# تاثیر تغذیه با جیره کاربردی بر فراسنجه‌های رشد، ضریب تبدیل غذایی و آنزیم‌های روده‌ای بچه ماهیان سفید دریای خزر (*Rutilus frisii*)

**جواد رضوانی[۱]، مجتبی کشاورز[۱*]، سیمه بهرام[۱]**

۱ گروه شیلات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۲۷

**چکیده**

این مطالعه به منظور بررسی اثرات جیره‌های کاربردی مختلف حاوی سطوح مختلف کربوهیدرات و چربی بر عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذا و سطح آنزیم‌های روده‌ای بچه‌ماهیان سفید دریای خزر (*Rutilus frissi*) طراحی شد. ماهی‌ها با وزن اولیه ۰/۲۵ ± ۱/۳۲ گرم (میانگین ± انحراف معیار) با پنج جیره (سه تکرار) دارای انرژی و پروتئین یکسان و درصدهای مختلف چربی (۲۳، ۲۱، ۱۹، ۱۷ و ۱۵ درصد) کربوهیدرات (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد) به مدت ده هفته و چهار وعده در روز بر اساس اشتها غذادهی شدند. نتایج نشان داد بکارگیری کربوهیدرات تا سطح ۲۵ و چربی تا سطح ۱۵ درصد باعث افزایش برخی از شاخص‌های رشد از جمله وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه شده است. نتایج آنزیم‌های روده‌ای نشان داد که فعالیت این آنزیم‌های بطور معناداری تحت تاثیر سطوح مختلف کربوهیدرات و چربی قرار گرفتند و کمترین فعالیت برای الکالین فسفاتاز و N آمینوپپتیداز در بچه‌ماهیان تغذیه شده با سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی مشاهده شده است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده این است که افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ تا ۲۵ درصد و کاهش سطح چربی از ۲۳ تا ۱۵ درصد اثر منفی بر فراسنجه‌های رشد بچه‌ماهیان سفید نداشت.

***واژه‌های کلیدی***: رشد، ماهی سفید، آنزیم‌های گوارشی، جیره کاربردی

## مقدمه

ماهی سفید مهمترین ماهی استخوانی دریای خزر بوده و با توجه به ارزش غذایی بالا، کیفیت عالی گوشت و لذیذ بودن مورد توجه صیادان، ساحل نشینان و مردم کشور ما و حتی سایر کشورهای حاشیه دریای خزر می‌باشد. ماهی سفید از نظر رژیم غذائی جزء ماهیان همه‌چیزخوار بوده ولی برخلاف سایر ماهیان همه چیزخوار به‌دلیل کوتاه بودن طول روده دارای طیف غذایی محدودی می‌باشد، لذا تهیه جیره اختصاصی برای این گونه با محدودیت بیشتری همراه است. اما با توجه به اهمیت این گونه برای بخش شیلات جهت بازسازی ذخایر و رهاسازی بچه ماهیان یک تا دو گرمی نیاز به فرمولاسیون جیره برای دوران لاروی و بچه‌ماهی انگشت قد وجود دارد. یکی از مهمترین مباحث در امر تغذیه توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک از جمله آگاهی از سطح فعالیت آنزیم-های گوارشی است که توجه به نقش آنها در امر تغذیه می‌تواند در فرمولاسیون جیره مفید باشد (Mohammadzadeh و همکاران، ۲۰۱۷).

آنزیم‌های گوارشی نقش بسیار مهمی در روند هضم و جذب مواد مغذی اعم از کربوهیدرات، پروتئین و چربی دارند (Rungruangsak-Torrissen و همکاران، ۲۰۰۶) و ارزیابی فعالیت آنزیم‌های گوارشی در گونه‌های پرورشی در انتخاب درست اجزای غذایی جیره برای محققان و پرورش‌دهندگان بسیار مفید است (Lan و Pan، ۱۹۹۳). با وجود اهمیت این موضوع، داده‌های حاصل از تحقیقات پژوهشگران در

