هشتمین کنفرانس ملی ماهی شناسی ایران

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۱۴ - ۱۵ آبان ۱۳۹۹

بدین وسیله گواهی می گردد آقای محمد حسن اسکندری در هشتمین کنفرانس ملی ماهی شناسی ایران شرکت نموده و مقاله خود را با عنوان

مروری بر استفاده از مکمل بتائین در صنعت تولید غذای آبزیان

به صورت **پوستر** ارائه نموده اند.

نویسندگان مقاله به ترتیب : محمد حسن اسکندری، امید صفری

دکتر عبدالمحمد عابدیان	دکتر سهیل ایگدری	دکتر محمد صادق علوی یگانه	دکتر نعمت الله محمودی
رئیس کنفرانس	رئیس انجمن ماهی شناسی ایران	دبیر علمی کنفرانس	دبیر اجرایی کنفرانس

مروری بر استفاده از مکمل بتائین در صنعت تولید غذای آبزیان

محمد حسن اسکندری*[۱]؛ امید صفری[۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
Email: E.mohammad1376@gmail.com

چکیده

امروزه استفاده از پودر ماهی به دلیل افزایش تقاضای آن با توجه به پیشرفت روز افزون صنعت آبزی پروری افزایش یافته است. با توجه به کاهش تولید پودر ماهی از منابع در دسترس، استفاده از جایگزین های گیاهی و حیوانی (حیوانات زمینی) آن مورد استفاده قرار می گیرند. با این حال، سطح زیاد استفاده از منابع پروتئین جایگزین به طور کلی خوشخوراکی جیره را متعاقباً بدتر می کند و منجر به کاهش مصرف خوراک و رشد ماهی می شود. موفقیت عملیات پرورش بستگی به در دسترس بودن و تهیه جیره غذایی متعادل و قابل قبول دارد و در این مورد صنعت آبزی پروری به سمت تهیه جیره هایی حرکت می کند که از طریق افزودنی های غذایی خوش خوراکی جیره را تامین کند. بتائین نوعی جاذب غذایی است که در گروهی از غلات، سبزیجات و همچنین برخی از منابع حیوانی وجود دارد. این ماده حامل مولکول های شیمیایی است که توسط حس بویایی ماهی به سرعت شناسایی و ماهی را به سمت غذای داده شده سوق می دهد. امروزه از بتائین در صنایع غذایی دام، طیور، آبزیان و همچنین صنایع آرایشی و بهداشتی استفاده می شود. استفاده از این جاذب غذایی در گونه های مختلف آبزی در غلظت های مختلف، اثرات متفاوتی از خود نشان می دهد.

