فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷

تاثیر جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ بر کارایی رشد، شاخص‌های خونی و ترکیب بیوشیمیایی سرم ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*, Valenciennes 1830)

فاطمه حکمت‌پور[۱]، پریتا کوچنین[۲]*، جاسم غفله مرمضی[۳]، محمد ذاکری[۲]، سید محمد موسوی[۲]

تاریخ دریافت: خرداد ۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۹۶

چکیده

به منظور حفظ پایداری صنعت رو به رشد آبزی‌پروری، یافتن منابع پروتئین با مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی جهت جایگزینی پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان گوشتخوار ضروری است. در مطالعه حاضر جایگزینی پودر ماهی در سطوح ۰ (شاهد)، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درصد با پودر ضایعات مرغ در جیره غذایی ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) جوان صورت گرفت. ماهیان جوان صبیتی با میانگین وزن اولیه ۰/۰۶±۲۹/۲۷ گرم و طول استاندارد ۰/۳۶±۸/۷ سانتی‌متر با تراکم ۲۰ قطعه به صورت تصادفی در ۱۸ وان ۳۰۰ لیتری توزیع و به مدت ۶۰ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند (شش تیمار با سه تکرار). در پایان دوره شاخص‌های رشد و تغذیه، شاخص‌های خونی و ترکیب بیوشیمیایی سرم اندازه‌گیری و محاسبه شد. بر اساس نتایج، کارایی رشد تا سطح ٪۵۵ جایگزینی کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان نداد. سطوح هماتوکریت، هموگلوبین، MCHC و ترکیبات سرم شامل آلبومین، گلوبولین، پروتئین کل، گلوکز، اوره، اسیداوریک و آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز، بین تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان نداد. اما سطح آنزیم آلکالین فسفاتاز، کلسترول و کلسیم در تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ بیشتر از تیمار شاهد ثبت شد، در حالی که تری‌گلیسرید در تیمار شاهد بیشتر بود. نتایج حاکی از امکان جایگزینی پودر ماهی تا سطح ٪۴۵ با پودر ضایعات مرغ بدون اثر منفی بر ترکیب بیوشیمیایی سرم خون ماهی صبیتی جوان بود.

واژگان کلیدی: *جایگزینی پودر ماهی، پودر ضایعات مرغ، شاخص‌های خونی، ترکیب بیوشیمیایی سرم، Sparidentex hasta*

۱- دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۳- استاد پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: pkochanian@gmail.com

مقدمه

ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) از خانواده شانک‌ماهیان (Sparidae) یک گونه ماهی گوشتخوار در آب‌های ساحلی غرب اقیانوس هند و خلیج فارس است. این گونه یک گونه هرمافرودیت پروتاندروس (Protundrous) است و در طول دوران اولین یا دومین سال زندگی نر و سپس به جنس ماده تغییر می‌یابد. سرعت رشد بالا، بازارپسندی بالا، تخم‌ریزی در شرایط اسارت، توانایی تحمل دامنه وسیع نوسانات شرایط پرورشی این گونه را به گونه‌ای مناسب برای آبزی‌پروری مبدل ساخته است (Lone et al., 2001). در سال‌های اخیر این گونه در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی جنوب ایران، سربندر، تکثیر می‌شود. ماهیان پس از ۶ ماه رشد در خلیج فارس جهت بازسازی ذخایر رهاسازی می‌شوند یا به قفس‌های دریایی برای ادامه پرورش انتقال می‌یابند.

پرورش گونه ماهی صبیتی به تغذیه از ماهیان صید دورریز در مرحله رشد پروای وابسته است و محدودیت تهیه این منبع از چالش‌های پرورش این گونه در ایران است. بنابراین ساخت جیره غذایی با کیفیت بالا و هزینه پایین که به طور ویژه میزان مصرف پودر ماهی را کاهش دهد، می‌تواند جایگزین مناسبی برای تغذیه از ماهیان صید دورریز باشد. مواد خام حیوانی به علت عدم داشتن ترکیبات سلولزی (فیبر) و ناچیز بودن ترکیبات ضدتغذیه‌ای در آن‌ها، حائز اهمیت هستند. پودر ضایعات مرغ از جمله منابع پروتئین حیوانی خشکی‌زی است که به دلیل خوش‌طعمی، محتوای بالای پروتئین، ترکیب اسیدهای‌آمینه ضروری، غنی بودن از نظر ویتامین‌های گروه A، انرژی و قابلیت هضم بالا (نسبت به سایر منابع پروتئین حیوانی خشکی‌زی) به عنوان منبعی با پتانسیل جایگزینی برای پودر ماهی مورد بررسی قرار گرفته است (Bureau et al., ; Gunben et al., 2014; Hernandez 2006 .(et al., 2014; Wang et al., 2015

ارزیابی وضعیت فیزیولوژی ماهی صبیتی در طول دوره پرورش برای ارزیابی وضعیت سلامت و تسهیل تشخیص بیماری و استرس نیاز است. سنجش شاخص‌های خونی ابزاری با ارزش، غیرکشنده و با سرعت بالا در تشخیص است (Peres et al., 2013). همچنین اطلاعات قابل اعتمادی را در زمینه تغییرات متابولیکی، کمبودها، پروسه سازگار شدن ماهی تحت تاثیر تغییر شرایط پرورشی و وجود

استرس مزمن در اختیار قرار می‌دهد (Maita, 2007). از جمله استرس‌های غیرزیستی ناشی از عوامل اکولوژیکی، تغییر در رژیم غذایی است که تغییرات شدید در شاخص‌های خونی ایجاد می‌کند (Svobodova et al., 2008). در مطالعات گذشته بر ماهی صبیتی (Mozanzadeh et al., 2015; Yaghoubi et al., 2016) و شانک سرطلایی (Peres et al., 2013) مشخص شد تغذیه و ترکیب جیره غذایی تغییراتی در شاخص‌های بیوشیمیایی و سلولی خون ایجاد می‌کند و خون به عنوان نشانگر بالقوه زیستی در وضعیت عملکرد آبزی معرفی شد. فعالیت آنزیم‌های سرم ابزاری مناسب در بررسی فیزیولوژیکی وضعیت عملکرد اندام‌های مختلف و مطالعه آسیب‌شناختی بافت‌ها است و میزان فعالیت آن‌ها نشان دهنده بخشی از غلظت آنزیم‌های سرمی و خارج سلولی است (Yildiz, 2009; Peres et al., 2014).

مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که با تغییر رژیم غذایی، غلظت آنزیم‌های سرمی به طور معنی‌داری نوسان می‌یابد. این امر حاکی از آن است که میزان فعالیت آنزیم‌های سرمی بخشی از پاسخ فیزیولوژی به رژیم غذایی است و اهمیت بررسی آن‌ها را به عنوان نشانگر زیستی در پیش‌بینی تاثیر جیره غذایی بر عملکرد اندام‌ها تائید می‌کند (Peres et al., 2013, 2014; Mozanzadeh et al., 2015). به همین منظور برای تعیین سطح جایگزینی پودر ماهی به عنوان منبع پروتئین جیره با سطوح مختلف پودر ضایعات مرغ، به طوری که اثر منفی بر عملکرد بافت‌های گونه مورد مطالعه نداشته باشد، شاخص‌های خونی، ترکیب بیوشیمیایی و آنزیم‌های سرمی خون به عنوان ابزاری با سرعت تشخیص بالا مورد سنجش قرار گرفت. از نتایج پژوهش حاضر با تعیین درصد مناسب جایگزینی می‌توان در آینده در تهیه جیره غذایی مطلوب، با صرفه اقتصادی که تضمین کننده کارایی رشد بالای آبزی در طول دوره پرورش باشد استفاده کرد. همچنین در مطالعه حاضر، امکان استفاده از سایر منابع پروتئینی از جمله پروتئین‌های حیوانی در ماهی صبیتی جوان مورد بررسی قرار گرفت. با جایگزینی سطح مطلوب منابع پروتئینی ارزان‌تر از پودر ماهی در جیره غذایی، رشد پایدار صنعت پرورش ماهیان گوشتخوار با کاهش فشار بر ذخایر آبزیان برداشتی از اکوسیستم‌های آبی دریایی کشور فراهم خواهد شد.

