کاهش در B- اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شود. سپس، این اسیدهای چرب برای سنتز تری‌گلیسرید استفاده می‌شوند (Matter *et al.*, 2004).

در مطالعهٔ حاضر در سطح ۱۰ درصد چربی بیش‌ترین میزان کلسترول بدن ماهی سفید در تغذیه با جیرهٔ ۳۰ درصد پروتئین به دست آمد. مطالعات Adamidou *et al.* (2011) و Countinho *et al.* (2012) دربارهٔ سیم پوزه‌تیز (*Diplodus puntazzo*) نشان داد با کاهش پروتئین و افزایش سطح کربوهیدرات جیره میزان کلسترول خون سیم دریایی پوزه‌تیز افزایش پیدا می‌کند که این امر نشان‌دهندهٔ سنتز کلسترول از طریق کربوهیدرات است.

در مطالعهٔ حاضر بیش‌ترین میزان کلسترول در ماهیان تغذیه‌شده با سطح بالای پروتئین و چربی (۴۰ درصد پروتئین و ۱۲ و ۱۴ درصد چربی) به دست آمد. می‌توان گفت رژیم غذایی با پروتئین بالا میزان سنتز اسیدهای چرب و اسیدهای چرب آزاد در حال گردش را کاهش می‌دهد در حالی که کلستروژنزیز را افزایش می‌دهد (Yeh and Leveille, 1969; Rosebrough *et al.*, 1999) و از طرفی فعالیت درونی انتقال چربی به دلیل افزایش چربی جیره افزایش پیدا می‌کند. بنابراین عوامل ذکرشده موجب افزایش کلسترول بدن ماهی سفید در این تیمارها (۴۰ درصد پروتئین و ۱۲ و ۱۴ درصد چربی) شده است.

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که در سطوح ۳۵ و ۴۰ درصد پروتئین بیش‌ترین میزان تری‌گلیسرید و کلسترول در ماهیان تغذیه‌شده با سطوح بالای چربی (۱۴ و ۱۲ درصد) به دست آمد. مطالعات *et al.* Du (2005) دربارهٔ کپور علفخوار و Ann Cheng *et al.* (2006) دربارهٔ هامور (*Epinephelus coioides*) نشان داد که با افزایش چربی جیره میزان تری‌گلیسرید و کلسترول نیز افزایش پیدا می‌کند که نشان‌دهندهٔ فعالیت درونی انتقال چربی در پاسخ به چربی بالاست (Du *et al.*, 2005).

پژوهش حاضر نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان تری‌گلیسرید و کلسترول بدن ماهی سفید در

تیمارهایی با سطوح پایین (۳۰ درصد پروتئین و ۱۰ و ۱۲ درصد چربی) و بالای پروتئین (۴۰ درصد پروتئین و ۱۲ و ۱۴ درصد چربی) مشاهده شد که در واقع می‌توان گفت در سطوح پایین به دلیل تأمین نامناسب آمینواسیدها و در سطوح بالا نیز به سبب افزایش پیش‌سازهای کلسترول، که در اثر متابولیسم بالای پروتئین تولید می‌شود، تری‌گلیسرید و کلسترول افزایش یافت. این ماهی دارای نیاز پروتئینی متوسطی (۳۵ درصد) است و چربی اثر مثبتی در رشد بچه‌ماهی سفید دریای خزر دارد. بنابراین می‌توان گفت که به‌کاربردن چربی در ترکیب جیرهٔ بچه‌ماهیان سفید دریای خزر سبب بهبود شاخص‌های رشد در این ماهی می‌شود. با وجود بهبود شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان سفید در سطح چربی ۱۴ درصد، میزان مطلوب دریافت چربی در دامنه‌های بالای ۱۴ درصد و تأثیرات آن در شاخص رشد مشخص نیست. این مطالعه نشان داد جیرهٔ با ۳۵ درصد پروتئین و ۱۴ درصد چربی دارای کارایی مناسبی در بچه‌ماهی سفید در این محدودهٔ وزنی است. با این حال تأیید این نتایج نیاز به تحقیقات بیش‌تر دارد تا بتوان به جیره‌ای مناسب از لحاظ رشد و تغییرات فیزیولوژیک برای ماهی سفید دست یافت.

