

اهمیت افزودن مواد جاذب غذایی به جیره غذایی فرموله شده ماهیان خاویاری

محمود محسنی*^۱، رضا قربانی واقعی^۱

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

*نویسنده مسئول: mahmoudmohseni73@gmail.com

چکیده

کاهش تلفات بچه ماهیان، بالابردن سرعت رشد و تولید بیشتر در واحد سطح یکی از اهداف تولیدکنندگان ماهیان خاویاری برای رسیدن به صرفه اقتصادی است. در همین راستا، مواد جاذب مختلف جهت کاهش هزینه تغذیه، بهبود کیفیت غذای فرموله شده مصرفی، تاثیر بر سوخت و ساز چربی و پروتئین، به حداقل رساندن زمان غذاگیری و در نتیجه کاهش آلودگی آب، توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است. بتائین، ال-کارنتین، ال-آلانین، ال-گلوتامیک اسید، ال-آرژنین، گلیسین و اینوزین به عنوان جاذب غذایی با عملکردهای فیزیولوژیکی بسیار مهم برای بسیاری از گونه های ماهی از جمله ماهیان خاویاری شناخته می شوند. به عنوان مثال، مشخص شده است که بتائین به تنهایی یا مخلوط با سایر مواد جاذب، تاثیر مثبتی بر روند رشد، تحریک گیرنده های بویایی و چشایی، ترمیم آسیب های کبدی، تنظیم فشار اسمزی و تسهیل متابولیسم چربی ها در ماهی دارد. ال-کارنتین یکی از مکمل هایی است که با تاثیر بر متابولیسم لیپید به عنوان یک ناقل فعال، باعث افزایش اکسیداسیون چربی و صرفه جویی در مصرف پروتئین شده، در نهایت باعث تولید گوشت با میزان چربی کم و با کیفیت بالا شده و رشد را بهبود می بخشد. به طور مشابه، ال-آلانین و ال-گلوتامیک اسید می توانند به راحتی وارد چرخه اسید سیتریک شده و برای تامین انرژی در ماهی و لارو ماهی استفاده شوند. علاوه بر این، ال-آرژنین یک اسید آمینه ضروری برای ماهی، گلیسین یک ترکیب مهم از کلاژن و الاستین و اینوزین یک نوکلئوزید (مجموعه قند پنج کربنه و باز آلی) بوده و دارای فعالیت ویتامین در بسیاری از گونه های ماهی است. در این مقاله مروری، تلاش گردیده تا اطلاعاتی در مورد برخی جاذب های غذایی، ماده موثره و دستورالعمل استفاده از آنها در جیره غذایی ماهیان خاویاری ارائه گردد.

کلید واژه: ماهی خاویاری، جاذب های غذایی، بتائین، آمینواسیدهای L، ال-کارنتین، اینوزین

بیان مسئله

امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت جهان و نیاز انسان‌ها به منابع پروتئینی متنوع و سالم، آبی پروری نقش مهمی در تامین این ماده ارزشمند ایفا می‌کند. پرورش و تولید موفق در صنعت آبی پروری، نیازمند استفاده از خوراک کامل و کارآمد با ترکیب بهینه و مناسب می‌باشد (Mohseni et al., 2014). افق برنامه سازمان شیلات تا پایان برنامه هفتم توسعه (۱۴۰۷) تولید ۲۰ هزار تن گوشت و ۲۰۰ تن خاویار می‌باشد. در این راستا باید به طور متوسط میزان ۴۲۳۶۲ تن غذا به ارزش حدودی ۳۷۸۰۰ میلیارد ریال تولید شود. کاهش هزینه‌های تولید بخصوص هزینه غذا که درصد عمده هزینه تولید را تشکیل می‌دهد و همچنین تلاش بر تولید محصولات با کیفیت و متنوع با ارزش افزوده بالاتر، دو اقدام ضروری جهت توسعه پایدار این صنعت نوپای ماهیان خاویاری در کشور می‌باشد. ذکر این نکته نیز ضروری است که برخی مزارع پرورشی ماهیان خاویاری کشور از شرایط نامناسبی نظیر تغییرات pH، پایین بودن اکسیژن محلول، نوسانات دمایی و نیز مدیریت نامناسب پرورشی و به تبع آن تغذیه نامناسب و ناکافی (Mohseni et al., 2023) برخوردار بوده و این عوامل موجب ایجاد استرس در محیط پرورشی گردیده، در نتیجه کاهش روند رشد، تنزل کارایی تغذیه، تضعیف سیستم ایمنی و ایجاد بیماری (بازاری مقدم و همکاران، ۱۴۰۱) را به همراه خواهند داشت. لذا استفاده از جاذب‌ها و محرک‌های رشد و ایمنی در غذای مصرفی آبزیان، در محیط‌های پرورشی می‌تواند در ارتقاء سلامت و پیشگیری از بروز بیماری‌ها در این ماهیان حائز اهمیت باشد. ترکیبات فوق سبب افزایش بهبود کیفیت غذای مصرفی، به حداقل رسانیدن زمان غذا گیری ماهی، کاهش زمان ماندن غذا در آب و در نتیجه سبب کاهش از بین رفتن مواد مغذی موجود در غذا گشته و به تبع آن آلودگی آب نیز به حداقل خواهد