مواد و روش‌ها

ساخت جیره‌های غذایی

ساخت جیره غذایی در سالن تکثیر پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور صورت گرفت. شش جیره غذایی حاوی میزان یکسان پروتئین (۵۰ درصد)، چربی (۱۸ درصد) و انرژی (۲۱ کیلوژول بر گرم) فرموله شد. منابع پروتئین به کار رفته برای ساخت غذا شامل پودر ماهی (خوراک دام، طیور و آبزیان، ۲۱ بیضا، شیراز)، پودر ضایعات مرغ (کشتارگاه طیور پرناز، اهواز)، پودر کنجاله سویا و ژلاتین (خوراک دام، طیور و آبزیان، ۲۱ بیضا، شیراز) بود. منبع چربی جیره از روغن ماهی کیلکا و لیسیتین سویا و منبع کربوهیدرات جیره از آرد گندم و نشاسته ذرت تامین شد (خوراک دام، طیور و آبزیان، ۲۱ بیضا، شیراز).

پودر ضایعات مرغ تهیه شده متشکل از ۱۰ درصد پا، ۲۰ درصد سر و پر و حدود ۷۰ درصد امعا و احشا بود. ضایعات در دمای ۱۵۰-۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با فشار ۱ اتمسفر پخته شد. در جیره شاهد (جیره پایه) به عنوان تیمار اول پودر ماهی کیلکا و پودر کنجاله سویا به عنوان منبع اصلی پروتئین بود. ترکیب بیوشیمیایی منابع پروتئین به کار رفته در ساخت جیره در جدول ۱ آورده شده است. در تیمار ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ پودر ماهی به ترتیب در سطح ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درصد با پودر ضایعات مرغ جایگزین شد (Fuertes et al., 2013). فرمول جیره و ترکیب تقریبی آن در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۱: ارزش تغذیه‌ای منابع پروتئینی به کار رفته در ساخت جیره غذایی ماهی صبیتی

ترکیب تقریبی (در ۱۰۰ گرم ماده خشک)	منبع پروتئین		
	پودرماهی	پودر ضایعات مرغ	پودر کنجاله سویا
پروتئین خام (٪)	۷۰/۱۷	۶۰/۵۲	۴۲/۱۲
چربی خام (٪)	۹/۴۲	۲۳/۳۸	۰/۱۶
فیبر خام (٪)	۰/۸۹	۱/۲۰	۲/۱۰
خاکستر (٪)	۱۳/۰۹	۴/۱۱	۷/۰۴
فسفر (٪)	۲/۳۵	۲/۰۰	ناچیز
کلسیم (٪)	۲/۶۳	۳/۹۰	ناچیز

جدول ۲: محتوای ترکیبات تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی

ترکیب جیره (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک)	تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
پودرماهی (کیلکا)[1]	۶۱	۵۲	۴۶	۴۰	۳۴	۲۸
پودرضایعات‌مرغ[2]	۰	۱۱	۱۸	۲۵	۳۲	۳۹
پودرکنجاله سویا[1]	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
ژلاتین[1]	۴	۴	۴	۴	۴	۴
روغن‌ماهی (کیلکا)[1]	۸/۵	۷/۵	۶/۵	۵/۵	۴/۵	۳/۵
لسیتین[1]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
آردگندم[3]	۵	۵	۵	۵	۵	۵
نشاسته‌ذرت[3]	۵/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵
مکمل ویتامین*	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی**	۱	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین C[1]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
بتائین[1]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵

*: ویتامین A: ۲۰۰۰IU/Kg، ویتامین D: ۸۰۰IU/Kg، ویتامین E: ۸۸IU/Kg، ویتامین K: ۳mg/Kg، ویتامین C: ۲۰۰mg/Kg، ویتامین B_1: ۱۲mg/Kg، ویتامین B_2: ۱۴mg/Kg، ویتامین B_5: ۷۰mg/Kg، ویتامین B_3: ۵۰mg/Kg، ویتامین B_6: ۱۲mg/Kg، ویتامین B_9: ۳mg/Kg، ویتامین B_{12}: ۰/۰۱۶mg/Kg، ویتامین H_2: ۰/۱۴mg/Kg.

**: سلنیم: ۱۶۸mg/Kg، سولفات آهن: ۲۰mg/Kg، سولفات مس: ۲mg/Kg، یدات کلسیم: ۲mg/Kg، اکسید منگنز: ۱۶/۸mg/Kg، اکسید روی: ۳۳/۲mg/Kg، کبالت: ۰/۳۳۶mg/Kg.

جدول ۳: ترکیب تقریبی بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی (میانگین ± اختلاف استاندارد؛ n=۳)

ترکیب تقریبی	تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
(در ۱۰۰ گرم ماده خشک)	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
ماده خشک (٪)	۹۳/۶۵±۰/۵۸	۹۳/۱۸±۰/۲۲	۹۲/۹۰±۰/۵۸	۹۲/۶۲±۰/۵۵	۹۲/۳۴±۰/۶۳	۹۲/۰۶±۰/۲۸
پروتئین خام (٪)	۵۰/۲۴±۰/۱۴	۵۰/۳۹±۰/۱۷	۵۰/۰۵±۰/۲۸	۵۰/۲۹±۰/۲۶	۵۰/۴۷±۰/۳۷	۵۰/۴۵±۰/۲۲
چربی خام (٪)	۱۷/۱۸±۰/۳۴	۱۷/۸۵±۰/۴۲	۱۷/۵۲±۰/۶۵	۱۷/۴۱±۰/۲۵	۱۷/۳۰±۰/۳۰	۱۷/۱۹±۰/۱۴
فیبر خام (٪)	۲/۳۸±۰/۰۶	۲/۴۰±۰/۰۴	۲/۴۲±۰/۰۸	۲/۴۴±۰/۱۰	۲/۴۳±۰/۰۵	۲/۴۶±۰/۰۹
عصاره فاقد ازت *(٪)	۱۳/۵۳±۰/۱۵	۱۲/۰۲±۰/۲۲	۱۲/۹۶±۰/۲۱	۱۲/۴۷±۰/۱۷	۱۲/۶۲±۰/۳۶	۱۲/۶۹±۰/۱۹
خاکستر (٪)	۱۰/۳۲±۰/۱۳	۱۰/۵۲±۰/۴۳	۹/۹۵±۰/۲۶	۱۰/۰۱±۰/۱۸	۹/۴۹±۰/۳۶	۹/۲۵±۰/۱۴
فسفر (٪)	۳/۶۸±۰/۰۷	۳/۶۲±۰/۱۶	۳/۴۳±۰/۰۹	۳/۲۹±۰/۱۲	۳/۲۷±۰/۰۹	۳/۲۳±۰/۲۶
کلسیم (٪)	۳/۲۰±۰/۰۵	۳/۱۰±۰/۰۳	۳/۰۸±۰/۱۱	۳/۲۰±۰/۲۱	۳/۵۷±۰/۰۶	۳/۸۰±۰/۱۳
انرژی ناخالص **(KJ/g)	۲۱/۳۸	۲۱/۴۲	۲۱/۳۸	۲۱/۳۱	۲۱/۳۴	۲۱/۳۱

*: عصاره فاقد ازت: [(فیبر + خاکستر + رطوبت + چربی + پروتئین) - ۱۰۰]

**: محاسبه انرژی ناخالص (Gross Energy) بر اساس میزان انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۲۳/۶KJ/g)، چربی (۳۹/۵KJ/g) و کربوهیدرات (۱۷/۲KJ/g) محاسبه شد (NRC, 2011).

جیره‌های غذایی تهیه شده نیازهای تغذیه‌ای ماهی را با توجه به مطالعات انجام شده بر این گونه تامین می‌کنند (مرمضی و همکاران، ۱۳۹۰؛ طرفی موزان‌زاده، ۱۳۹۴؛ Hossain et al., 2014؛ Yaghoubi et al., 2016). ژلاتین و نشاسته قبل از استفاده در آب گرم حل شدند و سپس به صورت ژلاتینه به اقلام خشک افزوده شدند. همه اقلام به خوبی با همزن مخلوط شد. سپس آب و روغن ماهی همراه با ویتامین C برای تولید خمیر با قوام به جیره افزوده و سپس خمیر از دستگاه پلت زن عبور داده شد و دانه‌هایی به قطر ۳ میلی‌متر تهیه شد. پلت‌ها در جریان هوای خشک قرار داده شدند و پس از خشک شدن در کیسه‌های بسته‌بندی حاوی بر چسب در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

پرورش ماهیان

ماهیان مورد مطالعه در طول دوره پرورش، در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی جنوب ایران (سربندر) نگه‌داری شدند. تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) جوان با میانگین وزن اولیه ۰/۰۶±۲۹/۲۷ گرم و طول ۰/۳۶±۸/۴ سانتی‌متر، تولید شده در یک مرحله تکثیر، به صورت کاملا تصادفی در بین ۱۸ وان استوانه‌ای پلی‌اتیلن ۳۰۰ لیتری با تراکم ۲۰ عدد به ازای هر وان توزیع شد (۶ تیمار با سه تکرار). ماهیان با شرایط پرورش و تغذیه با جیره پایه به مدت ۲ هفته سازگار شدند. ماهیان هر وان با توجه به جیره آزمایشی ویژه خود، در سطح سیری ظاهری به صورت دستی سه بار در روز (ساعت ۸:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۷:۰۰) به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. در طول دوره پرورش جریان آب با سرعت ۱ لیتر در دقیقه در وان‌ها برقرار بود و میانگین شوری ۰/۵±۴۸/۰ در هزار، دما ۱/۲±۲۳/۴۸ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۰/۴±۶/۸ میلی‌گرم در لیتر، pH ۰/۲±۷/۳۷ و طول دوره روشنایی ۱۲ ساعت بود.