# References

[1]. Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M., Khattab, Y.A.E., Shalaby, A.M.E., 2010. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture 298, 267-274.

[2]. Abdoli, A., 1999. The Inland water fishes of Iran. Museum of Nature and Wildlife, Tehran, 378p. (in Persian)

[3]. Abdolmaleki, S.H., 2006. Trends in stocks fluctuation of *Rutilus frissi kutum* in Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal 15, 87-100. (in Persian)

[4]. Adamidou, S., Rigos, G., Mente, E., Nengas, I., Fountoulaki, E., 2011. The effects of dietary lipid and fibre levels on digestibility of diet and on the growth performance of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). Mediterranean Marine Science 12, 401-412.

[5]. Ahmad, M.H., 2008. Response of African catfish, *Clarias gariepinus*, to different dietary protein and lipid levels in practical diets. Journal of the World Aquaculture Society 39, 541-548.

[6]. AOAC., 1990. Official Methods Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 15th edn. Published by the Association of Analytical Chemists, USA, 2220p.

[7]. Aranguren, L.F., Brinez, B., Aragon, L., Platz, C., Caraballo, X., Suarez, S., Salazar, M., 2006. Necrotizing hepatopancreatitis (NHP) infected *Penaeus vannamei* female broodstock: Effect on reproductive parameters, nauplii and larvae quality. Aquaculture 258, 337-343.

[8]. Azevedo, O.A., Bureau, D.P., Leeson, S., Cho, C.Y., 2002. Growth and efficiency of feed usage by Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with different dietary protein: energy at two feeding levels. Fisheries Science 68, 878-888.

[9]. Borba, M.R., Fracalossi, D.M.D., Pezzato, L.E., Menoyo, D., Bautista, J.M., 2003. Growth, lipogenesis and body composition of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings fed different dietary protein and lipid concentrations. Aquatic Living Resources 16, 362-369.

[10]. Boujard, T., Tineau, A.G., Cove, D., Corraze, G.V., Dutto, G., Gasset, H., Kaushik, S., 2004. Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. Aquaculture 231, 529-545.

[11]. Cameron, C., Gurure, R., Reddy, K., Moccia, R., Leatherland, J., 2002. Correlation between dietary lipid: protein ratios and plasma growth and thyroid hormone levels in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus). Aquaculture Research 33, 383-394.

[12]. Carmichael, B., Kouakou, B., Gelaye, S., Kannan, G., Lee, J.H., Terrill, T.H., 2012. Organ mass and composition in growing dairy goat wethers fed different levels of poultry fat and protein. Small Ruminant Research 104, 104-113.

[13]. Ann Cheng, Ch., Chia Yung, Ch., Chyng Hwa, L., Ching Fong, Ch., 2006. Effects of dietary protein and lipids on blood parameters and superoxide anion production in the grouper, *Epinephelus coioides* (*Serranidae: Epinephelinae*). Zoological Studies 45, 492-502.

[14]. Cho, C.Y., Kaushik, S.J., 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). World Review of Nutrition and Dietetics 61,132-172.

[15]. Chou, B.S., Shiau, S.Y., 1996. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*. Aquaculture 143, 185-195.

[16]. Cnaani, A., Tinman, S., Avidar, Y., Ron, M., Hulata, G., 2004. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochomis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. Aquaculture Research 35, 1434-1440

[17]. Countinho, F., Peres, H., Guerreiro, I., Pousao-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., 2012. Dietary protein requirement of sharp snout seabream (*Diplodus puntazzo*, Cetti1777) juveniles. Aquaculture 356-357, 391-397.

[18]. Dabrowski, K., 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella*). Aquaculture 12, 63-73.

[19]. De Almeida Bicudo, A.J., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P., 2009. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. Aquaculture Research 40, 486-495.

[20]. Dein, F.J., 1986. Hematology. In: Harisson G.J., Harisson L.R. (Eds.), Clinical Avian Medicine and Surgery. Saunders Co, Philadelphia, pp. 174-191.