رسید. مصرف غذا در موجودات آبی یک فرآیند انتخابی بوده و ماهی ابتدا غذا را با حس چشایی تست نموده و در صورت مناسب بودن طعم، آن را مصرف می‌کند. ماهیان خاویاری غذاها را با استفاده از گیرنده های چشایی موجود در سبیلکها پیدا نموده و سپس آنها را با دهان مکش می نمایند. ماهیان خاویاری در واقع جزو ماهیان گوشتخوار هستند. بطور کلی نیاز پروتئینی ماهیان خاویاری ۱۰ درصد کمتر از آزاد ماهیان می باشد (قربانی واقعی و همکاران، ۱۳۹۷). از غذاهای ساخته شده با مقادیر زیاد سویا و گندم باید اجتناب نمود. زیرا ممکن است ماهی از آنها به خوبی تغذیه نماید، ولی اثرات نامطلوبی بر ماهی بگذارد. پروتئین خام مورد نیاز ماهیان خاویاری باید عمدتاً از طریق پودر ماهی تأمین گردد. ماهیان خاویاری قادر به هضم مقادیر زیاد پروتئینهای گیاهی و کربوهیدراتها نبوده، از موجودات مرده یا تجزیه شده نیز تغذیه نمیکنند. آنها غذاهای تازه را ترجیح می دهند. این ماهیان مناطق شنی (ماسه ای)، سنگریزه ای و گلی را با پوزه خود برای یافتن موجودات کفزی بهم زده و از دهان قوی بادکش مانند خود برای بالا کشیدن آنها استفاده می کنند (قربانی واقعی و یوسفی، ۱۳۹۸).

جاذب های غذایی، نقش های متعددی ازجمله ارتقاء سیستم ایمنی بدن، تاثیر بر سوخت و ساز چربی و پروتئین، توسعه میکروفلور روده، ذخیره، انتقال و بیان اطلاعات ژنتیکی، تنظیم فشاراسمزی، افزایش رشد و کاهش زمان تطبیق پذیری در ماهیان دارند. جاذب ها معمولاً حاوی نیتروژن بوده و جهت هضم و جذب راحت تر از وزن مولکولی کمی برخوردار می باشند. مواد جاذب، فرار نبوده و به دلیل حل شونده گی راحت آنها در آب بوی آنها توسط آبی حس می شود. ماهیان ترجیحاً زمانی بهتر عمل می نمایند که جاذب ها، هم زمان عوامل گروه های اسیدی و بازی را داشته باشند. ماهیان گوشت خوار بیشترین

هنگام انتقال ماهی‌هایی مانند سالمون از آب شیرین به محیط آب دریا، در حالی که جذب بتائین به میتوکندری افزایش می‌یابد، استرس اسمزی ممکن است منجر به کاهش سنتز بتائین در میتوکندری‌های کبد ماهی شود (Kasper et al., 2002).