نمونه‌برداری

در پایان دوره پرورش، ۲۴ ساعت پس از آخرین تغذیه ماهیان هر وان با ماده ۲- فنوکسی‌اتانول با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر (Merck Schuchardt، آلمان) بیهوش شدند و سپس طول استاندارد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد (Mozanzadeh et al., 2015). برای بررسی شاخص‌های خونی، از ساقه دمی ۹ قطعه ماهی از هر تیمار، به وسیله سرنگ ۵ میلی‌لیتری خون‌گیری صورت گرفت. نمونه‌های خون به دو بخش تقسیم شدند. بخشی از آن برای سنجش هماتوکریت و هموگلوبین استفاده شد و بخش دیگر برای جداسازی سرم که به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (VS-400، Vision Scientific، کره جنوبی) شد. سرم جدا شده به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال یافت.

بررسی ترکیب بیوشیمیایی جیره

برای بررسی ترکیب بیوشیمیایی اقلام و جیره‌های غذایی، درصد ماده خشک با قرار دادن نمونه در داخل آون (ایران خودساز، ایران) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، محتوای پروتئین با روش کجلدال (Auto-KjeldahlK-370، BUCHI، سوئیس) و محتوای چربی کل به کمک دستگاه سوکسله (Barnstead،

Electrothermal، بریتانیا) و با استفاده از پترولیم اتر با نقطه جوش ۶۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان حلال به دست آمد. مقدار فیبرخام جیره‌های غذایی پس از هضم اسیدی و قلیایی نمونه در دستگاه هضم (VELP® Scientifica، ایتالیا) و با قرار دادن نمونه خشک در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و احتساب میزان نمونه از دست رفته در کوره الکتریکی (Finetech، Shin Saeng Scientific، کره جنوبی) اندازه‌گیری شد. میزان خاکستر جیره غذایی نیز با استفاده از کوره الکتریکی سنجش شد. محتوای کلسیم و فسفر در خاکستر به دست آمده از نمونه‌ها، پس از افزودن اسید سولفوریک به ترتیب توسط تیتراسیون و اندازه‌گیری جذب نمونه در طول موج ۷۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (UV100، Mettler Toledo، آمریکا) سنجش شد (AOAC, 2005). برای سنجش پروفیل اسیدآمینه، حدود ۱۰ گرم از نمونه اقلام پروتئین و جیره‌های غذایی آزمایشی در خشک‌کن انجمادی در دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد (Freeze Dryer OPRFDU 7012، Operon، کره جنوبی) خشک شد و پس از هضم اسیدی توسط اسید کلریدریک ۶ نرمال به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، جداسازی توسط بافر استات، بورات و محلول ارتوفتالدئید (OPA، Sigma، آمریکا) انجام شد و از نمونه مشتق شده به میزان ۲ میکرولیتر به دستگاه کروماتوگرافی مایع (Knauer، آلمان) ترزیق شد. در کروماتوگرافی از ستون C18 و آشکارساز فلورسنس (RF-530، Knauer، آلمان) برای خوانش اسیدهای‌آمینه استفاده شد. سپس محتوای هر اسیدآمینه با رسم منحنی کالیبراسیون نسبت به غلظت ماده استاندارد محاسبه و به صورت گرم در صد گرم پروتئین بیان شد (Lindroth and Mopper, 1979).

سنجش شاخص‌های خونی

سنجش هموگلوبین بر اساس روش سالی (Salhi) صورت گرفت و هماتوکریت به روش میکروهماتوکریت سنجیده شد (Del Rio-Zaragoza et al., 2008). شاخص خونی میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول قرمز (MCHC) بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (Campbell and Ellis, 2007).

رابطه ۱:

$$\mathbf{MCHC\ (g/dL) = (Hb / Hct) \times 100}$$

Hb: هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)؛ Hct: هماتوکریت (درصد).

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم شامل گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسرید، اوره، اسید اوریک، کلسیم، فسفر معدنی، منیزیم، آنزیم‌های آلانین و آسپارتات آمینوترانسفراز، آلکانین فسفاتاز، آمیلاز و لیپاز با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (BS-200، Mindray، چین) توسط کیت‌های تشخیصی تجاری (پارس آزمون، تهران) سنجش شد. گلوبولین نیز با احتساب اختلاف میزان آلبومین از پروتئین کل به دست آمد (Moss and Henderson, 1999; McClatchey, 2002; Shayne, 2007).

شاخص‌های کارایی رشد و بازده تغذیه

برای بررسی کارایی رشد و بازده تغذیه‌ای جیره‌های غذایی آزمایشی در ماهیان جوان صبیتی در انتهای دوره آزمایش، شاخص‌های درصد وزن‌گیری (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، فاکتور وضعیت (CF)، میزان بقا (SR)، غذاگیری (FI)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب بازده پروتئین (PER) با استفاده از رابطه‌های ۲ تا ۸ محاسبه شد (Hernandez, et al., 2014; Wang et al., 2015).

رابطه ۲:

$$SR\,(\%) = 100 \times N_f / N_i$$

N_i: تعداد ماهیان در ابتدای دوره آزمایش؛ N_f: تعداد ماهیان در پایان دوره آزمون آزمایش.

رابطه ۳:

$$WG\,(\%) = 100 \times (W_f - W_i) / W_i$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم).

رابطه ۴:

$$SGR\,(\%/day) = 100 \times (LnW_f - LnW_i) / t$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم)؛ t: طول دوره آزمایش (روز).

رابطه ۵:

$$CF\,(g/cm^3) = 100 \times W_f / L_S^3$$

W_f: وزن نهایی (گرم)؛ L_S: طول استاندارد (سانتی‌متر).

رابطه ۶:

$$FI\,(\%/day) = 100 \times F / [t \times (W_f - W_i) / 2]$$

F: میزان کل جیره مصرف شده در هر گروه بر اساس وزن خشک (گرم)؛ t: طول دوره آزمایش (روز)؛ W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم).

رابطه ۷:

$$FCR = F / (W_f - W_i)$$

F: میزان کل جیره مصرف شده در هر گروه بر اساس وزن خشک (گرم)؛ W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم).

رابطه ۸:

$$PER\,(\%) = (W_f - Wi) / (F \times Pr)$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم)؛ F: میزان کل جیره مصرف شده در هر گروه بر اساس وزن خشک (گرم)؛ Pr: محتوای پروتئین خام جیره (درصد).

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. سپس برای مقایسه داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و پس‌آزمون توکی در سطح اطمینان ٪۹۵ (P<۰/۰۵) استفاده شد. همچنین، وجود ارتباط بین متغیرها توسط آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد. برای یافتن معادله خط، جهت پیش‌بینی تعیین مقادیر میزان جایگزینی و سایر متغیرها از آزمون رگرسیون درجه دوم[1] استفاده شد. پردازش داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 19 (Chicago, Illinois, USA) انجام شد و داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شدند.

نتایج

محتوای اسیدآمینه

محتوای کل اسیدآمینه‌های ضروری پودر ضایعات مرغ (۳۷/۲۸ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) در ساخت جیره‌های غذایی نسبت به پودر ماهی (۵۱/۵۵ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) کمتر بود (جدول ۴). در میان اسیدآمینه‌های ضروری محتوای متیونین، هیستیدین و لیزین (به ترتیب ۳/۲۸، ۳/۲۱ و ۷/۶۵ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) پودر ضایعات مرغ در قیاس با پودر ماهی (۱/۱۷، ۱/۲۱ و ۳/۳۱ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) کمبود نشان داد. در جیره‌های غذایی ساخته شده با افزایش تدریجی جایگزینی، میزان کل اسیدآمینه‌های ضروری[2] روند نزولی داشت. به ترتیب بیشترین میزان اسیدآمینه متعلق به جیره شاهد و کمترین مقدار متعلق به جیره ۵۵ درصد جایگزینی بود. در بین اسیدآمینه‌های غیرضروری اسیدآمینه تائورین که نسبت به اسیدآمینه‌های دیگر بیشترین کاهش را داشت، در جیره غذایی ۵۵ درصد جایگزینی نسبت به جیره شاهد ۳۹/۱۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

کارایی رشد و بازده تغذیه

میزان مرگ و میر ماهیان صبیتی (*Sparidentex hasta*) جوان در مطالعه حاضر کم و متاثر از تیمارهای آزمایشی نبود.