*نویسنده مسئول: pkeshavarz61@yahoo.com

زمینه تغییرات آنزیم‌های گوارشی با تغییر سطوح اجزای جیره غذایی برای ماهیان اندک است (Sunde و همکاران، ۲۰۰۴). جهت نیل به این هدف و پی بردن به وضعیت گوارشی ماهی، مطالعه دقیق در مورد عادت تغذیه‌ای، رژیم غذایی و محیط اکولوژیک ماهی ضرروری است (Hidalgo و همکاران، ۲۰۱۱). از جمله آنزیم‌های گوارشی که در این روند تاثیر بسزایی دارند می‌توان به پروتئازهای قلیایی و اسیدی، الکالین فسفاتاز و الفاآمیلاز اشاره کرد. مطالعات گسترده‌ای در مورد پروتئازهای اسیدی و قلیایی، الفاآمیلاز و لیپاز در ماهیان انجام شد اما، اطلاعات اندکی در مورد آنزیم‌های الکالین فسفساتاز و N امینوپپتیداز وجود دارد. فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز، تنها در منطقه نوار مسواکی سلول‌های اپی‌تلیال روده‌ای بالا می‌باشد. این آنزیم اغلب به‌عنوان شاخص در جذب مواد مغذی تلقی می‌شود (Silva و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین نقش مهمی در هضم نهایی مواد پروتئنی بر عهده دارد. این آنزیم در حضور سوبسترا در مدت زمان کوتاهی فعالیت خود را نسان می‌دهد. فعالیت این آنزیم با حضور مواد غذایی پپتیدی افزایش می‌یابد. عمدتا الکالاین فسفاتاز در غشای سلولی که در آن انتقال فعال صورت می‌گیرد یافت می‌شود و یک شاخص مهم در شدت جذب مواد غذایی در ماهی می‌باشد (Gawlicka و همکاران، ۲۰۰۰). فعالیت الکالین فسفاتاز اغلب عملکرد و توسعه غشای روده‌ای را ارزیابی می‌کند و عملکرد این آنزیم به ساختار غشا میکروویلی روده مربوط می‌باشد. بطور کلی مطالعات کمی در ارتباط با عملکرد بیولوژیک الکالاین فسفاتاز انجام شده است. یکی دیگر از آنزیم‌ها، N امینوپپتیداز می‌باشد. فعالیت پپتیدازهای روده‌ای، فرآیند هیدرولیز ترکیبات پروتئینی غذا را تکمیل می‌کند و سبب هضم نهایی شده و پپتیدهای کوچک و اسید آمینه‌های آزاد تولید می‌کنند. Reisenauer و Castillo (۱۹۹۴) گزارش کردند که بلوغ فعالیت آمینوپپتیداز به حضور و دسترسی الیگوپپتیدها بعنوان سوبسترا در حفره روده و در نتیجه به ترکیب جیره و فعالیت آنزیم‌های پانکراسی (تریپسین و کیموتریپسین) و معده‌ای (پپسین) بستگی دارد (Jobling، ۱۹۹۵) تا قبل از آمینوپپتیداز بر روی پروتئین جیره تاثیر بگذارد.

ارزش غذایی یک جیره از طریق هضم و جذب آن جیره توسط حیوان تعیین می‌شود. هضم هم به وضعیت فیزیکی غذا و هم به میزان و نوع آنزیم در دستگاه گوارش بستگی دارد. بسیاری از محققین معتقدند که فعالیت آنزیم‌های گوارشی تحت تاثیر سن و یا مراحل تکاملی است (Rathore و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش سن می‌تواند باعث افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی در ماهیان شود هر چند که به‌رژیم غذایی مصرفی در ماهیان نیز ارتباط دارد (Fassantabar و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به ویژگی مهم ماهی سفید دریای خزر برای بخش شیلات، تحقیق و پژوهش در ارتباط با این ماهی امری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف کلی این مطالعه، بررسی میزان فعالیت آنزیم‌های روده‌ای در واکنش به جیره کاربردی در شروع تغذیه فعال در بچه ماهیان سفید دریای خزر می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

مراحل اجرایی این تحقیق در سالن آبزی‌پروری دانش آبزیان مازند واقع در ساری به‌مدت ۷۰ روز انجام گرفت. پس از تهیه بچه‌ماهیان از مرکز بازسازی و حفاظت ذخایر ژنتیکی آبزیان شهید رجایی و انتقال آن‌ها به تانک‌ها، در ابتدا ۴۵۰ بچه ماهی با میانگین (±انحراف معیار) وزنی ۰/۲۵ ± ۱/۳۲ گرم پس از دو هفته عادت‌دهی با جیره پایه مورد آزمایش، به ۱۵ اکواریوم ۶۰ لیتری به ابعاد ۳۰ × ۴۰ × ۷۰ سانتی‌متر

