

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۵

ص ۲۰۹-۲۲۳

جایگزینی پودر سویا (HP310) در جیره غذایی و تأثیر آن در عملکرد رشد و فاکتورهای خونی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

- ❖ **سمیرا حق بیان:** دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران - ایران
- ❖ **مهدی شمساپی*:** استادیار گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران - ایران
- ❖ **نیما ایلا:** استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی کرج، ایران
- ❖ **یاسر عبدالله تبار:** دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
- ❖ **پوریا بزرگ زاده:** دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
- ❖ **دبیر رضایی:** دکتری تخصصی، شرکت کیمیاگران تغذیه، شهرک صنعتی شهرکرد، فاز دوم

چکیده

هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر جایگزینی آرد ماهی با پودر اصلاح شده سویا (HP310) در عملکرد رشد و ایمنی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بود. بنابراین، پنج تیمار آزمایشی حاوی سطوح جایگزینی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصدی HP310 با آرد ماهی جیره طراحی شدند. جیره حاوی ۱۰۰ درصد آرد ماهی (۰ درصد) به منزله تیمار شاهد در نظر گرفته شد. لاروهای قزل آلاهی رنگین کمان (میانگین وزن اولیه $1/17 \pm 0/03$ گرم) طی دوره‌ای ۶۰ روزه با جیره‌های آزمایشی، که هر یک واجد چهار تکرار بودند، تغذیه شدند. نتایج نشان داد که افزایش میزان پروتئین گیاهی تا سطح ۵۰ درصد جیره بدون تأثیر منفی در میزان دریافت غذا سبب افزایش وزن بیشتر، افزایش نرخ رشد ویژه و کاهش ضریب تبدیل غذایی و در نتیجه عملکرد بهتر رشد در بچه ماهیان نسبت به تیمار شاهد شد ($P < 0.05$)؛ در حالی که درصدهای جایگزینی بالاتر از ۵۰ درصدی آرد ماهی جیره با منابع پروتئینی گیاهی، کاهش معنی‌دار دریافت غذا و عملکرد ضعیف‌تر فاکتورهای رشد بچه ماهی‌ها را به دنبال داشت ($P < 0.05$). بررسی پارامترهای خونی بیان‌گر کاهش میزان هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز خون با افزایش سطح جایگزینی HP310 در جیره‌های غذایی بود، البته این تفاوت میان تیمار شاهد و سایر تیمارها تا سطح ۷۵ درصدی جیره قابل توجه گزارش نشد ($P > 0.05$) و فقط تیمار حاوی ۱۰۰ درصد HP310 کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان داد ($P < 0.05$). بررسی گلبول‌های سفید خون بیان‌گر افزایش معنی‌دار تعداد آن‌ها هم‌زمان با افزایش درصد جایگزینی آرد ماهی جیره نسبت به تیمار شاهد بود ($P < 0.05$). نتایج آزمایش کنونی نشان داد که می‌توان پودر اصلاح شده سویا (HP310) را تا سطح ۵۰ درصد بدون تأثیرات منفی در عملکرد رشد و فاکتورهای خونی جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان کرد.

واژگان کلیدی: قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، پودر اصلاح شده سویا (HP310)، آرد ماهی، فاکتورهای رشد، پارامترهای خونی.

۱. مقدمه

تغذیه اهمیت بسیاری در آبرزی پروری دارد و نزدیک به ۵۰ درصد هزینه‌های تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان مربوط به تهیه غذای آن‌هاست که حدود ۷۰ درصد این هزینه صرف منابع پروتئینی جیره غذایی می‌شود (Webster, 1999; Higgs et al., 1995). آرد ماهی به‌منزله مهم‌ترین منبع پروتئینی در ساخت جیره‌های غذایی ماهیان پرورشی مطرح است (Drew et al., 2007; Gatlin et al., 2007). این ماده که از خود ماهی یا بقایای حاصل از فرآوری آبرزیان تأمین می‌شود از لحاظ تغذیه‌ای بسیار غنی است (FAO, 2012) و بین ۶۰ تا ۷۵ درصد پروتئین خام دارد. برخورداری از پروفیل آمینواسیدی متعادل و متناسب با نیازهای غذایی ماهیان و خوش‌خوراکی آن برای ماهیان گوشت‌خوار از دیگر امتیازات این ماده محسوب می‌شود (Drew, 2004; Hardy, 2003)، اما چالش مطرح در زمینه استفاده از آرد ماهی ناکافی بودن مقدار آرد ماهی برای حفظ نرخ رشد فعلی آبرزی‌پروری دنیاست (Ayoola, 2010). به علاوه، قیمت بالای آرد ماهی به علت افزایش تقاضای جهانی (Dalsgaard et al., 2009)، وارد آمدن فشار زیاد بر ذخایر ماهیان و اکوسیستم دریا برای تأمین آرد ماهی (Allan, 2004) و افزایش میزان فسفر و نیتروژن در پساب‌های حاصل از واحدهای پرورش ماهی و به دنبال آن آلودگی منابع آبی (Hardy, 2002) از دیگر معضلات استفاده از آرد ماهی محسوب می‌شوند. مجموعه این مسائل لزوم استفاده از جایگزین‌های پروتئینی ارزان‌قیمت‌تر، با قابلیت دسترسی ساده‌تر و سازگاری بیشتر با محیط