در همین ارتباط، مطالعات نشان داده‌اند که تغذیه ماهی آزاد با رژیم غذایی حاوی نیم درصد بتائین به مدت ۸ هفته قبل از انتقال به آب دریا، منجر به بهبود سازگاری ماهی و افزایش عملکرد رشد خواهد شد. از آنجایی که گونه‌های ماهی‌های دریایی گوشتخوار معمولاً از بی‌مهرگان حاوی سطوح بالای بتائین تغذیه می‌کنند، پس منطقی است که فرض کنیم افزودن مکمل بتائین به خوراک فرموله شده آبزیان (به تقلید از بو و طعم طعمه‌های آن‌ها)، به تغذیه ماهیان کمک نماید. بتائین به صورت انفرادی و یا در ترکیب با سایر مکمل‌ها در گونه‌های تجاری آبزیان از جمله تو سطر Hughes (۱۹۹۳) در ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*)، Hevroy و همکاران (۲۰۰۵) در ماهی آزاد اقیانوس اطلس، نیرومند و همکاران (۱۳۹۰) در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، سوداگر و همکاران (۱۳۸۳)، محسنی و همکاران (۱۳۹۵) در گونه فیل ماهی (*Huso huso*) و محسنی و همکاران (۱۴۰۰) در ماهی آزاد دریای خزر (*S. caspius*) مورد استفاده قرار گرفته و حد بهینه بتائین را ۰/۵ تا ۲ درصد بیان نمودند.

ال- کارنیتین

ال- کارنیتین یک آمین چهار جزبی محلول در آب بوده که بطور طبیعی در میکروارگانیسم ها، گیاهان و حیوانات وجود داشته، به عنوان یک ارتقاء دهنده رشد و یک ماده جاذب قدرتمند برای ماهیان و سخت پوستان عمل نموده (Harpaz, 2005)، میزان تبدیل غذا را بهبود داده و مصرف غذا را افزایش می دهد (Mohseni et al., 2008). ال- کارنیتین بواسطه سنتز اسید آمینه لیزین (با باند پپتید) و متیونین با کمک ویتامین C و سایر ترکیبات ثانویه تولید شده در بدن، ایجاد می‌شود. همچنین در طی کاتابولیسم لیپید، جهت انتقال اسیدهای چرب بلند و متوسط زنجیره از سیتوسول (مایع درون سلولی سیتوپلاسمی) به میتوکندری (اندامک‌های غشادار سلولی که به

واکنش را به ترکیبات قلیایی و خنثی مانند گلیسین، پرولین، والین و بتائین نشان می دهند. بنابراین، این مقاله به استفاده از جاذب های غذایی در جیره غذایی ماهیان خاویاری اشاره دارد.

بتائین

بتائین یا بتافین به نامهای تری متیل گلیسین، N تری متیل گلیسین، گلیسین بتائین، گلیکول بتائین 1-carboxy- N, N- trine thyelemethanasminium ترکیبی مهم در مسیرهای متابولیک آمینواسیدهای سولفور، آمینواسید اشتقاقی غیرسمی و طبیعی محلول در آب بوده، که ترکیبات آن در آب منتشر شده، سبب تحریک گیرنده‌های بویایی، چشایی، کاهش زمان ماندن غذا در آب و در نتیجه کاهش آلودگی آب، ترمیم آسیب‌های کبدی، جلوگیری از تجمع چربی، بهبود کارایی کبد، تنظیم فشار اسمزی، تسهیل متابولیسم چربی‌ها و همچنین تحریک رشد در ماهی می‌گردد (Loguercio et al., 2007). این خواص منحصر به فرد بتائین، ناشی از ساختمان دو قطبی و فعالیت شیمیایی گروه‌های متیل آن بوده که می‌تواند در واکنش‌های آنزیمی فعال باشد. بتائین همچنین نقش مهمی را در بافت‌ها به عنوان اهدا کننده متیل ایفا نموده و به نوبه خود ممکن است برای سنتز متیونین، کارنیتین، فسفاتیدیل کولین و کراتین استفاده شود. این ماده همچنین، نقش کلیدی در متابولیسم پروتئین، اکسیداسیون چربی‌ها و افزایش نسبت ماهیچه به چربی در بدن دارا می باشد (Eklund et al., 2005). این خاصیت در دامپروری و آبی پروری بسیار مطلوب بوده و سبب افزایش کیفیت لا شه و بالا رفتن نسبت گوشت به چربی می‌گردد. همانگونه که در طیور چربی‌های محوطه شکمی ضایعات محسوب می‌شوند، در آبزیان نیز چربی‌های این ناحیه در تغذیه انسانی استفاده‌ای ندارد. این خاصیت بتائین سبب پیشگیری و یا بهبود سندروم کبد چرب و دیگر بیماری‌ها و آسیب‌های کبدی ناشی از افزایش چربی کبدی شده و در صد چربی لا شه و عضله را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، اسمولاریته (غلظت ذرات محلول در لیتر حلال) بتائین به جلوگیری از مهار آنزیم نیز کمک می‌کند. این امر