واژگان کلیدی: جیره، پودر ماهی، منابع پروتئین جایگزین، خوش خوراکی، جاذب غذایی

مقدمه

طبق آمار منتشر شده توسط سازمان FAO ، ۱۲۲ درصد افزایش مصرف ماهی از کل مواد غذایی و ۵۲۷ درصد افزایش جهانی تولید آبزی پروری و ۱۴ درصد افزایش محصولات صیادی جهانی شیلات، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ ثبت شده است که نشان دهنده افزایش تمایل جهانی به استفاده آبزیان است. از طرفی با توجه به کاهش ذخایر ماهی از ۹۰ درصد به ۶۵،۸ درصد طی سال های ۱۹۹۰تا ۲۰۱۸ به اهمیت پرورش آبریان پی برده می شود (۱۷). رشد سریع صنعت آبزی پروری، تقاضا برای نهاده های غذایی در جیره های غذایی آبزیان را نیز افزایش داده است. مهم ترین منابع تأمین نهاده ها غذایی آبزیان (پودر و روغن ماهی) ذخایر طبیعی آبزیان در اقیانوس ها می باشند که در حال حاضر این صنعت برای تأمین این نهاده ها با چالش جدی مواجه است. بنابراین لازمه توسعه پایدار (Sustainable development) صنعت آبزی پروری، توجه به مقوله استفاده از منابع پایدار و مطمئن برای جیره های غذایی می باشد. استفاده از مواد افزودنی و مکمل ها در جیرهای غذایی آبزیان از جمله راهکارهایی است که در چند دهه اخیر محققان برای افزایش کارایی جیره های غذایی و در نتیجه کاهش مصرف نهاده ها و آب پیشنهاد داده اند. این مکمل ها از طریق افزایش راندمان غذایی، افزایش مقاومت ماهی در برابر استرس های محیطی، تقویت سیستم ایمنی ماهی، کوتاه شدن طول دوره پرورش ماهی در کاهش مصرف نهاده های غذایی و آب (۲) و در توانایی حیوان در دستیابی به پتانسیل ژنتیکی برای رشد ، تولید مثل و طول عمر تأثیر گذار است (۱۴). استفاده از مواد جاذب و مواد اشتها آور در جیره غذایی آبزیان جهت افزایش مطلوبیت غذایی به عنوان یک ضرورت انکارناپذیر در کاهش هزینه های مربوط به تغذیه مطرح می باشد(۴،۷). دلیل اساسی و منطقی استفاده از آنها، بهبود مصرف غذاست که از طریق افزایش سرعت بلع غذا، زمان باقی ماندن غذا در آب کاهش یافته و از آب شویی عناصر غذایی محلول و در نتیجه آلودگی آب جلوگیری به عمل می آید و از طرفی مصرف غذا با حداقل ضایعات، راندمان غذایی بالایی را در پی خواهد داشت (۷). در سال های اخیر از مواد جاذب مختلفی مانند فین استیم (مخلوط بتائین و اسید آمینه)، بتائین (تری متیل گلیسین) و انواع اسیدهای آمینه برای خوش خوراک کردن غذا استفاده شده است (۴). اسیدهای آمینه آزاد نیز مثل بتائین قابلیت انحلال زیاد در آب داشته و به آسانی در آب پخش می شوند. از جمله اسیدهای آمینه آزاد L - آلانین، L - گلوتامیک اسید، L - آرژنین، L - متیونین و گلایسین به عنوان مواد اشتها آور در غذای آبزیان گزارش شده اند. به هر حال این نکته مهم است که اسید های آمینه آزاد به تنهایی از لحاظ خاصیت اشتها آوری مؤثر نیستند، اما زمانی که با بتائین یا اینوزین مخلوط شوند. جاذب های خیلی مؤثری می شود(۷). بتائین تقریبا در بدن تمامی موجودات زنده ساخته می شود، ولی فقط بعضی از حیوانات مهره دار و تعداد معدودی از گیاهان، این ماده را به مقدار زیاد در بدن خود ذخیره می کنند. تأثیر مثبت مخلوط اسیدهای آمینه آزاد همراه با بتائین به عنوان مواد اشتها آور در قزل آلای رنگین کمان (Onchorhynchus mykiss) ، مارماهی اروپایی (Anguilla Anguilla)، سی باس (Dicentrarchus labrax) ، میگوی آب شیرین (Macrobrachium rosenbergii) ، میگوی ببری سیاه (Penaeus monodon) و مطالعات متعدد دیگر به اثبات رسیده است (۷).

توصیف کلی بتائین

در دهه ۱۸۶۰ ، شیمیدان آلمانی ، "شایبلر" ، یک پایه آلی جدید را از چغندرقند جدا کرد و آنرا "بتائین" نامید و ساختار آن را نیز مشخص کرد (۱۵). بتائین یک ماده طبیعی محلول در آب است که (۷،۱۰) از نظر شیمیایی یک مولکول با ثبات بوده و قادر است حتی در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد هم، فعالیت شیمیایی خود را انجام دهد(۸). بتائین یا تری متیل گلایسین یک آمینواسید اشتقاقی غیر سمی بوده که به طور گسترده در طبیعت توزیع شده است. بتائین یک ترکیب آمونیوم چهار گانه است که به دلیل وجود سه گروه فعال متیل به عنوان آمتیل آمین شناخته می شود (۶) از نظر شیمیایی ، یک مشتق متیل خنثی گلیسین با یک گروه تری متیل آمونیوم با بار مثبت و یک گروه کربوکسیلی با بار منفی است(۱۵). فرمول مولکولی بتائین بصورت $C_5H_{11}NO_2$ است و وزن مولکولی آن برابر با ۱۱۷/۱۵ گرم بر مول است. بتائین پودری سفید به رنگ سفید با بوی مشخص است. مقادیر متعددی از نقطه ذوب بتائین در منابع گزارش شده است (برای مثال در دامنه وسیع ۲۶۰-۲۵۰ درجه سانتیگراد ، ۲۹۳ درجه سانتیگراد و ۳۱۰ درجه

سانتیگراد). دارای pk_a ۱/۸۳ (در دمای ۰ درجه سانتیگراد) و اندازه چگالی در محدوده ۰/۵۰-۰/۳۵ گرم سانتی مترمکعب و حلالیت در آب ۱۵۷گرم در ۱۰۰گرم آب و حلالیت در حلال های آلی ۱۶۰گرم در۱۰۰ گرم حلال آلی است(۱۵).