زیست را در تهیه غذای آبرزیان مطرح کرد (Hernández et al., 2012). آرد ماهی جیره می‌تواند با غلات یا پروتئین‌های گیاهی نظیر سویا جایگزین شود (Hardy, 2010). سویا متداول‌ترین پروتئین گیاهی جایگزین شده در جهان به جای منابع پروتئین جانوری در جیره غذایی حیوانات خشکی‌زی و آبرزی محسوب می‌شود (Drew, 2004). برخی مشکلات در زمینه استفاده از پروتئین‌های گیاهی نامتناسب بودن پروفیل آمینواسیدی آن‌ها و برخی فاکتورهای ضدتغذیه‌ای نظیر فیبر در ساختارشان است که میزان هضم‌پذیری غذا و رشد ماهی را کاهش می‌دهند (Gatlin et al., 2007; Krogdahl et al., 2010). البته مواد ضدتغذیه‌ای سویا از طریق حرارت‌دهی و روغن‌گیری در حین عملیات فرآوری غذا، به میزان زیادی کاهش می‌یابند یا از بین می‌روند و سطح آن‌ها به حدی پایین می‌آید که رشد ماهی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند (Drew, 2004; Hardy, 2003). بر همین اساس، در این پژوهش از پودر اصلاح‌شده سویا به‌منزله جایگزین آرد ماهی استفاده شد. این محصول با نام تجاری HP310 فرآورده‌ای خاص از سویاست که هیچ‌گونه اصلاح ژنتیکی روی آن صورت نگرفته است. HP310 را شرکت Hamlet Protein کشور دانمارک به طور ویژه برای تغذیه خوک و آبرزیان طراحی کرده است. برای تولید این محصول، سویا پس از طی فرایندهای حرارت‌دهی، پوسته‌گیری و روغن‌کشی، با آنزیم‌های ویژه‌ای ترکیب می‌شود و محصول نهایی پس از خشک و آسیاب شدن با نام HP310 تولید می‌شود. شایان ذکر است که از این ماده با عنوان کنجاله سویای تیمار شده با آنزیم (enzyme-treated soybean meal) نیز یاد

ترکیب شیمیایی، میزان آمینواسیدهای ضروری و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای آرد ماهی، HP310 و کنجاله سویا مقایسه شده است.

می‌شود. قابلیت هضم‌پذیری و خوش خوراکی بالا به همراه مقدار کم مواد ضدتغذیه‌ای HP310 از ویژگی‌های اصلی این محصول محسوب می‌شوند. به منظور آشنایی بیشتر با این محصول در جدول ۱

جدول ۱. مقایسه ترکیب شیمیایی، میزان آمینواسیدهای ضروری و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای آرد ماهی، HP310 و کنجاله سویا

آرد ماهی	HP310	کنجاله سویا	ترکیب تقریبی (درصد وزن خشک)
۷۲/۶	۵۴/۱	۴۴	پروتئین خام (N*6.25)
۷	۲/۵	۱/۵	چربی خام
۰/۵	۳/۵	۷	فیبر خام
۲۰/۷	۶/۸	۷/۳	خاکستر
میزان آمینواسیدهای اساسی (درصد)			
(۱۰۰ گرم پروتئین/گرم)			
۵/۷۵	۷/۲	۳/۱۵	آرژنین
۲/۹۶	۲/۶۸	۱/۰۹	هیستیدین
۴/۲۶	۴/۴۹	۱/۹۷	ایزولوسین
۷/۲۳	۷/۵۰	۳/۳	لوسین
۸/۱۸	۵/۷۸	۲/۷	لایزین
۲/۹۸	۱/۳۳	۰/۵۴	متیونین
۰/۸۷	۱/۴۱	۰/۶۵	سیستئین
۴	۴/۹۳	۲/۱۲	فنیل آلانین
۴/۱۴	۳/۹	۱/۷۶	ترئونین
۴/۹۲	۴/۷۹	۲/۰۲	والین
فاکتورهای ضدتغذیه‌ای			
۰	۱	۵-۱۰	(میلی گرم/گرم) مهارکننده تریپسین
۰	۰/۴	۱/۷	(گرم/در هر صد گرم) فیتیک اسید

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت ۶۰ روز در آزمایشگاه شیلات مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران به اجرا درآمد و در آن اثر کاهش آرد ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از درصدهای مختلف پودر اصلاح‌شده سویا (HP310) محصول شرکت Hamlet Protein دانمارک مطالعه شد. آزمایش در قالب طرحی کاملاً تصادفی، شامل پنج تیمار، که هر یک واجد چهار تکرار بودند، به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش را سطوح جایگزینی مختلف آرد ماهی با پودر اصلاح‌شده سویا تشکیل دادند که غلظت‌های مختلف هر یک از آن‌ها در ادامه آورده شده است: ۱. تیمار اول: جیره غذایی حاوی ۱۰۰ درصد آرد ماهی (تیمار شاهد). ۲. تیمار دوم: جیره غذایی حاوی ۷۵ درصد آرد ماهی و ترکیبی از ۲۵ درصد کنجاله سویا و HP310. ۳. تیمار سوم: جیره غذایی حاوی ۵۰ درصد آرد ماهی و ترکیبی از ۵۰ درصد کنجاله سویا و HP310. ۴. تیمار چهارم: جیره غذایی حاوی ۷۵ درصد آرد ماهی و ترکیبی از ۲۵ درصد کنجاله سویا و HP310. ۵. تیمار پنجم: جیره غذایی حاوی ۱۰۰ درصد کنجاله سویا و HP310. به دلیل بالا بودن قیمت پودر اصلاح‌شده سویا (HP310) و به منظور تعدیل هزینه تولید غذا و

دستیابی به جیره‌ای کاربردی‌تر، بخش‌هایی از منبع پروتئین سویای جیره با کنجاله سویا تأمین شد.

۱.۲. تهیه جیره‌های غذایی

جیره‌های غذایی مورد نظر، بر اساس استاندارد احتیاجات غذایی ماهی قزل‌آلا (NRC, 1993) و آنالیز تقریبی (A.O.A.C, 1990) و آنالیز اسیدهای آمینه تنظیم شدند. جیره‌نویسی با استفاده از نرم‌افزار UFFDA انجام شد. ساختار جیره‌های غذایی، ترکیب اجزای غذایی و تجزیه شیمیایی جیره‌های آزمایشی به ترتیب در جداول ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. تمامی جیره‌ها از مقدار پروتئین یکسانی (۴۱ درصد) برخوردار بودند. برای تهیه جیره‌ها، اجزای جامد غذا پس از توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم کاملاً پودر شدند. غذای گرانول‌شکل تهیه‌شده برای خشک‌سازی به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. عملیات ساخت غذا ۲۴ ساعت پس از معرفی بچه‌ماهی‌ها به واحدهای آزمایشی انجام گرفت. میزان غذای مصرفی بچه‌ماهی‌ها در شروع طرح آزمایشی با توجه به وزن اولیه آن‌ها روزانه معادل ۶ درصد وزن بدن آن‌ها در نظر گرفته شد که این میزان روزانه طی پنج نوبت با فواصل زمانی برابر در اختیار آن‌ها قرار گرفت (جدول ۵). طی دوره آزمایشی و با افزایش وزن ماهیان به تدریج از درصد غذادهی کاسته شد (FAO, 2010).