1- Quadratic Regression

2- Total Essential Amino Acids (TEAA)

میزان بقا دامنه‌ای از ۹۶ تا ۱۰۰ درصد داشت (P>۰/۰۵، جدول ۵).

جدول ۴: محتوای اسیدآمینه منابع پروتئین و جیره‌های آزمایشی

	اسیدآمینه	منبع پروتئین		تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
	(گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین)	پودر ماهی	پودر ضایعات مرغ	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
اسیدهای آمینه ضروری	آرژنین	۸/۶۳	۵/۳	۸/۶۴	۸/۵۴	۸/۳۷	۷/۳۹	۶/۶۴	۶/۰۹
	هیستیدین	۳/۲۱	۱/۲۱	۳/۱۷	۲/۵۳	۲/۳۸	۲/۴۵	۲/۱۱	۱/۸۹
	ایزولوسین	۵/۶۴	۴/۶۳	۴/۵۳	۴/۵۴	۴/۵۲	۴/۳۳	۴/۲۸	۴/۲۵
	لوسین	۸/۳۰	۷/۱۵	۷/۴۰	۷/۲۰	۷/۰۹	۷/۰۶	۶/۹۰	۶/۸۸
	لیزین	۷/۶۵	۳/۳۱	۷/۴۸	۷/۱۰	۶/۲۳	۶/۰۷	۵/۷۷	۵/۵۹
	متیونین	۳/۲۸	۱/۱۷	۳/۱۲	۳/۰۹	۲/۳۱	۱/۹۷	۱/۶۵	۱/۶۴
	فنیل‌آلانین	۴/۳۷	۳/۷۵	۳/۸۶	۳/۸۵	۳/۸۵	۳/۶۸	۳/۶۸	۳/۶۴
	ترئونین	۴/۱۱	۴/۵۶	۴/۴۰	۴/۴۰	۴/۳۵	۳/۵۹	۳/۵۸	۳/۴۷
	والین	۶/۳۶	۶/۲۰	۵/۵۱	۵/۴۵	۵/۱۸	۴/۹۰	۴/۵۴	۴/۵۱
	مجموع	۵۱/۵۵	۳۷/۲۸	۴۸/۱۰	۴۶/۶۹	۴۴/۵۳	۴۱/۴۳	۳۹/۱۵	۳۷/۹۵
اسیدهای آمینه غیرضروری	آلانین	۵/۰۱	۴/۱۲	۵/۱۸	۴/۹۲	۴/۸۲	۴/۷۳	۴/۷۳	۴/۷۳
	آسپارتیک‌اسید	۶/۵۵	۶/۰۸	۷/۸۸	۷/۸۴	۷/۸۳	۷/۸۲	۷/۷۵	۷/۷۰
	گلوتامیک‌اسید	۱۴/۴۱	۱۴/۱۲	۱۶/۳۳	۱۶/۲۵	۱۶/۱۲	۱۶/۰۶	۱۶/۰۰	۱۵/۹۵
	گلیسین	۵/۲۸	۷/۷۷	۶/۳۲	۶/۴۳	۶/۶۰	۷/۳۳	۷/۴۲	۷/۴۴
	سرین	۳/۹۸	۸/۵۸	۳/۸۷	۴/۲۷	۵/۲۵	۵/۲۱	۶/۰۲	۶/۱۳
	تیروزین	۳/۹۷	۲/۹۴	۳/۷۸	۳/۷۷	۳/۲۰	۳/۰۱	۲/۹۱	۲/۹۵
	تائورین	۰/۹۴	ND	۱/۳۸	۱/۲۳	۱/۰۲	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۴
	مجموع	۴۰/۱۴	۴۳/۶۱	۴۴/۷۴	۴۴/۷۰	۴۴/۸۴	۴۵/۰۷	۴۵/۷۱	۴۵/۷۴

ND: شناسایی نشد.

روند تغییرات وزن نهایی، درصد وزن‌گیری، نرخ رشد ویژه و ضریب بازده پروتئین بین تیمارهای آزمایشی مشابه بود، در حالی که ضرب تبدیل غذایی روند معکوس نشان داد (جدول ۵). در تیمارهای ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ، کارایی رشد، ضریب بازده پروتئین و ضریب تبدیل غذایی با تیمار شاهد فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵)، اما در تیمارهای ۱۵ و ۲۵ درصد با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵). میزان غذاگیری بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار نشان نداد (P<۰/۰۵). فاکتور وضعیت در تیمارهای ۱۵ و ۵۵ درصد اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). روند تغییرات منظمی در مقدار شاخص‌ها با افزایش درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ در بین تیمارها مشاهده نشد.

شاخص‌های خونی و ترکیب بیوشیمایی سرم

اختلاف معنی‌دار در میزان هماتوکریت، هموگلوبین و MCHC بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (P>۰/۰۵، جدول ۶). دامنه نوسانات هماتوکریت از ٪۳۹/۶۷ در تیمار ٪۲۵ تا ٪۴۳/۳۳ در تیمار ٪۵۵ و هموگلبولین بین ۷/۴۷g/dL در تیمار ٪۱۵ و ۹/۳۴g/dL در تیمار ٪۴۵ متغیر بود. میزان MCHC بین ۱۷/۸۷g/dL در تیمار ٪۱۵ تا ۲۲/۷۱g/dL در تیمار ٪۵۵ نوسان داشت. سطوح آلبومین، گلبولین و پروتئین کل، گلوکز و اسیداوریک متاثر از حضور پودر ضایعات مرغ در جیره‌ها نبود (P>۰/۰۵). در تیمار شاهد میزان کلسترول به طور معنی‌داری کمتر و تری‌گلیسرید بیشتر از تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ بود (P<۰/۰۵). محتوای کلسترول سرم خون ماهیان با محتوای اسیدآمینه‌های متیونین و تائورین جیره غذایی همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد (به ترتیب، r= -۰/۸۷، P<۰/۰۵؛ r= -۰/۹۷، P<۰/۰۵). اوره در تیمار شاهد با تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ اختلاف معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵). اگرچه، در بین تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ تیمار ٪۵۵ با تیمارهای ٪۱۵ و ٪۲۵ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۵: شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان صبیتی جوان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± خطای استاندارد؛ n=۲۰)

شاخص	تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
شاخص‌های رشد						
وزن اولیه (g)	۲۹/۱۷ ±۰/۱۰	۲۹/۲۹ ±۰/۱۳	۲۹/۴۴ ±۰/۱۲	۲۹/۰۰ ±۰/۱۲	۲۹/۲۸ ±۰/۱۷	۲۹/۴۱ ±۰/۱۶
وزن نهایی (g)	۵۹/۵۶ ±۱/۰۷ ^{b}	۶۶/۱۲ ±۰/۹۱ ^{a}	۶۵/۶۸ ±۱/۱۹ ^{a}	۶۳/۳۹ ±۱/۱۶ ^{ab}	۵۹/۳۳ ±۱/۰۲ ^{b}	۵۹/۳۳ ±۱/۹۷ ^{b}
طول استاندارد (cm)	۱۲/۴۴ ±۰/۱۴	۱۳/۱۴ ±۰/۲۰	۱۲/۸۸ ±۰/۲۹	۱۲/۸۷ ±۰/۰۳	۱۲/۴۴ ±۰/۰۴	۱۲/۶۳ ±۰/۳۱
وزن‌گیری (٪)	۱۰۴/۱۴ ±۳/۰۶ ^{b}	۱۲۵/۷۰ ±۲/۶۵ ^{a}	۱۲۳/۱۱ ±۳/۹۷ ^{a}	۱۱۸/۵۵ ±۳/۳۰ ^{ab}	۱۰۲/۶۸ ±۴/۳۸ ^{b}	۱۰۱/۷۷ ±۴/۸۹ ^{b}
نرخ رشد ویژه (٪/day)	۱/۱۹±۰/۰۲ ^{b}	۱/۳۶±۰/۰۲ ^{a}	۱/۳۴±۰/۰۳ ^{a}	۱/۳۰±۰/۰۳ ^{ab}	۱/۱۸±۰/۰۴ ^{b}	۱/۱۷±۰/۰۴ ^{b}
فاکتور وضعیت (g/cm^3)	۳/۰۶±۰/۰۴ ^{a}	۲/۹۰±۰/۰۳ ^{b}	۲/۹۶±۰/۰۳ ^{a}	۲/۹۶±۰/۰۳ ^{a}	۳/۰۶±۰/۰۴ ^{a}	۲/۸۵±۰/۰۴ ^{b}
بقا (٪)	۹۶/۰۰ ±۱/۰۲	۱۰۰/۰۰ ±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰ ±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰ ±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰ ±۰/۰۰	۹۶/۶۷ ±۱/۳۳
شاخص‌های تغذیه						
غذاگیری (٪/day)	۱/۳۷±۰/۰۴	۱/۲۵±۰/۰۲	۱/۲۶±۰/۰۳	۱/۳۱±۰/۰۲	۱/۳۷±۰/۰۲	۱/۲۸±۰/۰۳
ضریب تبدیل غذا	۱/۱۸±۰/۰۴ ^{a}	۰/۹۸±۰/۰۲ ^{b}	۱/۰۰±۰/۰۳ ^{b}	۱/۰۵±۰/۰۴ ^{ab}	۱/۲۰±۰/۰۵ ^{a}	۱/۱۱±۰/۰۵^{ab}
ضریب بازده پروتئین	۱/۶۹±۰/۰۶ ^{b}	۲/۰۵±۰/۰۵ ^{a}	۲/۰۱±۰/۰۶ ^{a}	۱/۹۱±۰/۰۶ ^{ab}	۱/۶۷±۰/۰۶ ^{b}	۱/۶۶±۰/۰۷ ^{b}