متابولیسم بتائین

این ماده به عنوان تنها دهنده مستقیم گروه متیل، نقشی مهم در تامین این گروه در بدن دارد. بتائین از طریق متیل دهندگی می تواند در واکنش های ترانس متیلاسیون برای ساخت موادی مانند کراتین، فسفاتیدیل کولین، کارنیتین، آدرنالین، متیونین و متیل پورین ها مورد استفاده قرار گیرد؛ این مواد در متابولیسم پروتئین و انرژی نقش کلیدی دارند. بتائین در نهایت تبدیل به اسید آمینه گلایسین می‌شود که یک اسید آمینه مهم در سنتز پروتئین و رشد عضلات است. بتائین با تاثیر بر هموسیستئین، باعث تبدیل این ماده به متیونین می شود(۱۱) که این فرایند به طور عمده در کبد از طریق آنزیم BHMT اتفاق می افتد(۱۵). در واقع، بتائین به طور غیر مستقیم با تولید کارنیتین باعث هضم اسیدهای چرب بلند زنجیره شده و به این ترتیب از بروز نارسایی های کبدی جلو گیری می کند(۱۱). هنگامی که بتائین از طریق مواد غذایی وارد بدن شود، از فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم($Na+ / K^+$ - ATPase) که در تعادل اسمزی سلولها با صرف انرژی نقش دارد، می کاهد و این انرژی می تواند در جهت تولید در بدن مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه ساخت پروتئین و رشد را در سلول ها تحریک کند. با توجه به این خاصیت در فرایند ساخت موادی نظیر متیونین و اسید آمینه گلیسین و کارنیتین که باعث پروتئین سازی، رشد و همچنین اکسیداسیون چربیها و عدم تجمع آنها در بدن می شوند نقش دارد و در نتیجه نسبت ماهیچه به چربی در بدن بالا می رود(۹).

منابع و نقش بتائین در جیره ی غذایی آبزیان

بتائین را می توان از دو منبع غلات و سبزیجات استخراج کرد که در غلات در سبوس گندم به میزان ۱۳۳۹/۳۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم و در جوانه گندم به میزان ۱۲۴۰/۴۸میلی گرم در ۱۰۰گرم و در سبزیجات در اسفناج پخته به میزان ۶۴۵/۰۶ میلی گرم در ۱۰۰گرم و در کنسرو چغندر ۲۹۶/۷۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده وجود دارد(۱۵).

بتائین از جمله مواد جاذب غذایی (Attractant) در جیره های آبزیان می باشد که از طریق افزایش سرعت بلع غذا، زمان باقی ماندن غذا در آب را کاهش داده و از حل شدن عناصر غذایی محلول و در نتیجه آلودگی آب جلوگیری می کند. از طرفی مصرف غذا با حداقل ضایعات، بازدهی غذایی بالایی را در پی خواهد داشت(۲). بتائین، شکل اکسید شده ویتامین کولین است که تعامل معناداری بین کولین جیره و آمینو اسید ضروری متیونین در جیره وجود دارد. بنابر این، ممکن است تعامل بین بتائین جیره، کولین و متیونین و همچنین فسفاتیدیل کولین وجود داشته باشد (۶).

بتائین دارای خواص هم افزایی برای تقویت طعم اسیدهای آمینه و عملکرد آن به عنوان تقویت کننده خوراک است ، اگرچه می تواند برای ماهی ها بی مزه باشد(۱۳). بتائین به دلیل تحریک حس بویایی و چشایی، به عنوان ماده ای جهت تحریک آبزیان به غذا خوردن استفاده می شود. این خاصیت منحصربه فرد بتائین ناشی از ساختمان دو قطبی و فعالیت شیمیایی گروه های متیل آن می باشد که می تواند در واکنش های آنزیمی فعال باشد(۱).