جدول ۲. ساختار جیره‌های غذایی مورد استفاده در تیمارهای مختلف آزمایشی

تیمارها	٪۰ درصد	٪۲۵ درصد	٪۵۰ درصد	٪۷۵ درصد	٪۱۰۰ درصد
اقلام جیره (گرم)					
آرد ماهی	۳۹/۲	۲۹/۴	۱۹/۶	۹/۸	۰
HP310	۰	۱۳/۴۲	۲۷	۴۰/۵	۵۷/۲
گندم	۱۵	۱۱	۶/۶۵	۲/۳۵	۰
کنجاله سویا	۲۴/۱	۲۳/۶	۲۳/۴۸	۲۳	۱۸/۲
روغن گیاهی	۱۸/۴	۱۸/۶	۱۸/۸	۱۹	۱۹/۲
دی کلسیم فسفات	۱/۳	۱/۸	۲/۲	۲/۶	۳
نمک	۱	۱/۱۸	۱/۲۷	۱/۳۷	۱/۴
مکمل	۱	۱	۱	۱	۱
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۳. ترکیب آمینواسیدی، مواد معدنی و مواد ضدتغذیه‌ای جیره‌های غذایی مورد آزمایش (درصد وزن خشک)

	٪۰	٪۲۵	٪۵۰	٪۷۵	٪۱۰۰
متیونین	۱/۰۲	۰/۸۹	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۵۲
متیونین+سیستین	۱/۴۷	۱/۳۷	۱/۲۸	۱/۱۸	۱/۰۸
لایزین	۳/۰۳	۲/۸۴	۲/۶۷	۲/۴۸	۲/۲۸
ترئونین	۱/۶۵	۱/۶۱	۱/۵۹	۱/۵۶	۱/۵۲
تریپتوفان	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵۱	۰/۵۱
آرژنین	۲/۵	۲/۵	۲/۶۸	۲/۷۶	۲/۸۳
ایزولوسین	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۷۵	۱/۷۶	۱/۷۶
والین	۲	۱/۹۷	۱/۹۴	۱/۹۱	۱/۸۷
لوسین	۳/۰۱	۲/۹۹	۲/۹۹	۲/۹۷	۲/۹۴
کلسیم	۱/۹۲	۱/۶۷	۱/۳۹	۱/۱۲	۰/۸۴
سدیم	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۶	۰/۵۷
پتاسیم	۰/۸۱	۰/۹۸	۱/۱۵	۱/۳۳	۱/۴۸
عصاره اتر	۲۵/۶۴	۲۴/۳۶	۲۳/۰۷	۲۱/۷۹	۲۰/۵۱

جدول ۴. تجزیه شیمیایی جیره‌های غذایی

۱۰۰%	۷۵%	۵۰%	۲۵%	۰%	
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۱ پروتئین
۲۱	۲۱	۲۱/۵	۲۱/۸	۲۲/۱	۱ چربی
۱۱/۵	۱۱/۲	۱۰/۶	۱۰/۷	۱۰/۱	۱ خاکستر
۵/۶	۵/۱	۴/۵۶	۳/۹۹	۳/۴۵	۱ فیبر
۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۱ فسفر
۴۰۵۲	۴۲۱۸	۴۳۸۵	۴۵۵۳	۴۷۲۴	۲ انرژی

۱. (درصد ماده خشک) ۲. (کیلوکالری بر کیلوگرم)

جدول ۵. میزان روزانه غذای خشک مورد نیاز قزل‌آلای رنگین‌کمان با توجه به اندازه بدن ماهی و دمای آب (FAO, 2010)

وزن بدن (گرم)	طول کل (سانتی‌متر)	دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	درصد غذایی
۱۲-۲۳	۵/۱-۱۲	۱۵-۵/۱	۰/۱۸-۱/۵
۱۰-۱۲/۵	۷/۵-۱۰	۵-۷/۵	۲/۵-۵
		۱۵ درجه سانتی‌گراد	۶
۲/۸	۳/۸	۴/۹	

لیتر) و دبی آب ورودی مخازن ۱/۵ (لیتر بر دقیقه) تنظیم شد. در پایان هر روز فضولات و باقی‌مانده مواد غذایی از کف محیط آزمایش به وسیله پمپ کف‌کش کوچک زدوده می‌شد. آب مورد استفاده در این تحقیق از چاه محل دانشگاه علوم و تحقیقات تهران تأمین می‌شد. به منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز، دو سنگ هوا در هر یک از مخازن قرار گرفت تا امکان هوادهی دائم واحدهای آزمایشی فراهم شود.

