

تعیین احتیاجات غذایی ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) با هدف آبرزی پروری

- **حمید رضائی***: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، صندوق پستی: ۹۶۱
- **عبدالصمد کرامت‌امیری**: گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی: ۵۷۸
- **سیامک یوسفی سیاه‌کلرودی**: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۴

چکیده

آزمایش تعیین احتیاجات غذایی ماهی آزاد دریای خزر با ۶ تیمار و در ۳ تکرار و به مدت ۸ هفته در سالن تکثیر و پرورش پژوهشکده اکولوژی دریای خزر در فرح آباد ساری در استان مازندران اجراء شد. تعداد ۷۲۰ عدد بچه‌ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius* Kessler ۱۸۷۷) با میانگین وزنی ۷ گرم در ۱۸ و نیرو به‌طور تصادفی تقسیم گردیدند. شش جیره غذایی با استفاده از سه سطح پروتئین (۴۵٪، ۵۰٪ و ۵۵٪) و دو سطح انرژی (۳/۵ و ۴ کیلوکالری در چارچوب یک طرح آزمایشی فاکتوریل (۲×۳) تهیه گردید. غذادهی مطابق با درجه‌حرارت آب و اندازه ماهی که معمولاً از ۱/۵ تا ۰/۰۴ وزن بدن متغیر بوده است، روزی سه بار (ساعات ۸، ۱۲ و ۱۶) انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که غذای حاوی ۴۵٪ پروتئین بر برخی شاخص‌های رشد مانند ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین اثر معنی‌داری مثبت داشته است ($p < 0/05$) اما با افزایش انرژی از ۳۵۰۰ به ۴۰۰۰ کالری اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد ماهی دیده نمی‌شود ($p > 0/05$). نتایج نشان داد که مناسب‌ترین سطح پروتئین برای ماهی آزاد دریای خزر برای یک رشد ایده آل سطح ۵۰٪ می‌باشد.

کلمات کلیدی: ماهی آزاد دریای خزر، پرورش مصنوعی، رشد، غذا، پروتئین، انرژی



مقدمه

یکی از ماهیان اقتصادی دریای خزر، ماهی آزاد با نام علمی *Salmo trutta caspius* Kessler (۱۸۷۷) می‌باشد. رده‌بندی این ماهی توسط بخش جانورشناسی انستیتو سنت پترزبورگ (ZISP) صورت گرفته است. براساس آمار شیلات ایران طی سال‌های ۲۷-۱۳۲۶ میزان صید این ماهی از ۲۰ تن تجاوز نکرد و از آن به بعد هر ساله میزان صید این ماهی سیر نزولی داشته است به طوری که از اواخر ۱۳۵۰ تا اوایل دهه ۱۳۶۰ از آمار صید شیلات ایران حذف گردید و چنانچه این روند ادامه می‌یافت نسل این ماهی منقرض می‌شد (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۷۸). در گذشته رودخانه‌های بسیار زیادی میزبان مولدین مهاجر جهت تکثیر طبیعی بودند که شامل رودخانه‌های سرد آبرود، چالوس، تنکابن، گرگانرود، سفارود و ناورود بودند. به تدریج به دلیل تخریب زیستگاه‌های طبیعی تخم‌ریزی، با احداث سد و یا پل بدون در نظر گرفتن آبراهه‌های مناسب جهت مهاجرت ماهیان، ماهیگیری غیرمسئولانه، آلودگی‌های صنعتی، شهری، کشاورزی، کاهش نزولات، کاهش دبی آب رودخانه‌ها، استفاده از آب رودخانه‌ها جهت مصارف کشاورزی موجب گردید که تکثیر طبیعی این ماهی با اختلال روبه‌رو گردد (Nezami و همکاران، ۲۰۰۰). ماهی آزاد دریای خزر مطابق با شرایط IUCN (۱۹۹۹)، گونه در معرض خطر اعلام شد (Kiabi و همکاران، ۱۹۹۹). با توجه به موارد ذکر شده به نظر می‌رسد تنها راه برای بازسازی ذخایر این گونه ارزشمند دریای خزر تکثیر مصنوعی و رهاسازی به دریا به منظور پرورش در دریا (Sea ranching) می‌باشد. در همین راستا تکثیر مصنوعی این ماهی از سال ۱۳۶۲ توسط شرکت سهامی شیلات ایران آغاز و هم‌چنان ادامه دارد. آن‌چه که مهم است نگهداری بچه‌ماهیان تا وزن مناسب برای رهاسازی به مدت یک تا دو تابستان، مستلزم غذادهی است و غذایی که اکنون در مرکز تکثیر و پرورش شهید باهنر کلاردشت از آن استفاده می‌شود غذای ماهی قزل‌آلا است و هنوز پژوهشی برای دستیابی به یک جیره غذایی متعادل و مناسب برای آن انجام نشده بود. به علاوه استفاده از یک جیره غذایی متعادل و مناسب، نقش به‌سزایی در تامین نیازهای غذایی آبریان و پرورش موفق آن‌ها دارد. پروتئین و انرژی از اجزای لازم رژیم غذایی برای همه جانوران می‌باشند ولی نیاز مطلق رژیم غذایی فی‌نفسه وجود ندارد. ماهی‌ها مانند سایر جانوران، احتیاج به منبع غذایی اسیدهای آمینه ضروری و کالری دارند. افزون بر آن ماهی احتیاج به اسیدهای آمینه غیرضروری یا پیش‌ماده‌ها برای ساخت آن‌ها دارد. پروتئین بدن