یکی از عوامل فیزیولوژیک مؤثر در موفقیت رهاسازی ماهیان، توانایی تنظیم اسمزی توسط بچه ماهیان در زمان رهاسازی و نیز در هنگام انتقال از محل رهاسازی به دریا است. تنظیم اسمزی شامل تبادلات پمپ یونی در آبشش ها و سایر اندام های تنظیم اسمزی نظیر روده و کلیه است که تابع عواملی نظیر درجه حرارت می باشد. ماهیان استخوانی تحت تأثیر سازگاری با آب شور دستخوش تغییرات فیزیولوژیکی در محورهیپوتالاموس هیپوفیز کلیوی می شوند و به این ترتیب تغییراتی در غلظت یون ها، تعداد سلول های کلراید و هماتوکریت و برخی عوامل دیگر ایجاد می گردد. همچنین روند تنظیم اسمزی در ماهیان پروسه ای استرس زا و انرژی خواه است که می تواند باعث ایجاد تلفات در ماهیان شود. بدین جهت نیاز به موادی است به همراه جیره غذایی وارد سیستم گوارشی

ماهی گردیده و باعث تحریک جذب غذا و متابولسیم بیشتر آن شده و نیز افزایش وزن و بازماندگی گردد که از جمله این مواد میتوان به جاذب های غذایی اشاره کرد(۱).

بتائین به عنوان یک متیل دهنده می تواند بخشی از وظیفه متیونین را به عنوان متیل دهنده انجام دهد بنابراین متیونین بیشتری می تواند صرف پروتئین سازی و رشد شود. بتائین در جذب ویتامین ها و بالا بردن مقاومت آبزیان تاثیر بسزایی دارد. به علاوه بتائین بعنوان یک جاذب غذایی (Food attractant) مطرح است که از این مواد به عنوان محرک حس چشایی و بویایی میگو و ماهی در غذای آنها استفاده می شود (۹).

بتائین به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (ماده طبیعی و تحمل بالای درجه حرارت)، عملکردهای زیستی، خاصیت متیل دهندگی، حمایت کننده اسمزی (بتائین جذب شده در سلول های ماهیچه ای تجمع می یابد و ممکن است در ماهیان قرار گرفته در برابر تغییرات شوری، مفید باشد) ، افزایش خوش خوراکی غذا باعث بهبود عملکرد رشد ، وضعیت سلامتی ، قابلیت هضم خوراک، خوشبو بودن، تحریک جانوران آبزی به خوردن غذا، کیفیت گوشت و وضعیت ایمنی ماهی می شود همچنین بتائین یک ترکیب مهم در مسیرهای متابولیکی آمینو اسید های سولفوره به حساب می آید(۱۲،۴،۱).

به دلیل اهمیت تاثیر بتائین در گونه های مختلف تعدادی از پژوهشات به شرح زیر آمده است:

در پژوهشی تاثیر جاذب غذایی جیره ای که از بتائین و متیونین تشکیل شده بود بر رشد و باز ماندگی بچه میگوی سفید هندی (Fenneropenaeus indicus) مورد بررسی قرار گرفت که در پایان پژوهش، جیره ی حاوی ۱/۵ درصد متیونین نسبت به جیره های حاوی بتائین و ترکیبی از بتائین و متیونین به عنوان مناسبت ترین جیره حاوی مواد جاذب معرفی شد(۷).

Rumsey (1991) نشان داد میزان ۱/۵ گرم بتائین در کیلو گرم جیره، بیش از نیمی از نیازهای کولین در جیره قزل آلا را تأمین می کند(۱۶).

تاثیر سطوح مختلف مکمل بتایین جیره غذایی در لارو ماهی سوف معمولی نشان داد که افزودن سطوح مختلف بتائین به غذای آغازین قزل آلای رنگین کمان اثر معنی داری در شاخص های رشد لارو ماهی سوف معمولی نداشت (۵).