عنوان مرکز تولید انرژی در سلول شناخته می‌شود) جهت تولید انرژی، ضروری می‌باشد (Gulcin, 2006).

ماهی‌ها در هر مرحله از چرخه زندگی خود نیازمندی‌های متفاوتی از لحاظ انرژی داشته و باید با تنظیم سطح انرژی فرایندهای فیزیولوژی خود را کنترل نموده و عملکرد بهینه داشته باشند. جیره های غذایی ماهیان خاویاری معمولاً دارای پروتئین بالایی بوده (۴۰۰ تا ۵۳۰ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و توانایی زیادی در مصرف کربوهیدرات ندارند.

به طور کلی، بیشتر ماهیان گیاهخوار و همه چیزخوار نیازمند یک جیره غذایی حاوی ۳۵-۲۵ درصد پروتئین خام و گونه های گوشتخوار ممکن است نیازمند ۵۰-۴۰ درصد پروتئین خام باشند. غذاهای آماده ماهیان گوشتخوار معمولاً دارای کمتر از ۲۰ درصد کربوهیدرات محلول و غذای گونه های همه چیز خوار معمولاً دارای کربوهیدرات درصد ۴۵-۲۵ است (قربانی واقعی و یوسفی، ۱۳۹۸).

ولی پروتئینی که برای جیره غذایی در نظر گرفته می‌شود بسیار گران بوده و اگر از جیره‌های پر انرژی (دارای چربی زیاد) استفاده شود، فواید زیادی بدنبال خواهد داشت. یکی از فواید این است که، انرژی حاصل از چربی، صرفه جویی پروتئین را بهبود بخشیده، کارایی جیره‌های حاوی پروتئین بالا را افزایش داده و در نتیجه، مقدار نیتروژن دفع شده از ماهی را کاهش می‌دهد. مشخص گردیده که، گونه فیل‌ماهی در دوران رشد (۲۰ تا ۲۵۰ گرم) به جیره حاوی پروتئین خام به میزان ۴۱۰ گرم در کیلوگرم، چربی خام به میزان ۱۲۰ گرم در کیلوگرم، انرژی خالص به میزان ۲۰ میکروژول در کیلوگرم نیاز داشته و با اضافه نمودن ال-کارنیتین به جیره (۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) می‌توان پروتئین را به ۳۶۰ گرم در کیلوگرم جیره و چربی را به ۱۴۰ گرم در کیلوگرم جیره، بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد رساند (Mohseni et al., 2014). بنابراین مکمل ال-کارنیتین در جیره غذایی بعضی از این تنگناها از جمله رسوب چربی در بدن را کاهش داده و می‌توان از جیره با درصد بالاتر