ماهی برای تامین اسیدهای آمینه ضروری و ساخت اسیدهای آمینه غیرضروری باید تامین شود و در عین حال برای تامین انرژی منبعی غیرپروتئینی نیز وجود داشته باشد تا استفاده از پروتئین برای تامین انرژی به حداقل برسد. پروتئین به‌عنوان یکی از مواد مغذی جیره غذایی بیش‌ترین نقش را در رشد داشته و از طرفی به‌عنوان گران‌ترین جزء تشکیل‌دهنده جیره محسوب می‌شود. رژیم غذایی کامل، خالی از پروتئین نیست (Mclaren و همکاران، ۱۹۷۴b). بنابراین تعیین سطوح مناسب آن در جیره غذایی به‌منظور استفاده بهینه و کاهش هزینه‌ها ضروری است. زیرا استفاده بیش از حد از پروتئین سبب کاهش بازدهی پروتئین و هم‌چنین مواد دفعی نظیر آمونیوم و آمونیاک دفعی بدن افزایش یافته که خود سبب افزایش بار آلودگی در محیط گشته و کیفیت آب را کاهش می‌دهد و از طرفی باعث افزایش قیمت جیره غذایی می‌گردد. بدیهی است که میزان کم‌تر از حد مناسب پروتئین نیز مانع از تولید بافت‌های جدید و در نتیجه موجب بروز اختلال در رشد می‌شود (Brauge و همکاران، ۱۹۹۵). هم‌چنین از عوامل تعیین‌کننده دیگر در فرمولاسیون جیره غذایی، میزان انرژی جیره می‌باشد که برای سوخت و ساز و فعالیت‌های حیاتی بدن ضروری است. افزایش بیش از حد انرژی در جیره سبب تجمع چربی در بافت‌های بدن به‌ویژه کبد می‌گردد که سلامت آبرزی را به‌خطر می‌اندازد (Van deer meer و همکاران، ۱۹۹۷). هم‌چنین کمبود انرژی در جیره غذایی باعث مصرف پروتئین جیره و نهایتاً موجب کاهش رشد شده و فعالیت‌های حیاتی را مختل می‌سازد (Van deer meer و همکاران، ۱۹۹۷؛ Brauge و همکاران، ۱۹۹۵). با توجه به این‌که در پرورش ماهی آزاد مراحل مختلفی وجود دارد که مهم‌ترین مرحله آن تولید smolt به‌منظور رهاسازی می‌باشد که تاکنون پژوهشی در خصوص تعیین احتیاجات غذایی در این مرحله صورت نگرفته است، لذا اقدام به پژوهش فوق شده است. لذا خاطر نشان می‌گردد که در صورت تعیین نیازمندی‌های غذایی هر گونه ماهی، باید به انتخاب مناسب، ارزان و قابل دسترس مواد غذایی توجه لازم را مبذول داشت. نه تنها مواد غذایی باید از لحاظ کیفی از نظر پروفیل اسیدآمینه و اسیدهای چرب ضروری در حد لازم تامین باشند بلکه باید از نظر طعم، مزه و ضریب قابلیت هضمی آن در حد مناسب باشند (Lim و Webster، ۲۰۰۲).