بررسی اثرات سطوح مختلف بتائین و متیونین (بتائین ، متیونین و مخلوط بتائین + متیونین به نسبت مساوی) به عنوان جاذب بر شاخص های رشد و بازماندگی فیل ماهیان جوان نشان داد که در سطوح بتائین ۰/۵ درصد و متیونین۱ دصد نسبت به شاهد تفاوت معنی داری در شاخص های حداکثر افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، میزان بهره برداری از پروتئین خالص، فاکتور وضعیت و بازماندگی و حداقل ضریب تبدیل غذایی و شاخص قیمت ایجاد شد(۳).

اثر بتائین به عنوان جاذب غذا در بچه ماهی کپور وحشی مشخص کرد که اضافه کردن بتائین در سطح ۲/۵ درصد به جیره می تواند تاثیر مطلوبی بر عملکرد رشد و مقاومت دربرابر تنش های محیطی در بچه های کپور وحشی داشته باشد(۴).

تاثیر ترکیب ال-کارنیتین و بتائین جیره با منابع روغنی مختلف، در بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان نشان داد که در بین چهار جیره ی ۱-حاوی روغن ماهی ۲- روغن ماهی+بتائین و ال کارنیتین ۳- روغن ذرت ۴- روغن ذرت+ بتائین و ال کارنیتین تاثیر معنی دار بر مقاومت بچه ماهیان در برابر استرس اکسیژن و شوری نداشته است؛ اگرچه بتائین و ال کارنیتین به صورت مستقل و همچنین توام با روغن جیره به طور معنی داری میزان مقاومت بچه ماهیان را در برابر استرس حرارتی افزایش داد(۲).

تاثیر سطوح مختلف بتائین جیره (صفر؛ ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۲درصد) بر مقاومت بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان در برابر استرس های محیطی در پایان دوره مشخص شد که کلیه ی تیمار های بتائین از نظر مقاومت در برابر pH بالا و پایین و مقاومت در برابر دمای بالا به طور معنی داری از تیمار کنترل بهتر بودند. همچنین تیمار ۰/۴ درصد از لحاظ مقاومت در برابر شوری بالا و تیمار ۰/۸ درصد از لحاظ مقاومت در برابر کمبود اکسیژن به طور معنی داری از تیمار کنترل بهتر بودند(۱۱).

فاکتور های تغذیه ای، رشد و اثر تنش شوری بر میزان بقا بچه ماهیان کلمه خزر تغذیه شده با سطوح متفاوت بتائین و تریپتوفان نشان داد میانگین وزن نهایی تیمار ها در پایان دوره معنی دار نبود. شوری ppt ۱۲هیچ تلفاتی را منجر نشد. ۷۲ ساعت پس از شوری ppt ۱۶، کمترین تلفات با مقدار ۱۶/۶۶ درصد متعلق به تیمار ۱درصد بتائین+ ۰/۵ درصد تریپتوفان و بیشترین تلفات با مقدار ۵۹/۹۸ درصد متعلق به تیمار شاهد بود. کاهش غذا گیری در اثر تریپتوفان معنی دار نبود. بتائین نیز علیرغم افزایش غذا گیری در کلمه ماهیان، فاقد اثر معنی دار مثبت بر نرخ رشد در این ماهیان بود(۶).

تاثیر آرتمیای غنی شده با بتائین و غذای خشک بتائین دار بر لارو های میگوی سفید هندی به گونه ای است که غنی کردن ناپلیوس آرتمیا با بتائین و یا اضافه نمودن بتائین به جیره میتواند تاثیر مطلوبی بر شاخص های رشد، بازماندگی و مقاومت به شرایط محیطی در لارو میگوی سفید هندی داشته باشد(۹).

اثر بتائین به عنوان جاذب غذا در بچه ماهی سفید مشخص شد که بتائین به عنوان یک جاذب غذایی فاقد اثر معنی دار مثبت بر عملکرد رشد، بازماندگی و مقاومت به استرس در بچه ماهی سفید بود(۱).

تاثیر بتائین جیره بر عملکرد تولید مثلی مولدین نر و ماده سورم مشخص شد که استفاده از ۵ گرم بتائین به ازای هر کیلوگرم غذا سبب افزایش کارایی تولید مثل و کاهش مدت زمان لازم برای تخمریزی در ماهی سورم گردد(۱۰).