۳.۲ زیست‌سنجی و فاکتورهای رشد

به منظور محاسبه شاخص‌های رشد، در ابتدا و انتهای دوره پنج قطعه از ماهیان هر مخزن زیست‌سنجی شدند. به علاوه، تعیین وزن توده زنده ماهیان هر واحد آزمایشی برای تعیین مقدار غذای روزانه و

۲.۲ آماده‌سازی واحدهای آزمایشی

برای این طرح تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان سالم (با میانگین وزن $1/17 \pm 0/03$ گرم) که همگی از انواع اصلاح‌نژادشده فرانسوی بودند، از یک مرکز تکثیر و پرورش ماهیان سردابی واقع در ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان شاهرود خریداری شدند. ماهیان پس از انتقال به محیط آزمایش بعد از حدود یک ساعت هم‌دماسازی، به درون مخازن پلاستیکی شفاف ۱۴ لیتری (با تراکم ۱۵ قطعه در هر مخزن) رها شدند. تغذیه ماهیان پس از ۷۲ ساعت تحمیل گرسنگی، به مدت دو ماه با جیره‌های آزمایشی تهیه‌شده صورت گرفت. طی دوره پرورش pH آب ورودی $7/5 \pm 0/1$ ، دما 14 ± 1 (درجه سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول $8/8 \pm 0/1$ (میلی‌گرم در

۴.۲. خونگیری و فاکتورهای خونی

در پایان دوره آزمایش، هشت قطعه از ماهیان هر مخزن به صورت تصادفی صید شدند و پس از بیهوش شدن با محلول گل میخک (غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و بیومتري، خونگیری به روش قطع ساقه دم و با استفاده از لوله‌های موئینه هماتوکریت هپارینه انجام گرفت. نمونه‌های خونی در آزمایشگاه از نظر پارامترهای زیر بررسی شدند (Feldman *et al.*, 2000):

- تعداد گلبول سفید (WBC) و تعداد گلبول قرمز (RBC) به روش هماسیتومتری (تعداد در میلی‌لیتر مکعب خون).
- گلبول قرمز به کمک محلول Lewis و به وسیله پپت ملانژور قرمز و لام نئوبار شمارش شد.
- گلبول سفید به کمک محلول Lewis در ۰/۱ گرم Blue Brillant Cresyl) و به وسیله پپت ملانژور سفید و لام نئوبار شمارش شد.
- اندازه‌گیری هموگلوبین (Hb) (واحد گرم در دسی‌لیتر) با استفاده از دستگاه Sysmexlys انجام شد.
- میزان هماتوکریت با لوله میکروههماتوکریت و دستگاه میکروسانتریفیوژ Hettich با دور ۱۴۰۰۰ rpm تعیین شد.

۵.۲. روش آنالیز آماری

در این تحقیق، هر واحد به‌منزله یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و داده‌های آماری به صورت میانگین \pm انحراف از معیار گزارش شدند. محاسبات آماری در دو نرم‌افزار SPSS 21 و Microsoft office Excel 2010 صورت گرفتند. در ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف

میانگین افزایش وزن ماهیان هر پانزده روز یک‌بار صورت گرفت. به این منظور از هر واحد آزمایشی پنج عدد ماهی به صورت تصادفی و به کمک تور دستی ریزچشمه صید شد و پس از بیهوشی در اسانس گل میخک با دوز ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر وزن آن‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و طول نیز با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. به علاوه، تلفات به صورت روزانه جمع‌آوری و شمارش شد و در انتهای آزمایش به صورت درصد بیان شد.

افزایش وزن بدن (WG): $WG = BW_F - BW_I$
که در آن BWF = وزن نهایی بدن و BWI = وزن اولیه بدن است (Ozgun YIGIT, 2011).
میزان رشد ویژه (SGR):

$$SGR = \frac{\ln W_F - \ln W_I}{t} \times 100$$

که در آن $\ln W_F$ = لگاریتم طبیعی وزن نهایی (گرم)،
 $\ln W_I$ = لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی (گرم) و t = طول دوره پرورش (روز) (Slawski *et al.*, 2011).
ضریب تبدیل غذا (FCR):

$$FCR = \frac{F}{W_F - W_I}$$

که در آن F = مقدار غذای مصرف‌شده (گرم)،
WF = وزن نهایی (گرم) و WI = وزن اولیه (گرم)
(Slawski *et al.*, 2011).

نرخ زنده‌مانی (SR):

$$SR = \frac{\text{initial fish count} - \text{dead fish count}}{\text{initial fish count}} \times 100$$

که در آن initial fish count = تعداد اولیه ماهیان و
dead fish count = تعداد ماهیان تلف‌شده طی
آزمایش است (Slawski *et al.*, 2011).

تیمار شاهد به شکل معنی داری کاهش یافت ($P<0.05$).

نتایج عملکرد ضعیف تر جیره ۱۰۰ درصد را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد، به نحوی که این تیمار با ایجاد بالاترین میزان ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد ($P<0.05$). تیمار ۷۵ درصد ضمن نشان دادن اختلاف معنی دار با سایر تیمارها در رتبه بعدی قرار گرفت ($P<0.05$). تیمارهای ۰ و ۲۵ درصد با نشان دادن اختلافی معنی دار نسبت به یکدیگر، مکان های بعدی را از لحاظ میزان ضریب تبدیل غذایی کسب کردند ($P<0.05$). به علاوه، مقایسه میانگین داده های نرخ رشد ویژه میان اولین و آخرین زیست سنجی نشان داد که تیمار ۵۰ درصد با ایجاد بالاترین نرخ رشد ویژه اختلاف معنی داری نسبت به سایر تیمارها داشت ($P<0.05$). تیمار ۲۵ درصد نیز ضمن نشان دادن اختلاف معنی دار با سایر تیمارها در رتبه بعدی قرار گرفت ($P<0.05$). جیره های غذایی ۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مکان های بعدی نرخ رشد ویژه را کسب کردند و اختلاف معنی داری را با یکدیگر و سایر تیمارها نشان دادند ($P<0.05$).