مواد و روش‌ها

مکان و سیستم پرورشی: این آزمایش در پاییز سال ۱۳۸۶ در سالن تکثیر و پرورش پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

با هم مخلوط گردید. سپس با استفاده از چرخ گوشت صنعتی به قطر ۲ میلی‌متر به رشته‌های درازی تبدیل شد و پس از خشک شدن در اندازه‌های مناسب به صورت حبه (Pellet) تهیه گردید.

آنالیز شیمیایی و فرمولاسیون غذا: مواد اولیه غذا برای

ساخت جیره به منظور تعیین میزان پروتئین، انرژی، چربی، رطوبت و خاکستر مورد تجزیه قرار گرفت. میزان پروتئین کل با استفاده از دستگاه کج‌دال (Kjeltee Analyzer Unit ۲۳۰۰)، میزان چربی با استفاده از سوکسله، میزان انرژی با استفاده از بمب کالری‌متر (Instrument Company, Illinois Parr ۱۲۶۶)، میزان رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (Muffle Furnace) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت اندازه‌گیری گردید (AOAC, ۱۹۹۷). پس از تجزیه مواد اولیه با استفاده از نرم‌افزار لیندو (Lindo, ۱۹۹۴) جیره‌نویسی براساس هر یک از جیره‌های آزمایشی انجام شد.

در فرح‌آباد شهرستان ساری انجام شد. تعداد ۴۰ عدد بچه‌ماهی آزاد دریای خزر با میانگین وزنی 1 ± 0.7 گرم انتخاب و به هر ونیرو با ابعاد $2 \times 2 \times 1$ مترمکعب اضافه شد. این آزمایش در ۶ تیمار و ۳ تکرار و مجموعاً ۱۸ تکرار انجام شد. تعویض آب پیوسته (۶ لیتر در ثانیه) و سیستم هوادهی مرکزی بوده است.

طراحی آزمایش: این آزمایش با استفاده از روش فاکتوریل

$3 \times 2 \times 2$ شامل سه سطح پروتئین (۴۵، ۵۰ و ۵۵) و دو سطح انرژی خام ($3/5$ و ۴ کیلوکالری در کیلوگرم غذا) با ۶ تیمار و ۳ تکرار طراحی گردید.

تهیه و آماده‌سازی غذا: از کازئین تجاری (تهیه شده از

شرکت فومن شیمی) به عنوان منبع اصلی پروتئین، روغن ماهی (ساخت شیلی) و روغن سویا به عنوان منبع انرژی جیره استفاده شد. از ویتامین‌ها، مواد معدنی و سایر مکمل‌ها نیز در تمام جیره‌ها به طور یکسان استفاده گردید (جدول ۱). مواد اولیه ابتدا به پودر تبدیل شد و پس از وزن‌کشی با افزودن مقداری آب داخل هم‌زن

جدول ۱: اجزا و ترکیب جیره‌های آزمایشی به درصد (براساس ماده خشک %)

تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	مواد اولیه
	۴۵/۳۵۰	۵۰/۳۵۰	۵۵/۳۵۰	۴۵/۴۰۰	۵۰/۴۰۰	۵۵/۴۰۰	
کازئین	۳۳	۳۸	۴۳	۳۳	۳۸	۴۳	
پودر ماهی	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	
آرد سویا	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	
آرد گندم	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	
روغن ماهی	۵/۴۶	۴/۳۵	۳/۲۴	۸/۲۴	۷/۱۲	۶	
روغن سویا	۵/۴۶	۴/۳۵	۳/۲۴	۸/۲۴	۷/۱۲	۶	
مخلوط ویتامین*	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
مخلوط معدنی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	
آنتی‌اکسیدان	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	
سلولز	۱۴/۴۳	۱۱/۶۵	۸/۸۷	۸/۸۷	۶/۱۱	۳/۳۵	
بایندر	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	
ویتامین ث	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
نتایج تجزیه تقریبی جیره‌ها							
پروتئین	۴۵/۳۰	۵۰/۲	۵۵/۳۰	۴۴/۹۸	۵۰/۲	۵۵/۴۶	
چربی	۱۳/۸۵	۱۲/۲۰	۱۴/۲۰	۱۳/۹۰	۱۴/۹۰	۱۳/۲۰	
رطوبت	۵/۹۵	۵/۸۰	۵/۲۰	۵/۸۵	۵/۲۴	۵/۴۰	
خاکستر	۱۲/۴۳	۱۹/۲۵	۱۸/۶۰	۲۱/۱۹	۲۰/۹۰	۱۸/۲۰	
انرژی کل (کالری بر گرم)	۳۵۲۰	۳۵۴۰	۳۵۳۰	۴۰۵۰	۴۰۶۰	۴۰۵۰	