چربی در تغذیه ماهی استفاده نمود. در برخی از شرایط، زمانی که سطح نیاز به انرژی تغییر می‌کند، سنتز ال-کارنیتین در بدن ممکن است کافی نباشد. از جمله چنانچه سطح کارنیتین جنینی در بدن پایین باشد یا اینکه به علت رژیم چرب و نیز استرس‌های متابولیک یا تغییر الگوی فعالیت، جاندار نیاز به اکسیداسیون چربی بالاتری حس کند، نیاز به کارنیتین هم افزایش خواهد یافت (Ozorio et al., 2002). توانایی ال-کارنیتین جهت افزایش میزان رشد و کاهش غلظت لیپید در گونه های مختلف ماهی، متفاوت می‌باشد. این اختلاف نتایج بین گونه‌ها، بیان می‌کند که تأثیرات رژیم غذایی حاوی ال-کارنیتین به عواملی مختلفی همچون سن ماهی، جنسیت، نوع گونه، اندازه ماهی، شرایط پرورش، ترکیب غذایی و سطح مکمل بستگی دارد (Mohseni et al., 2014). اثرات ارتقاء دهنده رشد در ال-کارنیتین جیره غذایی همراه با افزایش مصرف انرژی بواسطه افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌باشد. همچنین بعنوان یک کوفاکتور برای سیستم های آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی از قبیل سوپر اکسیددسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون-ای ترانسفراز، گلوکاتایون پراکسیداز و کل گروه های سولفید ریل که غشای سلول را از تخریب محافظت می‌کنند، دارای اهمیت قابل توجهی هستند (Kalaiselvi & Ponnerselvam, 1998).

آمینو اسیدهای L

آمینواسیدهای L مولکول‌هایی هستند که در تولید پروتئین در بدن به کار رفته و به دو دسته آمینو اسیدهای ضروری (که باید آنها را با مصرف غذا به دست آورد) و غیر ضروری تقسیم می‌شوند. درواقع، آمینواسیدهای L در تمام پروتئین‌های ساخته شده توسط حیوانات، گیاهان، باکتری‌ها و قارچ‌ها وجود دارد. این دسته از آمینواسیدها هم به‌عنوان هورمون و هم به‌عنوان آنزیم عمل نموده و عملکردهای بدن را تنظیم مینمایند. قیمت بالای منابع پروتئینی، محدودیت دسترسی آنها و غیر قابل پیش بینی بودن بازار آنها، احتیاج به منابع جایگزین پروتئینی در غذای ماهی را افزایش می‌دهد. این منابع جایگزین، اغلب شامل ترکیبات پروتئینی گیاهی هستند که عمدتاً دارای کمبود اسیدهای آمینه ضروری بوده و استفاده از آنها را به عنوان

محرك تغذيه براي ماهي به ويژه در مرحله لاروي، مي تواند به عنوان يك منبع انرژي مهم در رژيم غذايي عمل كند.

علاوه بر اين، گليسين نيز يكي از اجزاي مهم كلاژن و بافت هاي الاستيك است. با اين حال، توجه به اين نکته ضروري است كه ال-آلانين، ال-گلوتاميك اسيد، ال-آرژنين و گليسين به صورت جداگانه از نظر خاصيت جذب كنندگي بسيار مؤثر نبوده، اما هنگامي كه با گليسين بتائين يا اينوزين مخلوط شوند خاصيت جاذبيت آنها افزايش مي يابد. به عنوان مثال، Mohseni و همكاران (2016)، نتايج مطالعات مختلف را با استفاده از جاذب هاي غذايي در جيره، بررسي و اثر مثبت مخلوط اسيدهاي آمينه آزاد جيره را به عنوان محرك هاي خوراكي در تاسماهي سيبيري و فيل ماهي گزارش نمودند. استفاده از اسيدآمینه های متيونین و لایزین بترتیب در سطح یک و دو در صد، در مرحله لاروی گونه فیل ماهی و تاسماهی سيبيري از نظر افزايش نرخ رشد و بهره وري اقتصادي و بهبود كيفيت غذا بسيار مؤثر مي باشند. از اينرو، توصيه مي شود كه براي سازگاري لارو فيل ماهي از متيونين به مقدار حداقل يك در صد در جيره غذايي استفاده شود. همچنين نتايج نشان داد كه، مي توان از تركيب دو اسيدآمینه پرولين و آلانين به ميزان مساوي نيم درصد، جهت افزايش مطلوبيت جيره لارو گونه فيل ماهي و تاسماهي سيبيري استفاده نمود (Mohseni et al., 2016).