بررسی شد. به منظور مقایسه میانگین گروه های آزمایشی مختلف با هم، از آنالیز یک طرفه مقایسه واریانس ها (ANOVA) و برای بررسی اختلاف معنی دار میان میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح ۰/۰۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. فاکتورهای رشد

شاخص های رشد ماهیان تیمارهای آزمایشی مختلف در جدول ۴ آمده است. یافته ها اختلاف معنی داری را در افزایش وزن ماهیان گروه های مختلف آزمایشی نشان دادند ($P>0.05$). بیش ترین میزان افزایش وزن در جیره ۵۰ درصد و با تفاوتی معنی دار نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد ($P<0.05$). سایر تیمارها به ترتیب شامل ۲۵، ۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پروتئین گیاهی ضمن کسب جایگاه های بعدی افزایش وزن، اختلاف معنی داری را با یکدیگر نشان دادند ($P<0.05$). میزان دریافت غذا در تیمار شاهد در مقایسه با دو تیمار ۲۵ و ۵۰ درصد اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$). در حالی که با افزایش میزان پروتئین گیاهی جیره های غذایی، میزان تغذیه در دو تیمار ۷۵ و ۱۰۰ درصد گیاهی در مقایسه با

جدول ۶. فاکتورهای رشد مورد مطالعه در ماهیان تغذیه شده با جیره های غذایی مختلف

تیمارهای غذایی (بر حسب میزان HP310)					
فاکتورهای رشد	۰%	۲۵%	۵۰%	۷۵%	۱۰۰%
وزن اولیه (گرم)	۱/۲±۰/۰۲	۱/۱۵±۰/۰۴	۱/۱۴±۰/۰۲	۱/۱۵±۰/۰۴	۱/۲±۰/۰۱
وزن نهایی (گرم)	۹/۴۴±۰/۰۸ ^c	۱۰/۱۳±۰/۱۳ ^b	۱۰/۹±۰/۰۸ ^a	۷/۹۱±۰/۰۲ ^d	۶/۷۹±۰/۰۵ ^e
افزایش وزن (گرم)	۸/۲۴±۰/۰۷ ^c	۸/۹۷±۰/۱۱ ^b	۹/۷۷±۰/۰۸ ^a	۶/۷۵±۰/۰۲ ^d	۵/۵۹±۰/۰۶ ^e
غذای دریافتی (گرم)	۱۰/۵۲±۰/۱۴ ^a	۱۰/۶۸±۰/۲۷ ^a	۱۰/۸۳±۰/۳۴ ^a	۹/۶۸±۰/۳۳ ^b	۹/۱۴±۰/۱۹ ^c
نرخ رشد ویژه	۳/۶۷±۰/۰۴ ^c	۳/۸۸±۰/۰۶ ^b	۴/۰۲±۰/۰۴ ^a	۳/۵۲±۰/۱۵ ^d	۳/۰۸±۰/۰۲ ^e
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۷±۰/۰۲ ^c	۱/۱۸±۰/۰۳ ^d	۱/۱±۰/۰۴ ^e	۱/۴۲±۰/۰۵ ^b	۱/۶۳±۰/۰۳ ^a
ضریب زنده مانده (درصد)	۹۸/۳±۳/۳۳ ^a	۹۸/۳±۳/۳۳ ^a	۹۸/۳±۳/۳۳ ^a	۱۰۰ ^a	۹۶/۶±۶/۶۷ ^a

حروف مشترک در هر ردیف نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین داده ها در سطح ۹۵ درصد ($P<0.05$) است.

نبود و فقط تیمار حاوی ۱۰۰ درصد HP310 کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان داد ($P < 0.05$). بررسی گلبول‌های سفید خون بیان‌گر افزایش معنی‌دار تعداد آن‌ها با افزایش درصد جایگزینی آرد ماهی جیره نسبت به تیمار شاهد بود ($P < 0.05$).

۲.۳. فاکتورهای خونی

شاخص‌های خونی ماهیان تیمارهای آزمایشی مختلف در جدول ۵ آمده است. افزایش سطح جایگزینی HP310 در جیره غذایی، کاهش میزان هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز خون را به دنبال داشت، البته این تفاوت میان تیمار شاهد و سایر تیمارها تا سطح ۷۵ درصدی معنی‌دار

جدول ۷. پارامترهای خونی مورد مطالعه در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های غذایی مختلف

تیمارهای غذایی (بر حسب میزان HP310)					
پارامترها	%۰	%۲۵	%۵۰	%۷۵	%۱۰۰
گلبول سفید ^۱	۶۴۵۰±۲۶۴/۵ ^d	۸۳۵۰±۲۸۸/۶ ^c	۱۳۰۰۰±۹۴۱/۶ ^b	۱۳۰۰۰±۹۴۱/۶ ^b	۱۵۵۷۵±۶۶۵/۲ ^a
گلبول قرمز ^۱	۶۰۱۰۰۰±۳۲۵۲۶/۹ ^a	۵۷۹۷۵±۱۶۷۲۰/۷ ^a	۵۷۱۰۰۰±۱۷۰۲۹/۳ ^a	۵۷۱۰۰۰±۱۷۰۲۹/۳ ^a	۵۱۳۰۰۰±۱۸۷۶۱/۶ ^b
هماتوکریت ^۲	۳۶/۲۵±۲/۰۶ ^a	۳۵±۱/۴۱ ^a	۳۴±۱/۴۱ ^a	۳۴±۱/۴۱ ^a	۳۰/۷۵±۰/۹۵ ^b
هموگلوبین ^۳	۵/۴۵±۰/۲ ^a	۵/۳۲±۰/۱۷ ^a	۵/۲۷±۰/۱۷ ^a	۵/۲۷±۰/۱۷ ^a	۴/۶۷±۰/۱۷ ^b

۱. (تعداد در میلی‌لیتر مکعب خون) ۲. (درصد) ۳. (گرم در دسی‌لیتر)

حروف مشترک در هر ردیف نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها در سطح ۹۵ درصد ($P < 0.05$) است.

۴. بحث

تاکنون در پژوهش‌های زیادی سطح قابل جایگزینی آرد ماهی جیره با منابع پروتئین گیاهی در گونه‌های مختلف ماهی بررسی شده است، چنان‌که Hardy (2002)، جایگزینی پودر سویا را فقط تا سطح ۲۰ درصدی جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان توصیه کرد. گزارش‌هایی مبنی بر جایگزینی کنجاله سویا تا سطح کمتر از ۲۵ (بین ۱۰ تا ۱۵) درصد منابع پروتئینی جیره قزل‌آلا، بدون تأثیر منفی در کارایی رشد ماهی در دسترس است (Barrows et al., 2007). طبق گزارش Kraugerud و همکارانش (۲۰۰۷) جیره

غذایی حاوی ۴۲ درصد کنجاله سویا باعث کاهش رشد چشمگیر در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Salmo salar) شد. به علاوه، Barnes و همکارانش در سال ۲۰۱۲ افزایش میزان FCR و کاهش معنی‌دار رشد در سطح جایگزینی بیش از ۳۰ درصد آرد ماهی جیره با کنجاله سویای تخمیرشده را گزارش کردند.