*: مخلوط ویتامین‌ها (A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂, K, نیاسین، اسید فولیک و بیوتین) و مخلوط مواد معدنی (کبالت، ید، سلنیم، روی، آهن، مس و منگنز) بوده است.

حرارت آب و اندازه ماهی (عمادی، ۱۳۶۷) که معمولاً از ۱/۵ تا ۰/۰۴ وزن بدن متغیر بوده است، روزی سه بار (ساعات ۸، ۱۲ و ۱۶) انجام شد. زیست‌سنجی دو هفته یک‌بار انجام و براساس آن میزان غذادهی تعیین شد. میانگین دمای آب در طول دوره

انجام آزمایش و غذادهی: این آزمایش پس از ساخت

جیره‌های آزمایشی از آبان ۱۳۸۶ به مدت ۱۰ روز به منظور سازگاری ماهیان با محیط با غذای تجاری با پروتئین ۴۵٪ و انرژی خام ۳۵۰۰ کالری به مدت ۱۰ روز تغذیه شدند. غذادهی مطابق با درجه



آن‌ها بر افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نسبت بازده پروتئین در جدول ۲ نشان داده شده است. افزایش سطح پروتئین غذا تا ۵۵٪ باعث کاهش عملکرد ضریب تبدیل غذایی شد ($p < 0.05$) و ماهی آزاد ضریب تبدیل بهتری را در درصدهای پایین‌تر پروتئین (۴۵ و ۵۰٪) نشان داده است. سرعت رشد ماهی یا ضریب رشد ویژه در ماهی آزاد تاثیر محدودی از میزان پروتئین موجود در جیره پذیرفته است. ماهیان سرعت رشد نسبتاً بهتری را در میزان متوسط و پایین پروتئین در مقایسه با درصد بالای پروتئین (۵۵٪) نشان دادند. درصد پروتئین جیره بر میزان افزایش وزن یا وزن انتهای ماهی از نظر آماری تاثیر نداشته است اگرچه تیمار حاوی ۵۰٪ پروتئین موجب افزایش وزن بدن بیشتر در ماهی آزاد شده است. میزان انرژی غذا اثری بر فاکتورهای رشد در ماهی آزاد نداشته است و ماهی آزاد عملکرد یکسانی را در این دو سطح انرژی نشان داده است. همان‌طوری‌که در جدول ۳ نشان داده شده است اثر متقابل بین پروتئین و انرژی بر فاکتورهای رشد از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. این نکته تائید می‌کند که اثر پروتئین بر شاخص‌های رشد وابسته به میزان انرژی موجود در غذا نیست. میزان پروتئین موجود در غذا موجب تغییر در شاخص نسبت بازده پروتئین در ماهی آزاد شد (جدول ۳). به مانند شاخص ضریب تبدیل غذایی و سرعت رشد ماهی آزاد عملکرد بهتری در نسبت بازده پروتئین با استفاده از درصد پایین پروتئین جیره نشان دادند ($p < 0.05$). جدول خلاصه وضعیت فاکتورهای کیفی آب در طول دوره آزمایش نمایش داده شده است (جدول ۳). به‌استثنای آمونیم بقیه فاکتورهای کیفی آب در محدوده ایده‌آل مورد نیاز برای ماهی آزاد قرار دارند.