در هر ردیف حروف متفاوت حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار است ($P<0/05$).

جدول ۶: شاخص‌های خونی و ترکیب بیوشیمیایی سرم ماهیان صبیتی جوان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± خطای استاندارد؛ n=۳)

شاخص	تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
شاخص‌های خونی						
هماتوکریت (٪)	۴۳/۰۰±۴/۱۶	۴۲/۶۷±۳/۳۸	۳۹/۶۷±۰/۶۷	۴۰/۳۳±۳/۱۸	۴۳/۰۰±۰/۵۸	۴۳/۳۳±۰/۳۳
هموگلوبین (g/dL)	۸/۸۸±۱/۱۹	۷/۴۷±۰/۱۴	۷/۶۷±۰/۷۴	۷/۶۲±۰/۸۴	۹/۳۴±۱/۳۳	۸/۲۱±۰/۶۳
MCHC (g/dL)	۲۱/۷۷±۲/۲۳	۱۷/۸۷±۱/۴۵	۱۹/۵۱±۰/۱۷	۱۸/۹۸±۱/۱۳	۲۲/۰۱±۲/۴۹	۲۲/۷۱±۲/۷۶
ترکیب پروتئین‌های سرم						
آلبومین (g/dL)	۰/۵۳±۰/۰۵	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۴۸±۰/۱۵	۰/۳۷±۰/۲۳	۰/۲۷±۰/۱۶	۰/۴۷±۰/۱۲
گلوبولین (g/dL)	۴/۸۶±۰/۱۹	۵/۰۱±۰/۱۱	۴/۷۷±۰/۱۳	۵/۰۴±۰/۱۹	۴/۱۴±۰/۴۹	۴/۸۲±۰/۱۹
پروتئین‌کل (g/dL)	۵/۶۷±۰/۳۸	۵/۳۷±۰/۰۸	۵/۲۵±۰/۲۱	۵/۴۱±۰/۲۵	۴/۴۱±۰/۶۶	۵/۲۹±۰/۲۹
ترکیب بیوشیمیایی سرم						
گلوکز (mg/dL)	۹۴/۶۷±۱/۸۶	۸۸/۶۷±۰/۸۸	۸۵/۰۰±۱/۵۳	۹۴/۶۷±۲/۹۱	۹۲/۶۷±۲/۹۶	۹۲/۰۰±۱/۷۳
کلسترل (mg/dL)	۴۱۲/۰۰ ±۱۲/۰۰ ^{c}	۵۱۹/۳۳ ±۱۹/۴۳ ^{b}	۴۶۴/۰۰ ±۱۳/۷۵ ^{b}	۶۰۷/۳۳ ±۱۱/۴۶ ^{a}	۵۷۵/۰۰ ±۱۵/۳۹ ^{a}	۶۳۰/۶۷ ±۸/۶۵ ^{a}
تری‌گلیسرید (mg/dL)	۳۵۲/۶۷ ±۱۸/۵۶ ^{a}	۲۶۳/۶۷ ±۹/۳۳ ^{b}	۲۲۴/۳۳ ±۱۳/۴۷ ^{c}	۲۲۸/۰۰ ±۹/۵۴ ^{c}	۲۶۵/۰۰ ±۱۲/۷۴ ^{b}	۲۶۶/۳۳ ±۱۱/۱۷ ^{b}
اوره (mg/dL)	۸/۶۳ ±۰/۰۹ ^{abc}	۷/۰۰ ±۰/۲۹ ^{bc}	۶/۸۰ ±۰/۱۵ ^{c}	۸/۳۷ ±۰/۷۸ ^{abc}	۹/۵۰ ±۱/۰۷ ^{ab}	۱۰/۱۷ ±۰/۲۲ ^{a}
اسید اوریک (mg/dL)	۰/۷۰±۰/۰۶	۰/۶۳±۰/۰۹	۰/۶۳±۰/۱۵	۱/۰۰±۰/۱۵	۱/۰۳±۰/۰۷	۱/۰۰±۰/۱۲
کلسیم (mg/dL)	۱۵/۶۰ ±۱/۷۸ ^{b}	۲۰/۵۰ ±۰/۹۰ ^{a}	۱۹/۱۳ ±۱/۳۴ ^{a}	۲۰/۰۳ ±۱/۲۰ ^{a}	۱۹/۵۷ ±۰/۴۸ ^{a}	۲۱/۸۳ ±۱/۲۰ ^{a}
فسفر (mg/dL)	۱۲/۹۰ ±۰/۶۶ ^{a}	۱۰/۷۷ ±۰/۳۸ ^{ab}	۱۱/۲۷ ±۰/۵۵ ^{ab}	۹/۳۳ ±۰/۶۰ ^{b}	۹/۶۷ ±۰/۹۸ ^{b}	۱۰/۳۰ ±۰/۶۴ ^{ab}
منیزیم (mg/dL)	۴/۴۷±۰/۲۰ ^{b}	۶/۱۰±۰/۲۱ ^{a}	۵/۰۳±۰/۱۹ ^{ab}	۴/۷۰±۰/۳۸ ^{ab}	۶/۰۰±۰/۲۰ ^{a}	۵/۸۳±۰/۵۵ ^{ab}

در هر ردیف حروف متفاوت حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

میزان اوره همبستگی منفی معنی‌داری با ضریب بازده پروتئین داشت (r = -۰/۸۵، P<۰/۰۵). میزان کلسیم در تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین میزان به طور معنی‌دار در تیمار شاهد ثبت شد (P<۰/۰۵). محتوای فسفر در تیمارهای ٪۳۵ و ٪۴۵ کمتر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵). میزان فسفر سرم با محتوای فسفر جیره‌های غذایی همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد (r =۰/۶۷، P<۰/۰۵). میزان منیزیم، به جز تیمارهای ٪۲۵ و ٪۴۵ که به طور معنی‌داری بالاتر بودند (P<۰/۰۵)، اختلاف معنی‌دار در بین سایر تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ با تیمار شاهد مشاهده نشد.

میزان فعالیت آنزیم آمیلاز و آسپارتات آمینوترانسفراز در تیمار شاهد با تیمارهای حاوی پودر ضایعات مرغ فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵، جدول ۷). فعالیت آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در تیمارهای ٪۰، ٪۱۵، ٪۲۵ و ٪۴۵ اختلاف معنی‌دار نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول ۷: ترکیب آنزیم‌های سرم خون ماهیان صبیتی جوان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین ± خطای استاندارد؛ n=۳)