به تعداد ۳۰ عدد در هر تانک معرفی شدند. در این تحقیق از ۵ تیمار و ۳ تکرار استفاده شد تیمارها شامل T1 (۵ درصد کربوهیدارت و ۲۳ درصد چربی)، T2 (۱۰ درصد کربوهیدارت و ۲۱ درصد چربی)، T3 (۱۵ درصد کربوهیدارت و ۱۹ درصد چربی)، T4 (۲۰ درصد کربوهیدارت و ۱۷ درصد چربی) و T5 (۲۵ درصد کربوهیدارت و ۱۵ درصد چربی) بود. برای تامین آب مورد نیاز، از آب چاه بعد از ۲۴ ساعت هوادهی استفاده گردید و هوادهی در هر اکواریوم با یک سنگ هوا متصل به هواده مرکزی صورت گرفت. آب اکواریوم هنگام سیفون کردن که هر یک روز در میان صبح قبل غذادهی صورت می‌گرفت و میزان ۵۰ درصد تعویض گردید. عوامل کیفی مانند دمای آب در دامنه ۲۳/۵–۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد، pH بین ۷/۵–۷/۲ و اکسیژن۸/۲–۷/۵ ملی‌گرم بر لیتر بود. شرایط نوری در طول دوره آزمایش به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید. مرگ و میر ماهیان بصورت روزانه ثبت و در تیمارهای مختلف، مورد سنجش قرار گرفتند. در این تحقیق از ۵ تیمار و ۳ تکرار استفاده گردید. غذادهی روزانه بر حسب اشتها بصورت دستی در ۴ نوبت در ساعات ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ انجام گرفت.

پنج جیره با مقدار انرژی یکسان و مقدار پروتئین یکسان که شامل سطوح مختلف کربوهیدرات (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد و چربی (۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۲۳ درصد) بود فرموله شد (جدول ۱). برای بررسی عملکرد غذا بر رشد و ضریب تبدلی غذایی در انتهایی دوره زیست‌سنجی انجام شد و پارامترهای رشد و تغذیه مورد محاسبه قرار گرفتند. این پارامترها شامل موارد زیر بودند:

افزایش وزن (گرم) = وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)

نرخ رشد ویژه (روز/ ٪) = [( ln وزن نهایی (گرم) – ln وزن اولیه (گرم))/ طول دوره پرورش (روز) ] × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی = مقدار غذای مصرفی (گرم) / وزن تر بدست آمده (گرم)

درصد بازماندگی = [تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در انتهای دوره] × ۱۰۰

**جدول ۱- ترکیبات جیره مورد آزمایش**

| نوع ماده (٪) | تیمارها | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| آرد ماهی | ۳۵ | ۳۵ | ۳۵ | ۳۵ | ۳۵ |
| کازئین | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| ژلاتین | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| نشاسته | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۵ |
| روغن گیاهی | ۱۸/۸ | ۱۶/۶ | ۱۴/۴ | ۱۲/۲ | ۱۰ |
| مکمل معدنی | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مکمل ویتامینه | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| بایندر | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| پرکن | ۱۵/۲ | ۱۲/۴ | ۹/۶ | ۶/۸ | ۴ |
| ترکیبات تقریبی (٪) | | | | | |
| پروتئین | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ |
| چربی | ۲۳/۷ | ۲۱/۷ | ۱۹/۷ | ۱۷/۷ | ۱۵/۷ |
| کربوهیدارت | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۵ |
| انرژی(کیلوژول/۱۰۰گرم) | ۱۷۵۰ | ۱۷۵۰ | ۱۷۵۰ | ۱۷۵۰ | ۱۷۵۰ |

**سنجش فعالیت آنزیمی:** در انتهای آزمایش به منظور سنجش آنزیم‌های روده‌ای نمونه‌برداری از ماهیان انجام شد. از هر تکرار ۱۰ عدد ماهی در انتهای آزمایش بعد از اعمال ۴۸ ساعت گرسنگی برداشت شد و کل دستگاه گوارش بر روی یخ جدا سپس در ازت مایع ذخیره و به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. و آنزیم‌های الکالین فسفاتاز و N امینوپپتیداز سنجش شد. از آنجائیکه آنزیم‌ها ساختار پروتئینی داشته و در دسته پروتئین ها طبقه بندی می شوند لذا محاسبات فعالیت آنزیمی بیشتر بر اساس پروتئین محلول انجام می‌باشد. لذا فعالیت آنزیم بر اساس U/mg protein بعنوان فعالیت اختصاصی یا فعالیت ویژه بیان شد (Hassantabar و همکاران، ۲۰۱۴).

**روش آماری مورد استفاده شده:** برای بررسی آماری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها توسط آزمون Kolmogrov-Smirnov ارزیابی و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. در صورت برقراری شرایط فوق، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه ( Tow way ANOVA) استفاده شد و اختلاف میانگین‌ها بوسیله آزمون چنددامنه‌ای توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ P< بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (version 16.0) انجام گرفت. داده‌ها درون متن بصورت میانگین ± انحراف معیار آورده شده است.