مطالعه Jalili و همکارانش در سال ۲۰۱۲ نیز یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. طبق نتایج آنان امکان جایگزینی منابع پروتئین گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تا سطح ۴۰ درصدی آرد ماهی جیره امکان‌پذیر بود. جیره حاوی ۳۰ درصد آرد ماهی و ۷۰ درصد پروتئین گیاهی

میزان متیونین جیره‌های حاوی HP310 همچنان کمتر از مقدار مناسب آن برای رشد ماهی قزل‌آلاست (NRC, 1993). بنابراین، کاهش عملکرد رشد ماهیان در سطوح بالای ۵۰ درصد را می‌توان به کمبود این آمینواسید در جیره نسبت داد. واضح است که رشد ماهی به میزان هضم‌پذیری غذا، به‌ویژه تجزیه پروتئین‌ها به واحدهای سازنده‌شان نیز وابسته است (Cruz *et al.*, 2011). این در حالی است که فیتیک اسید در سویا، با کاهش میزان دسترسی زیستی به پروتئین‌ها، منجر به دفع پروتئین از طریق ادرار و مدفوع ماهی می‌شود (Coloso *et al.*, 2003). از سوی دیگر، فیتیک اسید با اتصال به تریپسن یا تشکیل کمپلکس فیتات-پروتئین و فیتات-مواد معدنی- پروتئین مانع از تجزیه پروتئین‌ها می‌شود (Cheryan, 1980). بنابراین، محققان برای رفع این مشکل از آنزیم فیتاز در جیره غذایی ماهیان استفاده کردند و کاهش میزان فیتات و در نتیجه عملکرد بهتر رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را گزارش کردند (Hardy, 2003; Wang *et al.*, 2009; Cruz *et al.*, 2011). از آن‌جا که در پژوهش حاضر میزان این عامل ضدتغذیه‌ای در HP310 در مقایسه با کنجاله سویا کاهش یافته است (جدول ۱)، نیازی به استفاده از آنزیم فیتاز در جیره‌های آزمایشی احساس نشد. میزان بالای فیبر و کربوهیدرات در منابع پروتئین گیاهی، به علت نبود جذب مناسب آزادماهیان، سبب کاهش میزان هضم‌پذیری غذا شد و تأثیرات نامطلوبی در رشد ماهی ایجاد کرد (Hardy, 2006; Gatlin *et al.*, 2007; Krogdahl *et al.*, 2010). فیبر خام با عبور دادن سریع‌تر مواد غذایی در روده، شانس هضم‌پذیری غذا را کاهش می‌دهد و سبب اتلاف درونی نیتروژن در

(مخلوط پودر سویا، گلوتن ذرت و آرد گندم) و جیره عاری از آرد ماهی کاهش معنی‌داری را در عملکرد SGR، FCR و افزایش وزن ماهی‌ها نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آرد ماهی) نشان دادند. محققان دیگری نیز چنین کاهش معنی‌داری در نرخ رشد گونه‌های مختلف ماهیان در سطوح جایگزینی ۷۰ و ۱۰۰ درصدی آرد ماهی جیره با منابع پروتئین گیاهی را گزارش کرده‌اند (Palmegiano *et al.*, 2006; Drew *et al.*, 2007). البته برخی از مطالعات اخیر نشان دادند که امکان جایگزینی ۱۰۰ درصدی آرد ماهی با منابع پروتئین گیاهی، در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بدون تأثیر منفی یا تأثیر بسیار ناچیز در عملکرد رشد ماهی وجود دارد (Slawski *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2012). که با نتایج مطالعه ما مغایرت دارند. در ادامه، دلایل اصلی توجیه‌کننده پاسخ‌گونبودن تیمارهای حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد HP310 در جیره بررسی شده است:

میزان متعادل اسیدهای آمینه ضروری در جیره غذایی برای نرخ رشد بهینه و عملکرد بهتر آبزیان ضروری است (García & Haard, 1993). برخی اسیدهای آمینه ضروری سویا همانند متیونین برای پاسخ‌گویی به نیازهای تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلا کافی نیستند (Storebakken *et al.*, 2000; Gatelin *et al.*, 2007). برای رفع این مشکل برخی پژوهش‌گران در مطالعاتی درباره کنجاله سویا یا پروتئین تغلیظ‌شده آن از مکمل‌های متیونین در جیره غذایی ماهی قزل‌آلا استفاده کردند (Iwashita *et al.*, 2008; Barrows *et al.*, 2008). هرچند میزان این آمینواسید در پودر سویای اصلاح‌شده به‌کار برده‌شده در بررسی حاضر حدود ۲/۵ برابر بیشتر از کنجاله سویاست (جدول ۱)، اما

مراحل ابتدایی juvenile را به این مسئله ارتباط دادند. طبق گزارش آنان استفاده از جایگزین‌های گیاهی در وزن‌های بالای ۳۰ گرم (Late-stage juvenile) بدون تأثیر منفی در عملکرد رشد آزادماهیان امکان‌پذیر است. به علاوه، یافته‌های حاضر هیچ تفاوتی را در ضریب زنده‌مانی لاروهای تغذیه‌شده با تیمارهای آزمایشی با سطوح جایگزینی مختلف پودر اصلاح‌شده سویا نشان ندادند که این نتیجه را تعداد بسیاری از محققان گزارش داده‌اند (Barnes et al., 2012; Cruz et al., 2011; Hernández et al., 2012).