تاثیر بتائین و متیونین در جیره بر تحریک غذا گیری میگوی سفید هندی به گونه ای است که درصد مصرف مقدار و تعداد پلت های غذایی در تیمار های مختلف اختلاف معنی داری با هم نداشت ولی جیره ی حاوی ۱/۵ درصد مخلوط بتائین و متیونین بالاترین درصد مصرف مقدار و تعداد پلت غذایی را داشت که بیانگر مطبوعیت و جذابیت بالای این جیره بود(۸).

جمع بندی

در صنعت تکثیر و پرورش آبزیان عملکرد رشد ممکن است با استفاده از مواد محرک تغذیه به منظور افزایش مصرف مواد غذایی بهبود یابد. ترکیبات محرک تغذیه به عنوان موادی تعریف می شوند که به میزان زیادی برای گونه های ماهی توصیه شده اند. غذایی که حاوی مواد محرک تغذیه می باشند معمولا در اولین زمان برخورد توسط ماهی مصرف می شوند. لذا این امر می تواند سرعت زیاد تغذیه را تحریک کند. ترکیبات محرک تغذیه موادی هستند که بوی غذا را افزایش می دهند و لذا مصرف ماهی بر غذاهای دارای بو را افزایش می دهند. همچنین برای دستیابی به این اثر تحریک کننده رشد، مواد محرک تغذیه ای را با ترکیبات دیگر مخلوط می شوند. در حقیقت، تحقیقات متعددی گزارش شده است که بتائین رشد ماهی را بهبود می بخشد با این حال، برخی از پژوهشگران نشان داده اند که بتائین هیچ تاثیری در میزان رشد ماهی ندارد. این نتایج بحث برانگیز ممکن است حاکی از اثر گونه ای خاص بتائین باشد که لزوم ارزیابی اثرات بتائین بر رشد سایر گونه های آزمایش نشده را قبل از استفاده از آن در مزارع تجاری ماهی تقویت می کند.

Review on use of betaine supplementation in the aquafeed production industry

Mohammad Hasan Eskandari[1*]; Omid Safari[1]

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural resources and the environment, Ferdowsi University, Mashhad

Email: E.mohammad1376@gmail.com

Abstract

Today, the use of fish meal has increased due to the increasing demand due to the increasing progress of the aquaculture industry. Due to the reduction in fish meal production from available resources, the use of plant and animal alternatives (terrestrial animals) is used. However, the high level of replacement of alternative protein sources generally worsens the food's attractiveness, leading to reduced feed intake and fish growth. The success of breeding operations depends on the availability and preparation of a balanced and acceptable diet, and in this case, the aquaculture industry moves towards diets that make palatability of the feed by using feed additives. Betaine is a food absorber found in a group of grains, vegetables, as well as some animal sources. It carries chemical molecules that are quickly detected by the fish's sense of smell and push the fish toward the given food. Today, betaine is used in the food industry, livestock, poultry, aquaculture, as well as in the cosmetics industry. The use of this food adapter in different aquatic species in different concentrations has different effects.

Keywords: diet, fish meal, alternative protein sources, palatability, food's attractiveness

منابع

(۱) جباری ا.، اکرمی ر.، چیت ساز ح.، ۱۳۹۵: اثر بتائین به عنوان جاذب غذا بر عملکرد رشد، بازماندگی، ترکیب شیمیایی بدن و مقاومت به استرس در بچه ماهی سفید (Rutilus frisii kutum)، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۱): ۹۳-۸۳.

(۲) حیدری ر.، مشکینی س.، نجد گرامی ا ب.، ۱۳۹۴: تاثیر ترکیب ال-کارنیتین(L-Carnitine) و بتائین(Betaine) جیره با منابع روغنی مختلف، برفراسنجه های رشد، فعالیت آنزیم های گوارشی و مقاومت در برابر استرس های محیطی در بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss Walbaum,1792)، نشریه پژوهش های ماهی شناسی کاربردی۴۰(۳) :۸۸-۷۵.

(۳) سوداگر م.، آذری تاکامی ق.، آلکسویچ پانوماریف س.، محمودزاده ه.، عابدیان ع م.، حسینی س ع.، ۱۳۸۳: بررسی اثرات سطوح مختلف بتائین و متیونین به عنوان جاذب بر شاخص های رشد و بازماندگی فیل ماهیان جوان (Huso huso Linnaeus,1758) ، مجله علمی شیلات ایران ،۱۴(۲): ۵۰-۴۱.