آنزیم	تیمارهای آزمایشی (درصد جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ)					
	تیمار ۱ (شاهد) (۰٪)	تیمار ۲ (۱۵٪)	تیمار ۳ (۲۵٪)	تیمار ۴ (۳۵٪)	تیمار ۵ (۴۵٪)	تیمار ۶ (۵۵٪)
آسپارتات آمینوترانسفراز (U/L)	۱۷۳/۶۷ ±۶/۶۴ abc	۱۸۴/۳۳ ±۸/۷۶ ab	۱۷۴/۶۷ ±۱۱/۶۷ abc	۱۸۸/۰۰ ±۵/۷۷ a	۱۴۲/۶۷ ±۲/۶۰ c	۱۴۸/۳۳ ±۷/۵۱ c
آلانین‌آمینوترانسفراز (U/L)	۳/۶۷±۰/۳۳ c	۴/۶۷ ±۰/۶۷ bc	۵/۳۳ ±۰/۶۷ abc	۶/۳۳ ±۰/۳۳ ab	۶/۰۰ ±۰/۵۸ abc	۷/۳۳ ±۰/۶۷ a
فسفاتازقلیایی (U/L)	۲۱۷/۶۷±۶/۴۹ e	۴۳۴/۰۰ ±۱۱/۰۲ d	۵۰۹/۳۳ ±۱۷/۶۸ c	۶۴۲/۶۷ ±۱۹/۸۱ b	۵۸۱/۶۷ ±۷/۳۳ b	۱۰۹۲/۳۳ ±۱۱/۳۵ a
لیپاز (U/L)	۵۰/۳۳±۱/۶۷ b	۵۵/۶۷ ±۱/۶۷ a	۵۱/۰۰ ±۰/۵۸ b	۴۵/۰۰ ±۱/۱۵ c	۴۵/۳۳ ±۰/۶۷ c	۴۴/۶۷ ±۰/۳۳ c
آمیلاز (U/L)	۵/۶۰±۰/۳۳	۵/۳۷±۰/۰۸	۵/۲۵±۰/۲۱	۵/۴۱±۰/۲۵	۴/۴۱±۰/۶۶	۵/۲۹±۰/۲۹

در هر ردیف حروف متفاوت حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز با افزایش مقدار پودر ضایعات مرغ در جیره، افزایش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). فعالیت آنزیم لیپاز سرم به طور معنی‌دار در تیمارهای ٪۳۵، ٪۴۵ و ٪۵۵ کمتر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵).

بحث

استفاده از پودر ضایعات مرغ در جیره غذایی ماهی صبیتی تا سطح ٪۵۵ جایگزینی (٪۳۹ پودر ضایعات مرغ در جیره، ٪۲۳/۶ پروتئین خام یا ٪۴۷/۲ کل پروتئین جیره) کاهش کارایی رشد را در پی نداشت. بر اساس مطالعه سطح نیازمندی اسیدآمینه‌های ضروری ماهی صبیتی (Marammazi et al., 2017) محتوای اسیدآمینه‌های لیزین و هیستیدین در جیره‌های غذایی مطالعه حاضر تا سطح ٪۳۵ جایگزینی، نیاز ماهی صبیتی را تامین می‌کرد. محتوای متیونین به نصف سطح مورد نیاز گونه در جیره غذایی ٪۵۵، کاهش یافت و در باره سایر اسیدآمینه‌ها کاهش چندانی مشاهده نشد. اما این کاهش محتوای اسیدآمینه‌ها در کارایی رشد تاثیر معنی‌دار نداشت به طوری که تیمار شاهد از نظر کارایی رشد با تیمار ٪۵۵ اختلاف معنی‌دار نشان نداد. بر این اساس می‌توان بیان کرد اسیدآمینه‌های دارای کمبود در جیره غذایی، محدود کننده کارایی رشد در گونه صبیتی نبودند. گزارش شده است سطح بالای پروتئین (٪۵۰) در جیره غذایی سبب می‌شود شاخص رشد چندان تحت تاثیر سطح متیونین و لیزین و نوسانات آن‌ها در جیره قرار نگیرد (Hansen et al., 2007). در مطالعه Nengas و همکاران (۱۹۹۹)، سطح ٪۵۰ جایگزینی پودر ماهی توسط پودر ضایعات مرغ را برای حفظ تعادل اسیدآمینه در جیره غذایی کافی دانستند و وجود این سطح از پودر ماهی عدم تعادل را جبران می‌کند.

میزان هموگلوبین، هماتوکریت و MCHC در ماهی صبیتی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی نبود که می‌تواند حاکی از عدم تاثیر منفی جایگزینی پودر ماهی تا سطح ٪۵۵ بر شاخص‌های خونی و عدم مشاهده علائم کم‌خونی در ماهی صبیتی باشد (Satheeshkumar et al., 2010). عدم نوسانات معنی‌دار پروتئین کل در بین تیمارها می‌تواند حاکی از عدم تاثیر منفی جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ تا سطح ٪۵۵ بر تنظیم تعادل مایعات، ساخت پروتئین، غذاگیری، صرف انرژی برای هومئوستاز، ترمیم بافت و فرآیندهای سمیت‌زدایی باشد (Yildiz,

2009). انواع پروتئین‌ها از جمله آلبومین و گلوبولین سرم خون به عنوان اولین سد دفاعی بدن از چسبندگی و تجمع عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند (Alexandar and Ingram, 1992). جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ تا سطح ٪۵۵ در جیره ماهی صبیتی بر محتوای آلبومین و گلوبولین (بخشی از دفاع ذاتی) اثری نداشت.

بر اساس گزارش‌های پژوهشگران، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح گلوکز بین تیمارهای تغذیه‌ای حاکی از تاثیر رژیم غذایی بر متابولیسم انرژی است و به طور غیرمستقیم شاخص اختصاصی برای فعالیت سمپاتیک و تنظیم اسمزی در طول شرایط استرس‌زا محسوب می‌شود (Svoboda et al., 2001; Wagner and Congleton 2004; Zhou et al., 2005; Riche, 2007; Soltanzadeh et al., 2016). در مطالعه حاضر محتوای گلوکز سرم ماهی صبیتی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی نبود و می‌توان بیان داشت پودر ضایعات مرغ اثر معنی‌دار بر متابولیسم انرژی در ماهی صبیتی در پی‌نداشت. در مطالعه حاضر محتوای کلسترول سرم به طور معنی‌دار با سطح جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ در جیره نوسان نشان داد. در مطالعات قبلی افزایش سطح کلسترول در ماهیان تغذیه شده با منابع پروتئین پودر ماهی (Mozanzadeh et al., 2016) و کاهش کلسترول در ماهیان تغذیه شده با منابع پروتئین گیاهی (Soltanzadeh et al., 2016; Yaghoubi et al., 2016) گزارش شده بود. در مطالعه حاضر محتوای کلسترول سرم با محتوای تائورین و متیونین جیره‌های آزمایشی همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد. در سایر مطالعات سطح بالای کلسترول در ماهیان دریایی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح پایین متیونین (Zhou et al., 2011) و تائورین (Gaylord et al., 2007) مشاهده شد. Gaylord و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند تائورین نقش مهمی در کاهش کلسترول سرم از طریق افزایش نرخ متابولیسم آن از طریق تحریک ساخت نمک صفروای در کبد ایفا می‌کند. پودر ضایعات مرغ محتوای تائورین کمتری نسبت به پودر ماهی به کار رفته در ساخت جیره‌ها داشت. با افزایش سطح پودر ضایعات مرغ در جیره‌های غذایی و در پی کاهش دسترسی زیستی این اسیدآمینه ممکن است منجر به کاهش متابولیسم کلسترول و در نهایت منجر به افزایش محتوای آن در سرم شود. در مطالعه حاضر محتوای تری‌گلیسرید

سرم خون ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی پودر ضایعات مرغ نسبت به سرم خون ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد کمتر بود. در مطالعه‌ای که در گذشته بر روی ماهی صبیتی انجام شد، افزایش سطح تری‌گلیسرید در جایگزینی پودر ماهی با منبع پروتئین گیاهی دیده شد (Yaghoubi et al., 2016). همچنین تاثیر منبع پروتئین و روغن جیره غذایی بر محتوای تری‌گلیسرید سرم در چندین گزارش آمده است (Richard et al., 2006; Peres et al., 2013). Mozanzadeh و همکاران (۲۰۱۶) حداقل سطح روغن ماهی در جیره غذایی برای کارایی مطلوب گونه صبیتی را ٪۵ گزارش کردند. در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن محتوای روغن باقی مانده در پودر ماهی و سطح روغن ماهی افزوده شده به جیره، میزان روغن ماهی تا سطح ٪۵۵ جایگزینی بالاتر از ٪۵ بود. بنابراین جایگزینی پودر ماهی تا سطح ٪۵۵ نیاز ماهی صبیتی را برای متابولیسم مطلوب چربی تامین می‌کرد. حداقل سطح تری‌گلیسرید در تیمارهای ٪۲۵ و ٪۳۵ مشاهده شد که این مشاهده بر تیمارهایی با بالاترین کارایی رشد و بازده تغذیه منطبق بود. کاهش تری‌گلیسرید در تیمارهای دارای پودر ضایعات مرغ می‌تواند ناشی از بالاتر بودن متابولیسم، هیدرولیز چربی در کبد و در نهایت تولید و مصرف انرژی بیشتر در ماهیان تغذیه شده با این تیمارها نسبت به تیمار شاهد باشد (Mozanzadeh et al., 2016).