در بررسی اخیر، افزایش سطح جایگزینی HP310 در جیره غذایی، کاهش میزان هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز خون را به دنبال داشت، البته این تفاوت میان تیمار شاهد و سایر تیمارها تا سطح ۷۵ درصدی قابل توجه نبود و فقط تیمار حاوی ۱۰۰ درصد HP310 کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. در بررسی Soltan و همکارانش (۲۰۰۸) درباره ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان هموگلوبین و هماتوکریت خون ماهیان در صورت افزایش میزان پروتئین گیاهی جیره بیان شد. در حالی که مطالعه Slawski و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت معنی‌داری را میان میزان هموگلوبین، هماتوکریت و شاخص‌های پلاسما (تری‌گلیسیرید، گلوکز و پروتئین) در سطوح جایگزینی ۶۶ و ۱۰۰ درصدی عصاره پروتئین کانولا (RPC) با جیره شاهد (عاری از آرد ماهی) نشان ندادند. کاهش میزان هموگلوبین و هماتوکریت می‌تواند به دلیل اتصال فیتیک اسید و مواد ضدتغذیه‌ای سویا به مواد معدنی

بدن می‌شود (Liang, 2000). می‌توان یکی از دلایل کاهش رشد ماهیان در درصد‌های بالای جایگزینی آرد ماهی با HP310 را به میزان فیبر جیره‌ها نسبت داد. هرچند میزان فیبر HP310 نسبت به کنجاله سویا به شکل چشمگیری کاهش یافته است (جدول ۳)، اما میزان این عامل ضدتغذیه‌ای در جیره‌های حاوی HP310 نسبت به مقدار توصیه‌شده آن در جدول نیازهای تغذیه‌ای قزل‌آلا (NRC, 1993) بیشتر است. می‌توان گفت بی‌اشتهایی ماهیان تحت تأثیر سطوح جایگزینی بیش از ۵۰ درصد جیره غذایی با HP310 سبب کاهش قابل توجه میزان تغذیه آن‌ها طی دوره آزمایش شد. Slinger & Hilton (۱۹۸۶) نیز بیان کردند که علت اصلی کاهش پارامترهای رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان بی‌اشتهایی و کاهش میزان تغذیه در اثر افزایش سطح پروتئین گیاهی در جیره غذایی ماهی‌ها بود. افزودن مواد جاذب تغذیه‌ای به جیره‌های حاوی آرد سویا می‌تواند راه‌حلی برای رفع این مشکل باشد. چنان‌که Drew (2004) نشان داد که افزودن چنین موادی به جیره حاوی ۷۵ درصد پودر تغلیظ‌شده کانولا، افزایش میزان تغذیه و به دنبال آن افزایش رشد ماهی را در پی داشت. علت اصلی کاهش معنی‌دار رشد لاروهای قزل‌آلای مورد بررسی در مطالعه حاضر را می‌توان به سن (اندازه) ماهیان نسبت داد. چنان‌که برخی منابع سطح مناسب جایگزینی آرد ماهی با منابع گیاهی را برای قزل‌آلای کوچک‌تر، بسیار کمتر از این نتایج توصیه کرده‌اند (Sealy, 2009). Burr و همکارانش (۲۰۱۲) جایگزینی آرد ماهی با انواع جایگزین‌های گیاهی پروتئینی را در مراحل اولیه زندگی آزادماهیان نامناسب دانستند و کاهش رشد شدید ماهیان در

(آهن) و گروه‌های آمینواسیدی پروتئین‌ها باشد که سبب کاهش دسترسی این مواد در بدن و در نتیجه افزایش میزان لیز شدن گلبول‌های قرمز شده است (Soltan, 2008).

۵. نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که جایگزینی پودر سویای اصلاح‌شده HP310، تا سطح ۵۰ درصدی منابع پروتئینی جیره، نه تنها تأثیر منفی در عملکرد رشد ماهیان ایجاد نکرد، بلکه با ایجاد تفاوتی معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد رشد بهتر ماهیان را به دنبال داشت. با وجود این، تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصدی

در مقایسه با تیمار شاهد کاهش رشد چشمگیری را نشان دادند. به نظر می‌رسد که گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل رژیم غذایی گوشت‌خواری و نیاز بالا به منابع پروتئین حیوانی در مراحل ابتدایی زندگی خود، توانایی پذیرش منابع پروتئین گیاهی را در سطوح بالای ۵۰ درصد جیره ندارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی با استفاده از HP310 در جیره غذایی ماهیان با وزن بالاتر، ضمن کاهش احتمالی تأثیرات منفی آن در سطوح جایگزینی بالا، سطح مناسب جایگزینی آن در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان تعیین شود.

References

- [1]. Association of Official Analytic Chemists, 1990. Official Methods of Analysis AOAC, Washington DC, 1963 pp.
- [2]. Ayoola, A. A., 2010. Replacement of Fishmeal with Alternative Protein Source in Aquaculture Diets. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science Nutrition and Food Science .Raleigh, North Carolina.1-129pp.
- [3]. Barnes E., Michael B. L., Michael, K. A. and Rosentrater J. R. S., 2012. An initial investigation replacing fish meal with a commercial fermented soybean meal product in the diets of juvenile rainbow trout. Open Journal of Animal Sciences. Vol.2, No.4, 234-243.
- [4]. Burr G. S., William R. W., Frederic T. B. and Ronald W. H., 2012. Replacing fishmeal with blends of alternative proteins on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and early or late stage juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of aquaculture, Volumes 334–337, 7 March 2012, Pages 110–116.
- [5]. Barrows, F.T., Gaylord, T.G., Sealey, W.M., Haas, M.J. and Stroup, R.L., 2008 .Processing soybean meal for biodiesel production: effect of a new processing method on growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 283, 141-147. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.06.041
- [6]. Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. Critical Reviews on Food Science and Nutrition 13: 297-335.
- [7]. Coloso, r. M., K. King, J. W., Fletcher, M. A., hendrix, M., Subramanyam, P. W., and Ferraris, R. P., 2003. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. Aquaculture 220: 801-820.
- [8]. Congleton, J.L. Wagner, T., 2006. Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. Journal of Fish Biology 69:473–490.
- [9]. Cruz Castro C. A., Hernández L. H., Fernández Araiza M. A., Ramírez Pérez T. and Ángeles López O., 2011. Effects of diets with soybean meal on the growth, digestibility, Phosphorus and Nitrogen excretion of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Hidrobiológica 21(2):118-125.
- [10]. Dalsgaard, J., Ekman K. S., Pedersen P. B. and Verlhac V., 2009. Effect of supplemented fungal phytase on performance and phosphorus availability by phosphorus-depleted juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and on the magnitude and composition of phosphorus waste output. Aquaculture 286: 105-112.
- [11]. Drew Murray D. 2004. Canola protein concentrates as a feed ingredient for Salmonid fish. Department of animal and poultry science, University of Saskatchewan. Saskatoon. SK Canada. 168-181 pp.
- [12]. Drew M.D., Borgeson T.L. and D.L. Thiessen, 2007. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. Animal Feed Science Technology, 138:118-136.
- [13]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005-2013. Cultured Aquatic Species Information Programmed. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programmed. Text by Cowx, I. G. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 15 June 2005. [Cited 1 August 2013]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en