پرورش ۱۲ درجه سانتی‌گراد و دبی آب هر حوضچه ۴ لیتر در ثانیه و شرایط نوری برای حوضچه‌ها طبیعی و یکسان بود. فاکتورهای کیفی آب شامل اکسیژن محلول، pH، سختی کل و آمونیم در هر ۱۰ روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. آزمایش به مدت ۸ هفته به طول انجامید و در پایان دوره ماهیان جمع‌آوری و طول و وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

شاخص‌های رشد: شاخص‌های رشد محاسبه شده به شرح ذیل است (Albert و Tacon، ۱۹۹۰):

میانگین وزن اولیه - میانگین وزن نهایی = افزایش وزن
 وزن اولیه / میانگین وزن اولیه - میانگین وزن نهایی $\times 100 =$ (WG) / رشد
 مقدار مصرف پروتئین / افزایش وزن بدن = (PER) نسبت بازده پروتئین
 افزایش وزن بدن / مقدار غذای خورده شده = (FCR) ضریب تبدیل غذایی
 $100 \times$ دوره پرورش / $(LnW_2 - LnW_1) =$ (SGR) ضریب رشد ویژه
 (وزن اولیه = W_1 ، وزن ثانویه = W_2)

تجزیه و تحلیل آماری: در این تحقیق، ونیرو به‌عنوان واحد آزمایشی (Experimental unite) می‌باشد. داده‌ها در جدول نتایج به‌صورت میانگین عملکرد ونیروهای مربوط به هر تیمار به اضافه انحراف معیارهای آن‌ها ارایه شده است. تست نرمال بودن داده‌ها (Normality) قبل از تجزیه و تحلیل آماری انجام شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس دوطرفه (2 way ANOVA) به‌منظور تعیین اثر فاکتورهای پروتئین و انرژی بر شاخص‌های رشد انجام شد. وجود یا نبود اختلاف در بین تیمارهای مربوط به هر فاکتور رشد با استفاده از آزمون توکی در سطح اعتماد ۵٪ انجام گرفت. کلیه تجزیه و تحلیل آماری در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج

نتایج حاصله از تاثیر سطوح پروتئین و انرژی و اثر متقابل

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در تیمارهای مختلف

تیمارها	رشد %	افزایش وزن بدن (گرم)	وزن انتهای ماهی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	ضریب رشد ویژه	نسبت بازده پروتئین
(۱) ۴۵/۳۵۰۰	۹۷/۷±۱/۶	۵/۳۷±۰/۰۴	۱۰/۸۷±۰/۴۲	۱/۹۰±۰/۶۳ ^b	۱/۹۵±۰/۰۱	۱/۲۳±۰/۴۱ ^a
(۲) ۵۰/۳۵۰۰	۶۵/۹±۳/۵	۵/۴۲±۳/۸۷	۱۳/۱۷±۵/۶۲	۲/۷۴±۰/۹۳ ^b	۱/۴۲±۰/۶۱	۰/۷۷±۰/۲۶ ^{ab}
(۳) ۵۵/۳۵۰۰	۴۴/۵±۱۲/۷	۴/۲۳±۱/۴۸	۱۳/۶۳±۲/۰۵	۳/۳۳±۰/۸۸ ^a	۱/۰۵±۰/۲۵	۰/۵۷±۰/۱۸ ^b
(۴) ۴۵/۴۰۰۰	۷۰/۲±۲/۵	۴/۸۵±۰/۷۱	۱۲/۱۴±۰/۹۵	۲/۴۴±۰/۶۹ ^b	۱/۵۰±۰/۴۳	۰/۹۶±۰/۲۵ ^{ab}
(۵) ۵۰/۴۰۰۰	۱۰/۱/۲±۳/۲	۶/۳۰±۰/۹۱	۱۲/۸۷±۱/۱۸	۱/۸۶±۰/۰۵ ^b	۱/۹۷±۰/۴۸	۱/۱۱±۰/۲۶ ^a
(۶) ۵۵/۴۰۰۰	۴۷/۸±۲/۶	۴/۴۴±۰/۰۴	۱۳/۷۴±۰/۳۸	۳/۷۹±۰/۳۰ ^a	۱/۱۱±۰/۰۵	۰/۴۸±۰/۳۷ ^b
اثر سطوح پروتئین	۰/۰۵۶	۰/۳۶۳	۰/۳۴۶	۰/۰۲۳	۰/۰۵۲	۰/۰۱۸
اثر سطوح انرژی	۰/۷۷۳	۰/۸۲۶	۰/۷۶۷	۰/۹۱۸	۰/۷۰۷	۰/۹۳۹
اثر متقابل پروتئین انرژی	۰/۱۷۸	۰/۷۹۱	۰/۸۵۳	۰/۲۵۹	۰/۱۷۲	۰/۲۱۶

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلافی معنی‌دار هستند ($p < 0.05$)