## نتایج

عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذای بچه‌ماهیان سفید تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. در بیشتر پارامترها در بین تیمارها اختلاف معناداری وجود داشت (P<۰/۰۵). بالاترین وزن نهایی مربوط به ماهیان تیمار T5 بوده کمترین وزن نهایی در ماهیان تیمار T1 دیده شد (P<۰/۰۵). نرخ رشد ویژه تحت تاثیر جیره قرار گرفت و اختلاف معناداری در بین تیمارها دیده شد (P<۰/۰۵). بطوری‌که بالاترین نرخ رشد ویژه در ماهیان تیمار T5 مشاهده شد. درصد بازماندگی در طی ۱۰ هفته آزمایش در بین تیمارهای مختلف بالای ۹۰ درصد بود، ولی اختلاف معناداری بین آنها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). مناسب‌ترین ضریب تبدیل غذایی در بچه‌ماهیان هم در تیمار T5 دیده شد، اما اختلافی بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

**جدول ۲- شاخص‌های رشد (میانگین ± SD) بچه‌ماهیان سفید دریای خزر (*Rutilus frisii*) تغذیه شده با سطوح مختلف کربوهیدرات و چربی (٪) پس از ده هفته پرورش در سطح معنادار P<۰/۰۵**

| شاخص‌های رشد | تیمارها | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| وزن اولیه (گرم) | ۱/۲۹ ± ۰/۱۷ | ۱/۴ ±۰/۲۳ | ۱/۳۶ ±۰/۲۴ | ۱/۳۵ ± ۰/۱۹ | ۱/۲۳ ± ۰/۲۶ |
| وزن نهایی (گرم) | ۳/۷۵ ± ۰/۳۸$^{c}$ | ۳/۹۰ ± ۰/۴۳$^{b}$ | ۳/۹۳ ± ۰/۲۱$^{b}$ | ۴/۱۱ ±۰/۳۶$^{a}$ | ۴/۲۷ ±۰/۴۹$^{a}$ |
| افزایش وزن (گرم) | ۲/۴۶ ± ۰/۱۰$^{d}$ | ۲/۵ ±۰/۳۵$^{cd}$ | ۲/۷ ±۰/۱۴$^{c}$ | ۲/۷۶ ±۰ /۲۸ $^{b}$ | ۲/۹۱ ± ۰/۱۸$^{a}$ |
| نرخ رشد ویژه (٪ / روز) | ۱/۵۲ ±۰/۱۸$^{c}$ | ۱/۴۶ ±۰ /۱۱$^{c}$ | ۱/۵۱ ±۰/۳۰ $^{c}$ | ۱/۵۹ ±۰/۲۱$^{b}$ | ۱/۷۷ ±۰ /۱۰$^{a}$ |
| ضریب تبدیل غذا | ۲/۱۳ ± ۰/۲ | ۲/۱۰ ± ۰/۴۵ | ۲/۱۴± ۰/۰۸ | ۲/۱۳ ± ۰/۰۶ | ۲/۰۴ ± ۰/۳۱ |
| نرخ بقا (٪) | ۹۹/۳ ± ۱ | ۹۹/۴ ± ۲/۹ | ۹۸/۴ ± ۲/۹ | ۹۸/۷ ± ۲/۲۲ | ۱۰۰ |

حروف غیر مشابه نشاندهنده وجود اختلاف معنادار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).

**آنزیم‌های گوارشی:** با توجه به جدول ۳ فعالیت اختصاصی آنزیم الکالاین فسفاتاز با افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ درصد تا ۲۵ درصد و کاهش سطح چربی از ۲۳ تا ۱۵ درصد افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار این آنزیم (۰/۵ ± ۱۹/۴۸ protein U/ mg) در بچه ماهیان تغذیه شده با تیمار T5 مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معناداری داشت (P < ۰/۰۵). با توجه به جدول ۳ فعالیت اختصاصی آنزیم N امینوپپتیداز با افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ درصد تا ۲۵ درصد و کاهش سطح چربی از ۲۳ تا ۱۵ درصد افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار این آنزیم (۰/۰۰۱ ± ۰/۱۸ U/ mg protein) در بچه‌ماهیان تیمار T5 مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معناداری داشت (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار این آنزیم ( U/ mg protein ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۵) در تیمار T1 دیده شده است که با تیمار T2 اختلاف معناداری نداشت (P> ۰/۰۵).

**جدول۳- سطح فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز و N امینوپپتیداز در بچه ماهیان تغذیه شده با جیرهای آزمایشی**

| آنزیم‌های گوارشی | تیمارها | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| الکالین فسفاتاز (U/ mg protein) | ۱۹/۴۸ ± ۰/۲۹$^{a}$ | ۱۷/۳۲ ± ۰/۱۱$^{b}$ | ۱۳/۶۱ ± ۰/۲۱$^{c}$ | ۱۱/۲۲ ± ۰/۱۱$^{d}$ | ۸/۷۸ ± ۰/۸۶$^{e}$ |
| N امینوپپتیداز (U/ mg protein) | ۰/۱۸ ± ۰/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۱ ± ۰/۰۰۱$^{b}$ | ۰/۰۹ ± ۰/۰۰۲$^{b}$ | ۰/۰۵ ± ۰/۰۰۶$^{c}$ | ۰/۰۵± ۰/۰۰۱$^{c}$ |

حروف غیر مشابه نشاندهنده وجود اختلاف معنادار بین تیمارها هست (p<۰/۰۵).