[21]. Du, Z.Y., Liu, Y.J., Tian, L.X., Wang, J.T., Wang, Y., Liang, G.Y., 2005. Effect of dietary lipid level on growth, Feed composition and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquaculture Nutrition 11, 139-146.

[22]. Ebrahimi, G., Ouraji, H., 2011. Dietary lipid requirement for the kutum fingerlings, *Rutilus frissi kutum* (Kamenskii 1901). Research Journal of Animal Sciences 5, 1-5.

[23]. Ergun, S., Guroy, D., Tekesoglu, H., Guroy, B., Celik, I., Tekinay, A., Bulut, M., 2010. Optimum Dietary Protein Level for Blue Streak Hap, *Labidochromis Caeruleus*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10, 27-31.

[24]. Falahatkar, B., Mohammadi, H., Noveirian, H., 2012. Effects of different starter diets on growth indices of Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum* larvae. Iranian Journal of Fisheries Science 11, 28-36.

[25]. Garling, D.L., Wilson, R.P., 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. Journal of Nutrition 106, 1368-1375.

[26]. Ghorbanzade, R.A., Nazari, S., 2014. Statistical Yearbook of Iran Fisheries Organization 2002-2012. Iranian Fisheries Organization, Tehran, 64p. (in Persian)

[27]. Giri, S.S., Sahoo, S.K., Sahu, B.B., Sahu, B.B., Mohanty, S.N., Mukhopadhyay, P.K., Ayyappan, S., 2002. Larval survival and growth in Wallago attu (Bloch and Schneider): effects of light, photoperiod and feeding regimes. Aquaculture 213, 151-161.

[28]. Guo, Z.N., Zhu, X.O., Liu, J.Sh., Hn, D., Yang, Y., Lan, Z., Xie, Sh. 2012. Effects of dietary protein level on growth performance, nitrogen and energy budget of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser baerii* ♀ × *A. gueldenstaedtii* ♂. Aquaculture 89-95, 338-341.

[29]. Hernandez, M.D., Egea, M.A., Rueda, F.M., Aguado, F., Martinez, F.J., Garcia, B., 2001. Effect of commercial diet with different P/E ratios on sharpsnout seabream (*Dipodus puntazzo*) Growth and nutrition utilization. Aquaculture 195, 321-329.

[30]. Kim, J.D., Lall, S.P., 2001. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Aquaculture 195, 311-319.

[31]. Li, X.F., Liu, W.B., Jiang, Y.Y., Zhub, H., Gec, X.P., 2010. Effects dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. Aquaculture 303, 65-70.

[32]. Lin, Y.H., Shiau, S.Y., 2003. Dietary lipid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, and effects on immune response. Aquaculture 225, 243-250.

[33]. Lopez, L.M., Torres, A.L., Durazo, E., Drawbridge, M., Bureau, D.P., 2006. Effect of lipid on growth and feed utilization of white seabass (*Atractoscion nobilis*) fingerlings. Aquaculture 253, 557-563.

[34]. Matter, F., Peganova, S., Eder, K., 2004. Lipid concentrations of fillets, liver, plasma and lipoproteins of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), fed diets with varying protein concentrations. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 88, 275-287.

[35]. McGoogan, B.B., Gatlin, D.M., 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: I. Effects of dietary protein and energy levels. Aquaculture 178, 333-348.

[36]. Miller, C.L., Davis, D.A., Phelps, R.P., 2005. The effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile and sub-adult red snapper, *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860). Aquaculture Research 36, 52-60.

[37]. Mohammadzadeh, S., Noverian, H., Ouraji, H., Falahatkar, B., 2013. Effects of dietary carbohydrate levels on growth, survival and body composition in Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum,* Kamenskii, 1901). Iranian Scientific Fisheries Journal 21, 85-94.(in persian)

[38]. Mohanta, K.N., Mohanty, S.N., Jena, J.K., Sahu, N.P., 2008. Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerling. Aquaculture Nutrition 14, 143-152.

[39]. National Research Council (NRC)., 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, 114p.