اينوزين

اينوزين، يك نوكلئوزيد بوده، به خودي خود يا در تركيب با اسيدهاي آمينه خاص يك جاذب بسيار مهم است. به عنوان مثال، اينوزين و اينوزين-۵-مونوفسفات به عنوان محرك هاي غذايي اختصاصي در گونه هاي مختلف آبزيان گزارش شده اند. مشکل اصلي استفاده از اينوزين لند/يا اينوزين-۵-مونوفسفات به عنوان جاذب غذايي، هزينه بالاي آنهاست. با اين حال، استفاده از آنها ممكن است از نظر اقتصادي براي لارو ماهي هاي دريائي در طول دوره اوليه زندگي، به دليل مصرف نسبتاً كم، توجه اقتصادي داشته باشد.

جايگزين كامل د چار محدوديت مي كند. براي مثال كمبود اسيدآمینه متيونین، عامل محدود کننده استفاده از مقادير زياد سويا به عنوان منبع پروتئين در جيره آبزيان بوده، كه با استفاده از اين اسيدآمینه به صورت خالص در جيره مي توان اين محدوديت را تا حد زيادي برطرف نمود.

مشخص گرديده كه، استفاده از منابع پروتئين گياهي به عنوان جايگزين هاي پودر ماهي در رژيم غذايي آبزيان از نظر تغذيه اي امكان پذير است. ممكن است خوراك هاي توليدي براي گونه هاي پرورشي ماهي، خوش خوراك نباشند. بنابراين، براي غلبه بر اين مشكل (از نظر خوش طعم بودن) اين رژيم هاي غذايي بايد حاوي مكمل هاي خوراكي جاذب و محرك باشند.

پروتئين هاي بافتي كه حاوي ۲۰ اسيد آمينه متفاوت شامل ضروري و غير ضروري اند، از نظر تغذيه اي حائز اهميت مي باشند. اسيدهاي آمينه به عنوان سازنده پروتئين ها و نيز نقش حد واسط در سوخت و سازها داراي نقش حياتي هستند. برخي از اسيدهاي آمينه و متابوليت هاي آنها در مسيرهاي سوخت و ساز بدن، تنظيم كننده هاي مهمي هستند كه براي رشد، نگهداري، مصرف غذا، استفاده از مواد مغذي، سيستم ايمني، رفتار توليد مثل و همچنين مقاومت به تنش هاي محيطي و ارگانيسم هاي بيماري زا در ماهي هاي مختلف لازم مي باشند (Suvitha et al., 2015; Mohseni et al., 2021). بيان شده كه، به طور خاص، ال-آلانين، ال-گلوتاميك اسيد، ال-آرژنين و گليسين، داراي خاصيت جاذبيت غذايي هستند. آلانين، اسيد گلوتاميك و گليسين، اسيدهاي آمينه غير ضروري بوده و ال-آرژنين يك آمينو اسيد ضروري به منظور افزايش روند رشد، بازماندگي و مقاومت در برابر تنش، در جيره غذايي استفاده مي شود. به عنوان مثال، Polat (۱۹۹۶) متابوليسم اسيد آمينه اوليه گر به ماهي آفريقايي (*C. gariepinus*) را مطالعه و گزارش نمود كه، آلانين به همراه والين، سرين، لوسين و ايزولوسين منبع انرژي بسيار مهمي در ماهي است. بنابراين، افزودن اسيدهاي آمينه آزاد جيره به عنوان

توصیه ترویجی

- موفقیت در پرورش تجاری ماهیان خاویاری با تاکید بر گونه‌های فیل ماهی و تاسماهی سبیری، علاوه بر مدیریت صحیح شرایط محیطی، تا حد زیادی به تأمین نیازهای تغذیه‌ای دقیق و متعادل وابسته است.
- یکی از مؤلفه‌های اساسی در تأمین نیازهای تغذیه‌ای، ریز مغذی‌ها هستند که نقش محوری در ساخت پروتئین‌ها، حفظ رشد، ترمیم بافتی، افزایش راندمان پروتئین مصرفی و حفظ تعادل نیتروژن، بهبود عملکرد آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو در نتیجه جلوگیری از بروز استرس اکسیداتیو در بافت‌های حیاتی ایفا می‌نمایند.
- بکارگیری مقادیر بهینه بتائین (۲ درصد)، ال-کارنیتین (۴۰۰ میلی گرم)، متیونین (۱ درصد)، لایزین (۲ درصد)، پرولین و آلانین (به میزان مساوی ۵/۰ درصد) به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی محتوی مقادیر بهینه پروتئین گیاهی، می‌تواند اثرات مثبتی بر افزایش مطلوبیت جیره در مرحله رشد، عملکرد رشد، افزایش در صد زنده ماندی، سیستم ایمنی، شاخص‌های آنتی اکسیداتیو، کاهش هزینه‌های احتمالی درمانی، افزایش سودآوری در مزارع پرورش تجاری ماهیان خاویاری کشور داشته باشد.