## بحث

یکی از منابع مهم غیر پروتئینی برای ماهی‌ها کربوهیدرات و چربی است که وجود آن‌ها در جیره باعث کارایی بهتر پروتئین برای حداکثر رشد می‌گردد چرا که استفاده از منابع غیر پروتئینی مثل کربوهیدرات می‌تواند باعث صرفه جویی در هزینه غذا شود. در مورد توانایی گونه های مختلف در هضم و جذب کربوهیدرات و چربی در آبزیان بررسی‌های مختلفی صورت گرفته است که با نتایج متناقضی همراه بوده است. به طور کلی گونه‌های گرم آبی نسبت به گونه های سردآبی و گونه‌های دریایی توانایی بیشتری جهت مصرف سطوح بالاتر کربوهیدرات‌های غذایی دارند. این توانایی ممکن است در ارتباط با فعالیت زیاد آمیلاز روده ای در این گونه‌ها باشد (Goddard، ۱۹۹۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نرخ رشد بچه‌ماهی سفید تحت تاثیر سطوح مختلف کربوهیدرات و چربی قرار گرفته و افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ درصد تا ۲۵ درصد و کاهش سطح چربی از ۲۳ درصد تا ۱۵ درصد باعث بهبود پارامترهای رشد می‌شود. مشابه این نتایج در گربه‌ماهی راه رونده (*Clarias batrachus*) تغذیه شده با جیره حاوی ۴۰ درصد پروتئین و ۳/۴۶ کیلوکالری انرژی با افزایش سطح کربوهیدرات از ۰/۴۴ درصد تا ۲۷/۲۸ درصد گزارش شده است که این امر باعث بهبود رشد و کارایی غذا گردید (Erfanullah و Jafri، ۱۹۹۸). Jantraotai و همکاران (۱۹۹۴) گزارش دادند که هیبرید گربه‌ماهی ( *Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) تغذیه شده با جیره حاوی ۳۳ درصد پروتئین با افزایش سطح کربوهیدرات از ۳۰/۴۵ درصد تا ۴۹/۶۸ درصد و همچنین در گربه ماهی کانالی افزایش سطح کربوهیدرات باعث بهبود شاخص‌های WG، SGR و FCR شده است (Galin و Wilson، ۱۹۷۷). افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ درصد تا ۲۵ درصد در مطالعه

حاضر باعث بهبود در WG، SGR و FCR شده است که مشابه نتایج بدست آمده برای کپور ماهیان هندی (*Catla catla, Labio rohota, Cirrhinus migala*) و بچه‌ماهیان tambaqui (*Colossoma macropmum*) بوده است (Erfanullah و Jafri، ۱۹۹۸؛ Gunther، ۱۹۹۶). اعتقاد بر این است که افزایش سطح کربوهیدرات جیره در یک سطح مطلوب باعث کاهش کاتابولیسم سایر مواد غذایی از قبیل پروتئین و چربی برای تولید انرژی می‌شود و متابولیسم وابسته را برای سنتز بیولوژیک ترکیبات مهم فراهم می‌کند در نتیجه باعث بهبود کارایی پروتئین و رشد می‌گردد (Migchun و همکاران، ۲۰۱۱).