عدم اختلاف معنی‌دار اوره و اسیداوریک در سطح ٪۵۵ جایگزینی با تیمار شاهد، می‌تواند نشان دهنده عدم تاثیر منفی ترکیب دو منبع پروتئین حیوانی تا سطح ٪۵۵ بر متابولیسم پروتئین در ماهیان صبیتی جوان باشد (Fournier et al., 2003). میزان اوره ماهیان صبیتی جوان در تیمارهای ٪۱۵ و ٪۲۵ جایگزینی، کمتر از تیمار شاهد و به طور معنی‌دار کمتر از تیمار ٪۵۵ جایگزینی بود. در مطالعه حاضر محتوای اوره با ضریب بازده پروتئین همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد. بالارفتن سطح مواد زائد نیتروژنی در سرم ماهیان تغذیه شده با منابع پروتئین جایگزین ناشی از عدم تعادل اسیدآمینه‌های جیره غذایی در نتیجه بازده پایین پروتئین در ماهیان تغذیه شده است (Fournier et al., 2003). در مطالعه حاضر تیمار با سطح بالاتر مواد دفعی نیتروژنی (٪۵۵) کمترین سطح اسیدهای‌آمینه سولفوره را دارا بود. بر این اساس می‌توان پایین‌تر بودن اوره در تیمارهای ٪۱۵ و ٪۲۵ را به تعادل پروفیل اسیدآمینه به ویژه

اسیدآمینه‌های سولفوره در این تیمارها نسبت داد. همچنین سطح دسترسی زیستی اسیدآمینه‌ها روی رشد و بالانس نیتروژن تاثیرگذار است (Fournier et al., 2003). در تایید این موضوع، در مطالعه حاضر تیمارهای با سطوح پایین اوره (١٥٪ و ٢٥٪)، کارایی رشد و بازده تثبیت پروتئین بالاتری نشان دادند.

در مطالعه حاضر روند تغییرات منیزیم سرم تابع روند افزایشی حضور پودر ضایعات مرغ در جیره نبود. نسبت کلسیم به فسفر در ماهی صبیتی در مطالعه حاضر ١: ١/٧ و در ماهی شانک سرطلایی ١: ١/٤ گزارش شده است (Peres et al., 2013). در مطالعه حاضر، ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پودر ضایعات مرغ میزان کلسیم سرم بیشتر و فسفر کمتری را نسبت به تیمار شاهد دارا بودند. میزان فسفر سرم با میزان فسفر جیره‌های غذایی همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. Yaghoubi و همکاران (٢٠١٦) گزارش کردند که فسفر با افزایش جایگزینی پودر ماهی در جیره غذایی صبیتی به طور معنی‌دار کاهش یافت. آن‌ها پیشنهاد دادند دسترسی به فسفر متاثر از منبع پروتئین جیره است (Yaghoubi et al., 2016). در مطالعه حاضر نوسانات کلسیم و فسفر سرم می‌تواند ناشی از محتوای بالاتر کلسیم و پایین‌تر فسفر در پودر ضایعات مرغ نسبت به پودر ماهی در جیره باشد.

در مطالعه حاضر فعالیت آنزیم‌های سرم از جمله آلانین آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز با افزایش سهم پودر ضایعات مرغ در جیره افزایش یافت. اما فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. Mozanzadeh و همکاران (٢٠١٥) گزارش کردند آلکالین فسفاتاز یک نشانگر زیستی قابل اعتماد برای ارزیابی شرایط تغذیه و سلامت آبزیان است. افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز می‌تواند ناشی از افزایش محتوای مواد لازم برای فرآیند تولید انرژی در کبد ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پودر ضایعات مرغ باشد و در نتیجه با افزایش انتقال یون‌ها و آب از غشا سلول در پی افزایش فعالیت این دو آنزیم کبدی، منجر به افزایش ورود این آنزیم‌ها به درون خون می‌شود (Congleton and Wagner, 2006). عدم اختلاف معنی‌دار فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز بین تیمارهای آزمایش می‌تواند حاکی از عدم تاثیر استفاده از ٣٩٪ پودر ضایعات مرغ در جیره (تیمار ٥٥٪) بر میزان فعالیت این آنزیم کبدی باشد. اندام اختصاصی تولید کننده آنزیم آمیلاز و لیپاز

بافت پانکراس است. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار فعالیت آنزیم آمیلاز سرم بین تیمارها، می‌تواند نشان دهنده عدم تاثیر منفی استفاده از پودر ضایعات مرغ در جیره ماهی صبیتی بر عمکلرد بافت پانکراس باشد. بر این اساس که سبب افزایش ورود این آنزیم به درون سرم خون نشده است. فعالیت آنزیم لیپاز به نقل و انتقال چربی در کبد و بافت‌های چربی و تامین اسیدهای چرب مورد نیاز بافت‌های احشایی مرتبط است (Navarro and Gutierrez, 1995). فعالیت آنزیم لیپاز سرم در ماهی صبیتی به طور معنی‌دار از تیمار ٪۳۵ تا ٪۵۵ کاهش یافت. کاهش فعالیت آنزیم می‌تواند ناشی از کاهش ساخت آنزیم در اندام اختصاصی تولید کننده (پانکراس) یا کاهش فعالیت هضمی، به دنبال کاهش نیاز متابولیک ماهی تغذیه شده با جیره‌های حاوی این سطوح پودر ضایعات مرغ باشد (Evans and Watterson, 2009).

نتایج مطالعه حاضر، حاکی از آن است که ترکیب دو منبع پروتئین پودر ماهی و پودر ضایعات مرغ در جیره غذایی ماهی صبیتی جوان *Sparidentex hasta* تا سطح ٪۵۵ جایگزینی کاهش معنی‌دار کارایی رشد و بازده تغذیه را در پی نداشت. با توجه به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز سرم در تیمار ٪۵۵، ممکن است مصرف طولانی مدت جیره در طول دوره پرواری آسیب‌های مزمن کبدی را در پی داشته باشد. همچنین تا این سطح جایگزینی میزان اوره سرم افزایش یافت و می‌تواند حاکی از عدم تعادل مطلوب اسیدآمینه‌های سولفوره (متیونین و تائورین) در این جیره باشد. همچنین کاهش فعالیت آنزیم لیپاز سرم با افزایش درصد پودر ضایعات مرغ و کاهش سهم روغن ماهی از چربی جیره غذایی مشاهده شد. از این رو امکان تاثیر محدود کنندگی چربی این منبع پروتئینی بر متابولیسم و هضم چربی در گونه صبیتی تا این سطح جایگزینی وجود دارد که نیازمند بررسی بیشتر در مطالعات بعدی است. بر اساس یافته‌های حاضر، جایگزینی پودر ماهی با پودر ضایعات مرغ تا سطح ٪۴۵ در جیره غذایی ماهی صبیتی جوان پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر و پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور (اهواز) اجرا شد. همچنین از زحمات پرسنل ایستگاه بندر امام خمینی و

جناب آقای مجتبی نجف آبادی، مرتضی یعقوبی و اسمعیل پقه در بخش پرورش و نمونه‌برداری این پژوهش همکاری بی‌شائبه داشتند کمال تشکر را داریم.

منابع

طرفی موزان‌زاده م. ۱۳۹۴. اثرات سطوح و منابع مختلف چربی، پروفیل اسیدچرب و نسبت DHA/EPA جیره غذایی بر عملکرد ماهی صبیتی جوان *Sparidentex hasta*. رساله دکتری، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۸۴ص.

مرمضی ج.غ.، نجف‌آبادی م.، پقه ا.، کاهکش ش.، صحرائیان م.، اصولی ع. و حکمت‌پور ف. ۱۳۹۰. تعیین نیازهای غذایی ماهی صبیتی *Sparidentex hasta*، فاز ۱: تعیین بهترین سطح پروتئین به انرژی در جیره غذایی ماهی صبیتی در مرحله انگشت‌قدی. اداره کل شیلات خوزستان. ۵۹ص.

Alexandar J.B. and Ingram G.A. 1992. Noncellular non-specific defense mechanisms of fish. Annual Review of Fish Diseases, 2: 249–279.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis: Association of Official Analytical Chemists. Virginia. Methods: 935.14 and 992.24.

Bureau P. 2006. Rendered products in fish aquaculture feeds. P: 179–194. Meeker D.L. (Ed.). Essential Rendering. The National Renders Association, Virginia.

Campbell T.W. and Ellis C.K. 2007. Avian and Exotic Animal Hematology and Cytology. Blackwell, UK. 286P.

Congleton J.L. and Wagner T. 2006. Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. Fish Biology, 69: 473–490.

Del Rio-Zaragoza O.B., Hernandez-Rodriguez M. and Buckle-Ramirez L.F. 2008. Thermal stress effect on tilapia *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) blood parameters. Marine Behaviour and Physiology, 41: 135–145.