[40]. Noverian, H.A., Mostafazadeh, S., Toluei, M.H., 2005. A study on various protein levels on growth indices (SR, WG, RGR, FCR and PER) of *Rutilus frisii kutum*, Kamenskii 1901(Advanced fry). Pajouhesh & Sazandegi 68, 61-68. (in Persian).

[41]. Noverian, H.A., Shabanipour, N., Zamani Kia Sajmahalleh, H.A., Khadem, H., 2007. The effect of different level of lipids on growth Index of Caspian *frisii kutum* (Fry stage) (*Rutilus frisii kutum*, Kamenskii, 1901) Utilizing Semi-purified diets. Pajouhsh & Sazandegi 76, 35-42. (in Persian).

[42]. Ogata, H.Y., Shearer, K.D., 2000. Influence of dietary fat and adiposity on feed intake of juvenile red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture 189, 237-249.

[43]. Ozorio, R.O.A., Valente, L.M.P., Correia, S., Pousao-Ferreira, P., Damasceno-Oliveira, A., Escorcio, C., Oliva-Teles, A., 2009. Protein requirement for maintenance and maximum growth of two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) juveniles. Aquaculture Nutrition 15, 85-93.

[44]. Peres, H., Olivia-Teles, A., 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture179, 325-334.

[45]. Refstie, S., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Roem, A.J., 2001. Long term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy proteins products at medium or high lipid level. Aquaculture 193, 91-106.

[46]. Rosebrough, R.W., McMurtry, J.P., Vasilatos-Younken, R., 1999. Dietary fat and protein interactions in the broiler. Poultry Science 78, 992-998.

[47]. Santiago, C.B., Reyes, O.S., 1991. Optimum dietary protein level for growth of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry in a static water system. Aquaculture 93, 155-165.

[48]. Sen, P.R., Rao, N.G.S., Ghosh, S.R., Rout, M., 1978. Observation on the protein and carbohydrate requirements of carps. Aquaculture 13, 245-255.

[49]. Serrano, I., Nematipour, G.L., Gatlin, D.M., 1992. Dietary protein requirement of red drum (*Sciaenops ocellatus*) and the relative use of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture 101, 283-291.

[50]. Shalaby, S.M., El-Dakar, A.Y., Wahbi, O.M., Saoud, I.M., 2011. Growth, feed utilization and body composition of white sea bream, *Diplodus sargus* juveniles offered diets with various protein and energy levels. Marine Science 22, 3-17.

[51]. Shiau, S., Peng, C., 1993. Protein sparing effect by carbohydrate in diets for tilapia *Oreochromis niloticus*×*O. aureus*. Aquaculture 117, 327-334.

[52]. Talebi Haghighi, D., 2006. Embryonic development and nutritional requirements of kutum fry, *Rutilus frisii kutum*. PhD thesis. Putra University. Kuala Lumpur, The Malaysia, 198p.

[53]. Thoman, E.S., Davis, D.A., Arnold, C.R., 1999. Evaluation of grow out with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture 176, 343-353.

[54]. Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipid and fatty acid in teleost fish. Review in Fisheries Science 11, 107-184.

[55]. Volek, J.S., Sharman, M.J., Gomez, A.L., Scheett, T.P., Kraemer, W.J., 2003. An isoenergetic very low carbohydrate diet improves serum HDL cholesterol and triacylglycerol concentrations, the total cholesterol to HDL cholesterol ratio and postprandial pipemic responses compared with a low fat diet in normal weight, normolipidemic women. Journal of Nutrition 133, 2756-2761.

[56]. Webster, A.H., Lim, C.E., 2002 Nutrition Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CAB International, New York, 421p.

[57]. Williams, K.C., Barlow, C.G., Rodgers, L., Hockings, I., Agcopra, C., Ruscoe, I., 2003. Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. Aquaculture 225, 191-206.

[58]. Winfree, R.A., Stickney, R.R., 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. Journal of Nutrition 111, 1001-1012.

[59]. Yeh, Y.Y., Leveille, J.A., 1969. Effect of dietary protein on hepatic lipogenesis in the growing chick. Journal of Nutrition 98, 356-366.