در مطالعه حاضر، بچه‌ماهیان سفید دریای خزر با ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی در جیره غذایی بالاترین رشد و بهترین ضریب تبدیل غذایی را داشتند. بچه‌ماهیان Cobia که یک گونه گوشت‌خوار در طبیعت می‌باشد برای رشد مطلوب به مقدار ۲۱/۱ درصد کربوهیدرات نیاز دارند (Mingchun و همکاران، ۲۰۱۱). دامنه مطلوب دریافت کربوهیدرات کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) ۳۰ تا ۴۰ درصد (Satoh، ۱۹۹۱) و کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*) ۳۷ تا ۵۶ درصد می‌باشد (Lin، ۱۹۹۱). کاربرد بهتر کربوهیدرات توسط ماهی، ممکن است به اختلاف در جیره طبیعی آنها در طبیعت مربوط باشد. معمولا ماهیان گیاه‌خوار و همه چیزخوار نسبت به ماهیان گوشت‌خوار بهتر می‌توانند کربوهیدرات را هضم و جذب کنند (Cowey و Walton، ۱۹۸۹). توانایی گونه‌های مختلف در بکارگیری کربوهیدرات بستگی به توانایی آنها در اکسیده کردن گلوکز و گوارش کربوهیدرات و ذخیره گلوکز بصورت گلیکوژن و چربی دارد. تنوع زیاد در ساختار و عملکرد روده در بین گونه‌های مختلف ماهی و همچنین تنوع در منبع کربوهیدراتی استفاده شده در غذای ماهی موجب شده تا گوارش کربوهیدرات در بین و درون گونه‌های ماهی متفاوت باشد. در مطالعه حاضر انرژی و پروتئین جیره برای همه تیمارها ثابت بوده و محتویات چربی جیره با افزایش سطح کربوهیدرات کاهش پیدا کرد. بیشترین رشد در ماهیان تغذیه شده با جیره‌ای که حاوی بالاترین سطح کربوهیدرات و پایین‌ترین سطح چربی مشاهده شد که مشابه نتایج بدست آمده برای گربه-ماهیان آفریقایی (*Clarias gariepinus*) بود که بیشترین رشد در بچه‌ماهیان تغذیه شده با بالاترین سطح کربوهیدرات و کمترین سطح چربی بدست آمد (Ali و Jauncey، ۲۰۰۴). این می‌تواند نتیجه کاهش مصرف غذا توسط ماهی بعلت افزایش سطح چربی جیره باشد، چرا که چربی بیش از حد غذا، از جذب مواد غذایی و پروتئین برای حداکثر رشد جلوگیری می‌کند و همچنین چربی اضافی در جیره غذایی بر عملکرد طبیعی بدن و بالانس غذایی تاثیر می‌گذارد (Chuntapa و همکاران، ۱۹۹۹).

عمدتا الکالاین فسفاتاز در غشای سلولی که در آن انتقال فعال صورت می‌گیرد یافت می‌شود و یک شاخص مهم در شدت جذب مواد غذایی در ماهی می‌باشد (Gawlicka و همکاران، ۲۰۰۰؛ Herpez و Uni، ۱۹۹۹). فعالیت الکالین فسفاتاز اغلب عملکرد و توسعه غشای روده‌ای را ارزیابی می‌کند و عملکرد این آنزیم به ساختار غشا میکروویلی روده مربوط می‌باشد. بطور کلی مطالعات کمی در ارتباط با عملکرد بیولوژیک الکالین فسفاتاز انجام شده است. در مطالعه حاضر کمترین فعالیت الکالین فسفاتاز در بچه ماهیان تغذیه شده با بالاترین سطح کربوهیدرات و کمترین سطح چربی دیده شد. این کاهش در فعالیت آنزیم الکالین ناشی از سوبسترای کمتر در این گروه نیست بنظر می‌رسد به علت توسعه بهتر در غشای ویلی و میکرو ویلی روده‌ی بچه‌ماهیان تغذیه

شده با سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی نسبت به سطوح پایین‌تر می‌باشد، علت کاهش فعالیت در بچه‌ماهیان تغذیه شده با سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی ممکن است بخاطر افزایش در طول روده باشد. فعالیت کمتر در بچه-ماهیان تغذیه شده با سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی نشان‌دهنده کاهش در جذب مواد مغذی در روده در این گروه از بچه‌ماهیان نیست احتمال دارد به همراه توسعه غشای روده پرزهای موجود در دیواره روده هم افزایش پیدا کرده است و این کاهش در میزان فعالیت با افزایش در طول روده جیران شده است که مشابه این نتایج در سیم دریایی (*Sparus ouratus*) توسط Santigosa و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده شده است. بالاترین فعالیت الکالین فسفاتاز در بچه‌ماهیان تغذیه شده با سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۹ درصد چربی دیده شده که کمتر از مقدار گزارش شده برای سیم دریایی می‌باشد بطور کلی فعالیت الکالین فسفاتاز در ماهیان گیاه‌خوار کمتر از فعالیت الکالین فسفاتاز ماهیان گوشت‌خوار می‌باشد (Herpez و Uni، ۱۹۹۹). نتایج مشابهی در مطالعه Mohammadzadeh و همکاران در بچه ماهیان تغذیه با سطوح مختلف کربوهیدرات مشاهده شد که سطح ۳۵ درصد کربوهیدرات سبب کاهش در فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز شده است ( Mohammadzadehو همکاران، ۲۰۱۷). اعتقاد بر این است که ماهیان گوشتخوار بخاطر عادت تغذیه‌ای گوشتخواری در رژیم غذایی خود فسفوپروتئین بیشتری به واسطه مصرف غذاهای جانوری از جمله پودر ماهی دریافت می‌کنند برخلاف ماهیان گیاهخوار که فسفوپروتئین کمتری در جیره طبیعی آنها وجود دارد. لذا فعالیت الکالین فسفاتاز در ماهیان گیاه‌خوار و همه‌چیزخوار کمتر از گوشتخوار می‌باشد (Silvia Flavia و همکاران، ۲۰۱۰).