Evans G.O. and Watterson C.L. 2009. General enzymology. P: 17–36. In: Evans G.O. (Ed.). Animal Clinical Chemistry, A Practical Guide for Toxicologists and Biochemical Researchers. CRC Press, New York.

Fournier V., Gouillou-Coustans M.F., Metailler R., Vachot C., Moriceau J., Le Delliou H., Huelvan C.E.D. and Kaushik S.J. 2003. Excess dietary arginine affects urea excretion but does not improve N utilisation in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and turbot *Psetta maxima*. Aquaculture, 217: 559–576.

Fuertes J.B., Celada J.D., Carral J.M., Saez-Royuela M. and Gonzalez-Rodriguez A. 2013. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. Aquaculture, 404-405: 22–27.

Gaylord T.G., Barrows F.T., Teague A.M. and Johansen K.A. 2007. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 269: 514–524.

Gunben E.M., Senoo S., Yong A. and Shapawi R. 2014. High potential of poultry by-product meal as a main protein source in the formulated feeds for a commonly cultured grouper in Malaysia (*Epinephelus fuscoguttatus*). Sains Malaysiana, 43(3): 399–405.

Hansen A.C., Rosenlund G., Karlsen O., Koppe W. and Hemre G.I. 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) effects on growth and protein retention. Aquaculture, 272: 599–611.

Hernandez C.S.G.Y., Hardy R.W., Benitez-Hernandez A., Dominguez- Jimenez P., Gonzalez-Rodriguez B., Osuna-Osuna L. and Tortoledo O. 2014. The potential of pet-grade poultry by-product meal to replace fish meal in the diet of the juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Aquaculture Nutrition, 20: 623–631.

Hossain M.A., Al-Abdul-Elah K. and El-Dakour S. 2014. Evaluation of different commercial feeds for culture of juvenile sobaity (*Sparidentex hasta* Valenciennes) in Kuwait. APCBEE Procedia, 8: 310–316.

Lindroth P. and Mopper K. 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthal-dialdehyde. Analytical Chemistry, 51: 1667–1674.

Lone K.P., Ablani S. and Al-Yaqout A. 2001. Steroid hormone profiles and correlative gonadal histological changes during natural sex reversal of sobaity kept in tanks and sea-cages. Fish Biology, 58(2): 305–324.

Maita M. 2007. Fish health assessment. P: 10–34. In: Nakagawa H., Sato M. and Gatlin D.M. (Eds.). Dietary Supplements for the Health and Quality of Cultured Fish. CAB International, Washington.

Marammazi J.G., Yaghoubi M., Safari O., Peres H. and

Mozanzadeh M.T. 2017. Establishing the optimum dietary essential amino acids pattern for silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*) juveniles by deletion method. Aquaculture Nutrition, 23(6): 1483–1491.

McClatchey K.D. 2002. Clinical Laboratory Medicine. Williams and Wilkins, Philadelphia. 230P.

Moss D.W. and Henderson A.R. 1999. Clinical enzymology. P: 617–721. In: Burtis C.A. and Ashwood E.R. (Eds.). Tietz Textbook of Clinical Chemistry. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Mozanzadeh M.T., Agh N., Yavari V., Marammazi J.G., Mohammadian T. and Gisbert E. 2016. Partial or total replacement of dietary fish oil with alternative lipid sources in silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*). Aquaculture, 451: 232–240.

Mozanzadeh M.T., Yaghoibi M., Yavari V., Agh N., Marammazi J.G. and Topic-Popovic N. 2015. Reference intervals for haematological and plasma biochemical parameters in sobaity seabream juveniles (*Sparidentex hasta*, Valenciennes 1830). Comparative Clinical Pathology, 24(6): 1501–1507.

Navarro I. and Gutierrez J. 1995. Fasting and starvation. P: 393–434. In: Hochachka P.W. and Mommsen T.P. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Vol 4. Elsevier, USA.

Nengas I., Alexis M.N. and Davies S.J. 1999. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* L. Aquaculture, 179: 13–23.

Peres H., Santos S. and Oliva-Teles A. 2013. Selected plasma biochemistry parameters in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. Journal of Applied Ichthyology, 29: 630–636.

Peres H., Santos S. and Oliva-Teles A. 2014. Blood chemistry profile as indicator of nutritional status in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Fish Physiology and Biochemistry, 40: 1339–1347.

Richard N., Mourente G., Kaushik S. and Corraze G. 2006. Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L). Aquaculture, 261: 1077–1087.

Riche M. 2007. Analysis of refractometry for determining total plasma protein in hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) at various salinities. Aquaculture, 264: 279–284.

Satheeshkumar P., Senthilkumar D., Ananthan G., Soundarapandian P. and Bhaseer Khan A. 2010. Measurement of hematological and biochemical studies on wild marine carnivorous fishes from Vellar estuary, south east coast of India. Comparative Clinical Pathology, 20: 127–134.

Shayne C.G. 2007. Animal Models in Toxicology. Taylor and Francis, Boca Raton. 950P.

Soltanzadeh S., Esmaeili Fereidouni A., Ouraji H. and Khalili K.J. 2016. Growth performance, body composition, hematological, and serum biochemical responses of beluga (*Huso huso*) juveniles to different dietary inclusion levels of faba bean (*Vicia faba*) meal. Aquaculture International, 24: 395–413.

Svoboda M., Kourh J., Hamackova J., Kalab P., Savina L., Svobodova Z. and Vykusova B. 2001. Biochemical profile of blood plasma of tench *Tinca tinca* during pre and post spawning period. Acta Veterinaria Brno, 70: 259–268.

Svobodova Z., Kroupova H., Modra H., Flajshans M., Randak T., Savina L.V. and Gela D. 2008. Haematological profile of common carp spawners of various breeds. Journal of Applied Ichthyology, 24: 55–59.

Wagner T. and Congleton J.L. 2004. Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 61: 1066–1074.

Wang Y., Wang F., Ji W.X., Han H. and Li P. 2015. Optimizing dietary protein sources for Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) with an emphasis on using poultry by-product meal to substitute fish meal. Aquaculture Research, 46: 874–883.

Yaghoubi M.T., Mozanzadeh M., Marammazi J.G., Safari O. and Gisber E. 2016. Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (*Sparidentex hasta*). Aquaculture, 464: 50–59.

Yildiz H.Y. 2009. Reference biochemical values for three cultured Sparid fish: striped sea bream, *Lithognathus mormyrus* common dentex, *Dentex dentex* and gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Comparative Clinical Pathology, 18: 23–27.

Zhou Q., Mai K., Tan B. and Liu Y. 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture Nutrition, 11: 175–182.

Zhou Q.C., Li Z.J., Wang P.H. and Wang L.G. 2011. Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture, 322-323: 122–127.

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 6, No. 2, Summer 2018

Effects of fish meal replacement with poultry by-product meal on growth performance, hematological indices and serum biochemical parameters in sobaity sea bream (*Sparidentex hasta*, Valenciennes 1830) juveniles

Fatemeh Hekmatpour[1], Preeta Kochanian[2]*, Jasem Ghafle Marammazi[3], Mohammad Zakeri[2], Seyed Mohammad Mousavi[2]

Received: June 2017 Accepted: February 2017

Abstract

Finding economically viable and environmentally friendly protein sources to fish meal (FM) replacement in carnivorous fish feeds is one of the main challenges for the sustainability of the aquaculture industry. In this study, FM was replaced by Poultry by-product meal (PBM) levels of 0 (control), 15, 25, 35, 45 and 55% in *Sparidentex hasta* formulated diets. Sobaity sea-bream with an average initial weight of 29.27±0.06g and standard length of 8.7±0.36cm were randomly assigned to 18 tanks (300L) at stocking density of 20 fish per tank (6 treatments, triplicate) and were fed with experimental diets for 60 days. At the end of feeding trial, no significant reduction were observed in growth indices between the control and the fish fed up to 55% replacement. Hematocrit, hemoglobin, MCHC and serum albumin, globulin, total protein, glucose, urea and acid uric, aspartate aminotransferase had no significant differences between fish fed the PBM based diets and control diet (P>0.05). Serum alkaline phosphatase, cholesterol and calcium showed higher value in PBM diets than control, although triglyceride was higher in control diet than PBM diets. The results indicated that FM can be substituted successfully by PBM in the diet of *S. hasta* juveniles up to 45% without adverse effects on serum biochemical parameters.

Key words: *Fish Meal Replacement, Poultry By-product Meal, Hematological Indices, Serum Biochemical Parameters,* Sparidentex hasta.

1- Ph.D. in Aquaculture Science, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2- Associate Professor in Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
3- Professor in South Iranian Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.
*Corresponding Author: pkochanian@gmail.com