جدول ۳: میانگین و ضعیبیت فاکتورهای کیفی آب در طول دوره آزمایش

دمای آب (درجه سانتی گراد)	pH	اکسیژن (میلی گرم بر لیتر)	سختی کل (میلی گرم بر لیتر)	آمونیم (میلی گرم بر لیتر)
۱۴/۴۳±۴/۵	۷/۵۳±۰/۰۷	۹/۲۷±۰/۹۹	۳۶۰	۱/۹۴±۱/۳۷

بحث

نتایج به دست آمده از آزمایش نشان داد که سطوح متفاوت پروتئین بر برخی شاخص‌های رشد مانند ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین اثر معنی‌دار داشته و نتایج نسبتاً بهتری با استفاده از غذای حاوی پروتئین ۴۵٪ گرفته شده است. عملکرد بهتری در فاکتورهای ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه با استفاده از پروتئین ۴۵ و ۵۰ درصد در مقایسه با پروتئین ۵۵٪ حاصل شده است. وقوع این پدیده احتمالاً به دلیل نزدیک شدن پروتئین جیره به میزان مناسب پروتئین برای رشد ماهی و تامین اسید آمینه‌های ضروری می‌باشد ولی با افزایش پروتئین از ۵۰ به ۵۵٪ شاخص‌های رشد کاهش می‌یابند. دلیل این موضوع ممکن است به هم خوردن تعادل جیره، افزایش اسیدهای آمینه آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده اسید آمینه در هپاتوپانکراس باشد که در نتیجه این امر میزان آمونیم تولیدی زیاد شده و ماهی برای دفع آن انرژی مصرف می‌نماید که باعث کاهش کارایی پروتئین و انرژی و در نتیجه کاهش رشد می‌گردد (Brauge و همکاران، ۱۹۹۵). عملکرد ضعیف فاکتورهای رشد در غذای حاوی پروتئین ۵۵٪ می‌تواند به علت میزان نسبتاً بالای آمونیم موجود در آب باشد. سوختن مواد پروتئینی در غذای حاوی پروتئین بالا موجب آزادسازی آمونیم زیادی به آب شده و در نتیجه غلظت آمونیم آب و نیرو را افزایش می‌دهد. این شرایط می‌تواند باعث کاهش فاکتورهای رشد در ماهی شود و حتی در غلظت بیش از حد رشد را متوقف کند.

نسبت بازده پروتئین نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح متفاوت پروتئین جیره قرار دارد به طوری که در سطوح پروتئین ۵۰ و ۴۵٪ نتایج بهتری در مقایسه با سطح ۵۵٪ به دست آمده است. این نتیجه در راستای دیگر تحقیقات انجام شده در رابطه با ارتباط میزان پروتئین غذا و بازده پروتئین می‌باشد که همواره بازده پروتئین در یک سطح پروتئین به حداکثر می‌رسد و بعد از آن با افزایش پروتئین جیره کاهش می‌یابد. نتایج اخیر صابر (۱۳۸۴) با استفاده از ماهیان آزاد به وزن اولیه ۳/۸ گرم در ۳ سطح پروتئین ۴۵، ۵۰ و ۵۵٪ مشابه نتایج حاصله در این آزمایش می‌باشد. تاثیر متفاوت پروتئین جیره بر رشد ماهی *Maccullochella peeli peeli* با در نظر گرفتن ۵ سطح پروتئین ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰٪

نشان داد که بهترین میزان رشد، ضریب رشد ویژه و همچنین نسبت بازده پروتئین در ماهیانی که از جیره با پروتئین ۵۰٪ تغذیه کرده بودند به دست آمده است. به این ترتیب که با افزایش پروتئین تا ۵۰٪ فاکتورهای رشد روند صعودی داشتند و با استفاده از پروتئین بیش‌تر تا سطح ۶۰٪ رشد کاهش یافت (Gunasekara و همکاران، ۲۰۰۰). در بررسی تغذیه آزاد ماهی ماسو (*Oncorhynchus masou brevoort*) به وزن ۹/۲۱ گرم به مدت ۱۰ هفته با در نظر گرفتن ۳ سطح پروتئین ۳۰، ۴۰ و ۵۰٪ و ۲ سطح انرژی ۱۹ و ۲۱ کیلوگرم بر مگاژول مشخص شد که رشد، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه ماهیانی که از جیره با پروتئین ۴۰ و ۵۰٪ تغذیه شده بودند به طور معنی‌داری بیش‌تر از ماهیانی بودند که از جیره با پروتئین ۳۰٪ تغذیه شدند و به همین دلیل پروتئین ۴۰٪ را به عنوان مقدار مناسب پروتئین جیره برای این ماهی اعلام کردند (Kim و Lee، ۲۰۰۱). با بررسی تاثیر سطوح متفاوت پروتئین و انرژی جیره غذایی بر رشد و ترکیبات بدنی گربه‌ماهی با در نظر گرفتن ۴ سطح پروتئینی ۳۰، ۳۴، ۳۸ و ۴۳٪ و دو سطح چربی ۸ و ۱۴٪ با تغذیه ماهیان ۰/۳ گرمی به مدت ۳۰ روز مشخص شد که با افزایش پروتئین، میزان رشد، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و دو سطح پروتئین ۳۸ و ۴۳٪ را به عنوان سطوح مناسب پروتئین جیره برای این ماهی اعلام کردند. ولی اذعان داشتند که نسبت بازده پروتئین با افزایش پروتئین جیره کاهش می‌یابد و دلیل آن را مصرف شدن قسمتی از پروتئین جیره به منظور دستیابی به انرژی ذکر کردند (Salhi و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج مشابهی توسط دیگر محققین در این زمینه به دست آمده است (Shahidial Islam و همکاران، ۲۰۰۴؛ Chan و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین بررسی‌ها نشان داد که فرمول غذای عمومی قزل‌آلا بسته به مرحله زندگی آن شامل بین ۴۲ تا ۴۸٪ پروتئین خام و ۱۶ تا ۲۴٪ لیپید است (Lim و Webster، ۲۰۰۲). در خصوص ماهی آزاد (*salmo salar*) که پروتئین را به طرز موثری هضم می‌سازد و بیش از نیمی از پروتئین هیدرولیز و در ناحیه بیرولیک جذب می‌گردند معمولاً ۵۰ تا ۵۵٪ پروتئین خام را در جیره‌های غذایی آزاد ماهیان جوان پیشنهاد می‌دهند و محتوای پروتئین غذایی را ۴۵-۴۰٪ در جیره‌های رشد کاهش می‌دهند مشروط بر آن که محتوای غذایی غنی از پروتئین دارای

۳. عمادی، ح.، ۱۳۶۷. تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا و ماهی آزاد. چاپ چهارم. ۲۱۲ صفحه.
4. AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.
 5. Brauge, C.; Corraze, G. and Medale, F., 1995. Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels. Nutr dev. Vol. 35, pp: 517-520.
 6. Chan, J.C.K.; Manu, J.; Skura, B.J.; Roshandeli, M.; Rowshandeli, N. and Higgs, D.A., 2002. Effects of feeding diets containing various dietary protein and Lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisuteh*) reared in sea water. Aquaculture Research. Vol. 33, pp: 1137-1156.
 7. Gunasekera, R.M.; De Silva, S.S.; Collins, R.A.; Gooley, G. and Ingram, B.A., 2000. Effect of dietary protein level on growth and food utilization in juvenile Murray cod *Maccullochella peelii* (Mitchell). Aquaculture research. Vol. 31, pp: 181-187.
 8. Kiabi, B.H.; Abdoli, A. and Naderi, M., 1999. Status of the fish fauna in the south Caspian basin of Iran. Zoology in the Middle East. Vol. 18, pp: 57-65.
 9. Lee, S.M. and Kim, K.D., 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile Masu salmon (*Oncorhynchus masou*) brevoorty. Aquaculture Research. Vol. 32, pp: 39-45.
 10. McLaren, B.A.; Keller, E.; Odonnell, D.J. and Elvehjem, C.A., 1947. The nutrition of rainbow trout: further studies with purified rations. Archives of biochemistry. Vol. 15, pp: 179-185.
 11. N.R.C (National Research Council). 1993. Nutritional Requirements of fish. National Academy press, Washington, DC. 114 p.
 12. Nezami, S.A.; Savari, A.; Sakari, M. and Alizadeh, M., 2000. National Report of Biodiversity in Caspian coastal zone. Research Department, Gilan provincial Office, Department of the Environment Conservation, Iran (TACIS, Technical Assistance to the Commonwealth of Independent states, European Union, Caspian Environmental program). 63 p.
 13. Salhi, M.; Bessonart, M.; chediak, G.; Bellagamba, M. and Carnevia, D., 2003. Growth feed utilization and body composition of black cat fish, *Rhandia quelen*, Fry fed diets containing different protein and energy levels. Aquaculture. Vol. 231, pp: 435-444.
 14. Shahidal Islam, M.D. and Tanaka, M., 2004. Optimization of dietary protein requirement for pond reared. Mahseer tor putitora Hamilton (Cypriniformes cyprinidae). Aquaculture Research. Vol. 35, pp: 1270-1276.
 15. Tacon, T. and Albert, G.J., 1990. Standara method for nutritional and feeding of farmed fish and shrimp. Argent librations press. pp: 24-27.
 16. Van deer Meer, M.B.; Zamora, J.E. and Verdegem, M.C., 1997. Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartment of *Colosoma macropomum* (Cuvier) Aquaculture Research. Vol. 28, pp: 405-417.
 17. Webster, C.D. and Lim, C.E., 2002. Nutrient Requirements and Feeding Of finfish for Aquaculture. 418 p.