فعالیت پپتیدازهای روده‌ای، فرآیند هیدرولیز ترکیبات پروتئینی غذا را تکمیل می‌کند و سبب هضم نهایی شده و پپتیدهای کوچک و اسید آمینه‌های آزاد تولید می‌کنند. Reisenauer و Castillo (۱۹۹۴) گزارش کردند که بلوغ فعالیت آمینوپپتیداز به حضور و دسترسی الیگوپپتیدها به‌عنوان سوبسترا در حفره روده بستگی دارد بنابراین به ترکیب جیره و فعالیت آنزیم‌های پانکراسی (تریپسین و کیموتریپسین) و معده‌ای (پپسین) بستگی دارد (Jobling، ۱۹۹۵) که قبل از آمینوپپتیداز بر روی پروتئین جیره تاثیر بگذارد. در مطالعه حاضر با افزایش سطح کربوهیدرات از ۵ درصد تا ۲۵ درصد و کاهش چربی از ۲۳ درصد تا ۱۵ درصد فعالیت N آمینوپپتیداز کاهش پیدا کرد و کمترین مقدار آن در بچه‌ماهیان تغذیه شده با ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی مشاهده شد. اگرچه تاثیر ترکیبات جیره بر فعالیت آمینوپپتیداز کمتر مورد بررسی قرار گرفته و بیشتر مطالعات مربوط به دوران لاروی و آنتوژنی می‌باشد و امکان مقایسه نتایج بدست آمده با سایر نتایج وجود نداشت. علت کاهش فعالیت آنزیم در سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی بخاطر کاهش سنتز پروتئین نمی-باشد بلکه تکامل اندام‌ها، بافت‌های جدید، افزایش پروتئین‌های بافت و فعالیت سایر آنزیم‌های پروتولیتیک (تریپسین و کیموتریپسین) می‌باشد (Wang و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش فعالیت آمینوپپتیداز در سطح ۲۵ درصد کربوهیدرات و ۱۵ درصد چربی احتمال دارد به‌علت وجود بازدارنده آنزیمی یا به دلیل تخریب در دیواره روده و پرزهای آن باشد که مستقیما روی ترشح آنزیم‌های روده تاثیر می‌گذارد اما کاهش به گونه‌ای نبود که تاثیر منفی بر رشد و سنتز پروتئین داشته باشد و این کاهش با فعالیت بالای سایر آنزیم‌های پروتولیتیک (تریپسین و کیموتریپسین) جبران شد ولی احتمال دارد در سطوح

بالاتر از سطح ۲۵ درصد اثر منفی بر رشد و سنتز پروتئین داشته باشد. مطالعات کمی در این زمینه تاکنون گزارش شده است و نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

با توجه به رشد متعادل و فعالیت مناسب آنزیم‌های گوارشی می‌توان نتیجه گرفت که کربوهیدرات دارای اثر مثبتی بر رشد و ترکیبات بدن بچه‌ماهی سفید دریای خزر است. بنابراین می‌توان اظهار نمود که بکار بردن کربوهیدرات در ترکیب جیره بچه‌ماهیان سفید دریای خزر سبب بهبود شاخص‌های رشد در این ماهی می‌گردد.

## منابع


Ali, M.Z., Jauncey, K., 2004. Optimal dietary carbohydrate to lipid ratio in African cat fish (*Clarias gariepinus*) (Burchell 1822). Aquaculture International 12,169-180.

Chuntapa, B., Piyatiratitivorakul, S., Nitithamyong, C., Viyakarn, V., Menasveta, P., 1999. Optimal lipid: carbohydrate and protein: energy ratios in semi-purified diets for juvenile black tiger shrimp (*Penaeus monodon).* Aquaculture Research 30, 825-830.

Cowey, C.B., Walton, M.J., 1989. Intermediary Metabolism. In: Fish Nutrition. Halver, J.E. (2 edition). Academic press, Inc., London, 260-321.

Erfanullah, J., Jafri, A. K., 1998. Growth rate, feed conversion, and body composition of (*Catla catla*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala*) fry fed diets of various carbohydrate to lipid ratios. Journal of the World Aquaculture Society 29, 84-91.

Flavia Silvia, C.P., Jacques Nicoli, R., Zabonino Infante, L., Marie Madeleine, L., 2010. Influence of partial substitution of dietary fish meal on the activity of digestive enzymes in the intestinal brush border membrane of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and goldfish (*Carassius auratus*). Aquaculture 306, 233-237.