- [14]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA E Working Paper No. 12-03. <http://www.fao.org/economic/esa/esag/en/>.
- [15]. Feldman, B.F., Zinkl, J.G. and Jane, N.C., 2000. Schalm's Veterinary Hematology. 5th ed. Lippincott Williams and Wilkins. Pp.1120-1124.
- [16]. García-Carreño, FL., Haard NF., 1993. Characterization of proteinase classes in Langostilla Pleuroncodes planipes and Crayfish Pacifastacus astacus extracts. Journal of Food Biochemistry 17, 97-113.
- [17]. Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R. and Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research, 38:551-579.
- [18]. Hardy, R. W., 2002. Rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). In: Webster, C.D. & C. E. Lim (Eds.). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, New York, New York, USA, pp. 184-202.
- [19]. Hardy, R. W., 2003. Use of Soybean Meals in Diets of Salmon and Trout. Aquaculture Research Institute, Hagerman Fish Culture Experiment Station, University of Idaho. Written in cooperation with the United Soybean Board and American Soybean Association.
- [20]. Hardy R.W., 2006. Worldwide Fish Meal Production Outlook and the Use of Alternative Protein Meals for Aquaculture. Aquaculture Research Institute. University of Idaho. 410-419pp.
- [21]. Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research Institute. 41:770-776.
- [22]. Higgs, D. A., Dosanj, B. S., Prendergast, A.F., Beams, R. M., Hardy, R.W., Riley, W., Deacon, G., 1995; Use of rapeseed/canola protein products in finfish diets. In: Sessa, D. J. & Lim. C. (Eds), Nutrition and Utilization technology in Aquaculture. AOAC Press. PP: 130-156.
- [23]. Hilton, J.W., Slinger, S.J., 1986. Digestibility and utilization of canola meal in practical-type diets for rainbow trout *Salmo gairdneri*. Canadian Journal of Fish Aquatic Science, 43: 1149-1155.
- [24]. Iwashita, Y., Yamamoto, T., Furuita, H., Sugita, T. and Suzuki, N., 2008. Influence of certain soybean anti-nutritional factors supplemented to a casein-based semi purified diet on intestinal and liver morphology in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Fisheries Science, 74, 1075-1082. doi:10.1111/j.1444-2906.2008.01627.x
- [25]. Jalili R, Noori F, Agh N., 2012. Effects of Dietary Protein Source on Growth Performance, Feed Utilization and Digestive Enzyme Activity in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). Journal of Applied Biological Sciences 6 (3): 61-68.
- [26]. Krogdahl Å., Penn M., Thorsen J., Refstie S. and A.M. Bakke, 2010. Important anti-nutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent finding regarding responses in salmonids. Aquaculture Research, 41:333-344.
- [27]. Kraugerud OF., Penn M., Storebakken T., Refstie S., Krogdahl Å., Svihus B., 2007. Nutrient digestibilities and gut function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with cellulose or non-starch polysaccharides from soy. Aquaculture 273:96-107.
- [28]. Liang, D., 2000. Effect of supplementation on the nutritive value of canola meal for broiler chickens. MSc Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- [29]. National Research Council (NRC), 1993. In: Nutrient Requirements of Warm water Fishes and Shellfishes. National Academy Press, Washington, DC, 114 pp.

- [30]. Palmegiano, G. B., Dapra, F., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P.G., Sicuro, B. and Zoccarato, I., 2006. Rice proteins concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 258:357–367.
- [31]. Slawski, H., Adem, H., Tressel, R-P., Wysujack, K., Koops, U. and Schulz, C., 2011. Replacement of fish meal with rapeseed protein concentrate in diets fed to common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Israeli Journal Aquaculture Bamidgeh* 63:6. IIC: 63.2011.605.
- [32]. Soltan, M.A., Hanafy, M.A. and Wafa, M. I. A., 2008. Effect of Replacing Fish Meal by a Mixture of Different Plant Protein Sources in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Diets. *Global Veterinaria* 2 (4): 157-164.
- [33]. Storebakken, T., Shearer K. D., Baeverfjord, G., Nielsen, B. G., Asgard, T., Scott, T. M. and De Laporte, A., 2000. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture* 184, 115–132.
- [34]. Wang, F., Yang Y. H., Han Z. Z., Dong, H. W., yang, C. H. and Zou Z. Y., 2009. Effects of phytase pretreatment of soybean meal and phytase-sprayed in diets on growth, apparent digestibility coefficient and nutrient excretion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture International* 17: 143-157.
- [35]. Webster, C. D., Tiu, L. G., and Morgan, A. M., 1999. Effect of Partial and Total Replacement of Fish Meal on Growth and Body Composition of Sunshine Bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* Fed Practical Diets. *Journal of the World Aquaculture Society*. 30: 443-453.