منابع

بازاری مقدم، س.، باقرزاده لاکانی، ف.، جلیل پور، ج.، معصوم زاده، م. و شناور ماسوله، ع.، ۱۴۰۱. اثرات

عصاره‌های پودری سرخارگل (*Echinacea purpurea*) و سیر (*Allium sativum*) بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و آنزیم‌های کبدی فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی. مجله تغذیه آبزیان. سال هشتم، شماره ۱. ۲۵-۳۹.

سوداگر، م.، آذری تاکامی، ق.، پاتوماریف، س.آ.، محمودزاده، ه.، عابدیان، ع. و حسینی، س.ع.، ۱۳۸۳. بررسی اثرات سطوح مختلف بتائین و متیونین بعنوان جاذب غذایی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی فیل ماهی جوان. مجله علمی شیلات ایران، شماره ۲: ۴۱-۵۰.

قربانی واقعی، ر.، حسین پور، ع.، علیپور، ع. و هوشنگ یگانه، ۱۳۹۷. شرایط نگهداری ماهیان خاویاری در آکواریوم. مجله آبزیان زینتی. سال پنجم، شماره ۳. ۴۹-۵۷.

قربانی واقعی، ر. و یوسفی جوردهی، ا.، ۱۳۹۸. مقایسه نیازمندی‌های تغذیه‌ای (پروتئین خام، چربی خام و کربوهیدرات) ماهیان خاویاری با ماهی قزل آلا رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در شرایط پرورشی. دو فصلنامه ترویجی ماهیان خاویاری. سال دوم، شماره ۳. ۷-۱.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، سید حسینی، م.ح. و پورعلی، ح.، ۱۳۹۵. تاثیر سطوح مختلف بتائین جیره غذایی بر رشد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های خون شناسی و بیوشیمیایی سرم خون بچه فیل ماهی پرورشی. نشریه پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی، ۴ (۳): ۶۵-۷۰.

محسنی، م.، نجار لشگری، س.، گل علیپور، ی. و راست‌روان، م.ا.، ۱۴۰۰. تاثیر افزودن مکمل بتائین به جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) و اثرات آن بر عملکرد رشد، ترکیب بدن، شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون و قابلیت هضم. مجله علمی شیلات ایران، ۳۱ (۳): ۱۳۵-۱۴۷.