کیفیت بالایی باشد (Lim و Webster، ۲۰۰۲). در مورد انرژی با افزایش انرژی جیره از ۳۵۰۰ به ۴۰۰۰ کالری بر گرم اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد ماهی دیده نمی‌شود. نتایج حاصله در این آزمایش، نظریه نسبت پروتئین به انرژی در غذای ماهی و جایگزینی مواد انرژی‌زا به منظور کاهش درصد پروتئین در غذای ماهی را تایید نمی‌کند. وقوع این حالت شاید به دلیل اختلاف کم دو سطح انرژی مورد آزمایش (۵۰۰ کالری) و یا دوره محدود آزمایش بوده است. به نظر می‌رسد دستگاه گوارش و سوخت و ساز ماهی آزاد زمان بیش‌تری لازم دارد تا با غذای جدید خو گرفته و اثرات آن را در فاکتورهای رشد نشان دهد. علاوه بر این، اختلاف وزنی ماهیان (۳-۴ گرم) در ابتدای آزمایش باعث افزایش انحراف معیار تیمارها شده و قابلیت اندازه‌گیری اثر تیمارهای انرژی در محدوده کم رشد را مشکل می‌سازد.

به هر حال اکثر نتایج منتشره تاکنون موید اثر سطوح انرژی بر پارامترهای رشد و هم‌چنین نیاز پروتئینی ماهی می‌باشند (Salhi و همکاران، ۲۰۰۳؛ Lee و Kim، ۲۰۰۱؛ Gunasekera و همکاران، ۲۰۰۰؛ NRC، ۱۹۹۳). جدیدترین نتایج منتشره در مورد ماهی آزاد دریای خزر در آزمایشی با استفاده از ۳ سطح پروتئین ۴۵، ۵۰ و ۵۵٪ و دو سطح انرژی ۴۲۰۰ و ۴۶۰۰ کالری نشان داد که بیش‌ترین رشد با تغذیه از جیره غذایی با پروتئین ۵۰٪ و انرژی ۴۶۰۰ کالری حاصل می‌شود (صابر، ۱۳۸۴). با توجه به موارد ذکر شده مناسب‌ترین سطح پروتئین برای ماهی آزاد برای یک رشد ایده آل سطح ۴۵ و ۵۰٪ می‌باشد. برای تعیین میزان انرژی، نیاز به تیمارهای انرژی بیش‌تر و زمان طولانی‌تر آزمایش وجود دارد. کمیت و کیفیت آب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای پرورش و ضامن موفقیت آن می‌باشد. ماهی آزاد در آب با کیفیت بالا و عاری از آلودگی بهترین کارایی رشد را نشان خواهد داد. با توجه به قبول غذای دستی و پرورش در مخازن مصنوعی، ماهی آزاد می‌تواند به‌عنوان یک گونه جدید پرورش به صنعت آبی‌پروری ایران و دنیا معرفی گردد.

منابع

۱. سالنامه آماری شیلات ایران. ۱۳۷۸. طرح و توسعه شیلات ایران. ۵۸ صفحه.
۲. صابر، ع.، ۱۳۸۴. تاثیر سطوح متفاوت پروتئین و انرژی جیره غذایی بر رشد و بازماندگی ماهی آزاد دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیلات. دانشگاه تربیت مدرس نور. ۱۳۵ صفحه.