(۴) صفی الحسینی س ا.، اکرمی ر.، ۱۳۹۲: اثر بتائین به عنوان جاذب غذا بر شاخص رشد و مقاومت در برابر برخی از عوامل محیطی(دما و شوری) در بچه ماهی کپور وحشی(Cyprinus carpio)، نشریه پژوهش های ماهی شناسی کاربردی، ۱(۳): ۲۴-۱۵.

(۵) عظیمی راد م.، فرهنگی م.، مجازی امیری ب.، عفت پناه ا.، منصوری طائی ح.، ۱۳۹۱ : تاثیر سطوح مختلف مکمل بتائین جیره غذایی در شاخص های رشد، کارایی تغذیه و میزان بقای لارو ماهی سوف معمولی (Sander lucioperca; Linnaeus,1758)، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶(۳): ۳۵۸-۳۴۷.

(۶) فتاحی س.، حسینی س ع.، سوداگر م.، مازندرانی م.، خانی ف.، ۱۳۹۴: فاکتور های تغذیه ای، رشد و اثر تنش شوری بر میزان بقا بچه ماهیان کلمه خزر (Rutilus rutilus caspicus) تغذیه شده با سطوح متفاوت بتائین و تریپتوفان، علوم و فنون شیلات، ۴(۲): ۷۷-۶۵.

(۷) فکر اندیش ح.، عابدیان کناری ع م.، متین فر ع.، ۱۳۸۹: تاثیر جاذب های غذایی(بتائین و متیونین) در جیره بر رشد و بازماندگی بچه میگوی سفید (Fenneropenaeus indicus)، مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی، ۴(۴):۶۹-۶۳.

(۸) فکر اندیش ح.، عابدیان کناری ع م.، منفرد ن.، دهقانی ع ع.،۱۳۸۴: تاثیر بتائین و متیونین در جیره بر تحریک غذا گیری میگو سفید هندی (Fenneropenaeus indicus)، پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان،۱۹(۷۳): ۱۴۱-۱۳۶.

(۹) معزی م.، اسدی م.، سجادی م م.، مزارعی س.، سوری نژاد ا.، دهقانی ه.، ۱۳۹۲: تاثیر آرتمیای غنی شده با بتائین و غذای خشک بتائین دار بر رشد، بقا، مقاومت محیطی و ترکیب شیمیایی بدن لاروهای میگوی سفید هندی(Fenneropenaeus indicus)، مجله علوم و فنون دریایی،۱۲(۱) :۴۸-۳۸.

(۱۰) موسوی ثابت ح س.، حیدری ع.، سلحشور ا.، ۱۳۹۶: تاثیر بتائین جیره بر عملکرد تولید مثلی مولدین نر و ماده سورم (Heros severus) ، تغذیه دام و آبزیان، ۴(۱): ۴۵-۳۷.

(۱۱) نیرومند م.، سجادی م م.، یحیوی م.، اسدی م.، ۱۳۸۹: تاثیر سطوح مختلف بتائین جیره بر مقاومت بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss) در برابر استرس های محیطی، مجله آبزیان و شیلات، ۱(۴): ۷۰-۶۳.

(۱۲)Abed Ali, H. H., AL-Farangi J. KA., 2017: Efficiency of betaine and @-glucan as feed additives on the growth performance and survival rate of common carp (Cyprinus carpio L.)fingerlings, Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(4): 27-31

(۱۳) Lim S. L., Chor W. K., Tuzan A. D., Shapawi R., Kawamura G., 2015: Betaine is a feed enhancer for juvenile grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*) as determined Behaviourally, Journal of Applied Animal Research, 44(1):415-418

(۱۴) Murthy H. S., Manai A., Patil P ., 2016: Effect of betaine hydrochloride as feed attractant on growth, survival and feed utilization of common carp(Cyprinus carpio), Journal of Aquaculture & Marine Biology, 4(3): 1-4

(۱۵) Preedy V. R.,: Betaine: chemistry, analysis, function and effects, Royal Society of Chemistry,The United kingdom, 2015, 3-418

(۱۶) Rumsey G.L., 1991 :Choline-betaine requirments of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) , Aquaculture, 95(1) :107-116.

(۱۷) Food and Agriculture Organization (FAO)., The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.,224