- growth, nutrient utilization and carcass compositions in beluga, *Huso huso*, fed soy protein -based diet. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(1):119-134. [In persian] 20.1001.1.10261354.1392.22.4.10.5
- Mohseni, M., Pourali, H.R., Kazemi, R., Bai, Sunhchal C., 2014.** Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L. 1758). *Aquaculture*, 45: 1832–1841.
- Mohseni, M., Ghelichpour, M., Sayed Hassani, M.H., Pajand, Z., Ghorbani Vaghei, R.M., 2023.** Efficacy of dietary thiamine supplementation on growth performance, digestive enzymes, immunological responses, and antioxidant capacity of juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture Reports*, 31: 1-8.
- Mohseni, M., Ozorio, R.O.A., Pourkazemi, M. and Bai, S.C., 2008.** Effects of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition in beluga, *H. huso*, juveniles. *J. Appl. Ichthyol.*, 24: 646–649.
- Ozorio, R.O.A., Booms, G.H.R., Huisman, E.A. and Verreth, J.A.J., 2002.** Changes in amino acid composition in the tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a consequence of dietary L-carnitine supplements. *J. Appl. Ichthyol.*, 18: 140–147.
- Polat, A. and Beklevik, G., 1999.** The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives, In: *Feed Manufacturing in the Mediterranean Region: Recent Advances in Research and Technology* Zaragoza (Brufu, J. and Tacon, A. eds), CIHEAM, IAMZ, Spain: 217-220. doi 10.1186/s10194-016- 0639-4
- Suvitha, S., Eswar, A., Anbarasu, R., Ramamoorthy, K., Sankar, G., 2015.** Proximate, Amino acid and Fatty acid profile of selected two Marine fish from Parangipettai Coast. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 4: 38 -42.
- Eklund, M., Bauer, E., Wanata, J. and Mosenthin, R., 2005.** Potential of nutritional and after social stress in pigs. *Physiology and Behaviour*, 85: 469-478.
- Gulcin, I., 2006.** Antioxidant and antiradical activities of L-Carnitine. *Life Sciences* 78: 803-811.
- Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, R., Sandness, K., Rund, M. and Hemer, G.I., 2005.** Nutrition utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed increased level of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*, 11: 301–313. doi: 10.22034/AEJ.2020
- Hughes, S.G., 1993.** Single-feeding response of chinook salmon fry to potential feed intake modifiers. *Progressive Fish-Culturist*, 55: 40-42. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8640\(1993\)055<0040:SFROCS>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8640(1993)055<0040:SFROCS>2.3.CO;2).
- Harpaz, S., 2005.** L- Carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition –A review. *Aquaculture*: 249, 3-21.
- Kasper, C.S., White, M.R. and Brown, P.B., 2002.** Betaine can replace choline in diets for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Aquatics*, 205: 119-126. doi: 10.1126/science.aab3916.
- Kalaiselvi, T. and Panneerselvam, C., 1998.** Effect of L-carnitine on the status of lipid peroxidation and antioxidants in aging rats. *J. Nutr. Biochem.*, 9: 575–581.
- Loguercio, C., Federico, A., Trappoliere, M., Tuccillo, C., de Sio, I., Di Leva, B., Niosi, M., D'Auria, M.V., Capasso, R. and Del Vecchio, B.C., 2007.** The effect of a silybinvitamin E-phospholipid complex on nonalcoholic fatty liver disease: a pilot study. *Digestive Diseases and Science*, 52: 2387-2395. doi.org/10.1093
- Mohseni, M. 1, Pourkazemi, M., Seyed Hassani, M. H. ,Pourali, H.R., 2016.** Effects of dietary lysine and methionine supplementation on

The significance of incorporating food attractants into formulated sturgeon diet

Mahmoud Mohseni^{1}, Reza Ghorbani Vaghei¹*

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, P.O. Box: 41635-3464

*Corresponding author: mahmoudmohseni73@gmail.com

Abstract

Reducing juvenile losses, enhancing growth rates, and maximizing production per unit area are key objectives for sturgeon producers aiming to achieve economic efficiency. In this context, researchers have employed various absorbent materials to lower feeding costs, enhance the quality of formulated feed, influence fat and protein metabolism, reduce feeding time, and ultimately decrease water pollution. Betaine, L-carnitine, L-alanine, L-glutamic acid, L-arginine, glycine, and inosine are recognized as food attractants that play significant physiological roles for various fish species, including sturgeon. For example, studies have demonstrated that betaine, whether used alone or in combination with other attractants, positively influences fish growth, stimulates olfactory and gustatory receptors, aids in liver repair, regulates osmotic pressure, and facilitates lipid metabolism. Similarly, L-alanine and L-glutamic acid can readily enter the citric acid cycle, serving as important energy sources for both fish and fish larvae. In addition, L-arginine is an essential amino acid for fish, while glycine plays a crucial role as a component of collagen and elastin. Inosine, a nucleoside composed of a five-carbon sugar and an organic base, also exhibits vitamin-like activity in various fish species. In this review article, we aim to provide information on various food attractants, their active ingredients, and guidelines for their application in the diet of sturgeon.

Keywords: Sturgeons, Feed attractants, Betaine, L-Amino acids, L-Carnithine, Inosine