Gawlicka, A., Parent, B., Horn, M.H., Ross, N., Opstad, I., Torrissen, O.J., 2000. Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), indication of readiness for first feeding. Aquaculture 184, 303-314.

Goddard, S., 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture, Chapman & Hall, New York, 194pp.

Harpaz, S., Uni, Z., 1999. Activity of intestinal mucosal brush border membrane enzymes in relation to the feeding habits of three aquaculture fish species. Comparative Biochemstry and Physiology, part A 124,155-160.

Hassantabar, F., Fereidouni, A.E., Ouraji, H., Babaei, S., Jafarpour, A., 2014. Comparison of growth and digestive enzymes activity of kutum (*Rutilus kutum*) during ontogeny fed with live prey and artificial feed. Aquaculture International 23, 597-612.

Hidalgo, M.C., Urea, E., Sanz, A., 1999**.** Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Photolytic and amylases activities. Aquaculture. 170: 267-283.

Jobling, M. 1995. Digestion and absorbtion. In: Jobling, M. Environmental Biology of Fishes, Chapter 6. Chapman and Hall, London England 175-210.

Lan, C.C., Pan, B.S. 1993. In-vitro digestibility simulating the proteolysis of feed protein in the midgut gland of grass shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture 109, 59-70.

Lin, D., 1991. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). In: Handbook of Nutrition Requirements of Finfish 89-96.

Mingchun, R., Qinghui, A., Kangsen, M., Hongming, M., Xiaojie, W., 2011. Effect of dietary carbohydrate level on growth performance, body composition, apparent digestibility coefficient and digestive enzyme activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* L). Aquaculture Research 42, 1467–1475.

Mohammadzadeh, S., Noverian, A.H., Ouraji, H., Falahatkar, B. 2017. Growth, body composition and digestive enzyme responses of Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum*

(Kamenskii, 1901), juveniles fed different levels of carbohydrates. Applied Ichthyology 2017, 1-8.

Rathore, R.M., Kumar, S., Chakrabarti, R., 2005. Digestive enzyme patterns and evaluation of protease classes in Catla catla (*Family: Cyprinidae*) during early developmental stages. Comparative Biochemistry and Physiology, part B 142, 98-106.

Rungruangsak-Torrissen, K., Moss, R., Andersen, L., Berg, A., Waagbo, R., 2006. Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Fish Physiology and Biochemistry 32, 7-23.

Santigosa, E., Sancchez, J., Medale, F., Kaushik, S., Perez Sanchez, J., Gallardo, M.A., 2008. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream source. Aquaculture 282, 68-74.

Satoh, S., 1991. Common carp (*Cyprinus carpio*). In: Handbook of Nutrition Requirements of Fin fish (ed. by R.P.Wilson), Boca Raton 55-67.

Sunde, J., Eiane, S., Rustad, A., Jensen, H., Opstvedt, J., Nygard, E., Venturini, G., Rungruangsak-Torrissen, K., 2004. Effect of fish feed processing conditions on digestive protease activities, free amino acid pools, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). Aquaculture Nutrition 10, 261-277.

Wang, C., Xie. S., Zhu, X., Lei, W., Yang, Y., Liu, J., 2006. Effects of age and dietary protein level on digestive enzyme activity and gene expression of *Pelteobagrus fulvidraco* larvae. Aquaculture 254, 554–562.

*Journal of New Technologies in Aquaculture Development, Azadshahr Branch, Islamic Azad University*
*Vol. 16, No. 3, Autumn 2022*

# Effect of feeding with different practical diet on growth performance, food conversation rate and digestive enzyme in Caspian Kutum (*Rutilus Kutum*) juveniles

**Javad Rezvani[1], Mojtaba Keshavarz[1*], Somayeh Bahram[1]**
Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

## Abstract

This study was carried out to evaluate the effects of different practical diet including different carbohydrate and lipid levels on growth performance, digestive enzyme in juveniles of Caspian Kutum (*Rutilus kutum*). Fish with initial average weight of 1.32 ± 0.25 g were fed five isoproteic and isenergic formulated diets with different carbohydrate levels including 5, 10, 15, 20 and 25% and different levels of lipid including 23, 21, 19, 17 and 15 % in triplicate groups for 10 weeks. Results showed that carbohydrate level to 25% and 15 % lipid significantly increased some growth indices such as specific growth rate (SGR) and final weight (Wf). Result of digestive enzyme showed that the digestive enzyme significantly influence by carbohydrate and lipid different levels and the highest activity in alkalinphosphatas and N amino peptidase were observed in T1 treatment. These results indicate that increased in carbohydrate levels from 5 to 25% and decreased in lipid levels from 23 to 15 % have not any negative effect on growth parameters.

***Keywords***: Growth, Carbohydrate, Kutum, Practical diet

[*]Corresponding author; pkeshavarz61@yahoo.com